

**POTENSI PEROLEHAN ENERGI LISTRIK DALAM PROSES
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU MELALUI SISTEM *STACK*
MICROBIAL FUEL CELL (MFC) MENGGUNAKAN ISOLAT BAKTERI
LIMBAH CAIR TAHU**

Skripsi

Untuk memenuhi sebagai persyaratan

Mencapai derajat sarjana S-1

Program Studi Kimia



Oleh :

Ayu Diah Syafaati

11630003

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2015**



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 : Ayu Diah Syafaati

NIM : 11630003

Judul Skripsi : Potensi Perolehan Energi Listrik Dalam Proses Pengolahan Limbah Cair Tahu Melalui Sistem Stack Microbial Fuel Cell (MFC) Menggunakan Isolat Bakteri Limbah Cair Tahu

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 diatas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami menyampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 29 Mei 2015

Pembimbing,

Irwan Nugraha, M.Sc.

NIP. 19820329 201101 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 konsultan berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : AYU DIAH SYAFAATI
NIM : 11630003
Judul Skripsi : Potensi Perolehan Energi Listrik Dalam Proses Pengolahan Limbah Cair Tahu Melalui Sistem *Stack Microbial Fuel Cell* (MFC) Menggunakan Isolat Bakteri Limbah Cair Tahu

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 bidang kimia.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 23 Juni 2015
Konsultan,


Diana Rahayuningwulan, M.T



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 konsultan berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : AYU DIAH SYAFAATI
NIM : 11630003
Judul Skripsi : Potensi Perolehan Energi Listrik Dalam Proses Pengolahan Limbah Cair Tahu Melalui Sistem *Stack Microbial Fuel Cell* (MFC) Menggunakan Isolat Bakteri Limbah Cair Tahu

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 bidang kimia.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 23 Juni 2015
Konsultan,

Pedy Arsanti, M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ayu Diah Syafaati
NIM : 11630003
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

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

**POTENSI PEROLEHAN ENERGI LISTRIK DALAM PROSES
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU MELALUI SISTEM STACK
MICROBIAL FUEL CELL (MFC) MENGGUNAKAN ISOLAT BAKTERI
LIMBAH CAIR TAHU**

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

Yogyakarta, 1 Juni 2015

Yang menyatakan


Ayu Diah Syafaati
NIM. 11630003



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR


Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/1817/2015

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Potensi Perolehan Energi Listrik dalam Proses Pengolahan Limbah Cair Tahu Melalui Sistem *Stack Microbial Fuel Cell* (MFC) Menggunakan Isolat Bakteri Limbah Cair Tahu


Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Ayu Diah Syafaati
NIM : 11630003
Telah dimunaqasyahkan pada : 19 Juni 2015
Nilai Munaqasyah : A
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :


Ketua Sidang


Irwan Nugraha, M.Sc
NIP.19820329 201101 1 005

Penguji I


Diana Rahayuringwulan, M.T.

Penguji II


Pedy Artsanti, M.Sc

Yogyakarta, 23 Juni 2015
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan



Dr. Maizer Said Nahdi, M.Si.
NIP. 19550427 198403 2 001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini Saya persembahkan untuk Kedua Orang Tua tercinta ;

Ayahanda Sudirman

Ibunda Azizatul Himmah

Terima kasih untuk cinta yang tulus dan do'a yang tiada henti untuk
anakmu

Terima kasih untuk kasih sayang dan pengorbanan yang tak terhingga

Terima kasih untuk meridhai setiap jalan ananda demi meraih cita-cita

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wata'ala yang telah memberi kesempatan dan kekuatan sehingga skripsi yang berjudul "*Potensi Perolehan Energi Listrik dalam Proses Pengolahan Limbah Cair Tahu Melalui Sistem Stack Microbial Fuel Cell (MFC) Menggunakan Isolat Bakteri Limbah Cair Tahu*" 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. Dr. Hj. Maizer Said Nahdi, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si., selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Didik Krisdiyanto M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan motivasi dan pengarahan selama studi.
4. Irwan Nugraha, M.Sc., selaku Pembimbing Skripsi I yang secara ikhlas dan sabar telah meluangkan waktunya untuk membimbing penyusun dalam menyelesaikan penyusunan skripsi.
5. Diana Rahayuningwulan, M.T., selaku Pembimbing Skripsi II yang telah banyak memberikan arahan, masukan, dan bimbingannya, serta memotivasi selama penelitian sekaligus penyusunan skripsi.

6. Dani Permana, S.Si., selaku pembimbing lapangan, yang telah banyak memberikan arahan serta bimbingannya selama masa penelitian di Laboratorium Mikrobiologi.
7. Mery Kahardina, Isabela Nisa Saputra, dan Selvy Malita, yang telah menemani dan banyak membantu selama penelitian berlangsung.
8. Seluruh Staf Karyawan Puslit Kimia Bidang Teknologi Lingkungan LIPI Bandung yang telah memberikan bantuan dan petunjuk selama penelitian.
9. Seluruh Staf Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membantu sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.
10. Kedua Orang Tua yang telah banyak memberikan dukungan moril dan materil, do'a, nasehat serta ridha-nya dari awal hingga akhir masa studi.
11. Hari Nugraha, yang telah mencurahkan waktu, semangat dan perhatiannya selama masa penulisan skripsi.
12. Teman-teman Kimia Angkatan 2011 selaku sahabat serta keluarga yang telah memberikan banyak warna selama perkuliahan
13. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu atas bantuannya dalam penyelesaian skripsi ini.

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

Yogyakarta, Juni 2015

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN NOTA DINAS KONSULTASI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah	4
C. Rumusan Masalah.....	4
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	5
BAB V.....	47
PENUTUP.....	47
A. Kesimpulan	47
B. Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	51
Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian.....	51
Lampiran 2. Data Tabel Tahap Aklimatisasi dan <i>Running</i> MFC.....	53
Lampiran 3. Perhitungan.....	56

Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian.....	64
CURRICULUM VITAE.....	65



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu saat <i>fresh</i> dan pasca Steril	27
Tabel 4.2 Nilai TSS dan VSS MFC	44



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Kerja Sistem MFC	11
Gambar 2.2 Skema <i>Stack</i> MFC	12
Gambar 2.3 Kurva Pertumbuhan Mikroorganisme	17
Gambar 4.1 Reaktor <i>Stack</i> MFC	29
Gambar 4.2 Reaktor Blanko MFC	29
Gambar 4.3 Nilai <i>Optical Density</i> (OD) Tahap Aklimatisasi 1	31
Gambar 4.4 Nilai <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) Tahap Aklimatisasi 1	34
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Waktu dan Absorbansi Tahap Aklimatisasi 2 Pada Karbon <i>Brush</i> dan <i>Sheet</i>	35
Gambar 4.6 Grafik Nilai COD pada Tahap Aklimatisasi 2 Karbon <i>Brush</i> dan <i>Sheet</i>	37
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Waktu dan Absorbansi Proses <i>Running</i> MFC	38
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Waktu Reaksi dan Nilai pH pada Blanko dan <i>Stack</i> MFC	39
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Waktu dan Kuat Arus pada Blanko dan <i>Stack</i> MFC	41
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Waktu dan Voltase pada Blanko dan <i>Stack</i> MFC	41
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Nilai COD pada Blanko dan <i>Stack</i> MFC	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Diagram Alir Penelitian	51
Lampiran 2 Data Tabel Tahap Aklimatisasi dan <i>Running</i> MFC	53
Lampiran 3 Perhitungan	56
Lampiran 4 Dokumentasi Penelitian	64



ABSTRAK

Potensi Perolehan Energi Listrik Dalam Proses Pengolahan Limbah Cair Tahu Melalui Sistem *Stack Microbial Fuel Cell* (MFC) Menggunakan Isolat Bakteri Limbah Cair Tahu

Ayu Diah Syafaati
11630003

Penelitian mengenai potensi perolehan energi listrik dalam proses pengolahan limbah cair tahu melalui sistem *Stack Microbial Fuel Cell* (MFC) menggunakan isolat bakteri limbah cair tahu telah dilakukan. Salah satu energi alternatif yang dapat digunakan adalah *Microbial Fuel Cell* (MFC). *Microbial Fuel Cell* (MFC) bekerja dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk mendegradasi senyawa organik sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Beberapa penelitian MFC telah dilakukan pada *Single MFC*. Pada penelitian ini dilakukan pengembangan untuk mengetahui pengaruh pengolahan limbah secara *Stack Microbial Fuel Cell* (MFC) terhadap kuat arus yang diproduksi. Sistem ini menggunakan elektroda karbon *brush*, *Proton Exchange Membran* (PEM) sebagai penukar kation, limbah cair tahu sebagai sumber substrat, dan isolat bakteri asli limbah cair tahu sebagai pendegradasi, sehingga diketahui kemampuan dalam sistem tersebut untuk menghasilkan energi listrik sekaligus menurunkan nilai COD. Nilai *Optical Density* (OD) diukur untuk mengetahui aktivitas metabolisme bakteri, dengan panjang gelombang 560 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses *Microbial Fuel Cell* (MFC) yang berlangsung selama 72 jam menghasilkan potensi kuat arus listrik sebesar 1,3 mA pada *Stack MFC*, dibandingkan dengan Blanko *Single Chamber*, perolehan kuat arus listrik *Stack MFC* lebih besar, yaitu pada Blanko sebesar 0,43 mA. Serta, selain itu juga menurunkan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada range 19 – 38 %.

Kata Kunci - *Microbial Fuel Cell* , *Stack MFC*, *Limbah Cair Tahu*, *Isolat Bakteri Limbah Cair Tahu*, *Kuat Arus*

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kegiatan perekonomian dunia yang semakin dinamis meningkatkan kebutuhan energi. Berbagai sumber energi primer telah dimanfaatkan manusia untuk memenuhi kebutuhan energi dan hampir seluruhnya merupakan bahan bakar berbasis karbon. Penggunaan bahan bakar berbasis karbon menghasilkan gas buang berupa karbon dioksida yang dapat menyebabkan pemanasan global. Untuk mengurangi emisi gas rumah kaca, salah satu cara yang tepat adalah dengan memanfaatkan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, yaitu mengganti penggunaan bahan bakar berbasis karbon dengan bahan bakar berbasis hidrogen.

Penggunaan bahan bakar berbasis hidrogen telah banyak digunakan untuk berbagai keperluan pembangkitan energi. Salah satunya adalah digunakan untuk membangkitkan listrik melalui *fuel cell*. *Fuel Cell* merupakan alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah peningkatan kebutuhan energi. *Fuel Cell* bersifat ramah lingkungan karena tidak menghasilkan pencemaran, bahkan dapat digunakan untuk mengatasi masalah lingkungan dengan cara mendaur ulang limbah menjadi sumber energi. *Fuel cell* tersusun atas dua unit dasar, yaitu anoda dan katoda. Anoda berperan sebagai tempat terjadinya pemecahan hidrogen menjadi proton dan elektron. Katoda berperan sebagai tempat terjadinya reaksi penggabungan proton, elektron, dan oksigen untuk membentuk air (Shukla *et al.*, 2004). *Fuel Cell* menghasilkan energi dalam bentuk energi listrik dengan cara memproduksi dan mengendalikan arus elektron. *Fuel Cell* konvensional

memperoleh elektron dengan melepaskan atom hidrogen. Untuk menghasilkan hidrogen bebas maka dibutuhkan katalis yang ditempatkan dalam ruang anoda (Nasruddin, 2009). Katalis tersebut dapat berasal dari sel hidup seperti mikroba. *Fuel Cell* jenis ini disebut dengan *Microbial Fuel Cell* (MFC).

Microbial Fuel Cell (MFC) memanfaatkan materi organik yang digunakan oleh mikroba sebagai sumber energi dalam melakukan aktivitas metabolisme. *Microbial Fuel Cell* (MFC) bekerja melalui aksi bakteri yang dapat mengantarkan elektron-elektron ke anoda. Elektron mengalir dari anoda melalui sebuah kawat ke katoda yang menghasilkan arus listrik (Rabaey *et al.*, 2005). Selain ramah lingkungan, *Microbial Fuel Cell* (MFC) juga memiliki kelebihan, dimana energi listrik yang dihasilkan dapat berasal dari pemanfaatan limbah organik. Salah satu limbah organik yang dapat dimanfaatkan adalah limbah cair tahu.

Limbah tahu berasal dari Industri tahu, dimana menghasilkan dua macam limbah tahu, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat berupa ampas tahu yang diperoleh pada saat ekstraksi susu kedelai (penyaringan), sedangkan limbah cair dihasilkan setelah koagulasi protein susu kedelai dan pada saat proses pengepresan atau pencetakan tahu. Limbah cair tahu merupakan salah satu limbah yang banyak menimbulkan permasalahan lingkungan karena kandungan bahan organiknya yang tinggi serta mudah membusuk sehingga menghasilkan bau yang tidak sedap. Kandungan bahan organik dalam limbah cair tahu cukup tinggi, begitupun dengan kadar COD dan BOD-nya (Subekti, 2011). Kadar BOD yang dihasilkan sekitar 6.000-8.000 mg/L dan kadar COD-nya sebesar 8.000-11.400 mg/L, sehingga limbah cair tahu yang dihasilkan oleh industri tahu mempunyai

tingkat pencemaran lingkungan yang cukup tinggi (Hery, 1993). Selain itu belum maksimalnya upaya penanganan limbah cair tahu pada industri-industri tahu menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan, maka dilakukan upaya pemanfaatan limbah cair tahu sebagai substrat pada sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC).

Sistem *Microbial Fuel Cell* dalam perkembangannya memiliki berbagai tipe sesuai dengan aplikasinya. Berdasarkan desain kompartemennya terdapat tiga jenis MFC, yaitu *Single Chamber* MFC, *Dual-Chamber* MFC, dan *Stack* MFC. *Single Chamber* merupakan jenis MFC yang hanya memiliki satu ruang, sementara *Dual-Chamber* memiliki dua ruang yang dipisahkan membran penukar kation atau jembatan garam. Serta *Stack* MFC merupakan rangkaian dari beberapa unit MFC baik *dual chamber* maupun *single chamber* yang dirangkai seri atau paralel dengan tujuan meningkatkan kapasitas daya yang bisa diproduksi.

Pada penelitian ini dilakukan pengembangan untuk mengetahui pengaruh pengolahan limbah secara *Stack Microbial Fuel Cell* (MFC) terhadap kuat arus yang diproduksi, dengan menggunakan isolat bakteri asli pada limbah. Sehingga diharapkan hasil penelitian ini selain dapat memberikan informasi mengenai potensi energi listrik yang dihasilkan, juga diharapkan dapat menjadi metode alternatif yang lebih efisien dan ramah lingkungan, yang dapat digunakan pada proses pengolahan limbah.

B. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Sistem MFC yang digunakan pada penelitian ini adalah Sistem *Stack* MFC rangkaian paralel dengan tiga unit reaktor *single chamber*.
2. Digunakan membran PEM sebagai penukar kation, karbon *brash* dan *sheet* sebagai elektroda, serta isolat bakteri limbah cair tahu sebagai pendegradasi.
3. Blanko *Single Chamber* digunakan sebagai pembanding dengan *Stack* MFC dalam melihat pengaruhnya terhadap kuat arus dan penurunan nilai COD yang diperoleh.
4. Parameter yang digunakan adalah Kuat Arus Listrik, Voltase, *Optical Density* (OD), pH, *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), dan *Volatile Suspended Solid* (VSS).
5. Limbah yang digunakan berasal dari limbah cair salah satu industri tahu di Lembang, Bandung.

C. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimanakah pengaruh penggunaan isolat bakteri limbah cair tahu terhadap perolehan maksimum energi listrik yang dihasilkan melalui *Stack* MFC dibandingkan dengan Blanko *Single Chamber* ?
2. Berapa perubahan nilai pH, TSS, VSS dan COD yang dihasilkan setelah sistem *Stack* MFC dilakukan?

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa tujuan, antara lain :

1. Mengetahui pengaruh penggunaan isolat bakteri limbah cair tahu terhadap perolehan maksimum energi listrik yang dihasilkan melalui *Stack* MFC dibandingkan dengan *Blanko Single Chamber* setelah proses MFC dilakukan
2. Mengetahui perubahan nilai pH, TSS, VSS dan COD yang dihasilkan setelah sistem *Stack* MFC dilakukan

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai potensi perolehan energi listrik melalui sistem *Stack Microbial Fuel Cell* dengan menggunakan isolat bakteri limbah cair tahu, serta pengaruhnya terhadap penurunan parameter pencemar lingkungan. Selain itu juga diharapkan dapat menjadi informasi tambahan dalam pengembangan sistem MFC sebagai metode alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

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

1. Penggunaan isolat bakteri limbah cair tahu terhadap perolehan maksimum energi listrik yang dihasilkan melalui *Stack* MFC dibandingkan dengan Blanko *Single Chamber* setelah proses MFC dilakukan adalah menghasilkan kuat arus listrik maksimum yang lebih besar, yaitu 0,43 mA pada blanko dan 1,3 mA pada *Stack* MFC, masing-masing terjadi pada jam ke-12. Serta voltase maksimum yang dihasilkan sebesar 0,680 V pada blanko di jam ke-36 dan 0,587 V pada *Stack* MFC di jam ke-48.
2. Nilai pH pada sistem *stack* MFC mengalami kenaikan hingga pH menjadi netral. Sementara nilai TSS awal pada limbah cair tahu saat Running MFC sebesar 330 mg/L dan mengalami kenaikan menjadi 1710-3890 mg/L. Kenaikan tersebut dipengaruhi karena adanya penambahan bahan organik maupun anorganik, serta mikroorganisme selama berjalannya sistem MFC. Hal tersebut sama kondisinya dengan perolehan nilai VSS dimana pada sistem MFC terjadi peningkatan dari 330 mg/L menjadi 1120-3040 mg/L. Pengolahan limbah cair tahu melalui *Stack Microbial Fuel Cell* (MFC) yang dirangkai secara paralel juga dapat menurunkan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada range 19 – 38 %, yaitu pada Blanko terjadi penurunan sebesar 38 % (6489,6 mg/L – 3993,6 mg/L) dan pada *Stack* MFC terjadi penurunan sebesar 28 % (6289,92 mg/L – 4492,8 mg/L) pada

Reaktor A, 19 % (5591,04 mg/L - 4492,8 mg/L) pada Reaktor B, dan 37,5 % (7188,48 mg/L – 4492,8 mg/L) pada Reaktor C.

B. Saran

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

1. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik dan identifikasi jenis isolat bakteri limbah cair tahu yang diperoleh pada pengolahan limbah cair tahu melalui sistem MFC
2. Untuk penelitian selanjutnya ditambah pengukuran parameter lain pada sistem MFC, seperti DO dan BOD.

DAFTAR PUSTAKA

- Aelterman, Peter., Rabaey, Korneel., The Pham, Hai., Boon, Nico., and Verstraete, Willy. 2006. Continuous Electricity Generation at High Voltages and Currents Using Stacked Microbial Fuel Cells. *Environmental Science Technology*. 40, 3388-3394.
- Alaerts, G., dan Santika, S.S. 1987. Metode Penelitian Air. Usaha Nasional. Surabaya. Indonesia.
- APHA. 1992. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* 18th ed. American Public Health Association. Washington.
- APHA. 1998. *Standar Methods for The Examination of Water and Wastewater, 20th Edition*. American Public Health Association. USA. Washington DC, pp. 2-53-2-59, 4- 100-4-111
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. SNI 06-6989.3-2004: Air dan air limbah-Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid, TSS*) secara gravimetri.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. SNI 6989.73:2009: Air dan air limbah-Bagian 73: Cara uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand/COD*) dengan refluks tertutup secara titrimetri.
- Bird, T. 1993. Kimia Fisika untuk Universitas. Cetakan ke-2. Jakarta : Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Chang, Raymond. 2004. *Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti* Edisi Ketiga Jilid 2. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Chae, Kyu Jung. Choi, mijin. Ajayi, Folusho F. Park, Wooshin. Chang, In Seop. dan Kim, In S. 2008. *Mass Transport through a Proton Exchange Membrane (Nafion) in Microbial Fuel Cells*. *Energy & Fuels* (22): 169-176.
- Eaktasang, Numfon., Kim, Dooil., Lee, Jae Woo., Park, Ki Young., dan Kim, Han S. 2012. *Enhancement of Electron Transfer by Electrochemical Treatment of Electrode in the Microbial Fuel Cell*. International Conference of Chemical, Environmental Science and Engineering, Pattaya, Thailand
- Fardiaz. S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

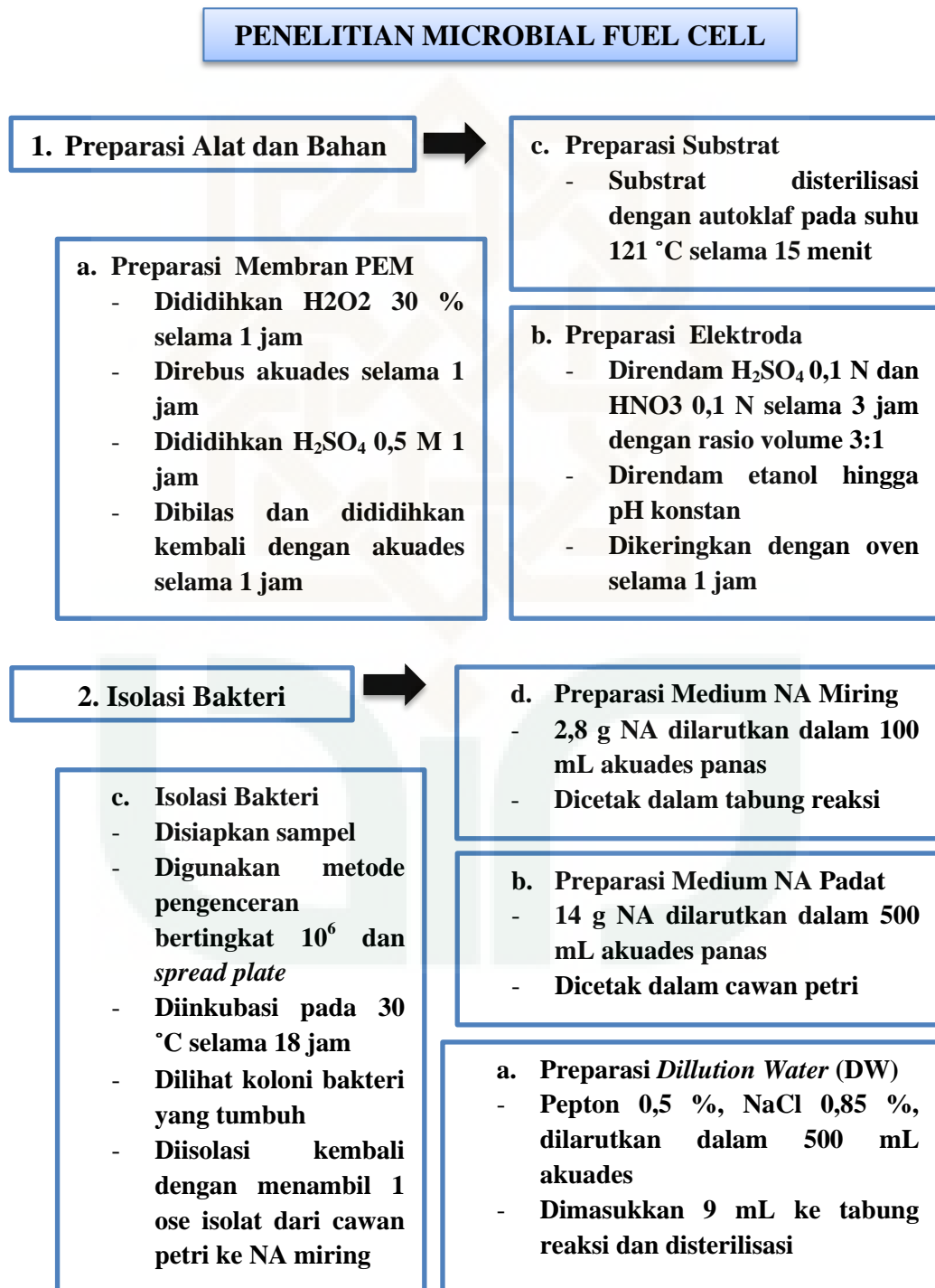
- Herlambang, A. 2002. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu*. Pusat Pengkajian dan Penerapan 79 Teknologi Lingkungan (BPPT) dan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Samarinda.
- Hermayanti, Agustin. 2014. Potensi Perolehan Energi Listrik dari Limbah Cair Industri Tahu dengan Metode *Salt Bridge Microbial Fuel Cell (SBMFC)*. Skripsi. Fakultas Saintek, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Heryani, Hani. 2012. Penentuan Kuat Arus Listrik yang dihasilkan dari Sistem *Microbial Fuel Cell* dengan menggunakan Elektroda Tembaga pada Limbah Cair Industri Tahu. Skripsi. FMIPA Unjani, Cimahi.
- Hery, P. 1993. Abu Terbang dan Pemanfaatannya. *Makalah Seminar Nasional Batubara Indonesia*. UGM Yogyakarta.
- Idham F, Halimi S, dan Latifah S. 2009. Alternatif Baru Sumber Pembangkit Listrik dengan Menggunakan Sedimen Laut Tropika Melalui Teknologi Microbial Fuel Cell. Teknologi Hasil Perairan Institut Pertanian Bogor
- Ieropoulos, L, J. Greenman. 2008. Microbial Fuel Cells Based on Carbon Veil Electrodes : *Stack configuration and scalability*. *International Journal of Energy Research*.
- Kasa., Sukma. T dan Yulianto. A., 2005. Penurunan *COD* (Chemical Oxygen Demand) dalam Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Filter Karbon Arang Tempurung Kelapa. vol 2. FTSP UII.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2014. Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/ Kegiatan Pengolahan Kedelai. Nomor 5 Tahun 2014 Lampiran XVIII.
- Larminie, J.; Dicks, A. 2000. *Fuel Cell Systems Explained*; John Wiley & Sons: Chichester, UK.
- Lister, Eugene C. 1988. Mesin dan Rangkaian Listrik. Edisi Keenam. Jakarta: Erlangga.
- Liu, Hong., Ramnarayan, Ramanathan., and Logan, B.E. 2004. Production of Electricity during Wastewater Treatment Using a Single Chamber Microbial Fuel Cell. *Environmental Science Technology*. 38, 2281-2285.
- Logan, B.E., Cheng, S., Watson, V., dan Estadt, G. 2007. Graphite Fiber *Brush* Anodes for Increased Power Production in Air-Cathode Microbial Fuel Cells. *Environmental Science Technology*. 41 (9), 3341-3346.

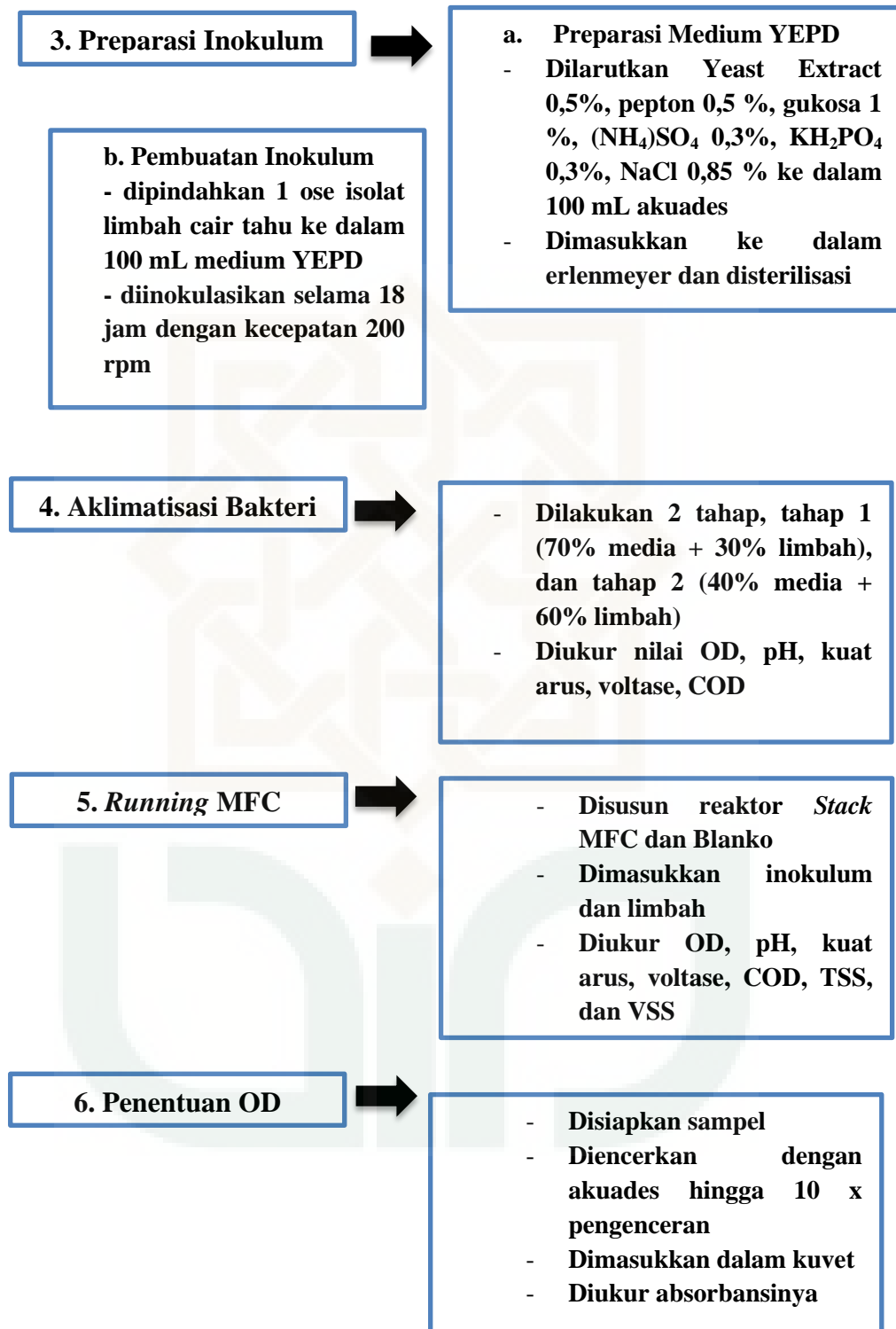
- Madigan, M. T.; Martinko, J. M.; Parker, J. 2000. *Brock Biology of Microorganisms*. Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ.
- Mardisiswayo, P et al. 1993. *Petunjuk Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran Limbah Padat dan Cair Industri*. Departemen Perindustrian. Jakarta.
- Metcalf & Eddy., Tchobanoglous, G., Burton, F. L. 1., & Stensel, H. D. (2003). *Wastewater engineering: Treatment and reuse* (4th ed.). Boston: McGraw-Hill.
- Nasruddin, Harun. 2009. *Pengembangan Sumber Energi Renewable Sel Bakar Mikroba Dalam Mengatasi Limbah Organik Selulotik*. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.
- Nasution, MI. 2008. *Penentuan Jumlah Amoniak dan Total Padatan Tersuspensi Pada Pengolahan Air Limbah PT. Bridgestone Sumatera Rubber Estate Dolok Merangkir*. Universitas Sumatera Utara.
- Novitasari, Deni. 2011. *Optimasi Kinerja Microbial Fuel Cell (MFC) Untuk produksi Energi Listrik Menggunakan Bakteri Lactobacillus bulgaricus*. Skripsi. Fakultas Teknik Kimia UI. Depok.
- Permana, Dani., Haryadi, Hari R., Putra, Herlian Eriska., Juniati, Westy., Rachman, Saadah D., dan Ishmayana, Safri. 2013. *Evaluasi Penggunaan Metilen Biru Sebagai Mediator Elektron pada Microbial Fuel Cell dengan Biokatalis Acetobacter aceti*. Molekul, Vol. 8. No. 1 . Mei, 2013: 78-88.
- Pelczar, M. 2005. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. UI: Jakarta.
- Pranoto. 1999. *Pengelolaan Lingkungan di Perusahaan Tahu (Unit Pengolahan Air Limbah)*. UNS, Surakarta.
- Pranoto. 2005. *Penggunaan Biofilter Eceng Gondok untuk Menurunkan Kadar COD Limbah Cair dari Pabrik Tahu*. Skripsi, UNNES, Semarang.
- Purwoko,T. 2007. *Fisiologi Mikroba*. Penerbit PT Bumi Aksara. Jakarta
- Rabaey, Korneel and Willy Verstraete. 2005. *Microbial Fuel Cells: Novel Biotechnology for Energy Generation*. ELSEVIER Trends in Biotechnology vol.23 No.6 June 2005.
- Shukla, A.K., Suresh, P., Berchmans, S., Rajendran, A. 2004. *Biological Fuel Cell and Their Application*. Current Science. 87(4): 455-468.

- Sincero. A. P dan Sincero. G.A., 2002, *Physical-Chemical Treatment of Water and Wastewater*, IWA Publishing, London.
- Subekti, Sri. 2011. Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2 Tahun 2011 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim*. Semarang. Hal: B61-B66
- Sunu, P. 2001. *Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 14001*. Jakarta: Penerbit Grasindo.
- Suresh, K. S. Bulchandani, B. D. 2012. *Comparative Study of Various Substrates and Microorganisms in a laboratory Design Microbial Fuel Cell*. International Journal of Research in Chemistry and Environment (2) 168-174
- Takeuchi Y., 2006. *Buku Teks Pengantar Kimia (terjemahan)*. Tokyo, Iwanami Shoten, Publishers, Tokyo.
- Yulianti, S dan Sarwoko Mangkoedihardjo. 2001. *Penurunan COD Limbah Tempe dengan Anaerobic Horizontal Baffled Reactor serta Ekotoksitasnya Terhadap Oryza sativa dan Phaseolus radiatus*. Jurnal Purifikasi Vol 2 no.3, Mei 2001. Surabaya.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian





Lampiran 2. Data Tabel Tahap Aklimatisasi dan *Running* MFC

A. Aklimatisasi 1

Jam ke	OD	pH	kuat arus (mA)	Voltase (V)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	Hambatan $\text{\textcircled{R}}$
0	0,314	5,63	0,08	0,014	10.000	330	1,6 k Ω
12	0,333	5,51	0,11	0,073	10.000	-	0
18	0,327	5,46	0,12	0,059		-	0
24	0,333	5,45	0,09	0,014	9250	-	0
36	0,46	4,68	0,08	0,058	8500	-	0
42	0,483	4,58	0,07	0,030	-	-	0
48	0,549	4,53	0,09	0,010	6750	-	0
60	0,484	4,5	0,09	0,016	6750	-	0
66	0,535	4,5	0,08	0,038	-	-	1,7 k Ω
72	0,567	45	0,07	0,068	6500	1300	8,3 k Ω

A. Aklimatisasi 2

1). Elektroda Karbon *Brush*

Jam ke	OD	pH	Kuat Arus (mA)	Voltase (V)	COD (mg/L)	Hambatan $\text{\textcircled{R}}$
0	0,235	4,99	0,1	0,447	6250	0
12	0,369	4,57	0,27	0,503	5500	0
18	0,407	4,5	0,35	0,493	-	0
24	0,339	4,52	0,05	0,213	5000	0
36	0,435	4,51	0,05	0,322	4000	0
42	0,468	4,53	0,01	0,302	-	0
48	0,43	4,53	0,01	0,298	4500	0
60	0,447	4,54	0	0,326	3750	0
66	0,443	4,57	0,01	0,317	-	0
72	0,46	4,57	0	0,315	3750	21,9 k Ω

2). Elektroda Karbon *Sheet*

Jam ke	OD	pH	Kuat Arus (mA)	Voltase (V)	COD (mg/L)	Hambatan $\text{K}\Omega$
0	0,258	5,03	0,02	0,334	6500	0
12	0,382	4,51	0,52	0,547	4500	0
18	0,415	4,48	0,6	0,644	-	0
24	0,347	4,49	0,44	0,609	4500	0
36	0,456	4,59	0,07	0,695	4000	0
42	0,486	4,6	0,76	0,567	-	0
48	0,447	4,65	0,7	0,631	4500	0
60	0,47	4,71	0,68	0,669	4000	0
66	0,457	4,74	0,66	0,667	-	0
72	0,447	4,8	0,76	0,631	2000	0

B. *Running* MFC

1). Blanko

Jam ke-	OD	pH	Voltase (V)	Kuat Arus (mA)	Hambatan (K Ω)	COD (mg/L)
0	0,219	4,78	0,393	0,33	16,48	6489.6
12	0,297	4,96	0,665	0,43	0	4792.32
18	0,292	5,07	0,671	0,28	0	-
24	0,329	5,09	0,676	0,21	0	5690.88
36	0,348	5,23	0,68	0,3	0	-
42	0,346	5,23	0,65	0,24	0	-
48	0,37	5,5	0,661	0,28	0	4592.64
60	0,399	6,31	0,622	0,28	0	4392.96
66	0,393	6,9	0,556	0,3	0	-
72	0,354	7,2	0,448	0,26	0	3993.6

2). Stack MFC

Jam ke-	OD A	pH A	OD B	pH B	OD C	pH C
0	0,245	4,77	0,249	4,73	0,283	4,74
12	0,275	4,84	0,275	4,87	0,287	4,82
18	0,33	4,95	0,305	4,96	0,279	5,11
24	0,313	5,07	0,31	5,14	0,327	5,17
36	0,357	5,31	0,327	5,33	0,307	5,96
42	0,349	5,57	0,344	5,82	0,299	5,53
48	0,382	5,93	0,354	6,4	0,327	5,68
60	0,398	6,45	0,328	6,65	0,275	5,9
66	0,396	6,8	0,349	6,85	0,292	6,6
72	0,38	7,4	0,322	7,4	0,263	6,64

Jam ke-	Voltase (V)	Kuat Arus (mA)	Hambatan (k Ω)	COD A (mg/L)	COD B (mg/L)	COD C (mg/L)
0	0,301	0,51	3,6	6289.92	5591.04	7188.48
12	0,534	1,3	0	4592.64	5591.04	5990.4
18	0,482	0,72	0	-	-	-
24	0,49	0,63	0	-	-	5191.68
36	0,514	0,96	0	-	3793.92	4592.64
42	0,582	0,84	0	-	-	-
48	0,587	0,82	0	4992	-	3594.24
60	0,581	0,58	0	4742.4	4692.48	2795.52
66	0,535	0,84	0	-	-	-
72	0,477	0,63	0	4492.8	4492.8	4492.8

Lampiran 3. Perhitungan

A. *Chemical Oxygen Demand (COD)* Proses Aklimatisasi

1. Aklimatisasi Bakteri Tahap 1

$$\text{COD} = \frac{(\text{V}_{\text{tb}} - \text{V}_{\text{ts}}) \times \text{N} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{\text{V}_{\text{s}}} \times \text{fp}$$

Keterangan:

V_{tb} : Volume titrasi blanko (mL)

V_{ts} : Volume titrasi sampel (mL)

N : Normalitas titran (mgrek/L)

V_{s} : Volume sampel (mL)

fp : faktor pengenceran

1000 : faktor konversi (1000 mL/L)

a) A0

$$\text{COD} = \frac{(3,3 - 1,3) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 10.000 \text{ mg/L}$$

b) A12

$$\text{COD} = \frac{(3,3 - 1,3) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 10.000 \text{ mg/L}$$

c) A24

$$\text{COD} = \frac{(3,3 - 1,45) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 9250 \text{ mg/L}$$

d) A36

$$\text{COD} = \frac{(3,3 - 1,6) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 8500 \text{ mg/L}$$

e) A48

$$\text{COD} = \frac{(3,3 - 1,95) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 6750 \text{ mg/L}$$

f) A60

$$\text{COD} = \frac{(3,3 - 1,95) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 6750 \text{ mg/L}$$

g) A72

$$\text{COD} = \frac{(3,3-2,0) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 6500 \text{ mg/L}$$

2. Aklimatisasi Tahap 2

$$\text{COD} = \frac{(V_{tb}-V_{ts}) \times N \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{V_s} \times fp$$

Keterangan:

V_{tb} : Volume titrasi blanko (mL)V_{ts} : Volume titrasi sampel (mL)

N : Normalitas titran (mgrek/L)

V_s : Volume sampel (mL)

fp : faktor pengenceran

1000 : faktor konversi (1000 mL/L)

a) B0

$$\text{COD} = \frac{(3,3-2,05) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 6250 \text{ mg/L}$$

b) B12

$$\text{COD} = \frac{(3,3-2,20) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 5500 \text{ mg/sL}$$

c) B24

$$\text{COD} = \frac{(3,3-2,30) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 5000 \text{ mg/L}$$

d) B36

$$\text{COD} = \frac{(3,3-2,50) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 4000 \text{ mg/L}$$

e) B48

$$\text{COD} = \frac{(3,3-2,40) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 4500 \text{ mg/L}$$

f) B60

$$\text{COD} = \frac{(3,3-2,55) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 3750 \text{ mg/L}$$

g) B72

$$\text{COD} = \frac{(3,3-2,55) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 3750 \text{ mg/L}$$

h) C0

$$\text{COD} = \frac{(3,3-2,0) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 6500 \text{ mg/L}$$

i) C12

$$\text{COD} = \frac{(3,3-2,4) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 4500 \text{ mg/L}$$

j) C24

$$\text{COD} = \frac{(3,3-2,4) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 4500 \text{ mg/L}$$

k) C36

$$\text{COD} = \frac{(3,3-2,5) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 4000 \text{ mg/L}$$

l) C48

$$\text{COD} = \frac{(3,3-2,4) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 4500 \text{ mg/L}$$

m) C60

$$\text{COD} = \frac{(3,3-2,5) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 4000 \text{ mg/L}$$

n) C72

$$\text{COD} = \frac{(3,3-2,9) \text{ mL} \times 0,05 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 2000 \text{ mg/L}$$

3. Running MFC

1) A0

$$\text{COD} = \frac{(0,63) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 6289,92$$

mg/L

2) A12

$$\text{COD} = \frac{(0,46) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 4592,64$$

mg/L

3) A48

$$\text{COD} = \frac{(0,5) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 4992$$

mg/L

4) A60

$$\text{COD} = \frac{(0,475) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 4742,4$$

mg/L

5) A72

$$\text{COD} = \frac{(0,45) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 4492,8$$

mg/L

6) B0

$$\text{COD} = \frac{(0,56) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 5591,04$$

mg/L

7) B12

$$\text{COD} = \frac{(0,56) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 5591,04$$

mg/L

8) B36

$$\text{COD} = \frac{(0,38) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 3793,92$$

mg/L

9) B60

$$\text{COD} = \frac{(0,47) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 4692,48$$

mg/L

10) C0

$$\text{COD} = \frac{(0,72) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 7188,48$$

mg/L

11) C12

$$\text{COD} = \frac{(0,6) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 5990,4$$

mg/L

12) C24

$$\text{COD} = \frac{(0,52) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 5191,68$$

mg/L

13) C36

$$\text{COD} = \frac{(0,46) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 4592,64$$

mg/L

14) C48

$$\text{COD} = \frac{(0,36) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 3594,24$$

mg/L

15) C60

$$\text{COD} = \frac{(0,28) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 2795,52$$

mg/L

16) C72

$$\text{COD} = \frac{(0,45) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 4492,8$$

mg/L

17) SC0

$$\text{COD} = \frac{(0,65) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 6489,6$$

mg/L

18) SC12

$$\text{COD} = \frac{(0,48) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 4792,32 \text{ mg/L}$$

19) SC24

$$\text{COD} = \frac{(0,57) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 5690,88 \text{ mg/L}$$

20) SC48

$$\text{COD} = \frac{(0,46) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 4592,64 \text{ mg/L}$$

21) SC60

$$\text{COD} = \frac{(0,44) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 4392,96 \text{ mg/L}$$

22) SC72

$$\text{COD} = \frac{(0,4) \text{ mL} \times 0,083 \text{ mgrek/L} \times 8 \text{ mg/grek} \times 1000 \text{ mL/L}}{2 \text{ mL}} \times 25 = 3993,6 \text{ mg/L}$$

B. Total Suspended Solids (TSS) Running MFC

$$\text{TSS} = \frac{(A-B) \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{V \text{ sampel} \times 1\text{L}/1000 \text{ mL}}$$

Keterangan:

A : berat kertas saring + residu (g)

B : berat kertas saring (g)

Vs: volume sampel (mL)

a) Sampel Limbah Aklimatisasi *fresh*

$$\text{TSS} = \frac{(1,020-0,966) \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{100 \text{ mL} \times 1\text{L}/1000 \text{ mL}} = 540 \text{ mg/L}$$

b) Sampel Limbah Aklimatisasi pasca steril

$$\text{TSS} = \frac{(1,006-0,962) \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{100 \text{ mL} \times 1\text{L}/1000 \text{ mL}} = 440 \text{ mg/L}$$

c) Sampel Limbah pra Running *fresh*

$$\text{TSS} = \frac{(1,118-1,082) \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{100 \times 1\text{L}/1000 \text{ mL}} = 360 \text{ mg/L}$$

d) Sampel Limbah pra Running pasca steril

$$\text{TSS} = \frac{(1,111-1,078) \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{100 \times 1\text{L}/1000 \text{ mL}} = 330 \text{ mg/L}$$

e) Sampel Limbah pasca Running (Reaktor SC)

$$\text{TSS} = \frac{(1,147-0,939) \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{100 \times 1\text{L}/1000 \text{ mL}} = 2080 \text{ mg/L}$$

f) Sampel Limbah pasca Running (Reaktor A)

$$\text{TSS} = \frac{(1,149-0,923) \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{100 \times 1\text{L}/1000 \text{ mL}} = 2260 \text{ mg/L}$$

g) Sampel Limbah pasca Running (Reaktor B)

$$\text{TSS} = \frac{(1,087-0,916) \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{100 \times 1\text{L}/1000 \text{ mL}} = 1710 \text{ mg/L}$$

h) Sampel Limbah pasca Running (Reaktor C)

$$\text{TSS} = \frac{(1,314-0,925) \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{100 \times 1\text{L}/1000 \text{ mL}} = 3890 \text{ mg/L}$$

C. *Volatile Suspended Solids* (VSS) Running MFC

$$\text{VSS} = \frac{A - B}{V \text{ sampel}}$$

Keterangan:

A : TSS (g)

B : FSS (g)

V : volume sampel (mL)

- 1) Sampel Limbah Aklimatisasi *fresh*

$$\text{VSS} = \frac{(0,054 - 0,018) \text{ g}}{100 \text{ mL}} = 360 \text{ mg/L}$$

- 2) Sampel Limbah Aklimatisasi pasca steril

$$\text{VSS} = \frac{(0,044 - 0,027) \text{ g}}{100 \text{ mL}} = 170 \text{ mg/L}$$

- 3) Sampel Limbah Aklimatisasi *fresh*

$$\text{VSS} = \frac{(1,006 - 0,962) \text{ g}}{100 \text{ mL}} = 440 \text{ mg/L}$$

- 4) Sampel Limbah pra Running *fresh*

$$\text{VSS} = \frac{(0,036 - 0) \text{ g}}{100 \text{ mL}} = 360 \text{ mg/L}$$

- 5) Sampel Limbah pra Running pasca steril

$$\text{VSS} = \frac{(0,033 - 0) \text{ g}}{100 \text{ mL}} = 330 \text{ mg/L}$$

- 6) Sampel Limbah pasca Running (Reaktor SC)

$$\text{VSS} = \frac{(0,208 - 0,069) \text{ g}}{100 \text{ mL}} = 1390 \text{ mg/L}$$

- 7) Sampel Limbah pasca Running (Reaktor A)

$$\text{VSS} = \frac{(0,226 - 0,07) \text{ g}}{100 \text{ mL}} = 1560 \text{ mg/L}$$

- 8) Sampel Limbah pasca Running (Reaktor B)

$$\text{VSS} = \frac{(0,171 - 0,059) \text{ g}}{100 \text{ mL}} = 1120 \text{ mg/L}$$

- 9) Sampel Limbah pasca Running (Reaktor C)

$$\text{VSS} = \frac{(0,389 - 0,085) \text{ g}}{100 \text{ mL}} = 3040 \text{ mg/L}$$

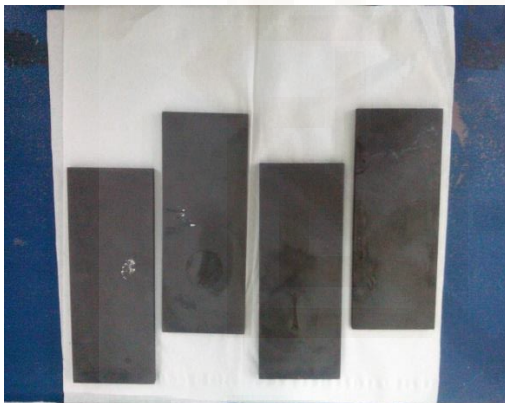
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian



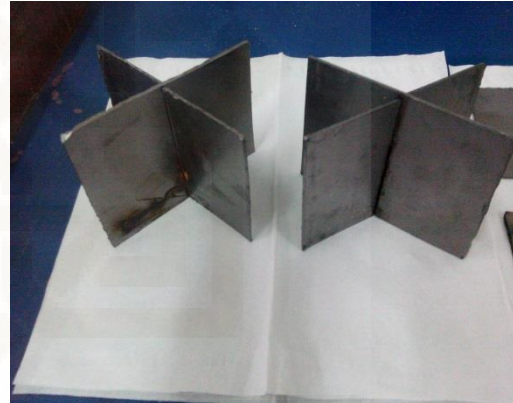
Limbah Cair Industri Tahu



Proton Exchange Membrane (PEM)



Elektroda Karbon *Brush*



Elektroda Karbon *Sheet*



Digital pH meter



Furnace



ORGANIZATION EXPERIENCE

NO	POSITION	ORGANIZATION	YEAR
1.	Secretary	Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah Fakultas Saintek UIN	2011 – 2012
2.	Staff of Research Department	Badan Eksekutif Mahasiswa Program Studi Kimia	2012 - 2013
3.	Treasurer	Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah Fakultas Saintek UIN	2012 – 2013
4.	Secretary	Forum Studi Nano Gadjah Mada	2013 - 2014

EDUCATION

NO	SCHOOL	YEAR
1.	State Islamic University of Sunan Kalijaga Yogyakarta	2011 - Now
2.	Senior High School of Muhammadiyah Tonjong	2008 - 2011
3.	Junior High School of Muhammadiyah Tonjong	2005 - 2008
4.	Elementary School of 01 Kutamendala	1999 - 2005