

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI KMnO<sub>4</sub> SEBAGAI  
KATOLIT TERHADAP *POWER DENSITY* DAN PENURUNAN  
COD/BOD SUBSTRAT LIMBAH TEMPE PADA *MICROBIAL  
FUEL CELL (MFC)* BERBASIS MEMBRAN GERABAH**

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



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
kepada  
PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA  
2020



## PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-27/Un.02/DST/PP.00.9/01/2021

Tugas Akhir dengan judul : Pengaruh Variasi Konsentrasi KMnO<sub>4</sub> sebagai Katolit Terhadap Power Density dan Penurunan COD/BOD Substrat Limbah Tempe Microbial Fuel Cell (MFC) Berbasis Membran Gerahab

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : NINDAH NOVITASARI  
Nomor Induk Mahasiswa : 16630004  
Telah diujikan pada : Rabu, 16 Desember 2020  
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

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

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Sudarlin, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 5ff2b034cb7fc



Penguji I

Karmanto, S.Si., M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 5fea81d730574



Penguji II

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

Valid ID: 5ff3ccc1518e0

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA



Yogyakarta, 16 Desember 2020

UIN Sunan Kalijaga

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si.

SIGNED

Valid ID: 5ff40783bdd3c



## 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	:	Nindah Novitasari
NIM	:	16630004
Judul Skripsi	:	Pengaruh Variasi Konsentrasi KMn <sub>4</sub> sebagai Katolit tethadap Power Density dan Penurunan COD, BOD Substrat Limbah Tempe pada Microbial Fuel Cell (MFC) Berbasis Membran Gerabah

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 Kimia.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqosyahkan. Atas perhatiannya kami ucapan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*  
**STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**  
Yogyakarta, 30 Desember 2020  
Konsultan

Karmanto, S.Si., M.Sc.  
NIP. 19820504200912 1 005



## 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 : Nindah Novitasari  
NIM : 16630004  
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Konsentrasi KMn<sub>4</sub> sebagai Katolit tethadap *Power Density* dan Penurunan COD, BOD Substrat Limbah Tempe pada *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Membran Gerabah

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 Kimia.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqosyahkan. Atas perhatiannya kami ucapan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*  
**STATE ISLAMIC UNIVERSITY**  
**SUNAN KALIJAGA**  
**YOGYAKARTA**  
Yogyakarta, 30 Desember 2020  
Konsultan

Irwan Nugraha, S.Si., M.Sc.  
NIP. 198203292011011005

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nindah Novitasari

NIM : 16630004

Program Studi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul " Pengaruh Variasi Konsentrasi KMnO<sub>4</sub> sebagai Katolit Terhadap Power Density dan Penurunan COD, BOD Substrat Limbah Tempe pada Microbial Fuel Cell (MFC) Berbasis Membran Gerabah" merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sesungguhnya skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya prang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 30 Desember 2020  
Yang Menyatakan



Nindah Novitasari

## MOTTO

“Jika kamu menginginkan sesuatu yang belum pernah kamu miliki, kamu harus rela melakukan sesuatu yang belum pernah kamu lakukan”

~Thomas Jefferson

“Jangan bertaruh pada masa depan, bertindaklah sekarang tanpa menunda”

~Simone de Beauvoir

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

~(QS. Al-Insyirah 94: Ayat 5)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
**YOGYAKARTA**

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, kupersembahkan karya ini untuk:

Almamater Kebanggaanku

Program Studi Kimia

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

Yogyakarta



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
**YOGYAKARTA**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin,

Segala puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan taufiq, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Sholawat dan salam tetap terlimpahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW yang selalu menjadi panutan hidup dan semoga kita termasuk orang-orang yang mendapatkan syafa'atnya kelak di Youmul Qiyamah. Amin.

Skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Konsentrasi KMnO<sub>4</sub> sebagai Katolit Terhadap Power Density dan Penurunan COD, BOD Substrat Limbah Tempe pada *Microbial Fuel Cell (MFC)* Berbasis Membran Gerabah” disusun sebagai salah satu persyaratan mencapai mencapai derajat sarjana strata satu program studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Semoga skripsi ini dapat menjadi bagian yang bermanfaat bagi khazanah ilmu pengetahuan.

Penyusun dengan segala kerendahan hati ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan berupa dorongan, semangat, bimbingan, petunjuk, nasihat, dan ide - ide kreatif sehingga tahap demi tahap penyusun skripsi ini telah selesai. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus penulis sampaikan kepada:

1. Allah SWT yang memberi rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Prof. Dr. Phil. Al Makin, MA, selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

3. Ibu Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Dr. Imelda Fajriati, M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia.
5. Bapak Sudarlin M.Si selaku Dosen Pembimbing skripsi yang dengan ikhlas dan sabar telah meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan, dan memotivasi penulis dalam menyusun skripsi ini.
6. Bapak Indra, Bapak Wijayanto dan Ibu Isni selaku petugas laboratorium yang telah membantu sehingga penyusun skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.
7. Seluruh Staff Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
8. Bapak Saleh dan Ibu Rosiyah selaku orang tua penulis, terima kasih atas doa yang tidak pernah berhenti dan semangat yang diberikan.
9. Reza, Wahyu dan seluruh keluarga besar penulis yang selalu mendoakan sehingga sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan.
10. Ida, Nurin, Rahma, Annisa, Vina, Yusi, Intan, Dewi, Dwiana, Atis, Sekar, Monek, Zuq, Riski, Endang, Salma, Ulan, Aliyah, Meri, Nisa dan Tiwi yang telah membantu dan mendukung sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancer.
11. Semua pihak yang tidak bias disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penulisan laporan ini.

Penyusun menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat

membangun. Penyusun berharap skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan secara umum dan khususnya dalam bidang kimia.

Yogyakarta, 26 November 2020



Nindah Novitasari  
16630004



## DAFTAR ISI

MOTTO.....	v
HALAM PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
ABSTRAK .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Batasan Masalah .....	6
C. Rumusan Masalah.....	6
D. Tujuan .....	7
E. Manfaat.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	8
A. Tinjauan Pustaka.....	8
B. Landasan Teori .....	12
1. Limbah Tempe .....	12
2. Membran Gerabah.....	14
3. Microbial Fuel Cell (MFC).....	15
4. Parameter Pengujian Limbah Cair .....	22
C. Hipotesis .....	24
BAB III METODE PENELITIAN .....	26
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
B. Alat-alat Penelitian.....	26
C. Bahan Penelitian .....	27
D. Cara Kerja Penelitian .....	27
1. Preparasi Elektroda .....	27
2. Preparasi Substrat.....	27

3. Preparasi Reaktor MFC Dual Chamber Membrane Gerabah .....	27
4. Preparasi Katolit KMNO4 Variasi Konsentrasi.....	28
5. Running MFC .....	28
6. Analisis COD dan BOD .....	28
BAB IV PEMBAHASAN .....	29
A. Desain Microbial Fuel Cell (MFC) .....	29
B. Hasil Pengukuran Kuat Arus dan Tegangan .....	30
C. Nilai Power Density .....	36
D. Hasil Uji Parameter Limbah Cair Tempe.....	39
BAB V PENUTUP .....	43
A. KESIMPULAN.....	43
B. SARAN .....	43
DAFTAR PUSTAKA .....	45
LAMPIRAN .....	49



## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Prinsip Kerja <i>Microbial Fuel Cell</i> .....	21
Gambar 3.1 Ilustrasi <i>Microbial Fuel Cell Dual Chamber Menggunakan Membran Gerabah</i> .....	25
Gambar 4.1 Hasil Kuat Arus Listrik Selama Waktu Pengoperasian 48 Jam pada Variasi Konsentrasi Kalium Permanganat ( $KMnO_4$ ) .....	28
Gambar 4.2 Hasil Tegangan Listrik Selama Waktu Pengoperasian 48 Jam pada Variasi Konsentrasi Kalium Permanganat ( $KMnO_4$ ) .....	29
Gambar 4.3 Hasil <i>Power Density</i> Selama Waktu Pengoperasian 48 Jam pada Variasi Konsentrasi Kalium Permanganat ( $KMnO_4$ ) .....	34



## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Perbandingan kondisi <i>Fuel Cell</i> Biasa dengan MFC .....	15
Tabel 4.1 Hasil Uji Parameter Substrat Sebelum dan Sesudah Running.....	37



## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Dokumentasi .....	46
Lampiran 2. Tabel Pengolahan Data.....	48
Lampiran 3. Grafik .....	50
Lampiran 4. Uji Anova .....	52
Lampiran 5. Perhitungan Molaritas .....	54
Lampiran 6. Perhitungan Penurunan Nilai COD dan BOD .....	55



**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI KMnO<sub>4</sub> SEBAGAI KATOLIT  
TERHADAP POWER DENSITY DAN PENURUNAN COD/BOD  
SUBSTRAT LIMBAH TEMPE PADA MICROBIAL FUEL CELL (MFC)  
BERBASIS MEMBRAN GERABAH**

**Oleh:  
Nindah Novitasari**

**ABSTRAK**

Penelitian untuk mempelajari pengaruh variasi konsentrasi KMnO<sub>4</sub> sebagai katolit pada *Microbial Fuel Cell* (MFC) berbasis limbah tempe dan membran gerabah telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan elektrisitas dan penurunan COD dan BOD limbah tempe pada substrat MFC berdasarkan variasi konsentrasi katolit kalium permanganat (KMnO<sub>4</sub>). MFC yang digunakan berupa *dual chamber* dengan membran gerabah sebagai penukar kation, ruang anoda berisi substrat limbah cair tempe dan ruang katoda berisi larutan KMnO<sub>4</sub> yang divariasikan 0,10 M, 0,15 M dan 0,20 M. Penelitian ini dilakukan selama 48 jam dan dilakukan pengukuran tegangan dan kuat arus setiap 2 jam sekali. Parameter yang digunakan adalah tegangan (mV), kuat arus (mA), *power density* (mW/m<sup>2</sup>), serta *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) limbah sebelum dan setelah *running*. Data yang diperoleh diolah secara statistik menggunakan tes *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui signifikansi perbedaan variasi konsentrasi pada masing-masing parameter. Elektrisitas rata-rata tertinggi didapatkan pada konsentrasi 0,15 M sebesar 950,318 (mW/m<sup>2</sup>), sedangkan penurunan limbah COD dan BOD didapatkan penurunan tertinggi pada konsentrasi 0,20 M, penurunan COD mencapai 96,28% dan BOD mencapai 68,26%. Parameter *power density*, COD dan BOD dari semua variasi KMnO<sub>4</sub> masing-masing dihasilkan angka yang signifikan berdasarkan uji ANOVA. Signifikansi pada parameter ini menyatakan adanya pengaruh KMnO<sub>4</sub> terhadap sistem MFC.

**Kata Kunci :** *Microbial fuel cell*, KMnO<sub>4</sub>, limbah tempe, gerabah, *power density*, COD, BOD.

**EFFEC OF VARIATION OF KMnO4 CONCENTRATION ASA CATOLITE  
ON POWER DENSITY AND COD/BOD SUBSTRATE WASTE TEMPE IN  
MICROBIAL FUEL CELL (MFC) BASED ON GERABAH MEMBRANE**

By:  
*Nindah Novitasari*

**ABSTRACT**

*Research to study the effect of variations in the concentration of KMnO4 as a catholite on Microbial Fuel Cell (MFC) based on tempe waste and pottery membranes has been carried out. This study aims to determine the electricality and reduction of COD anf BOD of tempe waste on MFC substrates based on variations in the conceration of potassium permanganate catholite (KMnO4). The MFC used in the form of a dual chamber with a pottery membrane as a cation exchange, the anode chamber containing the tempeh liquid waste substrate and the cathode space containing the KMnO4 solution varied from 0.10 M, 0.15 M and 0.20 M. This research was conducted for 48 hours and Measurement of voltage and current is carried out every 2 hours. The parameters used are voltage (V), current strength (mA), power density (mW / m<sup>2</sup>), as well as Chemical Oxygen Demand (COD) and Biological Oxygen Demand (BOD) of waste before and after running. The data obtained were processed statistically using the Analysis of Variance (ANOVA) test to determine the significance of differences in concentration variations in each parameter. The highest average electricity was obtained at a concentration of 0.15 M of 950.3185 (mW / m<sup>2</sup>), while the decrease in COD and BOD waste obtained the highest decrease at a concentration of 0.20 M, a decrease in COD reached 96.28% and BOD reached 68.26%. Parameters of power density, COD and BOD of all variations of KMnO4 each produced significant numbers based on the ANOVA test. The significance of this parameter indicates the influence of KMnO4 on the MFC system.*

**Keywords:** Microbial fuel cell, KMnO4, tempe waste, pottery, power density, COD, BOD.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Inovasi berkelanjutan dan upaya pengembangan berkelanjutan telah dilakukan oleh para peneliti untuk pengembangan pembangkit energi alternatif melalui sumber energi terbarukan. Dalam beberapa tahun terakhir, salah satu kemajuan paling menjanjikan dalam pembangkit energi terbarukan adalah *Microbial Fuel Cell* (MFC) karena memungkinkan untuk memanen listrik secara langsung dari limbah organik dan biomas terbarukan. MFC menawarkan keuntungan produksi energi langsung dari substrat, pengolahan limbah, dan dampak polusi rendah. MFC merupakan alat yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan bioelektrik dari limbah organik dengan cara mikroorganisme sebagai biokatalis. MFC dapat menggunakan mikroorganisme, terutama bakteri untuk mengubah energi kimia dari bahan organik menjadi listrik. Limbah cair tempe merupakan salah satu limbah organik yang pernah dilakukan sebagai substrat pada sistem MFC, hal ini karena limbah tempe mengandung sisa-sisa protein, lemak, maupun karbohidrat, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai substrat dalam metode MFC (Winfield et al., 2016).

Dalam skala laboratorium, sistem MFC meliputi ruang anoda dan katoda. Ruang anoda berisi substrat dan ruang katoda berisi elektrolit. Ruang anoda dan katoda dipisahkan oleh membran pertukaran proton (PEM). Anoda merupakan tempat oksidasi substrat seperti glukosa, asetat dan limbah organik yang menghasilkan proton dan elektron. Elektron berpindah ke ruang katoda melalui

sirkuit eksternal dan menghasilkan aliran listrik. Proton yang dihasilkan berpindah melalui PEM ke ruang katoda untuk bertemu elektron (Winfield et al., 2016).

Kim. Dkk, (2016), sistem MFC pada aplikasinya, membran yang umum digunakan adalah *proton exchange membrane* (PEM) seperti Nafion dan ultrex. Akan tetapi, harga PEM yang relatif mahal serta keberadaan air didalam bejana anoda menyebabkan PEM menjadi tidak efisien karena air akan menghantarkan proton ke katoda. Di sisi lain, penghilangan PEM pada sistem MFC juga mempunyai kelemahan karena tanpa membran, oksigen akan berdifusi kebejana anoda akan mempengaruhi kuat listrik yang dihasilkan. Hal tersebut dikarenakan peningkatan transfer oksigen ke anoda. Oksigen pada bejana anoda menghasilkan penurunan potensial pada substrat karena reaksi oksidasi aerobik bakteri.

Berbagai upaya dilakukan untuk mengganti PEM konvensional dengan material yang lebih baik. Salah satu upaya yang didapatkan adalah dengan menggunakan gerabah sebagai membran. Gerabah atau keramik tradisional merupakan kerajinan yang terbuat dari tanah liat (lempung) yang telah mengalami proses pengerasan melalui pembakaran pada suhu tinggi (Jone et al., 2015). Pada MFC, gerabah dapat digunakan sebagai bahan struktural, media pertukaran ion, dan sebagai elektroda (Winfield et al., 2016).

Tamak Leo. dkk, (2015) melakukan penelitian MFC 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. Elektron yang digunakan yaitu batang seng (*zinc rod*) sebagai anoda dan aluminium sebagai katoda. Penelitian tersebut

menghasilkan energi listrik maksimum (*power density*) sebesar 369 mW/m<sup>2</sup> dengan volume reaktor 1 L.

Pada rangkaian *single chamber* MFC dihasilkan daya listrik yang cukup rendah sehingga diperlukan peningkatan performa sistem MFC. Sistem *dual chamber* merupakan salah satu cara untuk menghasilkan daya listrik yang lebih besar dibandingkan dengan penelitian sebelumnya hal ini dibuktikan oleh Andika dan Sudarlin (2020), telah melakukan penelitian MFC dengan pemanfaatan gerabah dan limbah cair tempe. MFC yang digunakan yaitu *dual chamber* dengan penukaran kation berupa jembatan garam sebagai pembanding. Ruang anoda berisi substrat limbah cair tempe dan ruang katoda berisi larutan KMnO<sub>4</sub> 0,1 M. Hasil penelitian selama 48 jam waktu pengoperasian menunjukkan *power density* maksimum untuk MFC gerabah sebesar 2.197,343 mW/m<sup>2</sup>.

Muliawati (2015), juga telah melakukan penelitian MFC menggunakan limbah tahu dengan katolit (katoda elektrolit) berupa KMnO<sub>4</sub> dalam beberapa variasi konsentrasi yaitu 10 ppm, 25 ppm dan 50 ppm. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi akseptor elektron KMnO<sub>4</sub> terhadap kinerja MFC. Energi listrik optimum yang diperoleh pada variasi KMnO<sub>4</sub> 50 ppm dengan *power density* 169,50 mWm<sup>2</sup>, dan dihasilkan nilai penurunan COD optimum pada konsentrasi yang sama 50 ppm hingga 90,96%. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh variasi konsentrasi KMnO<sub>4</sub> terhadap sistem MFC.

Rachmad, dkk. (2015) juga telah melakukan penelitian MFC pada pengolahan air limbah rumah pemotongan hewan menggunakan metode MFC

*dual chamber*. Sistem ini menggunakan variasi debit, elektroda karbon, larutan elektrolit  $\text{KMnO}_4$  sebagai akseptor elektron. Debit divariasikan pada 0,3 L/jam, 0,15 L/jam dan 0,1 L/jam, sedangkan untuk konsentrasi larutan elektrolit  $\text{KMnO}_4$  divariasikan pada 0,15 M, 0,1 M dan 0,01 M. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses MFC yang berlangsung selama 44 hari menghasilkan penurunan COD yang optimum yaitu sebesar 88,9 % dan produksi listrik optimum 18,78 mW/m<sup>2</sup> pada debit 0,3 L/jam dengan konsentrasi elektrolit  $\text{KMnO}_4$  0,15 M.

Penelitian yang serupa Agustin dan Irwan (2014), telah melakukan penelitian menggunakan limbah cair industri tahu dengan MFC *dual chamber* dilengkapi dengan jembatan garam sebagai penukar proton. Perbandingan  $\text{KMnO}_4$  sebagai larutan elektrolit dilakukan untuk melihat pengaruh terhadap perolehan listrik dan efektivitas penurunan terhadap COD dan BOD pada limbah cair industri tahu. Perbandingan yang dilakukan yaitu 0,05M dan 0,10 M Hasil diperoleh energi listrik maksimum berupa *power density* sebesar 11,941 mW/m<sup>2</sup> pada konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  0,10 M. sementara penurunan nilai COD, BOD maksimum besar masing-masing 42,86% dan 71,2 % pada variasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  0,10 M. Hal ini membuktikan bahwa konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  mampu meningkatkan *power density* serta menurunkan nilai COD dan BOD.

Penelitian Andika dan Sudarlin (2020), menggunakan MFC *dual chamber* menghasilkan energi listrik yang lebih baik dibandingkan dengan hasil penelitian Tamal Leo, dkk. (2015) yang menggunakan MFC *single chamber*. Akan tetapi, penelitian Andika dapat diperbaharui kembali dengan menggunakan katoda elektrolit  $\text{KMnO}_4$  yang merujuk pada penelitian Muliawati (2015) dan

Agustin (2014). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada MFC *dual chamber* dengan membran gerabah dan mengimbanginya dengan variasi KMnO<sub>4</sub> untuk memaksimalkan efisiensi reaktor MFC dengan konsentrasi skala laboratorium yang ramah lingkungan.

Franks dan Nevin (2010), menyatakan bahwa aplikasi MFC masih terbatas karena MFC menghasilkan energi listrik yang masih rendah. Namun, teknologi MFC termasuk teknologi yang menguntungkan dengan memanfaatkan air buangan dapat menekan biaya operasional menjadi lebih sedikit. Selain itu, MFC juga dapat mengulangi limbah yang dapat menjadi dampak negatif bagi masyarakat (menurunkan angka COD dan BOD).

MFC pada penelitian ini akan menggunakan variasi KMnO<sub>4</sub> 0,1 M, 0,15 M dan 0,2 M dan sistem MFC *dual chamber* yang dijalankan selama 48 jam. Pengukuran kuat arus listrik dan tegangan listrik dilakukan setiap 2 jam. Waktu yang digunakan pada penelitian ini merujuk pada penelitian Luthfifah, (2016) yang mengkaji pengaruh waktu inkubasi mikroba pada sistem MFC. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan nilai potensial energi listrik (*power density*) tertinggi waktu inkubasi selama 48 jam yaitu 6,296 mWm<sup>2</sup> oleh limbah kontrol dan 5,719 mW/m<sup>2</sup>.

Berdasarkan uraian di atas, parameter yang digunakan untuk mengetahui efisiensi kinerja MFC adalah pengukuran kuat arus (I), tegangan (V), dan *power density* (W) *Chemical Oxygen Density* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu langkah

untuk mendapatkan sumber energi terbarukan sehingga penggunaan sistem MFC dengan substrat air limbah tempe dapat mengurangi konsumsi energi fosil .

## B. Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah:

1. Limbah yang digunakan limbah tempe salah satu industri tempe di daerah Ngeropoh, Condongcatur, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Yogyakarta.
2. Variasi katolit kalium permanganat ( $KMnO_4$ ) yang digunakan yaitu 0.1 M, 0.15 M dan 0.20 M.
3. Sistem MFC yang digunakan pada penelitian ini adalah MFC *dual chamber* menggunakan membran gerabah.
4. Parameter yang digunakan adalah kuat arus (I), tegangan (V), *power density* (W), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Biological Oxygen Demand* (BOD).

## C. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi katolit kalium permanganat ( $KMnO_4$ ) terhadap potensi listrik MFC berbasis gerabah dalam limbah cair tempe berdasarkan parameter kuat arus (I), tegangan (V), dan *power density* (W)?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi katolit kalium permanganat ( $KMnO_4$ ) terhadap penurunan nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD), *and Chemical*

*Oxygen Demand (COD)* pada sistem MFC berbasis gerabah dalam limbah cair tempe?

#### **D. Tujuan**

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan, diantaranya:

1. Menentukan pengaruh konsentrasi katolit kalium permanganat ( $KMnO_4$ ) terhadap potensi listrik MFC berbasis gerabah dalam limbah cair tempe berdasarkan parameter kuat arus (I), tegangan (V), dan *power density* (W).
2. Menentukan titik optimum konsentrasi  $KMnO_4$  terhadap penurunan nilai *Biological Oxygen Demand (BOD)*, dan *Chemical Oxygen Demand (COD)* pada sistem MFC berbasis gerabah dalam limbah cair tempe.

#### **E. Manfaat**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi seberapa besar potensi listrik yang dihasilkan metode *Microbial Fuel Cell* (MFC) dalam mendegradasi senyawa organik dan mengkonversi energi pada limbah cair tempe. Dengan informasi tersebut juga diharapkan dapat memberikan metode baru yang tepat guna dalam mengatasi masalah limbah cair tempe tersebut.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  memiliki hubungan yang positif dan signifikan terhadap elektrisitas MFC. Rata-rata kuat arus tertinggi adalah 1,1552 mA dari konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  0,20 M. Rata-rata voltase tertinggi adalah 0,0728V dari konsentrasi 0,15 M. Rata-rata *power density* tertinggi adalah 950,3184 mW/m<sup>2</sup> dari MFC konsentrasi 0,15 M. *Power density* maksimum dari seluruh pengukuran adalah 2,6140 mW/m<sup>2</sup> dari MFC dengan konsentrasi 0,15 M.
2. Variasi katolit kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) mampu menurunkan konsentrasi COD dan BOD substrat MFC berbasis gerabah dengan limbah cair tempe. Persentase penurunan tertinggi untuk COD adalah 96,28% dan untuk BOD adalah 68,26 % pada variasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  0,20.

#### **B. Saran**

Beberapa hal yang dapat dijadikan saran bagi penelitian selanjutnya adalah

1. Perlu dilakukan penambahan waktu *running* untuk mengetahui titik optimum mikroorganisme pada substrat.

2. Perlu dilakukan modifikasi elektroda menggunakan grafik pada anoda dan aluminium pada katoda, sehingga diharapkan semakin besar pori posi elektroda yang digunakan maka semakin besar *power density* yang dihasilkan.
3. Perlu diperluas membran gerabah, karena semakin luas membran gerabah maka transfer proton semakin cepat.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aerani dan Munawar. (2019). Biokonversi Bahan Organik Pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan Menjadi Energi Listrik Menggunakan *Microbial Fuel Cell*. Jawa Timur: Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur. Jurnal Envirotek Vol 11 No 2 (2019).
- Agustin dan Irwan. (2014). Potensi Perolehan Energi Listrik dari Limbah Cair Industri Tahu dengan Metode *Salt bridge Microbial Fuel Cell*. J. Sains Dasar 3(2), 162-168.
- Alwiansyah, Rico. (2013). Skripsi. Biolistrik Limbah Cair Perikanan dengan Teknologi *Microbial Fuel Cell* Menggunakan Jumlah Elektroda yang Berbeda. Program Studi Teknologi Hasil Perairan Institut Pertanian Bogor.
- Andika dan Sudarlin. (2020). Pemanfaatan Gerabah Dan Limbah Cair Tempe Sebagai Sumber Energi Alternatif Berbasis *Microbial Fuel Cell (MFC)*. Jurnal Inovasi dan Pengelolaan Laboratorium 2:1
- Artadi, Arif. (2007). Penggunaan Grafit Batu Baterai Sebagai Alternatif Elektroda Spektrografi Emisi. Jurusan Teknologi Nuklir. STTN-BATAN.
- Bahera Ghangreka S,L.B. (2010). Rice Mill Wastewater Treatment in Microbial Fuel Cells Fabricated Using Proton Exchange Membrane and Earthen Pot at Different pH. *Bioelectrochemistry*, 228-233.
- Franks, Ashley E. and Nevin, Kelly P. (2010). Department of Microbiology, University of Massachusetts, Amherst, USA.
- Liu Logan. (2008). *Microbial Fuel Cell*. New Jersey.
- Hari Arasyid, Imam Mahadi. (2018). The Utilization Of Market Vegetable Waste As Biolistic Through Microbial Fuel Cell For The Design Of Senior High School Biology Material Handout. Jom Fkip-Ur, 5, 1. Retrieved April 13, 2019
- Ibrahim B, Suptijah P. (2017). Kinerja *Microbial Fuel Cell* Penghasil Biolistrik dengan Perbedaan Jenis Elektroda Pada limbah Cair Industri Perikanan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20 (2), 296 - 304. Retrieved April 25, 2019, from file:///C:/Users/ASUS/AppData/Local/Temp/17946-54408-2-PB.pdf
- Irpan. (2018). Studi Perancangan Sistem Seri, Paralel dan Kombinasi pada Teknologi *Microbial Fuel Cell* Sebagai Produksi Energi Listrik Menggunakan limbah Industri Tempe. Daerah Istimewa Yogyakarta:

Perpustakaan Universitas Muhamadiah Yogyakarta. *Retrieved April 25, 2019*

- Jonathan Winfield dan Iwona Gajda. (2016). *Bioresource Technology. journal Homepage*, 296-303. Retrieved april 1, 2019, from file:///D:/MATERI%20SEMESTER%206/PROPOSAL/jurnal%20pak%20darlin.pdf
- Jang Y. Lakon, U. d. (2004). Pemanfaatan Lempung Sebagai Bahan Baku Gerabah. Institut Teknologi Aditama. Surabaya: Institut Teknologi Aditama. *Retrieved April 2019*
- Kim, T., Kang, S., Sung, J.H., Kang, Y.K., Kim, Y.H., Jang, J.K., (2016). Characterization of Polyester Cloth as an Alternative Separator to Nafion Membrane in Microbial Fuel Cells for Bioelectricity Generation Using Swine Wastewater. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 26, 2171–2178.
- Kristin, E. (2012). Produksi Energi Listrik Melalui *Microbial Fuel Cell* Menggunakan Limbah Industri Tempe. Depok: Perpustakaan Universitas Indonesia. *Retrieved Mei 1, 2019*
- Liu. Leropoulos *et all.*, (2010). Effects of Flow-Rate, Inoculum and Time On The Internal Resistance Of Microbial Fuel Cells. *Bioresource Technology*. 3520-3525.
- Iuthfifah, 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*. Yogyakarta: Perpustakaan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. *Retrieved Mei 2, 2019*
- Mays, L.W. (1996). *Water resources handbook*. McGraw- Hill. New York. p: 8.27-8.28.
- Moon, Chang, dan Kim. (2006). *Continuous Electricity Production from Artificial Wastewater Using a Mediator-less Microbial Fuel Cell*. 97(4), 621-627. *Retrieved april 1, 2019*
- Muftiana. (2018). Pengaruh Konsentrasi KMnO<sub>4</sub> dan K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] terhadap Produksi Listrik pada Sistem Mikroba Sel Bahan Bakar Dengan Bakteri Lactobacillus Bulgaricus dalam Substrat Atofu Whey. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*.
- Muliawati, wisnu. (2015). Potensi Limbah Cair Organik Tapioka Sebagai Penghasil Energi Listrik Menggunakan Sistem *Microbial Fuel Cell (MFC)*

*Dual Chamber* dengan variasi konsentrasi KMnO4. Yogyakarta: Perpustakaan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Retrieved April 12, 2019

Mostafa Rahimnejad. dkk., (2012). Acetone Removal and Bioelectricity Generetaion in Dua Chamber Microbial Fuel Cells. American Journal of Biochemistry and Biotechnology. ISSN: 1553-3468

Muzalim Agus. (2010). Dampak Limbah Cair Pabrik Tekstil PT Kenaria Terhadap Kualitas Air Sungai Winong Sebagai Irigasi Pertanian di Desa Purwosuman Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen. Surakarta: Perpustakaan UNS.

Nugrahini. Yazid, FR., Syafrudin, dan Ganjar Samudro. (2012). Pengaruh Variasi Konsentrasi dan Debit Pada Pengolahan Air Artifisial (Campuran Grey Water dan Black Water) Menggunakan Reaktor UASB. Jurnal Presipitasi. Vol. 9 No.1 Maret 2012. ISSN 1907-187X

Nurhasmawati Pohan. (2008). *Pengolahan Limbah Cair Industri dengan Proses Biofilter Aerobik*. Sekolah Pasca Sarjana Universitas Sumatra Utara Medan. Medan: Unipersitas Sumatra Utara Medan (USUM). Retrieved April 5, 2019

Nurhakim Muhammad. (2016). Penggunaan Substrat Glukosa Berbagai Konsentrasi Sebagai Sumber Karbon *Microbial Fuel Cell Saccharomyces cerevisiae* untuk Menghasilkan Energi Listrik. Semarang: Fakultas Sains dan Matematika. Vol. 18, No. 2, Hal. 131-136

Pescod MB. (1973). *Investigation of Rational Effluent and Stream Standard for Tropical Countries*. Bangkok: Environmental Engineering Division Asian Institute Technology.

Rabacy, K. Dan Vestrat W. (2005). *Microbial Fuel Cells*. Tren Biotechnol, 6, 291 -298. Retrieved April 2019

Rinaldi yudha, dkk (2014). Pembangkit Listrik Berbasis *Microbial Fuel Cell* Menggunakan Elektroda Karbon Batai Termodifikasi Nanoserat Polianilin dengan Media Limbah Pasar. Bogor: Institut Pertanian Bogor. Retrieved maret 31, 2019, from [https://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/74294/laporanAkhir\\_G74100009\\_.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/74294/laporanAkhir_G74100009_.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rosalina Ruhil. (2008). Pengaruh Konsentrasi dan Frekuensi Penyiraman Air Limbah Tempe Sebagai Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tomat. Malang: Perpustakaan UIN Malang. Retrieved maret senen, 2019

Ucar, Deniz, Yifeng Zhang dan Irini Angelidak. 2017. *An Overview of Electron Acceptors in Microbial Fuel Cells*. Frontier Microbiology 8 : 643.

Said, Nusa Idaman. (2017). Teknologi Pengolahan Air Limbah: Teori dan Aplikasi. Jakarta: Erlangga.

Sinaga, S. d. (2014). Studi Pendahuluan Pemanfaatan Whey Tahu sebagai Substrat dan Efek luas Permukaan Elektroda dalam Sistem *Microbial Fuel Cell*. *Journal Sains dan Matematika*, 22(2), 30-35. Retrieved mei 2, 2019

Sitorus Berilan, (2010). Diversifikasi Sumber Energi Terbarukan Melalui Penggunaan Air Buangan dalam Sel Elektrokimia Berbasis Mikroba. Jurnal ELKHA, II, 10-15. Retrieved April 1, 2019, from <file:///C:/Users/ASUS/AppData/Local/Temp/137-439-1-PB.pdf>

S. Anda dan Zhaoa Zhang (2006). Journal of Power Sources, 162 hal.1409-1415

Tamakloe R.Y. (2015). *Comparative Study Of Dual Chamber Microbial Fuel Cells (DC-MFC's) Using Mfensi Clay As Ion-Exchange-Partition*. *International Journal Of Technical Research And Application*, 126 - 128.

Umaly. (1998). Limnology: Laboratory and field guide, Physico-chemical factors, Biological factors. National Book Store, Inc. Publishers. Metro Manila. 322.

Winfield J. Iwona, J. J. (2013). *A Review Into The Use Of Ceramics In Microbial Fuel Cells*. *Bioresource Technology*. Retrieved April 2013

Winfield, J. Iiwona. (2016). Review Into The Use Of Ceramics In Microbial Fuel Cell. *Bioresource Technology*.

Zahra, J. d. (2011). Pemanfaatan Limbah Cair Sebagai Sumber Energi Listrik pada *Microbial Fuel Cell*. Bandung: Institut Bandung. Retrieved 1 Mei, 2019

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA

## LAMPIRAN

### LAMPIRAN 1. Dokumentasi



Proses perendaman kedelai



proses perebusan kedelai



Proses pengambilan air bekas  
rebusan kedelai / limbah



Proses inkubasi limbah cair tempe



Membran gerabah



Preparasi  $\text{KMnO}_4$



Elektrods grafit



Multimeter Aditeg

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA



Desain *microbial fuel cell*

**Lampiran 2.** Tabel Pengolahan Data

a. Tabel tegangan (mV) dan kuat arus (mA)

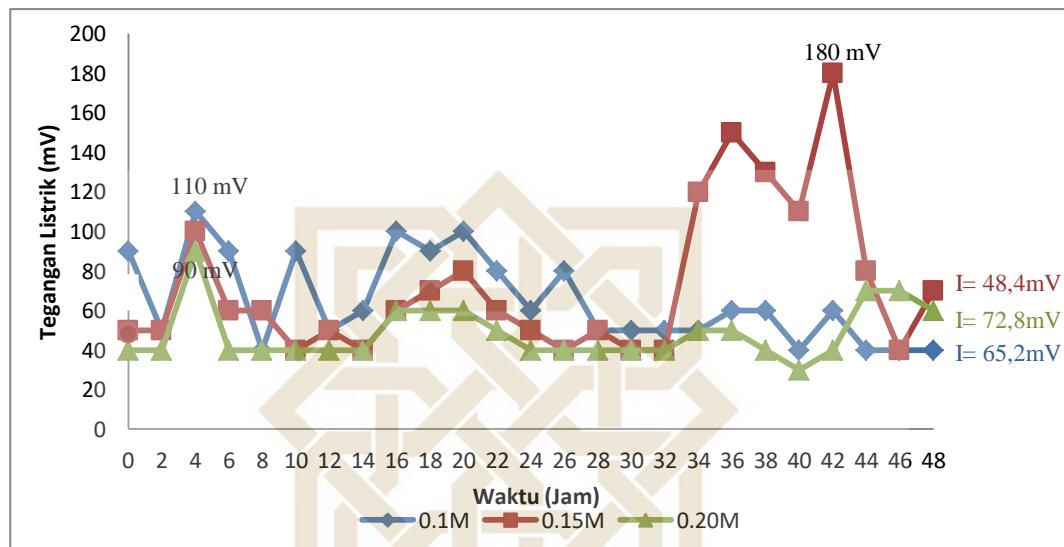
Tanggal	Jam	waktu	0,1 M		0,15 M		0,20 M	
			mV	mA	mV	mA	mV	mA
11/02/2020	10:15	0	90	0,45	50	0,63	40	0,67
	12:15	2	50	0,94	50	0,88	40	0,93
	14:15	4	110	0,83	100	0,77	90	1,2
	16:15	6	90	0,47	60	0,52	40	1,1
	18:15	8	40	0,5	60	0,75	40	0,69
	20:15	10	90	0,44	40	0,59	40	0,78
12/02/2020	22:15	12	50	0,46	50	0,49	40	1,06
	00:15	14	60	0,33	40	0,53	40	0,71
	02:15	16	100	0,47	60	2,81	60	1,3
	04:15	18	90	0,41	70	0,84	60	1,73
	06:15	20	100	1,18	80	1,48	60	2,08
	08:15	22	80	0,73	60	1,79	50	1,76
	10:15	24	60	0,8	50	0,76	40	0,54
	12:15	26	80	0,72	40	1,89	40	2,45
	14:15	28	50	0,76	50	1	40	1,6
	16:15	30	50	2,38	40	1,46	40	2,33
	18:15	32	50	0,55	40	1,13	40	1,45
	20:15	34	50	0,71	120	1,71	50	1,52
13/02/2020	22:15	36	60	0,64	150	1,09	50	1,18
	00:15	38	60	0,53	130	0,83	40	0,53
	02:15	40	40	0,45	110	0,68	30	0,91
	04:15	42	60	0,53	180	1,12	40	0,81
	06:15	44	40	0,5	80	0,55	70	0,6
	08:15	46	40	1,33	40	0,61	70	0,6
	10:15	48	40	0,3	70	0,36	60	0,35

b. Tabel *Power density*

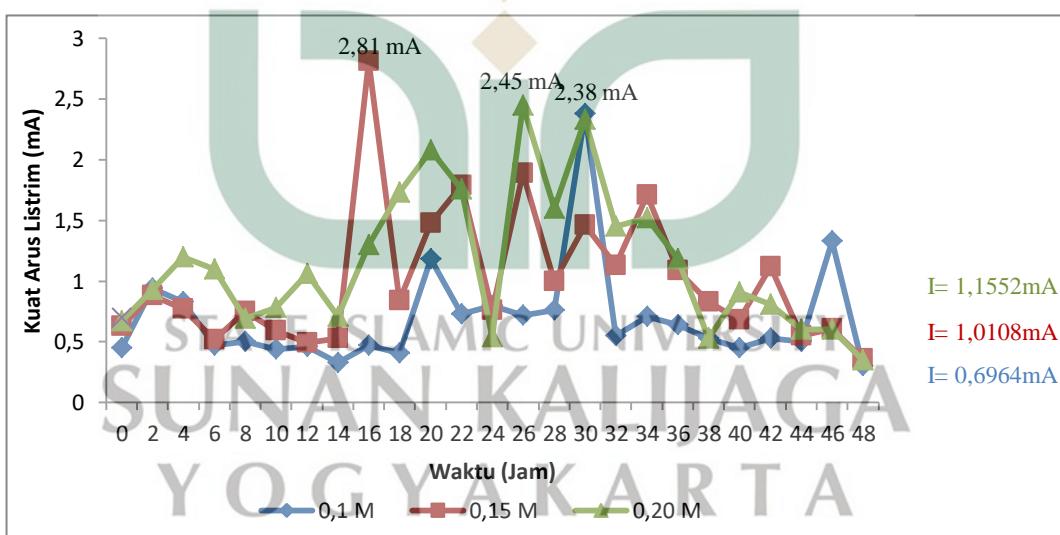
Tanggal	waktu	Jam	Power Density (mV/cm2)		
			0,1M	0,15M	0,20M
11/02/2020	10:15	0	0,052	0,040	0,034
	12:15	2	0,060	0,056	0,047
	14:15	4	0,116	0,098	0,138
	16:15	6	0,054	0,040	0,056
	18:15	8	0,025	0,057	0,035
	20:15	10	0,050	0,030	0,040
12/02/2020	22:15	12	0,029	0,031	0,054
	00:15	14	0,025	0,027	0,036
	02:15	16	0,060	0,215	0,099
	04:15	18	0,047	0,075	0,132
	06:15	20	0,150	0,151	0,159
	08:15	22	0,074	0,137	0,112
	10:15	24	0,061	0,048	0,028
	12:15	26	0,073	0,096	0,125
	14:15	28	0,048	0,064	0,082
	16:15	30	0,152	0,074	0,119
	18:15	32	0,035	0,058	0,074
	20:15	34	0,045	0,261	0,097
13/02/2020	22:15	36	0,049	0,208	0,075
	00:15	38	0,041	0,137	0,027
	02:15	40	0,023	0,095	0,035
	04:15	42	0,041	0,257	0,041
	06:15	44	0,025	0,056	0,054
	08:15	46	0,068	0,031	0,054
	10:15	48	0,015	0,032	0,027

### Lampiran 3. Grafik

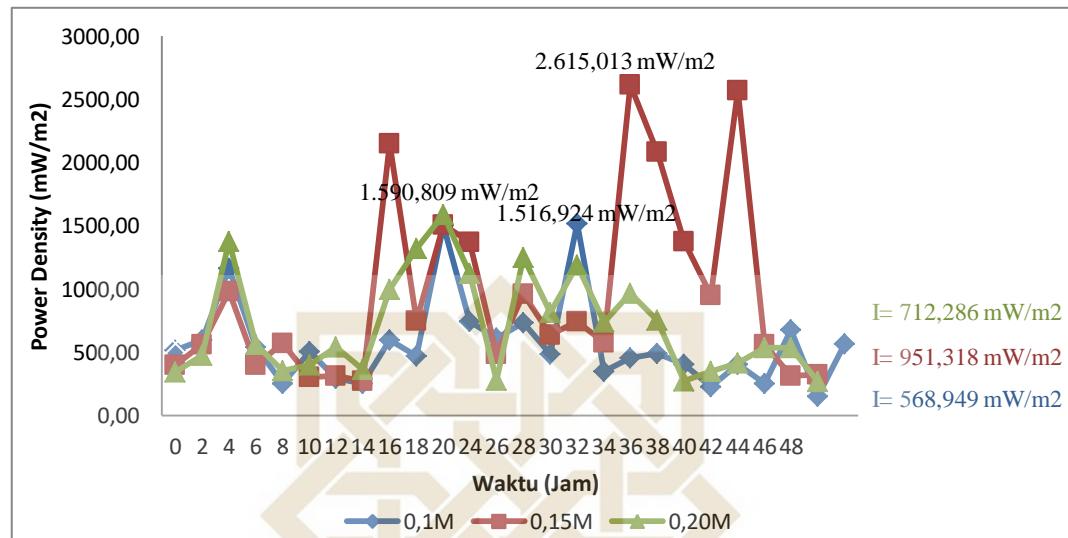
a. Grafik waktu Vs tegangan (mV)



b. Grafik waktu Vs kuat arus (mA)



c. Grafik *power density*



## Lampiran 4. Uji Anova

### a. Uji anova tegangan (mV)

Anova: Two-Factor Without Replication

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
0	3	180	60	700
2	3	140	46,66667	33,33333
4	3	300	100	100
6	3	190	63,33333	633,3333
8	3	140	46,66667	133,3333
10	3	170	56,66667	833,3333
12	3	140	46,66667	33,33333
14	3	140	46,66667	133,3333
16	3	220	73,33333	533,3333
18	3	220	73,33333	233,3333
20	3	240	80	400
22	3	190	63,33333	233,3333
24	3	150	50	100
26	3	160	53,33333	533,3333
28	3	140	46,66667	33,33333
30	3	130	43,33333	33,33333
32	3	130	43,33333	33,33333
34	3	220	73,33333	1633,333
36	3	260	86,66667	3033,333
38	3	230	76,66667	2233,333
40	3	180	60	1900
42	3	280	93,33333	5733,333
44	3	190	63,33333	433,3333
46	3	150	50	300
48	3	170	56,66667	233,3333
0.1M	25	1630	65,2	501
0.15M	25	1820	72,8	1454,333
0.20M	25	1210	48,4	189

### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Jam	18792	24	783	1,150343	0,331548	1,746353
Konsentrasi	7794,667	2	3897,333	5,725759	0,005887	3,190727
Galat	32672	48	680,6667			
Total	59258,67	74				

b. Uji anova kuat arus (mA)

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0	3	1,75	0,583333	0,013733
2	3	2,75	0,916667	0,001033
4	3	2,8	0,933333	0,054233
6	3	2,09	0,696667	0,122633
8	3	1,94	0,646667	0,017033
10	3	1,81	0,603333	0,029033
12	3	2,01	0,67	0,1143
14	3	1,57	0,523333	0,036133
16	3	4,58	1,526667	1,407433
18	3	2,98	0,993333	0,453233
20	3	4,74	1,58	0,21
22	3	4,28	1,426667	0,364233
24	3	2,1	0,7	0,0196
26	3	5,06	1,686667	0,779233
28	3	3,36	1,12	0,1872
30	3	6,17	2,056667	0,267633
32	3	3,13	1,043333	0,208133
34	3	3,94	1,313333	0,282033
36	3	2,91	0,97	0,0837
38	3	1,89	0,63	0,03
40	3	2,04	0,68	0,0529
42	3	2,46	0,82	0,0871
44	3	1,65	0,55	0,0025
46	3	2,54	0,846667	0,175233
48	3	1,01	0,336667	0,001033
0,1 M	25	17,41	0,6964	0,184991
0,15 M	25	25,27	1,0108	0,324991
0,20 M	25	28,88	1,1552	0,338193

**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>
Jam	13,10915	24	0,546215	3,617799	7,4E-05	1,746353
Konsentrasi	2,751635	2	1,375817	9,11259	0,000442	3,190727
Galat	7,247032	48	0,15098			
Total	23,10782	74				

c. Uji anova *power density*

Anova: Two-Factor Without Replication

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
0	3	1261,599	420,5329	7864,552
2	3	1636,121	545,3737	4091,579
4	3	3522,745	1174,248	39065,28
6	3	1499,815	499,9384	7841,833
8	3	1182,618	394,2059	26654,77
10	3	1205,548	401,8493	10394,47
12	3	1148,223	382,741	18905,97
14	3	887,0764	295,6921	3455,448
16	3	3743,127	1247,709	647921,3
18	3	2544,401	848,1338	188789,8
20	3	4604,274	1534,758	2362,773
22	3	3236,121	1078,707	98814,56
24	3	1373,701	457,9002	28829,3
26	3	2948,223	982,741	66477,88
28	3	1939,306	646,4352	27479,14
30	3	3450,134	1150,045	150081,5
32	3	1667,968	555,9894	38064,56
34	3	4037,395	1345,798	1274723
36	3	3326,567	1108,856	730107,2
38	3	2052,682	684,2272	362975,1
40	3	1532,936	510,9788	150620,9
42	3	3388,987	1129,662	1554114
44	3	1353,318	451,1062	28777,37
46	3	1526,567	508,8556	34203,96
48	3	744,4013	248,1338	7380,421
0,1M	25	14223,73	568,949	125183
0,15M	25	23782,96	951,3185	519079,3
0,20M	25	17807,17	712,2866	162041

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Jam	10197022	24	424875,9	2,22782	0,009075	1,746353
Konsentrasi	1865736	2	932867,8	4,891456	0,011657	3,190727
Galat	9154259	48	190713,7			
Total	21217017	74				

## Lampiran 5. Perhitungan molaritas (M)

Diketahui KMnO<sub>4</sub> Mr : 158

1. 0.1 M

$$0.10 \text{ M} = \frac{gr}{Mr} \times \frac{1000}{V}$$

$$0.10 \text{ M} = \frac{gr}{158} \times \frac{1000}{1000 \text{ mL}}$$

$$0.10 \text{ M} = \frac{gr}{158} \times 1$$

$$gr = 0.1 \text{ M} \times 158 \text{ mL}$$

$$gr = 0.1 \text{ M} \times 158 \text{ mL}$$

$$gr = 15,8$$

2. 0.15 M

$$0.15 \text{ M} = \frac{gr}{Mr} \times \frac{1000}{V}$$

$$0.15 \text{ M} = \frac{gr}{158} \times \frac{1000}{1000 \text{ mL}}$$

$$0.15 \text{ M} = \frac{gr}{158} \times 1$$

$$gr = 0.15 \text{ M} \times 158 \text{ mL}$$

$$gr = 0.15 \text{ M} \times 158 \text{ mL}$$

$$gr = 23.7$$

3. 0.20 M

$$0.20 \text{ M} = \frac{gr}{Mr} \times \frac{1000}{V}$$

$$0.20 \text{ M} = \frac{gr}{158} \times \frac{1000}{1000 \text{ mL}}$$

$$0.20 \text{ M} = \frac{gr}{158} \times 1$$

$$gr = 0.20 \text{ M} \times 158 \text{ mL}$$

$$gr = 0.20 \text{ M} \times 158 \text{ mL}$$

$$gr = 31.6$$

#### Lampiran 6. Perhitungan Penurunan Nilai COD dan BOD

a. Diketahui pengukuran COD

Nilai COD sebelum *running* : 119.750

Nilai COD setelah *running*

1. 0.1 M : 57.450

$$\% = \frac{119.750 - 57.450}{119.750} \times 100\%$$

$$\% = \frac{62.30}{119.750} \times 100\%$$

$$\% = 0.520 \times 100\%$$

$$= 52.02\%$$

2. 0.15 M : 54.700

$$\% = \frac{119.750 - 54.700}{119.750} \times 100\%$$

$$\% = \frac{65.05}{119.750} \times 100\%$$

$$\% = 0.543 \times 100\%$$

$$= 54.32\%$$

3.  $0.20 \text{ M} : 4.450$

$$\% = \frac{119.750 - 4.450}{119.750} \times 100\%$$

$$\% = \frac{115.30}{119.750} \times 100\%$$

$$\% = 0.962 \times 100\%$$

$$= 96.28\%$$

b. Diketahui pengukuran BOD

Nilai BOD sebelum *running* : 30.500

Nilai BOD setelah *running*

1.  $0.1 \text{ M} : 12.920$

$$\% = \frac{30.500 - 12.920}{30.500} \times 100\%$$

$$\% = \frac{17.58}{30.500} \times 100\%$$

$$\% = 0.576 \times 100\%$$

$$= 57.63\%$$

2.  $0.15 \text{ M} : 11.560$

$$\% = \frac{30.500 - 11.560}{30.500} \times 100\%$$

$$\% = \frac{18.94}{30.500} \times 100\%$$

$$\% = 0.620 \times 100\%$$

$$= 62.09\%$$

3.  $0.20 \text{ M} : 9.680$

$$\% = \frac{30.500 - 9.680}{30.500} \times 100\%$$

$$\% = \frac{20.82}{30.500} \times 100\%$$

$$\% = 0.682 \times 100\%$$

$$= 68.28\%$$





STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA

#### **D. Pengalaman Pekerjaan**

Tahun 2019	Balai Besar Kerajinan dan Batik (BBKB) Yogyakarta
Tahun 2019 – 2020	PT. Inspira Yogyakarta

#### **E. Pengabdian Masyarakat**

Tahun 2019	Kuliah Kerja Nyata Ladang Berpindah, Wilayah Desa Lumpangi, Kecamatan. Loksado, Kabupaten. Hulu Sungai Selatan, Provinsi Kalimantan Selatan.
------------	--



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
**YOGYAKARTA**