

**OPTIMASI WAKTU INKUBASI MIKROBA UNTUK
MENINGKATKAN ENERGI LISTRIK DAN MENURUNKAN
PARAMETER LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE PADA
SISTEM *MICROBIAL FUEL CELL (MFC) DUAL CHAMBER***

SKRIPSI

Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan Mencapai Derajat Sarjana S-1



Diajukan Oleh:

Yayah Luthfiah

12630027

**kepada
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2016**



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

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

Nama :Yayah Luthfiah

NIM :12630027

Judul Skripsi :OPTIMASI WAKTU INKUBASI MIKROBA UNTUK MENINGKATKAN ENERGI LISTRIK DAN MENURUNKAN PARAMETER LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE PADA SISTEM MICROBIAL FUEL CELL (MFC) DUAL CHAMBER

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 01 Desember 2016

Pembimbing

Pedy Artsanti, M. Sc



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Nota Dinas Konsultan Skripsi

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 : Yayah Luthfiah
NIM : 12630027
Judul Skripsi : OPTIMASI WAKTU INKUBASI MIKROBA UNTUK
MENINGKATKAN ENERGI LISTRIK DAN MENURUNKAN
PARAMETER LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE PADA SISTEM
MICROBIAL FUEL CELL (MFC) DUAL CHAMBER

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, 01 Desember 2016

Konsultan

Karmanto, M. Sc

NIP: 19820504 200912 1 005



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Nota Dinas Konsultan Skripsi

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 : Yayah Luthfiah
NIM : 12630027
Judul Skripsi : OPTIMASI WAKTU INKUBASI MIKROBA UNTUK
MENINGKATKAN ENERGI LISTRIK DAN MENURUNKAN
PARAMETER LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE PADA SISTEM
MICROBIAL FUEL CELL (MFC) DUAL CHAMBER

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, 01 Desember 2016
Konsultan


Didik Krisdiyanto, M. Sc
NIP: 19811111 201101 1 007

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangandi bawah ini:

Nama : Yayah Luthfiah
NIM : 12630027
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa skripsi saya yang berjudul:

OPTIMASI WAKTU INKUBASI MIKROBA UNTUK MENINGKATKAN ENERGI LISTRIK DAN MENURUNKAN PARAMETER LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE PADA SISTEM *MICROBIAL FUEL CELL* (MFC) *DUAL CHAMBER*

Adalah asli hasil penelitian saya sendiri dan bukan plagiasi karya orang lain.

Yogyakarta, 01 Desember 2016

Yang menyatakan



Yayah Luthfiah

NIM: 12630027

MOTTO

مَنْ خَرَجَ فِي طَلَبِ الْعِلْمِ كَانَ فِي سَبِيلِ اللَّهِ حَتَّى يَرْجِعَ (رواه الترمذي)

“ Barangsiapa keluar (pergi) untuk menuntut ilmu, maka Ia berada di jalan Allah hingga kembali“

H.R. Tirmidzi

“If Someone offers you an amazing opportunity and you’re not sure you can do it, say yes-then learn how to do it later”

Richard Branson

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan untuk yang tercinta :

Abbi H. Abdul Hamid Sy. dan Ummi Tiholah Hamid

Serta keluarga besar Hamid Syafe'i

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

Semoga Allah senantiasa memberikan keberkahan hidup pada kita semua.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah Swt. Yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi saya yang berjudul “Optimasi Waktu Inkubasi Mikroba Untuk Meningkatkan Energi Listrik dan Menurunkan Parameter Limbah Cair Industri Tempe Pada Sistem Microbial Fuel Cell (MFC) Dual Chamber” ini dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat menempuh pendidikan strata I.

Dalam kesempatan ini saya ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada mereka yang telah banyak membantu dalam pembuatan skripsi ini, yaitu :

1. Dr. Murtono, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Pedy Artsanti, M. Sc. Selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan motivasi dan pengarahan selama penelitian berlangsung, serta ikhlas dan sabar telah meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan, dan memotivasi penyusun dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si. Selaku Ketua Program Studi Kimia yang telah memberikan motivasi dan pengarahan selama studi.
4. Irwan Nugraha, S.Si, M.Sc. Selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan motivasi dan memantau perkembangan studi kami khususnya angkatan 2012.

5. Bapak Wijayanto, Bapak Indra, dan Ibu Isni, serta seluruh Staf Karyawan Laboratorium Terpadu dan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membantu sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.
6. Kedua Orang Tua yang telah mendukung secara moril dan materil.
7. Fisty, Elena, Tria, Nabil, Mas Ali, Mas Isnan, dan Fakhri, sahabat terbaik penulis yang selalu menghibur disaat lelah selama penelitian dan penulisan skripsi.
8. Domo, Angga, Novita, Yuli, Mahmudha, Alfi, Rizky, dan teman seperjuangan lainnya di Laboratorium Penelitian UIN Sunan Kalijaga, yang sudah banyak membantu selama proses penelitian.
9. Rekan-rekan Kimia angkatan 2012 yang selalu kompak.
10. Semua pihak yang tidak bisa penyusun sebutkan satu persatu atas bantuannya dalam penyelesaian skripsi ini.

Atas ketidaksempurnaan skripsi ini, dengan segenap kerendahan hati. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk menambah wawasan dan pengetahuan bagi para mahasiswa/i Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga khususnya dan masyarakat luas pada umumnya.

Yogyakarta, November 2016

Penulis,

Yayah Luthfiah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
HALAMAN MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah.....	4
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	6
A. Tinjauan Pustaka	7
B. Landasan Teori.....	7
1. <i>Fuel Cell</i>	7
2. <i>Microbial Fuel Cell (MFC)</i>	8
a) Jenis-jenis <i>Microbial Fuel Cell (MFC)</i>	10
b) Kompartemen Anoda	10

c) Kompartemen Katoda	11
3. Jembatan Garam.....	13
4. Sifat Kelistrikan	14
5. Kalium Permanganat	14
6. Limbah Cair Industri Tempe	16
7. <i>Optical Density</i> (OD)	17
8. Parameter Pengujian Limbah Cair	21
a) COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>).....	21
b) BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>).....	21
c) pH.....	22
d) <i>Total Dissolve Solid</i> (TDS)	22
BAB III METODE PENELITIAN	24
A. Waktu dan Tempat Penelitian	24
B. Alat-alat Penelitian.....	24
C. Bahan Penelitian.....	24
D. Cara Kerja Penelitian	25
1. Preparasi Jembatan Garam	25
2. Preparasi Elektroda	25
3. Preparasi Reaktor MFC	26
4. Karakterisasi Limbah Cair Industri Tempe	27
5. Percobaan MFC.....	27
6. Penentuan COD.....	27
7. Penentuan BOD.....	28
8. <i>Optical Density</i> (OD)	29
9. Penentuan <i>Total Dissolve Solid</i> (TDS)	30
10. Teknik Analisis Data.....	30

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
A. Desain <i>Microbial Fuel Cell</i> (MFC)	32
B. Karakteristik Limbah Cair Industri Tempe	33
C. Reaksi ada Anoda dan Katoda	34
D. Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Listrik pada Reaktor <i>Microbial Fuel Cell</i>	35
E. Hasil Uji Parameter Limbah Cair Industri Tempe	41
BAB V PENUTUP	48
A. Kesimpulan	48
B. Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Analisis Kandungan Limbah Cair Industri Tempe	17
Tabel 4.1 Hasil Analisis Kandungan Limbah Cair Industri Tempe Sebelum Percobaan	34
Tabel 4.2 Hasil Analisis Kandungan Limbah Cair Industri Sebelum dan Sesudah Percobaan	46



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Alat MFC.....	8
Gambar 2.2 Kurva Pertumbuhan Mikroorganisme	19
Gambar 3.1 Rangkaian Reaktor MFC <i>Dual Chamber</i>	26
Gambar 4.1 Hasil Tegangan Listrik Selama Waktu Pengoperasian 72 Jam pada Variasi Konsentrasi Glukosa.....	36
Gambar 4.2 Hasil Arus Listrik Selama Waktu Pengoperasian 72 Jam pada Variasi Konsentrasi Glukosa	37
Gambar 4.3 Hasil <i>Power Density</i> Selama Waktu Pengoperasian 72 Jam pada Variasi Konsentrasi Glukosa	38
Gambar 4.4 Hasil pH Selama Waktu Pengoperasian 72 Jam pada Variasi Konsentrasi Glukosa.....	41
Gambar 4.5 Hasil <i>Optical Density</i> (OD) Selama Waktu Pengoperasian 72 Jam pada Variasi Konsentrasi Glukosa.....	43
Gambar 4.6 Hasil <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) Selama Waktu Pengoperasian 72 Jam pada Variasi Konsentrasi Glukosa	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema dan Alur Penelitian	52
Lampiran 2 Proses Pengukuran dan <i>Running</i> Reaktor MFC pada Substrat Kontrol, Variasi penambahan glukosa 2%, dan 4%	53
Lampiran 3 Data Hasil Pengukuran Tegangan pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 72 Jam	54
Lampiran 4 Data Hasil Pengukuran Kuat Arus Listrik pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 72 Jam	55
Lampiran 5 Data Hasil Pengukuran pH pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 72 Jam.....	56
Lampiran 6 Data Hasil Pengukuran <i>Optical Density</i> pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 72 Jam	57
Lampiran 7 Data Hasil Pengukuran <i>Power Density</i> pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 72 Jam	58
Lampiran 8 Laporan Hasil Uji Parameter TDS, COD, dan BOD ₅ Sebelum <i>Running</i> MFC.....	59
Lampiran 9 Laporan Hasil Uji Setelah Parameter TDS, COD, dan BOD ₅ <i>Running</i> MFC.....	60
Lampiran 10 Laporan Hasil Uji COD Tiap 24 Jam Selama <i>Running</i> MFC	61
Lampiran 11 Foto Dokumentasi.....	62



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : B.4326/Un.02/DST/PP.05.3/12/2016

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Optimasi Waktu Inkubasi Mikroba Untuk Meningkatkan Energi Listrik dan Menurunkan Parameter Limbah Cair Industri Tempe Pada Sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC) *Dual Chamber*

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Yayah Luthfiah
NIM : 12630027
Telah dimunaqasyahkan pada : 21 November 2016
Nilai Munaqasyah : A
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Pedy Artsanti, M.Sc.

Penguji I

Karmanto, M.Sc.

NIP. 19820504 200912 1 005

Penguji II

Didik Krisdiyanto, M.Sc.

NIP. 19811111 201101 1 007

Yogyakarta, 1 Desember 2016
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan



Dr. Murtono, M.Si.

NIP. 19691212 200003 1 001

Optimasi Waktu Inkubasi Mikroba Untuk Meningkatkan Energi Listrik dan Menurunkan Parameter Limbah Cair Industri Tempe Pada Sistem *Microbial Fuel Cell (MFC) Dual Chamber*.

Yayah Luthfiah

12630027

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh waktu inkubasi mikroba dan dengan tanpa penambahan glukosa untuk meningkatkan potensial energi listrik dan penurunan parameter limbah cair industri tempe dengan sistem *Microbial Fuel Cell (MFC) Dual Chamber*. Ruang anoda berisi substrat limbah dan ruang katoda berisi larutan elektrolit Kalium Permanganat 0,1 M. Jembatan garam diperlukan untuk menstabilkan muatan antara ruang anoda katoda, dan elektroda dipasang pada ruang anoda dan katoda sebagai penangkap elektron. Tegangan dan arus diukur menggunakan multimeter, dan pengukuran *Optical Density* pada panjang gelombang 486 nm dilakukan untuk mengetahui aktivitas pertumbuhan bakteri. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pertumbuhan bakteri tertinggi berada pada waktu inkubasi 48 jam pada substrat kontrol. Sedangkan pada substrat dengan penambahan glukosa 2% dan 4% pertumbuhan bakteri maksimum pada 72 jam. Nilai Potensial energi listrik (*power density*) tertinggi pada waktu inkubasi selama 48 jam yaitu 6,296 mW/m² oleh limbah kontrol dan 5,719 mW/m² pada limbah dengan penambahan glukosa 2%. Sedangkan pada penambahan glukosa 4% nilai tertinggi sebesar 5,856 mW/m² pada jam ke 54. Perubahan nilai *Chemical Oxygen Demand (COD)* pada kontrol turun sebesar 1,52 %, pada substrat dengan penambahan glukosa 2% dan 4% secara berurutan turun sebesar 9,76% dan 9,64%. Nilai *Total Dissolve Solid (TDS)* turun sebesar 88,27% pada substrat kontrol.

Kata Kunci – *Microbial Fuel Cell*, Limbah Cair Tempe, *Power Density*, *Optical Density*, COD, Glukosa.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Listrik menjadi kebutuhan primer dalam kehidupan manusia pada saat ini. Di negara berkembang seperti Indonesia, listrik diperoleh dengan cara pengolahan berbagai macam sumber daya fosil yang dimiliki. Dilakukan eksplorasi hasil fosil seperti minyak bumi, gas, batu-bara secara besar-besaran untuk memenuhi kebutuhan konsumennya. Hampir semua sektor kegiatan membutuhkan energi listrik, baik kegiatan komersil maupun rumah tangga. Kebutuhan energi listrik meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi manusia, perkembangan teknologi, dan pertumbuhan ekonomi negara. Berdasarkan hasil proyeksi kebutuhan listrik dari tahun 2003-2020 yang dilakukan oleh Dinas Perencana Sistem PT PLN (Persero) dan Tim Energi BPPT, terlihat bahwa selama kurun waktu tersebut rata-rata kebutuhan listrik Indonesia tumbuh sebesar 6,5% per tahun dengan pertumbuhan listrik di sektor komersial yang tertinggi, yaitu sekitar 7,3% per tahun disusul sektor rumah tangga dengan alasan untuk meningkatkan perekonomian di Indonesia, pemerintah meningkatkan kebutuhan sektor pariwisata yang selanjutnya akan mempengaruhi sektor komersial. PT PLN (Persero) juga mencatat penggunaan listrik pada Mei 2013 sebesar 16,07 *Terra Watt Hour* (TWh) yang 9,96% lebih besar dibanding penggunaan listrik pada Mei 2012 (Dhany,2013).

Kebutuhan listrik yang sangat mendasar tidak diimbangi dengan sumber energi pembangkit listrik yang ada, sumber energi listrik yang digunakan sebagian besar berasal dari bahan bakar fosil, sementara itu bahan bakar fosil batubara merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, sehingga akan terjadinya krisis energi sangatlah mungkin. Selain itu peningkatan jumlah limbah cair yang dihasilkan dari aktivitas domestik maupun industri mulai meresahkan, masalahnya limbah yang dihasilkan apabila dibuang langsung ke lingkungan dapat membahayakan lingkungan sekitar, mengingat limbah yang dihasilkan bisa saja bersifat racun dan karsinogen. Krisis energi ini dapat dicegah dengan mengimbangi produksi energi listrik yang semula dari batubara dengan produksi listrik dari sumber yang dapat diperbaharui. Berbagai macam cara telah diupayakan sebagai solusi mengatasi ketergantungan manusia atas energi yang berasal dari bahan bakar fosil. Semakin meningkatnya ilmu pengetahuan dan teknologi dimasa sekarang, telah ditemukan metode baru eksplorasi energi listrik sebagai salah satu cara untuk mengatasi krisis energi global. Salah satu cara yang dikembangkan adalah *Microbial Fuel Cell* (MFC) sebagai salah satu metode konversi energi alternatif.

Microbial Fuel Cell (MFC) merupakan sistem yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik dengan bantuan bakteri. Dalam sistem MFC, material organik dan atau anorganik dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk metabolisme bakteri. Menurut Du (2007) bakteri bisa digunakan dalam sistem MFC untuk menghasilkan energi listrik sambil menyelesaikan proses penghancuran dari material organik. Sisa

metabolisme bakteri yang berupa elektron akan mengalir dalam sistem sehingga dihasilkan listrik (Logan *et al.*, 2006). Penggunaan limbah cair organik sekaligus mendegradasi senyawa organik didalamnya yang membuat penerapan sistem MFC ini dinilai lebih ramah lingkungan (Li, 2010).

Industri tempe hampir dapat dijumpai pada semua kota di Indonesia, sebagian besar industri tempe dikelola oleh rakyat dan ada juga sebagian yang masuk dalam wadah Koperasi Pengusaha Tahu dan Tempe (KOPTI). Proses pembuatan tempe masih sangat tradisional dan didominasi oleh tenaga manusia dan dengan proses yang cukup sederhana. Air banyak digunakan pada proses pencucian dan perebusan kedelai, akibat dari besarnya pemakaian air pada proses produksi tempe, maka limbah yang dihasilkan juga cukup besar. Banyaknya industri tempe pada skala rumah tangga dan tidak memiliki unit pengolahan limbah yang baik, maka dikhawatirkan limbah yang tidak diolah dengan baik dapat mencemari lingkungan sekitar. Pengolahan limbah masih menjadi beban bagi pengrajin, terutama biaya perawatannya. Air limbah industri tempe ini akan dijadikan sebagai substrat dan kosubstrat, yaitu dengan menambahkan glukosa 2-4 % ke dalam air limbah untuk melihat sebesapa besar pengaruh penambahan glukosa terhadap energi listrik yang dihasilkan. Diharapkan dengan keberadaan glukosa dalam air limbah industri tempe dapat meningkatkan potensi listrik yang dihasilkan oleh system MFC ini.

Pemanfaatan limbah cair industri tempe dengan sistem MFC ini diharapkan dapat menjadi jalan alternatif dalam pengolahan air limbah tersebut. Diharapkan pula MFC ini menjadi metode alternatif yang efisien, murah, dan ramah lingkungan.

B. Batasan Masalah

Sistem MFC yang digunakan pada penelitian ini menggunakan mikroba yang terdapat dalam limbah cair industri tempe secara alami dengan penambahan glukosa 2% dan 4%. Pada penelitian ini digunakan larutan elektrolit KMnO_4 . Dengan sistem seperti ini, diharapkan dapat dihasilkan energi listrik dan menurunkan beberapa parameter kadar pencemar pada sampel limbah cair laboratorium, yaitu *Chemical Oxygen Demand (COD)*, *Biological Oxygen Demand (BOD)*, *Total Dissolve Solid (TDS)*, dan pH. Sedangkan limbah yang digunakan merupakan limbah industri tempe yang berada di Kecamatan Banguntapan, Sleman, Yogyakarta.

C. Rumusan Masalah

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

1. Apakah optimasi waktu inkubasi mikroba mampu meningkatkan pertumbuhan mikroba dari limbah cair industri tempe?
2. Apakah pengaruh pertumbuhan mikroba mampu meningkatkan potensial energi listrik dari limbah cair industri tempe?
3. Apakah sistem *Microbial Fuel Cell (MFC) Dual Chamber* mampu menurunkan parameter limbah cair industri tempe?

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa tujuan, antara lain :

1. Mengkaji pengaruh waktu inkubasi mikroba tanpa dan dengan penambahan glukosa untuk meningkatkan pertumbuhan mikroba dari limbah cair industri tempe.
2. Mengkaji pengaruh peningkatan mikroba tanpa dan dengan penambahan glukosa terhadap potensial energi listrik dari limbah cair industri tempe.
3. Mengkaji penurunan parameter limbah dengan Microbial Fuel Cell (MFC) Dual Chamber.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi seberapa besar potensi listrik yang dapat dihasilkan oleh limbah cair industri tempe menggunakan metode *Microbial Fuel Cell* (MFC) dan apa pengaruh glukosa terhadap besarnya energi listrik yang dihasilkan tersebut dengan mendegradasi senyawa organik dan anorganik lalu mengkonversi energi pada limbah cair. Dengan informasi tersebut juga diharapkan dapat memberikan metode baru yang tepat guna dalam mengatasi masalah limbah cair laboratorium.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

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

1. Pertumbuhan mikroba tertinggi pada substrat kontrol berada pada waktu inkubasi 48 jam, sedangkan pada substrat dengan penambahan glukosa 2% dan 4% pertumbuhan mikroba maksimal pada 72 jam.
2. Potensial energi listrik (*Power Density*) maksimal didapat pada waktu inkubasi 48 jam di substrat kontrol yaitu $6,296 \text{ mW/m}^2$, dan dengan penambahan glukosa 2% yaitu $5,719 \text{ mW/m}^2$. Sedangkan pada substrat dengan penambahan glukosa 4% didapat waktu inkubasi 54 jam yaitu sebesar $5,856 \text{ mW/m}^2$.
3. Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) setelah dilakukan percobaan turun sebesar 1,52% pada substrat kontrol. Sedangkan pada substrat dengan penambahan glukosa 2% dan 4% turun sebesar 9,76% dan 9,64%. Nilai *Total Dissolve Solid* (TDS) turun sebesar 88,27% pada substrat kontrol.

B. Saran

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

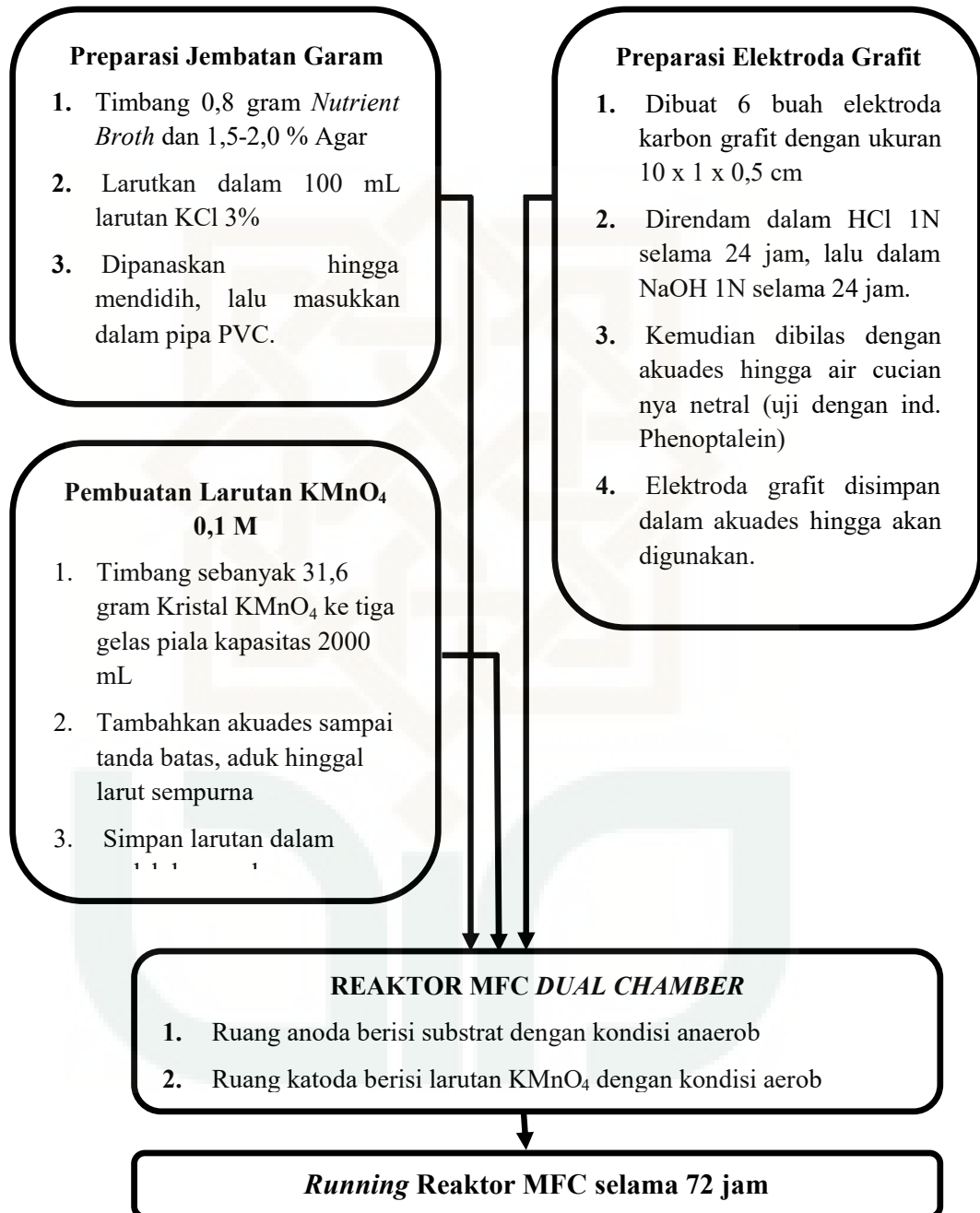
1. Sebaiknya untuk pengukuran nilai Chemical Oxygen Deman (COD), Biochemical Oxygen Deman (BOD), dan Total Dissolve Oxygen (TDS) dilakukan sendiri agar didapat hasil akurasi yang lebih tinggi.
2. Untuk penelitian selanjutnya bisa ditambah dengan pengujian jenis bakteri apa yang terdapat pada limbah cair industri tempe yang dapat bekerja pada sistem MFC.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengganti variasi penambahan glukosa dengan penambahan asam asetat atau senyawa pendukung lainnya untuk dilihat pula pengaruhnya pada system MFC.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2004. SNI 06-6989.27:2004 Air dan air limbah– Bagian 27: Cara Uji Kadar Padatan Terlarut Total(Total Dissolved Solids, TDS) Secara Gravimetri.
- APHA. 1992. *Standard Method for Examining of Water and Waste Water APHA-AWWA-WPFC*. Port Press. Washington DC.
- Bailey, L. P., 1976. *Analysis With Ion Selective Electrodes*. Heyden & Son Ltd, London.
- Day, R.A dan Underwood, A.L. 2001. *Analisi Kimia Kuantitas*. Jakarta: Erlangga.
- Deval, A. Dikshit, A. K. 2013. *Construction, Working and Standardization of Microbial Fuel Cell*. APCBEE Procedia 5. Dubai.
- Eaton, A., Lenore, S.C., dan Arnold, E.G. 1995. *Standard Methods*. Amerika: United State of America.
- Ester, K. 2012. *Produksi Energi Listrik Melalui Microbial Fuel Cell Menggunakan Limbah Industri Tempe*. Skripsi Universitas Indonesia. Jakarta.
- HACH. 2002. *Water Analysis Handbook 4th ed*. USA: HACH Company.
- Hermayanti, A. dan Nugraha, I. 2014. *Potensi Perolehan Energi Listrik dari Limbah Cair Industri Tahu dengan Metode Salt Bridge Microbial Fuel Cell*. Jurnal Sains Dasar (2) 162-168. Yogyakarta.
- Hoogers, G. 2002. *Fuel Cell Component and their Impact on Performance*. Dalam Fuel Cell Technology Handbook. CRC Press.
- Khafidiyanto, B., Istirokhatun, T., Hadiwidodo, M., 2014. *Pemanfaatan Limbah Buah-buahan Sebagai Penghasil Energi Listrik Dengan Teknologi Microbial Fuel Cell (Variasi Penambahan Ragi dan Glukosa)*. e-Journal Universitas Diponegoro Vol. 3 No. 2.
- Kim, H., D.H. Park, P.K. Shin, I.S Chang, H.J. Kim, 1999. *Mediator-less Biofuel Cell*. U.S Patent, 5976719.
- Kininge, P. T., Pallavi, D. D. Aishwarya, N. Mohandas, O. A. Shinde. 2011. *International Journal of Advance Biotechnology and Research*, 2. pp. 263-268.
- Logan, B. E., C. Murano, K. Scott, N. D. Gray, dan I. M. Head, *Wet. Res.* 2006. pp. 942-952.

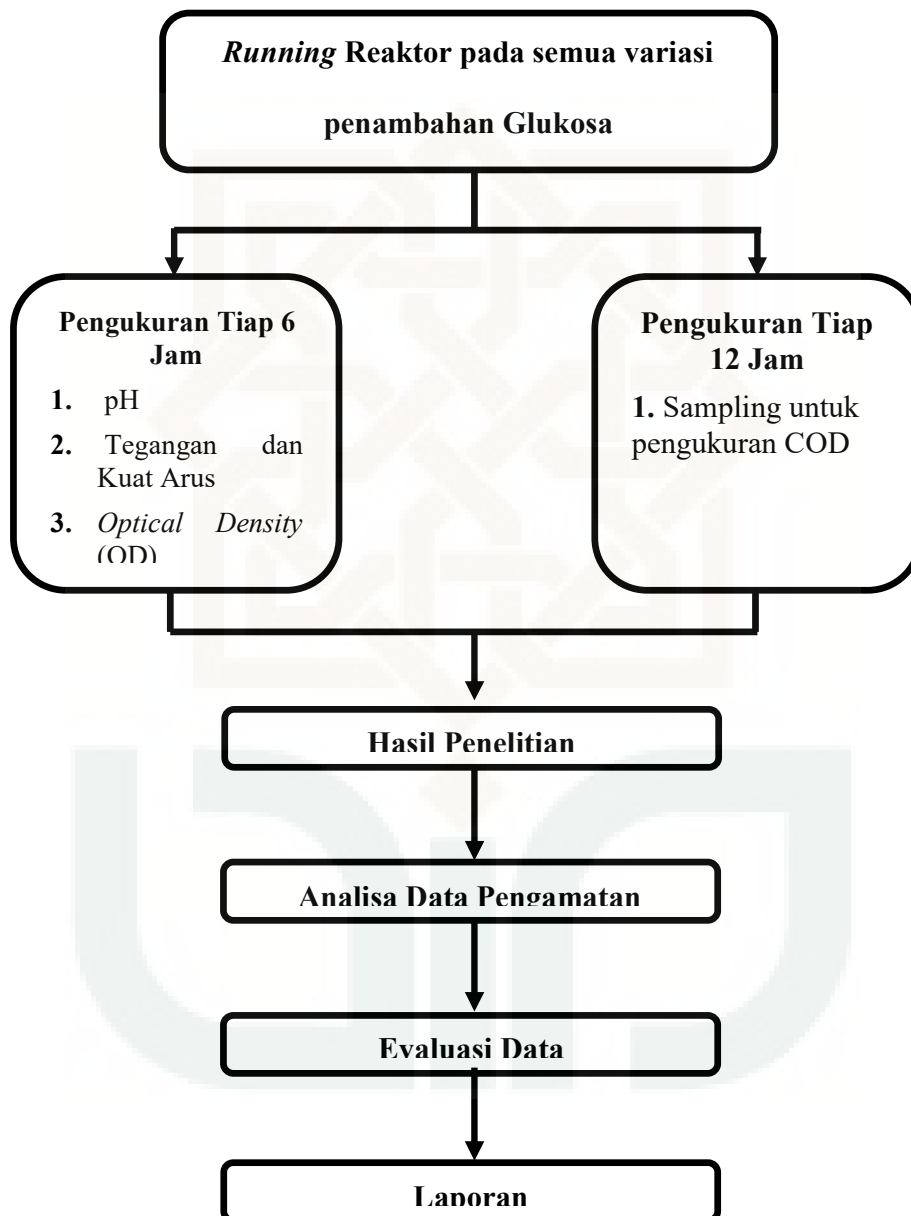
- Logan, B. E., Hamelers, B., Rozendal, R., Schroder, U., Keller, J., Freguani, S., Aelterman, P., Verstraete, W., Rabaey, K., 2006. Microbial Fuel Cell: Methodology and Technology. *Environ. Sci. Technol.* 40. 5181-5192.
- Li, F., S. Yogesh; Y. lei, B. Li, Q. Zhou. 2010. *Appl Biochem Biotechnol*, 160 pp. 168-181.
- Min, B., Cheng, S., Logan, B. E., 2005. *Electricity Generation Using Membrane and Salt Bridge Microbial Fuel Cell*. *Water Res.* 39, 1675-1686.
- Monod, J., 1949. *The Growth of Bacterial Culture*. *Annual Review Microbiology* 3 : 371-394.
- Novitasari, Deni., 2011. *Optimasi Kinerja Mikrobial Fuel Cell (MFC) untuk Produksi Energi Listrik Menggunakan Bakteri Lactobacillus bulgaricus*. Skripsi Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok.
- S. You, Q. Zhao, Zhang J, J. Jiang J; S. Zhao. 2006. *Journal of Power Source* 162 pp. 1409-1415.
- Sudarmadji, S. 1996. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Utami, T. S., Arbianti, R., Novitasari, D., Kristin, E., Citrasari, A. E., 2014. *Effect of Electrolytes and Microbial Culture toward Electricity Generation Utilizing Tempe Wastewater in Microbial Fuel Cell*, *Proceeding of The 5th Sriwijaya International Seminar on Energy and Environmental Science & Technology*, Palembang, Indonesia.
- Winarno, F.G. 1986. *Air Untuk Industri Pangan*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Lampiran 1. Skema dan Alur Penelitian



Gambar 1 Skema dan Alur Penelitian

Lampiran 2 Proses Pengukuran dan *Running* Reaktor MFC pada substrat control, variasi penambahan glukosa 2%, dan glukosa 4%.



Gambar 2 Proses Pengukuran dan *Running* Reaktor MFC pada substrat control, variasi penambahan glukosa 2%, dan glukosa 4%.

Lampiran 3. Data Hasil Pengukuran Tegangan pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 72 Jam.

Jam	Kontrol	Glukosa 2%	Glukosa 4%
0	0.622 V	0.650 V	0.656 V
6	1.151 V	1.057 V	1.129 V
12	1.172 V	1.166 V	1.142 V
18	1.192 V	1.179 V	1.170 V
24	1.208 V	1.201 V	1.176 V
30	1.218 V	1.213 V	1.196 V
36	1.232 V	1.231 V	1.192 V
42	1.234 V	1.233 V	1.203 V
48	1.240 V	1.239 V	1.212 V
54	1.243 V	1.244 V	1.216 V
60	1.245 V	1.250 V	1.229 V
66	1.241 V	1.237 V	1.226 V

Lampiran 4. Data Hasil Pengukuran Kuat Arus Listrik pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 72 Jam.

Jam	Blanko	Glukosa 2%	Glukosa 4%
0	0.453 mA	0.252 mA	0.118 mA
6	1.223 mA	0.990 mA	1.030 mA
12	1.191 mA	1.066 mA	1.434 mA
18	1.405 mA	1.155 mA	1.390 mA
24	1.447 mA	1.150 mA	1.428 mA
30	1.502 mA	1.257 mA	1.346 mA
36	1.403 mA	1.183 mA	1.255 mA
42	1.465 mA	1.230 mA	1.380 mA
48	1.574 mA	1.431 mA	1.456 mA
54	1.385 mA	1.327 mA	1.493 mA
60	1.525 mA	1.222 mA	1.437 mA
66	1.536 mA	1.275 mA	1.463 mA
72	1.491 mA	1.192 mA	1.440 mA

Lampiran 5. Data Hasil Pengukuran pH pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 72 Jam.

Jam	Kontrol	Glukosa 2%	Glukosa 4%
0	4.77	4.77	4.76
6	4.17	4.11	4.15
12	4.04	3.93	3.94
18	4.01	3.83	3.89
24	3.97	3.76	3.77
30	3.96	3.76	3.74
36	3.95	3.75	3.73
42	3.94	3.69	3.67
48	3.88	3.68	3.65
54	3.99	3.67	3.64
60	3.88	3.66	3.64
66	3.86	3.63	3.62
72	3.85	3.61	3.56

Lampiran 6. Data Hasil Pengukuran *Optical Density* (OD) di panjang gelombang 486 nm pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 72 Jam.

Jam	Kontrol	Glukosa 2%	Glukosa 4%
0	0.213mW/m ²	0.195 mW/m ²	0.237 mW/m ²
6	0.267 mW/m ²	0.297 mW/m ²	0.308 mW/m ²
12	0.315 mW/m ²	0.378 mW/m ²	0.370 mW/m ²
18	0.304 mW/m ²	0.386 mW/m ²	0.360 mW/m ²
24	0.305 mW/m ²	0.392 mW/m ²	0.372 mW/m ²
30	0.328 mW/m ²	0.403 mW/m ²	0.388 mW/m ²
36	0.346 mW/m ²	0.419 mW/m ²	0.424 mW/m ²
42	0.350 mW/m ²	0.434 mW/m ²	0.391 mW/m ²
48	0.462 mW/m ²	0.418 mW/m ²	0.405 mW/m ²
54	0.345 mW/m ²	0.435 mW/m ²	0.402 mW/m ²
60	0.350 mW/m ²	0.455 mW/m ²	0.440 mW/m ²
66	0.368 mW/m ²	0.463 mW/m ²	0.444 mW/m ²
72	0.390 mW/m ²	0.487 mW/m ²	0.550 mW/m ²

Lampiran 7. Data Hasil Pengukuran *Power Density* pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 72 Jam.

Cara mencari *Power Density*

$$P\left(\frac{mW}{m^2}\right) = \frac{V \cdot I}{A}$$

Keterangan :

P = Power Density (mW/m²)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (mA)

A = Luas permukaan Anoda = 2 (p x l) + 2 (p x t) + 2 (l x t)

p = Panjang (m)

l = Lebar (m)

t = Tinggi (m)

Jam	Kontrol	Glukosa 2%	Glukosa 4%
0	0.909	0.528	0.250
6	4.541	3.376	3.751
12	4.503	4.010	5.283
18	5.402	4.393	5.246
24	5.639	4.455	5.417
30	5.901	4.919	5.193
36	5.576	4.698	4.826
42	5.832	4.892	5.355
48	6.296	5.719	5.692
54	5.553	5.325	5.856
60	6.125	4.927	5.697
66	6.149	5.088	5.786
72	5.983	4.768	5.681

Lampiran 8. Laporan Hasil Uji Parameter TDS, COD, dan BOD₅ Sebelum *Running* MFC



**LABORATORIUM PENGUJI
BALAI LABORATORIUM KESEHATAN YOGYAKARTA**

LAPORAN HASIL UJI
No.: 019459/LHU/BLK-Y/08/2016

Nama Customer : Yayah Luthfiah
 Alamat : Jl. Ngorojo Gang I/1, RT. 006, RW. 003, Caturtunggal, Depok, Sleman
 Telp. : +62 81311057686

Personel yang dihubungi : Yayah Luthfiah
 Alamat : Jl. Ngorojo Gang I/1, RT. 006, RW. 003, Caturtunggal, Depok, Sleman
 Telp. : -

Jenis Sampel : Limbah cair Industri Tempe
 No. FPPS :019459/FPPS/BLK-Y/08/2016

Diskripsi sampel : Sampel diambil oleh Yayah Luthfiah, tgl. 02 Agustus 2016 jam 08.00 WIB,
 Lokasi : Banguntapan

Kode Sampel : 019459/KL/08/2016
 Tanggal Penerimaan : 03 Agustus 2016
 Tanggal pengujian : 03 s/d 18 Agustus 2016
 Keterangan : Batas Maksimum yang diperbolehkan sesuai dengan Standar
 Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri Tempe
 Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta No: 7 Tahun 2016

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Kadar paling Banyak (mg/L)	Spesifikasi Metode
1.	TDS	mg/L	3810*	2000	IKM/5.4.30//BLK-Y
2.	COD	mg/L	18.078,72*	300	APHA 5220-C, 2005
3.	BOD ₅	mg/L	11.382,63*	150	IKM/5.4.5/BLK-Y

Catatan :

- Hasil uji ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji
- Laporan hasil uji terdiri dari 1 halaman
- Laporan hasil uji ini tidak boleh digandakan, kecuali secara lengkap dan seijin tertulis dari Laboratorium penguji Balai Labkes. Yogyakarta
- Pengaduan hasil dilayani sampai dengan tanggal, 25 Agustus 2016
- * : Di luar Batas Baku Mutu

Yogyakarta, 18 Agustus 2016
 Manajer Teknik
 Hari waluyo, SKM, MSc
 NIP. 19680417 199103 1 008



Lampiran 9. Laporan Hasil Uji Setelah Parameter TDS, COD, dan BOD₅ *Running* MFC



**LABORATORIUM PENGUJI
BALAI LABORATORIUM KESEHATAN YOGYAKARTA**

LAPORAN HASIL UJI
No.: 019741/LHU/BLK-Y/08/2016

Nama Customer : Yayah Luthfiah
 Alamat : Jl. Ngorojo Gang I/1, RT. 006, RW. 003, Caturtunggal, Depok, Sleman
 Telp. : +62 81311057686
 Personel yang dihubungi : Yayah Luthfiah
 Alamat : Jl. Ngorojo Gang I/1, RT. 006, RW. 003, Caturtunggal, Depok, Sleman
 Telp. : -
 Jenis Sampel : Limbah cair Industri Tempe
 No. FPPS : 019741/FPPS/BLK-Y/08/2016
 Diskripsi sampel : Sampel diambil oleh Yayah Luthfiah, tgl. 05 Agustus 2016 Jam. 15.00 WIB
 Lokasi : Lab. Penelitian UIN Sunan Kalijaga
 Kode Sampel : 019741/KL/08/2016
 Tanggal Penerimaan : 06 Agustus 2016
 Tanggal pengujian : 06 s/d 22 Agustus 2016
 Keterangan : Batas Maksimum yang diperbolehkan sesuai dengan Standar
 Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri Tempe
 Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta No: 7 Tahun 2016


No.	Parameter	Satuan	Hasil	Kadar paling Banyak (mg/L)	Spesifikasi Metode
1.	TDS	mg/L	447	2000	IKM/5.4.30//BLK-Y
2.	BOD	mg/L	13.615,53*	150	IKM/5.4.5//BLK-Y
3.	COD	mg/L	17.804,80**	300	APHA 5220-C, 2005

Catatan :

- Hasil uji ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji
- Laporan hasil uji terdiri dari 1 halaman
- Laporan hasil uji ini tidak boleh digandakan, kecuali secara lengkap dan seijin tertulis dari Laboratorium penguji Balai Labkes. Yogyakarta
- Pengaduan hasil dilayani sampai dengan tanggal, 29 Agustus 2016
- * : Di luar Batas Baku Mutu


 Yogyakarta, 22 Agustus 2016
 Manajer Teknik
 * Hari waluyo, SKM, MSc
 NIP. 19680417 199103 1 008 †

Lampiran 10. Laporan Hasil Uji COD Tiap 24 Jam Selama *Running* MFC



**LABORATORIUM PENGUJI
BALAI LABORATORIUM KESEHATAN YOGYAKARTA**

LAPORAN HASIL UJI
No.: 019742 s/d 019781/LHU/BLK-Y/08/2016

Nama Customer : Yayah Luthfiah
 Alamat : Jl. Ngorojo Gang I/1, RT. 006, RW. 003, Caturtunggal, Depok, Sleman
 Telp. : +62 81311057686
 Personel yang dihubungi : Yayah Luthfiah
 Alamat : Jl. Ngorojo Gang I/1, RT. 006, RW. 003, Caturtunggal, Depok, Sleman
 Telp. : -
 Jenis Sampel : Limbah cair Industri Tempe
 No. FPPS : 019742 s/d 019751/FPPS/BLK-Y/08/2016
 Deskripsi sampel : Sampel diambil oleh Yayah Luthfiah, Jam. 15.00 WIB
 Lokasi : Lab. Penelitian UIN Sunan Kalijaga
 Kode Sampel : 019742 s/d 019751/KL/08/2016
 Tanggal Penerimaan : 06 Agustus 2016
 Tanggal pengujian : 06 s/d 22 Agustus 2016
 Keterangan : Batas Maksimum yang diperbolehkan sesuai dengan Standar
 Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri Tempe
 Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta No: 7 Tahun 2016

No.	Jenis Contoh Uji	Kode sampel .../KI/08/16	Hasil COD (mg/L)	Kadar paling Banyak
1.	Kode : 0 Jam. 2 %, tgl. 2-8-2016	019742	701,92*	300 mg/L
2.	Kode : 0 Jam. 4 %, tgl. 2-8-2016	019743	1.136,77*	
3.	Kode : 24 Jam. 0 %, tgl. 3-8-2016	019744	325,28*	
4.	Kode : 24 Jam. 2 %, tgl. 3-8-2016	019745	701,92*	
5.	Kode : 24 Jam. 4 %, tgl. 3-8-2016	019746	1.044,32*	
6.	Kode : 48 Jam. 0 %, tgl. 4-8-2016	019747	369,79*	
7.	Kode : 48 Jam. 2 %, tgl. 4-8-2016	019748	712,19*	
8.	Kode : 48 Jam. 4 %, tgl. 4-8-2016	019749	1.112,80*	
9.	Kode : 72 Jam. 2 %, tgl. 5-8-2016	019750	633,44*	
10.	Kode : 72 Jam. 4 %, tgl. 5-8-2016	019751	1.027,20*	
Spesifikasi Metode			APHA 5220-C, 2005	

Catatan :

- Hasil uji ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji
- Laporan hasil uji terdiri dari 1 halaman
- Laporan hasil uji ini tidak boleh digandakan, kecuali secara lengkap dan seijin tertulis dari Laboratorium pengujian Balai Labkes. Yogyakarta
- Pengaduan hasil dilayani sampai dengan tanggal, 29 Agustus 2016
- * : Di luar Batas Baku Mutu



Yogyakarta, 22 Agustus 2016
 Manajer Teknik
 Hari waluyo, SKM, MSc
 NIP. 19680417 199103 1 008

Lampiran 11. Foto Dokumentasi



Curriculum Vitae

Nama : Yayah Luthfiah

Tempat, Tanggal Lahir : Bekasi, 18 Januari 1993

Umur : 23 tahun

Alamat : Jl. Nogorjo gang 1 No. 1 Rt. 06/03 Caturtunggal, Depok,
Sleman

No. Hp : 0813 1105 7686

Email : yayah.luthfiah@gmail.com

Jenis Kelamin : Perempuan

Agama : Islam

Status : Belum Menikah

Pendidikan :

- 1999 – 2005 : MI Attaqwa 14 Kedaung
- 2005 – 2008 : SMP N 01 Babelan
- 2008 – 2012 : SMK Analis Kimia Caraka Nusantara Jakarta
- 2012 – 2016 : Jurusan Kimia UIN Sunan Kalijaga