

**PEMANFAATAN MIKROBA DALAM LIMBAH CAIR INDUSTRI
TEKSTIL SEBAGAI PENGHASIL ELEKTRON PADA SISTEM
*DUAL-CHAMBER MICROBIAL FUEL CELL (MFC)***

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



**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

**Eka Fadzillah Kirana
12630026**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2017**



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi

Lamp : 1 bendel Skripsi

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

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

Nama : Eka Fadzillah Kirana

NIM : 12630026

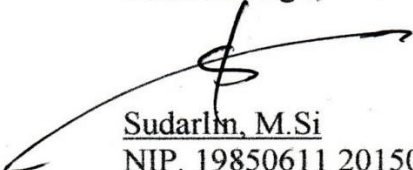
Judul Skripsi : Pemanfaatan Mikroba dalam Limbah Cair Industri Tekstil sebagai Penghasil Elektron pada Sistem *Dual-Chamber Microbial Fuel Cell* (MFC)

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

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

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pembimbing I,


Sudarlm, M.Si

NIP. 19850611 201503 1 002

Yogyakarta, 13 Februari 2017

Pembimbing II,


Pedy Artsanti, M.Sc

Karmanto, M.Sc.

NOTA DINAS KONSULTAN

Hal: Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

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

Nama : Eka Fadzillah Kirana

NIM : 12630026

Judul Skripsi : **Pemanfaatan Mikroba dalam Limbah Cair Industri Tekstil sebagai Penghasil Elektron pada Sistem *Dual-Chamber Microbial Fuel Cell* (MFC)**

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

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

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 24 Maret 2017

Konsultan,



Karmanto, M.Sc.

NIP.: 19820504 200912 1 005

Pedy Artsanti, M.Sc.

NOTA DINAS KONSULTAN

Hal: Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Kepada

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

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

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

Nama : Eka Fadzillah Kirana

NIM : 12630026

Judul Skripsi : **Pemanfaatan Mikroba dalam Limbah Cair Industri Tekstil sebagai Penghasil Elektron pada Sistem *Dual-Chamber Microbial Fuel Cell* (MFC)**

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

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

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 24 Maret 2017

Konsultan,



Pedy Artsanti, M.Sc.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eka Fadzillah Kirana

NIM : 12630026

Program studi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Pemanfaatan Mikroba dalam Limbah Cair Industri Tekstil sebagai Penghasil Elektron pada Sistem *Dual-Chamber Microbial Fuel Cell* (MFC)”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 23 Februari 2017



Eka Fadzillah Kirana
NIM. 12630026



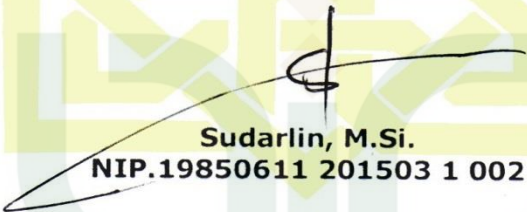
PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR
Nomor : B.812/Un.02/DST/PP.05.3/03/2017

Skripsi/Tugas Akhir dengan : Pemanfaatan Mikroba Dalam Limbah Cair Industri
judul : Tekstil sebagai Penghasil Elektron pada Sistem *Dual-Chamber Microbial Fuel Cell* (MFC)

Yang dipersiapkan dan disusun :
oleh
Nama : Eka Fadzillah Kirana
NIM : 12630026
Telah dimunaqasyahkan pada : 28 Februari 2017
Nilai Munaqasyah : A-
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang


Sudarlin, M.Si.

NIP.19850611 201503 1 002

Penguji I


Pedy Artsanti, M.Sc.

Penguji II


Karmanto, M.Sc.
NIP. 19820504 200912 1 005

Yogyakarta, 16 Maret 2017
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan




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

MOTTO

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

(Aldus Huxley)

”Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagi kamu. Dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia amat buruk bagi kamu. Allah Maha Mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui”

(Al-Baqarah : 216)

”Orang yang menuntut ilmu berarti menuntut rahmat ; Orang yang menuntut ilmu berarti menjalankan rukun Islam dan pahala yang diberikan kepadanya sama dengan para Nabi”

(H.R. Dailani dari Anas r.a)

HALAMAN PERSEMBAHAN

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

Karya ini didedikasikan kepada:

Almamaterku, Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Bapak Sudadi, Ibu Nurul Bashiroh, Saudara-saudaraku Nella dan Dea, Sahabat-sahabatku Arina, Iik, Ismi, dan Tika, Teman-temanku Kimia Angkatan 2012, Keluarga KKN angkatan 86 : Genta, mas Purba, mas Syukron, mbak Lika, mbak Nisa, mbak Zani, Selvi, Tantan, dan Una, Keluarga Asrama Beirut : dek Ita, Hawa, mbak Dani, mbak Jani, mbak Rifa, mbak Silma, Mega, Nora, Tatik, Tika, dan Uun, dan Kakak angkatan mbak Muli....

Terima kasih atas segala cinta, kasih sayang, motivasi, dukungan dan doa yang senantiasa hadir menemani kehidupanku

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi *Rabbul'alamin* yang telah memberi kesempatan dan kekuatan sehingga skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Mikroba dalam Limbah Cair Industri Tekstil sebagai Penghasil Elektron pada Sistem *Dual-Chamber Microbial Fuel Cell* (MFC)” ini dapat diselesaikan sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat Sarjana Kimia.

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan, semangat, dan ide-ide kreatif sehingga tahap demi tahap penyusunan skripsi ini telah selesai. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus disampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Murtono, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
2. Ibu Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
3. Bapak Irwan Nugraha, M.Sc. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan motivasi, bimbingan, dan nasehat selama penulis menempuh perkuliahan di Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga
4. Bapak Sudarlin, M.Si. dan Ibu Pedy Artsanti, M.Sc. selaku dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan motivasi, bimbingan, saran, nasehat dan ilmu yang bermanfaat bagi penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.

5. Seluruh staf pengajar program studi Kimia yang telah memberikan ilmu kepada penulis, semoga ilmu yang diberikan menjadi ilmu yang bermanfaat
6. Seluruh staf karyawan Fakultas Sains dan Teknologi yang telah membantu penulis selama menjalani perkuliahan
7. Seluruh Laboran Kimia UIN Sunan Kalijaga: Pak Wijayanto, Pak Indra, Bu Isnri terima kasih atas bantuan, saran, dan kerja samanya selama penulis melakukan penelitian
8. Teman-teman seperjuangan penelitian Alfi, Angga, Desi, Domo, Farik, Hani, Laila, Li'im, Nabila, Yayah, Yuni, dan Zahra yang selalu ngusilin saat penelitian, tapi masukan dan saran dari kalian sangat membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini
9. Bapak Andy Sadana Putra selaku direktur dan bapak Sadono selaku kepala IPAL PT. Samitex Sewon yang telah mengizinkan saya sampling limbah cair tekstil
10. Temanku Eko dan Mulia yang telah membantu preparasi bahan penelitian

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, 24 Maret 2017



Eka Fadzillah Kirana
12630026

DAFTAR ISI

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	ii
NOTA DINAS KONSULTAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	v
PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	vi
MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah	4
C. Rumusan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
A. Tinjauan Pustaka	7
B. Landasan Teori.....	9

BAB III METODE PENELITIAN.....	23
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
B. Alat-alat Penelitian.....	23
C. Bahan Penelitian	24
D. Cara Kerja Penelitian	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
A. Pertumbuhan Mikroba pada Reaktor MFC (A dan B).....	30
B. Pengaruh Substrat Limbah Cair Tekstil terhadap Kuat Arus, Beda Potensial, dan <i>Power Density</i> (MFC-A).....	32
C. MFC menggunakan Substrat Limbah Cair Tekstil ditambah Larutan Glukosa (MFC-B)	35
D. Hasil Pengukuran Energi Listrik pada Variasi Luas Permukaan Elektroda.....	38
E. Hasil Uji Parameter Limbah Cair.....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
A. Kesimpulan	44
B. Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik air limbah industri tekstil	9
Tabel 2.2 Klasifikasi zat warna berdasarkan struktur kimia	19



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Elektroda karbon	12
Gambar 2.2 Skema <i>dual</i> dan <i>single chamber</i> MFC	13
Gambar 2.3 Skema <i>stack</i> MFC	14
Gambar 2.4 Limbah cair tekstil sebagai bahan baku MFC	20
Gambar 3.1 Reaktor <i>double-chamber Microbial Fuel Cell</i>	26
Gambar 4.1 Absorbansi pada running MFC variasi substrat dan luas permukaan elektroda.....	30
Gambar 4.2 Beda potensial, kuat arus, dan <i>power density</i> pada MFC-A dengan elektroda luas permukaan 29,5 cm ²	33
Gambar 4.3 Beda potensial, kuat arus, dan <i>power density</i> pada variasi substrat dengan elektroda luas permukaan 29,5 cm ²	36
Gambar 4.4 Beda potensial, kuat arus, dan <i>power density</i> pada variasi substrat dan luas permukaan elektroda	39
Gambar 4.5 pH pada variasi substrat dan luas permukaan elektroda	41
Gambar 4.6 Hasil pengukuran COD pada variasi substrat dan luas permukaan elektroda.....	42

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema dan alur penelitian.....	50
Lampiran 2 Proses pengukuran pada <i>running</i> MFC	51
Lampiran 3 Proses analisis COD (mgL ⁻¹) limbah cair tekstil	52
Lampiran 4 Data hasil penelitian	53
Lampiran 5 Perhitungan.....	57
Lampiran 6 Data hasil perhitungan	73
Lampiran 7 Dokumentasi.....	76

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

ABSTRAK

PEMANFAATAN MIKROBA DALAM LIMBAH CAIR INDUSTRI TEKSTIL SEBAGAI PENGHASIL ELEKTRON PADA SISTEM *DUAL- CHAMBER MICROBIAL FUEL CELL (MFC)*

Oleh:
Eka Fadzillah Kirana
12630026

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh *treatment* bakteri, dengan tanpa penambahan glukosa, dan variasi luas permukaan elektroda terhadap *power density*, perubahan kadar *Optical Density* (OD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) limbah dengan sistem MFC. Ruang anoda berisi substrat limbah dan ruang katoda berisi larutan elektrolit kalium permanganat 0,1 M. Jembatan garam berperan sebagai penukar kation dan elektroda dipasangkan pada ruang anoda dan katoda sebagai akseptor elektron. Tegangan dan arus diukur menggunakan multimeter, dan pengukuran OD pada panjang gelombang 560 nm dilakukan untuk mengetahui aktivitas pertumbuhan bakteri. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pertumbuhan bakteri tertinggi substrat kontrol berada pada waktu inkubasi 72 jam untuk elektroda dengan luas permukaan $29,5 \text{ cm}^2$ dan 60 jam untuk elektroda dengan luas permukaan $44,5 \text{ cm}^2$. Sedangkan substrat dengan penambahan glukosa pertumbuhan bakteri maksimum pada 72 jam untuk elektroda dengan luas permukaan $29,5 \text{ cm}^2$ dan 54 jam untuk elektroda dengan luas permukaan $44,5 \text{ cm}^2$. Nilai *power density* tertinggi oleh limbah kontrol pada waktu inkubasi selama 36 jam yaitu $93,93 \text{ mWm}^{-2}$ untuk elektroda dengan luas permukaan $29,5 \text{ cm}^2$ dan $197,23 \text{ mWm}^{-2}$ untuk elektroda dengan luas permukaan $44,5 \text{ cm}^2$ pada waktu inkubasi selama 48 jam. Sedangkan pada penambahan glukosa nilai tertinggi sebesar $309,91 \text{ mWm}^{-2}$ pada jam ke 30 untuk elektroda luas permukaan $29,5 \text{ cm}^2$ dan $226,74 \text{ mWm}^{-2}$ untuk elektroda luas permukaan $44,5 \text{ cm}^2$ pada jam ke 48. Perubahan nilai COD pada kontrol turun sebesar 28,57% untuk luas elektroda $29,5 \text{ cm}^2$ dan 15,61% untuk luas elektroda $44,5 \text{ cm}^2$, pada substrat dengan penambahan glukosa turun sebesar 21,83% untuk luas elektroda $29,5 \text{ cm}^2$ dan 17,49% untuk luas elektroda $44,5 \text{ cm}^2$.

Kata kunci : air limbah tekstil, glukosa, *power density*, *Optical Density*, *Microbial Fuel Cell*, *Chemical Oxygen Demand*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Saat ini, listrik merupakan kebutuhan primer dalam kehidupan manusia. Di negara berkembang seperti Indonesia, listrik diperoleh dengan cara pengolahan berbagai macam sumber daya fosil melalui eksplorasi hasil fosil seperti minyak bumi, gas, dan batubara secara besar-besaran. Kondisi ini mengakibatkan penurunan jumlah cadangan bahan bakar, khususnya minyak dan gas. Hal ini memicu terjadinya kenaikan harga dan terjadinya krisis energi, khususnya listrik di negeri ini. Oleh karena itu, pengembangan energi listrik dari sumber non-fosil sangat dibutuhkan.

Metode pengembangan energi listrik dari sumber yang dapat terbarukan tanpa menghasilkan emisi karbondioksida (CO_2) dan ramah lingkungan telah ditemukan dan dikembangkan oleh para peneliti (Du, Zhuwei, Li dan Gu, 2007). Salah satu energi dari sumber terbarukan adalah sel bahan bakar atau *fuel cell*. Selama ini, *fuel cell* umumnya memanfaatkan hidrogen murni sebagai sumber energi (donor elektron). Menurut beberapa penelitian yang pernah dilakukan, energi *fuel cell* tidak harus bersumber dari hidrogen murni, melainkan juga dapat bersumber dari zat-zat lain yang mengandung hidrogen atau menghasilkan elektron (Sitorus, 2010).

Bahan-bahan lain yang dapat digunakan sebagai bahan penghasil elektron dalam sistem *fuel cell* adalah bahan organik. Bahan organik dari limbah dapat mengalami proses metabolisme yang menghasilkan elektron dengan bantuan bakteri.

Sistem *fuel cell* yang mampu menghasilkan elektron dari bahan organik disebut *Microbial Fuel Cell* (MFC).

Pada sistem MFC, bakteri mengurai glukosa menjadi hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2). Apabila dibandingkan dengan baterai yang kandungan bahan bakarnya terbatas, MFC dapat secara kontinu diisi molasses atau glukosa untuk diuraikan oleh bakteri menjadi bahan bakar (hidrogen). Bakteri yang telah digunakan para peneliti dalam sistem MFC adalah *Shewanella putrefaciens*, *Geobacteraceae sulfurreducens*, *Geobacter metallireducens*, dan *Rhodoferrax ferrireducens* (Du, et al., 2007).

Peluang pengembangan MFC sangat besar karena jumlah industri penghasil limbah di Indonesia semakin banyak. Penggunaan zat-zat kimia seperti alkali, kanji, asam, oksidator, reduktor, elektrolit, surfaktan, zat warna, dan panas yang tinggi dalam proses industri tekstil menyebabkan limbah cair tekstil mempunyai pH tinggi, TSS, BOD dan COD tinggi, berwarna, berminyak, panas, dan berbau. Air limbah yang dihasilkan oleh industri tekstil dan bahan sejenisnya di samping mengandung bahan pencemar organik yang umum dinyatakan dalam COD, BOD, dan logam-logam berat, juga mengandung bahan pewarna organik rantai panjang (Nugroho dan Ikbali, 2005). Bahan-bahan organik dari air limbah tekstil dapat dimanfaatkan dalam sistem MFC sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan mikroba. Penggunaan glukosa yang biasa digunakan sebagai substrat dapat digantikan dengan air limbah. Penggunaan air limbah dalam sistem MFC ini mempunyai beberapa keuntungan, seperti kontaminan dalam air limbah dapat menjadi sumber karbon untuk MFC dan

energi listrik yang dihasilkan cukup untuk digunakan dalam pengolahan air limbah berikutnya yang berarti mengurangi konsumsi energi (Li, 2007).

Pada penelitian ini limbah cair yang digunakan berasal dari industri tekstil PT. Samitex Sewon. Sumber limbah yang digunakan berasal dari proses pengkanjian, proses penghilangan kanji, penggelantangan, pemasakan, merseisasi, pewarnaan, pencetakan, dan proses penyempurnaan. Air limbah yang dihasilkan oleh industri tekstil ini mengandung bahan pencemar organik yang umum dinyatakan dalam COD, BOD, TSS, TDS, fenol, ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), sulfida (sebagai H_2S), krom (Cr), pH, suhu, konduktivitas, dan detergen yang tinggi.

Karena kandungan senyawa organiknya, air limbah tekstil tersebut dapat digunakan sebagai substrat pada sistem MFC. Namun, ukuran senyawa organik yang masih berupa molekul kompleks harus dibantu dengan kosubstrat berupa senyawa organik sederhana seperti glukosa (Sinaga *et al.*, 2014). Metode yang digunakan untuk mengetahui efisiensi MFC adalah pengukuran kuat arus, beda potensial, dan *power density* MFC. Analisis COD dan OD (*Optical Density*) pada limbah yang digunakan baik sebelum dan sesudah *treatment* dilakukan untuk mengetahui kemampuan MFC dalam mendegradasi limbah. Harapannya, pemanfaatan air limbah tekstil sebagai substrat dalam sistem MFC dapat menjadi salah satu alternatif pengolahan air limbah yang selama ini digunakan dan dapat mengatasi permasalahan utama yang ditimbulkan oleh air limbah tersebut, yaitu pencemaran lingkungan yang sering menimbulkan konflik antara industri dan masyarakat yang ada di sekitarnya.

Selain itu, hasil dari riset ini juga diharapkan dapat menjadi salah satu langkah ke depan untuk mendapatkan sumber energi yang murah.

B. Batasan Masalah

1. Limbah cair yang digunakan berasal dari industri tekstil PT. Samitex Sewon.
2. Desain sistem MFC yang digunakan adalah *dual-chamber* volume 2 L menggunakan jembatan garam atau *Salt Bridge Microbial Fuel Cell* (SBMFC).
3. Larutan elektrolit yang digunakan adalah KMnO_4 .
4. Elektroda yang digunakan adalah karbon grafit dengan luas permukaan $29,5 \text{ cm}^2$ dan $44,5 \text{ cm}^2$.
5. Jembatan garam dibuat dari *Nutrien Agar* (NA) dan KCl.
6. Sistem MFC dibandingkan berdasarkan perbedaan substrat, yaitu MFC dengan substrat limbah cair tekstil selanjutnya disebut MFC-A dan MFC dengan substrat limbah cair tekstil ditambah glukosa pada perbandingan 1:1 yang selanjutnya disebut MFC-B.
7. Parameter untuk mengetahui efisiensi masing-masing MFC yang dihasilkan adalah kuat arus, beda potensial, *power density*, dan kemampuan sistem MFC dalam menurunkan kadar COD limbah.

C. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh *treatment* bakteri terhadap pertumbuhan mikroorganisme, perubahan kadar OD dan COD limbah?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan limbah cair tekstil sebagai substrat pada MFC-A dan larutan glukosa sebagai campuran substrat pada MFC-B terhadap kuat arus, beda potensial, dan *power density* yang dihasilkan sistem MFC?
3. Bagaimana pengaruh variasi luas permukaan elektroda terhadap kuat arus, beda potensial, dan *power density* yang dihasilkan masing-masing MFC (A dan B)?

D. Tujuan Penelitian

1. Mengkaji pengaruh *treatment* bakteri terhadap pertumbuhan mikroorganisme, perubahan kadar OD dan COD limbah.
2. Mengkaji pengaruh penggunaan limbah cair tekstil sebagai substrat pada MFC-A dan larutan glukosa sebagai campuran substrat pada MFC-B terhadap kuat arus, beda potensial, dan *power density* yang dihasilkan sistem MFC.
3. Mengkaji pengaruh variasi luas permukaan elektroda terhadap kuat arus, beda potensial, dan *power density* yang dihasilkan masing-masing MFC (A dan B).

E. Manfaat Penelitian

1. Pemanfaatan limbah tekstil menjadi energi listrik yang berguna.
2. Perancangan sistem MFC yang murah atau *low-cost* sehingga dapat diterapkan di kehidupan sehari-hari.
3. Produksi energi listrik yang ekonomis, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai pemanfaatan mikroba dalam limbah cair industri tekstil sebagai penghasil elektron pada sistem *dual-chamber Microbial Fuel Cell* (MFC) diperoleh kesimpulan:

1. Pertumbuhan mikroba tertinggi pada substrat kontrol berada pada waktu inkubasi 72 jam untuk elektroda dengan luas permukaan $29,5 \text{ cm}^2$ dan 60 jam untuk elektroda dengan luas permukaan $44,5 \text{ cm}^2$, sedangkan pada substrat dengan penambahan glukosa pertumbuhan mikroba maksimal pada 72 jam untuk elektroda dengan luas permukaan $29,5 \text{ cm}^2$ dan 54 jam untuk elektroda dengan luas permukaan $44,5 \text{ cm}^2$. Penambahan glukosa pada limbah cair tekstil menaikkan nilai *Optical Density* (OD) dan COD.
2. *Microbial Fuel Cell* (MFC) menggunakan batang karbon grafit sebagai elektroda dan air limbah tekstil sebagai substrat organik mampu menghasilkan listrik yang ditunjukkan melalui parameter berupa beda potensial, kuat arus, dan *power density*. Penambahan glukosa pada limbah cair tekstil meningkatkan produksi listrik pada sistem MFC berupa beda potensial, kuat arus, dan *power density*.
3. Hasil studi menunjukkan bahwa semakin besar luas permukaan elektroda, semakin besar pula beda potensial, kuat arus, dan *power density* yang dihasilkan.

B. Saran

Perbaikan pada desain sistem MFC dan substrat yang digunakan akan meningkatkan performa MFC dalam menghasilkan listrik serta pengamatan nilai BOD, TSS, dan TDS pada air limbah tekstil sebelum dan sesudah digunakan dalam sistem MFC dapat dilakukan untuk menyelidiki kemampuan MFC dalam mengolah limbah. Penggunaan elektrolit, elektroda, dan reaktor yang lebih murah dapat membuat konstruksi sistem MFC menjadi *low-cost*, mudah diterapkan, dan dapat menghasilkan produksi listrik yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Badiamurti, G., dan Muntalif, B. (2004). *Korelasi Kualitas Air dan Insidensi Penyakit Diare Berdasarkan Keberadaan Bakteri Coliform di Sungai Cikapundung*. EM7 Institut Teknologi Bandung : 1 – 11.
- Barua, Pranab K. 2010. *Electricity Generation from Biowaste Based Microbial Fuel Cell*. International Journal of Energy, Information and Communications vol. 1.
- Behera, Jana. 2010. *Rice Mill Wastewater Treatment in Microbial Fuel Cells Fabricated using Proton Exchange Membrane and Earthen Pot at Different pH*. Bioelectrochemistry 79 : 228-233.
- B. E. Logan. Feature article : *Biologically Extracting Energy from Wastewater : Biohydrogen and Microbial Fuel Cells*. Environ. Sci. Technology. 38 (9). 160A - 167A. (2004)
- B. E. Logan, C. Murano, K. Scott, N. D. Gray, dan I. M. Head, *Wat. Res.*, 39 (2006) pp. 942 - 952.
- B. Min, S. Cheng, B. E. Logan. *Electricity Generation using Membrane and Salt Bridge Microbial Fuel Cell*. Water Research. 39 : 1675 - 1686. (2005)
- Bruce E. Logan. 2006. *Microbial Fuel Cell*. The Pennsylvania State University. Wiley - Interscience. A John Wiley & Sons, Inc., Publication.
- 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
- Das and Mangwani. 2010. *Recent Developments in Microbial Fuel Cells : a Review*. Scientific & Industrial Research 69 : 727 - 731.
- Du, Zhuwei, H. Li, and T. Gu. 2007. *A State Of The Art Review on Microbial Fuel Cell ; A Promising Technology for Wastewater Treatment and Bioenergy*. Journal Biotechnology Advances 25. 464 - 482.
- Grainick. Jeffrey A., Newman, Dianne K. 2007. Extracellular respiration. *Molecular Microbiology*. 65 (1) : 1 - 11
- Guerrero - Range, N., J. A. Rodriguez - de la Garza, Y. Garza - Garcia, L. J. Rios - Gonzalez, G. J. Sosa Santillan, I. M. De la Garza - Rodriguez. 2010.

Comparative Study of Three Cathodic Electron Acceptors on the Performance of Mediatorless Microbial Fuel Cell. Int. J. Electric. Power Eng., 4 (1) : 27 - 31.

Hermawan, K. V., Djaenudin dan Sururi, M. R. 2014. *Pengolahan Air Limbah Industri Tahu Menggunakan Sistem Double Chamber Microbial Fuel Cell.* Jurnal Online Institut Teknologi Nasional 1 (2) : 1 - 9.

Hollricher, K. 2010. *Waste to Watts : With a Little Help from Tiny Power Horses.* Lab Times : 22 - 26.

Kim, B. H, Chang I. S, Gil, G. C, Park H. S, Kim H. J. 2003. *Novel BOD Sensor using Mediatorless Microbial Fuel Cell.* Biotechnol. Lett. 25 : 541 - 545.

Kristin, E. 2012. *Produksi Energi Listrik melalui Microbial Fuel Cell Menggunakan Limbah Industri Tempe.* Skripsi. Jakarta : Program Studi Teknologi Bioproses Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Lee Hyung - Sool, Prathap Parameswaran, Andrew Kato - Marcus, Cesar I. Torres, Bruce E. Ritmann. 2007. *Evaluation of Energy - CONversion Efficiencies in Microbial Fuel Cells (MFCs) utilizing Fermentable and Non - Fermentable Substrates.* Arizona State University : USA. Elsevier Water Research. 2007. 10. 036.

Lee.; Won Jeon, Seung.; Young, Bo.; Doo Hyun, Park., *Effect of Bacterial Cell Size on Electricity Generation In a Single-Compartmented Microbial Fuel Cell.* Biotechnol let 2010, 32 : 483 - 487.

Li, Yao. 2007. *Electricity Generation using a Baffled Microbial Fuel Cell Convenient for Stacking.* Bioresource Technology.

Liu, H. 2008. *Microbial Fuel Cell : Novel Anaerobic Biotechnology for Energy Generation from Wastewater.* Anaerobic Biotechnology for Bioenergy Production : Principles and Applications. S. K. Khanal. Iowa, Blackwell Publishing : 221 - 243.

Liu, H., Cheng, S., LoganB. 2005. *Production of Electricity from Acetate or Butyrate Using a Single - Chamber Microbial Fuel Cell.* Environ. Sci. Technol.: 39, 658 - 662.

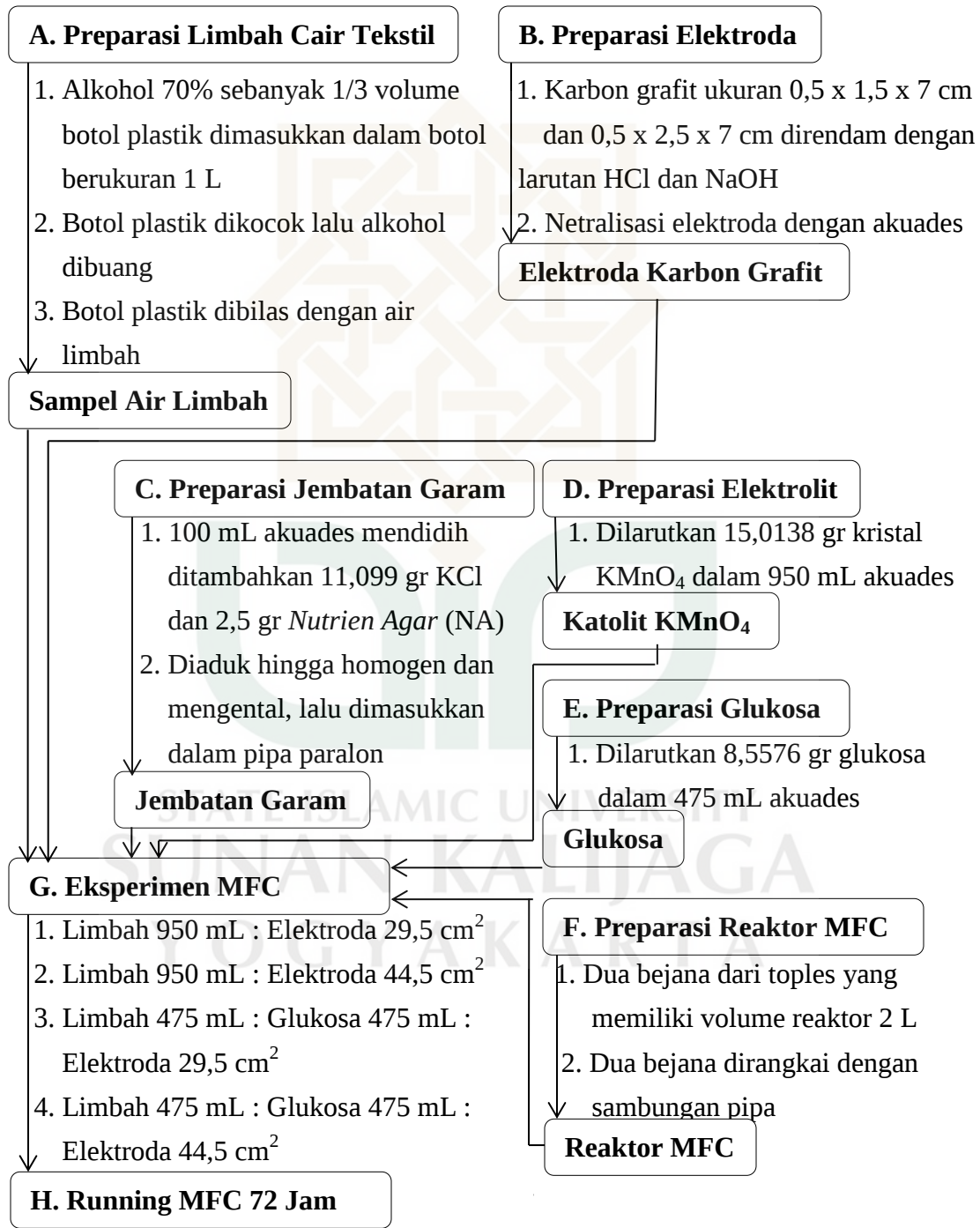
Liu H dan Logan BE. 2004. *Electricity Generation using an Air Chatode Single - Chamber Microbial Fuel Cell in the Presence and Absence of Proton Exchange Membrane.* J. Environmental Science Technology 38 : 4040.

- Logan and Regan. 2006. *Electricity - Producing Bacterial Communities in Microbial Fuel Cells*. TRENDS in Microbiology 14 : 512 - 518.
- Lovley, D. R., *The Microbe Electric : Conversion of Organic Matter To Electricity*. Curr. Opin. Biotech 2008, 19 (6), 564 - 571.
- Madigan, Thomas D., Michael T. Madigan, John M. Martinko & Jack Parker. 1997. *Biology of Microorganisms*, 8th Ed.. Prentice Hall International Inc, New Jersey.
- Madiraju, Kartik. 2004. *Review Article : Electricity Production Using Yeast and Anaerobic Sludge as Electron Mediators in Conventional MFC and RMFC Built with Recyclable Materials*.
- Makfoeld, D., *Chemical Oxygen Demand*. Kamus Istilah Pangan Nutrisi 2002, Yogyakarta : Penerbit kanisius.
- Min, Booki. Roman, Oscar Benito. Angelidaki, Irini. 2008. *Importance of Temperature and Anodic Medium Composition on Microbial Fuel Cell (MFC) Performance*. Biotechnol Lett (30) : 1213 - 1218.
- M. J. E. C. Van der Maarel, B. Van der Veen, J. C. M. Uitdehaag, H. Leemhuis, L. Dijkhuizen. *Properties and Applications of Starch - converting Enzymes of the α - Amylase Family*. J. Biotechnol. 94 : 137 - 155. (2002)
- Nernerow, L. Nelson., *Industrial Water Pollution*, Addition Wesley Publishurg Company, New York, 1977.
- Nevin, Kim. 2009. *Anode Biofilm Transcriptomics Reveals Outer Surface Components Essential for High Density Current Production in Geobacter sulfurreducens Fuel Cells*. PLoS ONE.
- Novitasari, Deni., *Optimasi Kinerja Microbial Fuel Cell (MFC) untuk Produksi Energi Listrik Menggunakan Bakteri Lactobacillus bulgaricus*. Skripsi 2011, Fakultas Teknik. Depok : Universitas Indonesia.
- Nugroho, R. dan Ikbil. 2005. *Pengolahan Air Limbah Berwarna Industri Tekstil dengan Proses AOPs*. JAI 1 (2) : 163 - 172.
- Patra, A. 2008. *Low - Cost, Single - Chambered Microbial Fuel Cells for Harvesting Energy and Cleansing Wastewater*. Journal of the U. S. SJWP 1 : 72 - 89.
- Putra, H. E., Permana, D., Putra, A. S., Djaenudin dan Haryadi, H. R. 2011. *Pemanfaatan Sistem Microbial Fuel Cell dalam Menghasilkan Listrik pada Pengolahan Air Limbah Industri Pangan*. JKTI 14 (2) : 78 - 82.

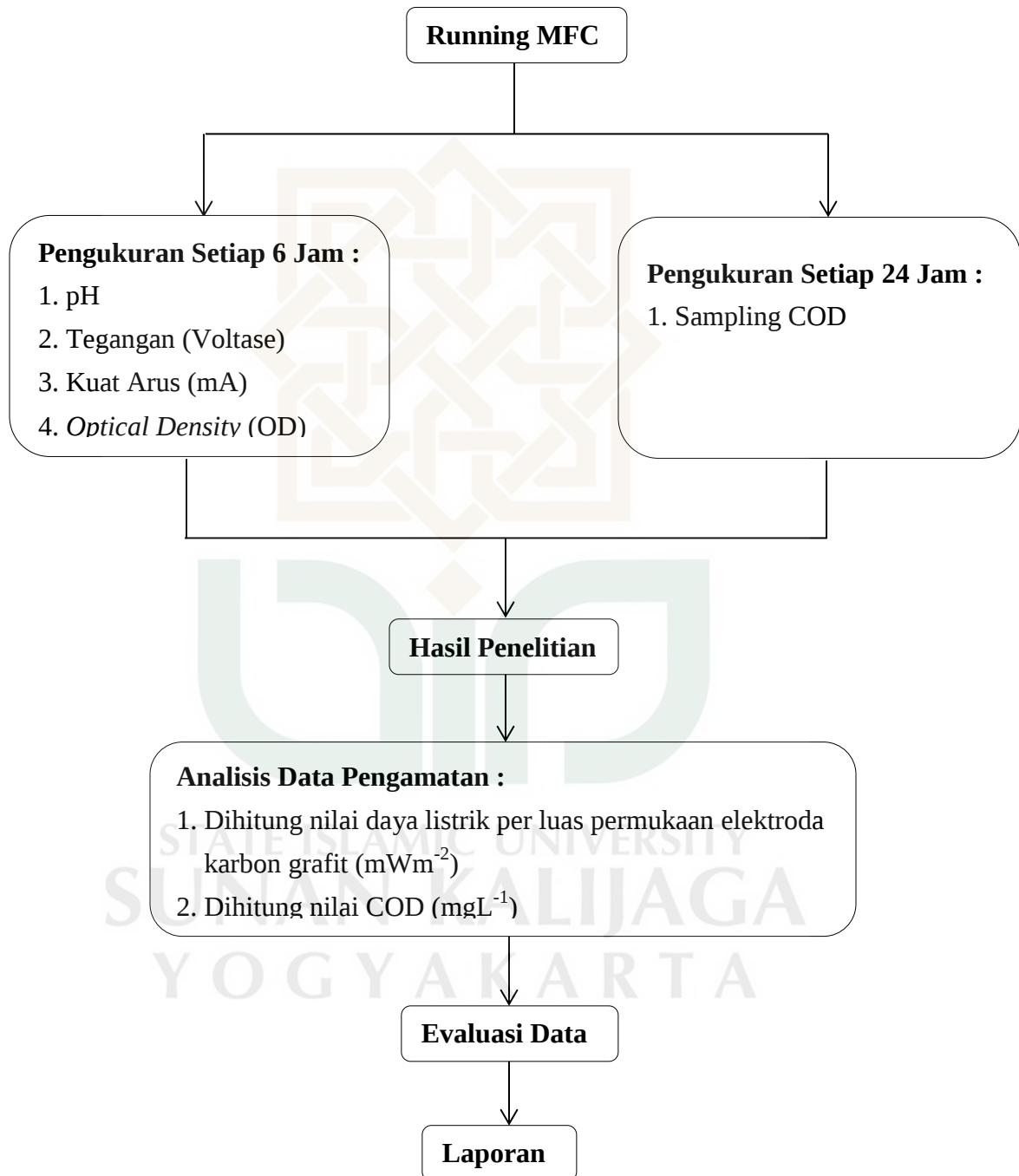
- Rabaey, K., Clauwaert, P., Aelterman, P., Verstraete, W. 2005. *Tubular Microbial Fuel Cells for Efficient Electricity Generation*. Environ. Sci. Technol., vol. 39, no. 3, pp. 8077 - 8082.
- Ramdhani, M., *Dasar-dasar Listrik AC*. 2003. Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.
- Sadeqzadeh, M., Ghasemi, M., Jafary, T., Wan Daud, W. R., Ghannadzadeh, A., Salamatnia, B., Aly Hassan, S. H., 2012, *Mass Transfer Limitation in Different Anode Electrode Surface Areas on the Performance of Dual Chamber Microbial Fuel Cell*, American Journal of Biochemistry and Biotechnology, 8 (4) : 320 - 325.
- Sinaga, D. H., Suyati, L. dan Agustina, L. N. A. 2014. *Studi Pendahuluan Pemanfaatan Whey Tahu sebagai Substrat dan Efek Luas Permukaan Elektroda dalam Sistem Microbial Fuel Cell*. Jurnal Sains dan Matematika 22 (2) : 30 - 35.
- Sincero, Arcadio P., *Chemical Oxygen Demand*. Physical-Chemical treatment Of Water and Wastewater 2002, London : Penerbit CRC Press LLC.
- Sitorus, B. 2010. *Diversifikasi Sumber Energi Terbarukan melalui Penggunaan Air Buangan dalam Sel Elektrokimia Berbasis Mikroba*. Jurnal ELKHA 2 (1) : 10 - 15.
- Thomas, S., *Fuel Cells : Green Power*. Journal Energy Research 1999, 10 : 18.
- Widiyanti, Ni Luh, dan Ristiati, Ni Putu. (2004). *Analisis Kualitatif Bakteri Koliform pada Depo Air Minum Isi Ulang di Kota Singaraja Bali*. Jurnal Ekologi Kesehatan, 3 (1) : 64 - 73.
- You, S.; Q. Zhao.; J. Zhang.; J. Jiang.; S. Zhao., *A Microbial Fuel Cell Using Permanganate as The Cathodic Electron Acceptor*, Journal of Power Sources 2006, Vol. 162, 1409 - 1415.
- Zahara. 2010. *Pemanfaatan Saccharomyces cerevisiae dalam Sistem Microbial Fuel Cell untuk Produksi Energi Listrik*.

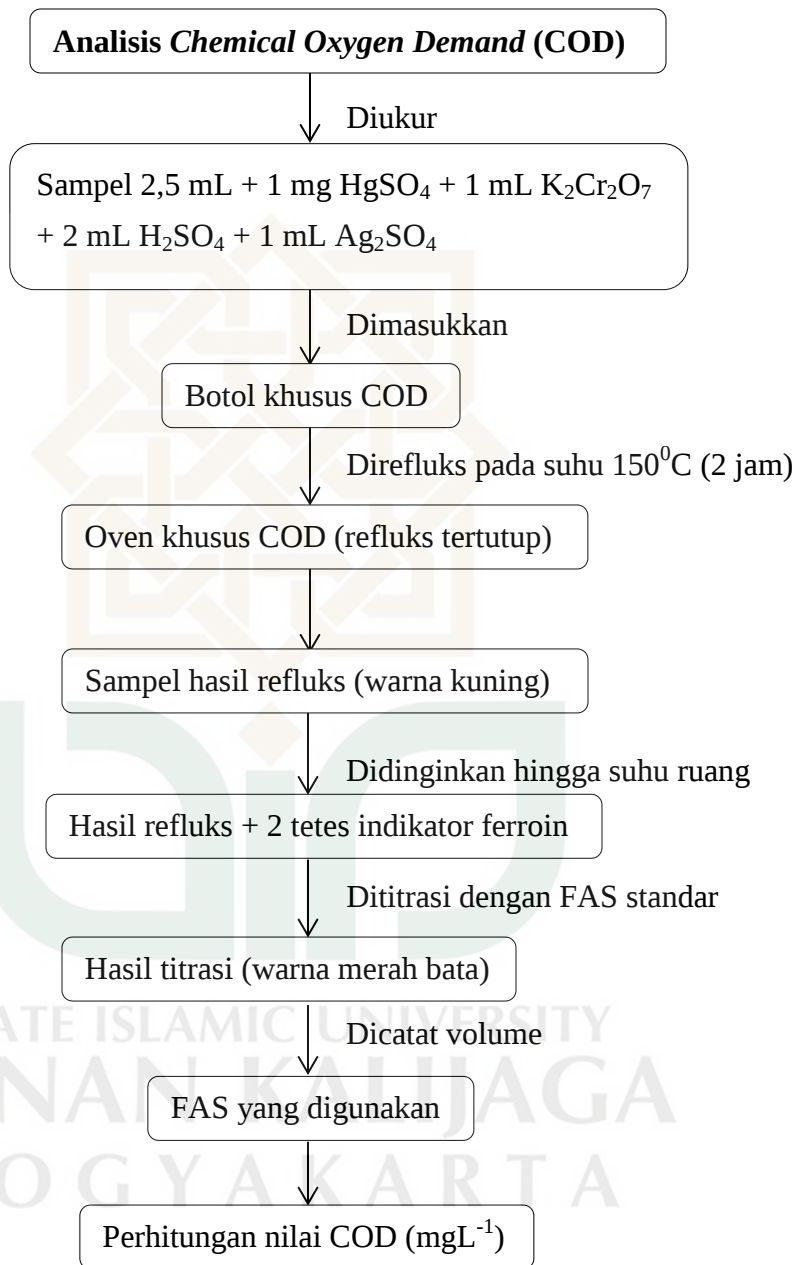
LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema dan Alur Penelitian



Gambar 1 Skema dan alur penelitian

Lampiran 2. Proses Pengukuran pada Running MFCGambar 2. Bagan alir proses pengukuran pada *running* MFC

Lampiran 3. Proses Analisis COD (mgL^{-1}) Limbah Cair TekstilGambar 3. Bagan alir proses analisis COD (mgL^{-1}) limbah cair tekstil

Lampiran 4. Data Hasil Penelitian

A. Hasil Pengukuran *Running* Reaktor MFC

1. Limbah dengan Penambahan Glukosa

a. Elektroda 29,5 cm²

Tabel 4.1 Hasil *running* reaktor MFC pada limbah dengan penambahan glukosa dan elektroda 29,5 cm²

Waktu (Jam)	pH	OD (A)	Tegangan (V)	Kuat Arus (mA)
0	4,622	0,037	0,773	0,410
6	4,973	0,065	0,911	0,504
12	4,988	0,020	0,976	0,461
18	5,743	0,050	0,889	1,011
24	5,343	0,099	0,927	0,936
30	4,988	0,084	0,917	0,997
36	4,834	0,099	0,869	0,812
42	4,822	0,115	0,845	0,866
48	4,837	0,115	0,650	0,693
54	4,831	0,104	0,735	0,703
60	4,703	0,112	0,834	0,662
66	4,547	0,100	0,802	0,792
72	4,571	0,133	0,753	0,773

b. Elektroda 44,5 cm²

Tabel 4.2 Hasil *running* reaktor MFC pada limbah dengan penambahan glukosa dan elektroda 44,5 cm²

Waktu (Jam)	pH	OD (A)	Tegangan (V)	Kuat Arus (mA)
0	4,622	0,037	0,952	0,432
6	5,970	0,042	0,994	0,753
12	5,934	0,021	1,250	0,710
18	5,922	0,039	0,941	1,060
24	5,374	0,085	0,949	0,974
30	5,181	0,076	0,953	1,024
36	5,119	0,071	0,936	1,077
42	4,918	0,116	0,899	1,017
48	4,606	0,096	0,951	1,061
54	4,684	0,117	0,853	1,022
60	4,824	0,115	0,863	0,824
66	4,912	0,116	0,832	0,868
72	4,927	0,104	0,826	0,971

2. Limbah tanpa Penambahan Glukosa

a. Elektroda 29,5 cm²

Tabel 4.3 Hasil *running* reaktor MFC pada limbah tanpa penambahan glukosa dan elektroda 29,5 cm²

Waktu (Jam)	pH	OD (A)	Tegangan (V)	Kuat Arus (mA)
0	5,605	0,044	0,676	0,128
6	6,192	0,069	0,431	0,151
12	6,106	0,041	0,785	0,137
18	6,104	0,045	0,784	0,135
24	5,809	0,076	0,896	0,163
30	5,939	0,075	0,762	0,116
36	6,021	0,088	0,735	0,377
42	5,919	0,090	0,714	0,136
48	6,126	0,076	0,572	0,318
54	6,118	0,065	0,582	0,166
60	5,450	0,085	0,457	0,115
66	5,647	0,080	0,423	0,111
72	5,826	0,133	0,438	0,186

b. Elektroda 44,5 cm²

Tabel 4.4 Hasil *running* reaktor MFC pada limbah tanpa penambahan glukosa dan elektroda 44,5 cm²

Waktu (Jam)	pH	OD (A)	Tegangan (V)	Kuat Arus (mA)
0	5,605	0,044	0,772	0,315
6	5,101	0,060	0,881	0,502
12	5,092	0,044	0,917	0,477
18	5,082	0,040	0,912	0,718
24	4,100	0,079	0,926	0,566
30	4,988	0,069	0,785	0,593
36	5,977	0,073	0,887	0,931
42	5,935	0,101	0,841	0,965
48	5,961	0,041	0,848	1,035
54	5,813	0,070	0,634	0,488
60	5,756	0,176	0,634	0,754
66	6,116	0,061	0,697	0,661
72	5,671	0,063	0,488	0,845

B. Hasil Pengukuran Titrimetri Analisis COD

1. Limbah dengan Penambahan Glukosa

a. Elektroda 29,5 cm²

Tabel 4.5 Hasil pengukuran sampel COD reaktor MFC pada limbah dengan penambahan glukosa dan elektroda 29,5 cm²

Jam	Volume Titran Sampel (mL)	Volume Titran Blanko (mL)	M FAS (M)
0	4,10	6,95	0,0209
24	4,15	6,95	0,0209
48	5,00	7,65	0,0184
72	4,90	7,30	0,0194

b. Elektroda 44,5 cm²

Tabel 4.6 Hasil pengukuran sampel COD reaktor MFC pada limbah dengan penambahan glukosa dan elektroda 44,5 cm²

Jam	Volume Titran Sampel (mL)	Volume Titran Blanko (mL)	M FAS (M)
0	4,25	6,95	0,0209
24	4,45	6,95	0,0209
48	4,87	7,65	0,0184
72	4,90	7,30	0,0194

2. Limbah tanpa Penambahan Glukosa

a. Elektroda 29,5 cm²

Tabel 4.7 Hasil pengukuran sampel COD reaktor MFC pada limbah tanpa penambahan glukosa dan elektroda 29,5 cm²

Jam	Volume Titran Sampel (mL)	Volume Titran Blanko (mL)	M FAS (M)
0	5,20	7,30	0,0194
24	5,10	6,95	0,0209
48	5,43	6,95	0,0209
72	5,80	7,30	0,0194

b. Elektroda 44,5 cm²

Tabel 4.8 Hasil pengukuran sampel COD reaktor MFC pada limbah tanpa penambahan glukosa dan elektroda 44,5 cm²

Jam	Volume Titran Sampel (mL)	Volume Titran Blanko (mL)	M FAS (M)
0	5,30	6,95	0,0209
24	5,30	6,95	0,0209
48	5,75	7,30	0,0194
72	5,80	7,30	0,0194

Lampiran 5. Perhitungan

A. Perhitungan Pembuatan Reagen

1. Larutan KCl 1 M

$$M = \frac{\text{gr}}{\text{mr}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{V}$$

$$1 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{110,99 \text{ gram/mol}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{100 \text{ mL}}$$

$$= \frac{\text{gr}}{110,99 \text{ gram/mol}} \times 10 \text{ mL}$$

$$110,99 \text{ M gram mol}^{-1} = \text{gr} \times 10 \text{ mL}$$

$$\text{gr} = 11,099 \text{ gram}$$

Jadi ditimbang sebanyak 11,099 gram KCl, kemudian dilarutkan ke dalam 100 mL akuades hingga homogen

2. Larutan HCl 1 M

$$M = \frac{37 \times 10 \times \rho}{\text{mr}}$$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$= \frac{37 \times 10 \times 1,19 \text{ gram/mL}}{36,46 \text{ gram/mol}}$$

$$12,07 \text{ M} \times V_1 = 1 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$= \frac{440,33 \text{ gram/mL}}{36,46 \text{ gram/mol}}$$

$$12,07 \text{ M} \times V_1 = 100 \text{ M mL}$$

$$= 12,07 \text{ M}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ M mL}}{12,07 \text{ M}}$$

$$= 8,28 \text{ mL}$$

Jadi dipipet 8,28 mL HCl ke dalam 100 mL akuades hingga homogen

3. Larutan NaOH 1 M

$$M = \frac{\text{gr}}{\text{mr}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{V}$$

$$1 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{40 \text{ gram/mol}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{100 \text{ mL}}$$

$$= \frac{\text{gr}}{40 \text{ gram/mol}} \times 10 \text{ mL}$$

$$40 \text{ M gram mol}^{-1} = \text{gr} \times 10 \text{ mL}$$

$$\text{gr} = 4 \text{ gram}$$

Jadi ditimbang sebanyak 4 gram NaOH, kemudian dilarutkan ke dalam 100 mL akuades hingga homogen

4. Larutan Glukosa 0,1 M

$$M = \frac{\text{gr}}{\text{mr}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{V}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{180,16 \text{ gram/mol}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{475 \text{ mL}}$$

$$= \frac{\text{gr}}{180,16 \text{ gram/mol}} \times 2,1052 \text{ mL}$$

$$18,016 \text{ M gram mol}^{-1} = \text{gr} \times 2,1052 \text{ mL}$$

$$\text{gr} = 8,5576 \text{ gram}$$

Jadi ditimbang sebanyak 8,5576 gram glukosa, kemudian dilarutkan ke dalam 475 mL akuades hingga homogen

5. Larutan KMnO_4 0,1 M

$$M = \frac{\text{gr}}{\text{mr}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{V}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{158,04 \text{ gram/mol}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{950 \text{ mL}}$$

$$= \frac{\text{gr}}{158,04 \text{ gram/mol}} \times 1,0526 \text{ mL}$$

$$15,804 \text{ M gram mol}^{-1} = \text{gr} \times 1,0526 \text{ mL}$$

$$\text{gr} = 15,0138 \text{ gram}$$

Jadi ditimbang sebanyak 15,0138 gram KMnO_4 , kemudian dilarutkan ke dalam 950 mL akuades hingga homogen

B. Perhitungan Nilai *Power Density* (mWm^{-2})

Persamaan : $P = V \times I$

Keterangan : V = Tegangan (Voltase)

I = Kuat Arus (Ampere)

P = Daya Listrik (Watt)

Daya listrik dipengaruhi oleh permukaan elektroda karbon grafit (A)

$$\begin{aligned} \text{Luas A elektroda kecil} &= 2 [(0,5 \times 1,5) + (0,5 \times 7) + (1,5 \times 7)] \text{ cm} \\ &= 29,5 \text{ cm}^2 = 29,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas A elektroda besar} &= 2 [(0,5 \times 2,5) + (0,5 \times 7) + (2,5 \times 7)] \text{ cm} \\ &= 44,5 \text{ cm}^2 = 44,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Maka } P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \text{Wm}^{-2} = 10^3 \text{ mWm}^{-2}$$

1. Limbah dengan Penambahan Glukosa

a. Elektroda 29,5 cm²

- Jam ke-0 pada 0,773 V dan 0,410 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,773 \text{ V} \times 0,410 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,10743 \text{ Wm}^{-2} = 107,43 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-6 pada 0,911 V dan 0,504 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,911 \text{ V} \times 0,504 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,15564 \text{ Wm}^{-2} = 155,64 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-12 pada 0,976 V dan 0,461 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,976 \text{ V} \times 0,461 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,15252 \text{ Wm}^{-2} = 152,52 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-18 pada 0,889 V dan 1,011 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,889 \text{ V} \times 1,011 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,30467 \text{ Wm}^{-2} = 304,67 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-24 pada 0,927 V dan 0,936 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,927 \text{ V} \times 0,936 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,29412 \text{ Wm}^{-2} = 294,12 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-30 pada 0,917 V dan 0,997 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,917 \text{ V} \times 0,997 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,30991 \text{ Wm}^{-2} = 309,91 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-36 pada 0,869 V dan 0,812 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,869 \text{ V} \times 0,812 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,23919 \text{ Wm}^{-2} = 239,19 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-42 pada 0,845 V dan 0,866 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,845 \text{ V} \times 0,866 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,24805 \text{ Wm}^{-2} = 248,05 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-48 pada 0,650 V dan 0,693 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,650 \text{ V} \times 0,693 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,15269 \text{ Wm}^{-2} = 152,69 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-54 pada 0,735 V dan 0,703 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,735 \text{ V} \times 0,703 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,17515 \text{ Wm}^{-2} = 175,15 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-60 pada 0,834 V dan 0,662 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,834 \text{ V} \times 0,662 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,18715 \text{ Wm}^{-2} = 187,15 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-66 pada 0,802 V dan 0,792 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,802 \text{ V} \times 0,792 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,21531 \text{ Wm}^{-2} = 215,31 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-72 pada 0,753 V dan 0,773 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,753 \text{ V} \times 0,773 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,19731 \text{ Wm}^{-2} = 197,31 \text{ mWm}^{-2}$$

b. Elektroda 44,5 cm²

- Jam ke-0 pada 0,952 V dan 0,432 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,952 \text{ V} \times 0,432 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,09241 \text{ Wm}^{-2} = 92,41 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-6 pada 0,994 V dan 0,753 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,994 \text{ V} \times 0,753 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,16819 \text{ Wm}^{-2} = 168,19 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-12 pada 1,250 V dan 0,710 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{1,250 \text{ V} \times 0,710 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,19943 \text{ Wm}^{-2} = 199,43 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-18 pada 0,941 V dan 1,060 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,941 \text{ V} \times 1,060 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,22414 \text{ Wm}^{-2} = 224,14 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-24 pada 0,949 V dan 0,974 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,949 \text{ V} \times 0,974 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,20771 \text{ Wm}^{-2} = 207,71 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-30 pada 0,953 V dan 1,024 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,953 \text{ V} \times 1,024 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,21929 \text{ Wm}^{-2} = 219,29 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-36 pada 0,936 V dan 1,077 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,936 \text{ V} \times 1,077 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,22653 \text{ Wm}^{-2} = 226,53 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-42 pada 0,899 V dan 1,017 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,899 \text{ V} \times 1,017 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,20545 \text{ Wm}^{-2} = 205,45 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-48 pada 0,951 V dan 1,061 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,951 \text{ V} \times 1,061 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,22674 \text{ Wm}^{-2} = 226,74 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-54 pada 0,853 V dan 1,022 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,853 \text{ V} \times 1,022 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,19590 \text{ Wm}^{-2} = 195,90 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-60 pada 0,863 V dan 0,824 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,863 \text{ V} \times 0,824 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,15980 \text{ Wm}^{-2} = 159,80 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-66 pada 0,832 V dan 0,868 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,832 \text{ V} \times 0,868 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,16228 \text{ Wm}^{-2} = 162,28 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-72 pada 0,826 V dan 0,971 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,826 \text{ V} \times 0,971 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,18023 \text{ Wm}^{-2} = 180,23 \text{ mWm}^{-2}$$

2. Limbah tanpa Penambahan Glukosa

a. Elektroda 29,5 cm²

- Jam ke-0 pada 0,676 V dan 0,128 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,676 \text{ V} \times 0,128 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,02933 \text{ Wm}^{-2} = 29,33 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-6 pada 0,431 V dan 0,151 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,431 \text{ V} \times 0,151 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,02206 \text{ Wm}^{-2} = 22,06 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-12 pada 0,785 V dan 0,137 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,785 \text{ V} \times 0,137 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,03645 \text{ Wm}^{-2} = 36,45 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-18 pada 0,784 V dan 0,135 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,784 \text{ V} \times 0,135 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,03587 \text{ Wm}^{-2} = 35,87 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-24 pada 0,896 V dan 0,163 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,896 \text{ V} \times 0,163 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,04950 \text{ Wm}^{-2} = 49,50 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-30 pada 0,762 V dan 0,116 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,762 \text{ V} \times 0,116 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,02996 \text{ Wm}^{-2} = 29,96 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-36 pada 0,735 V dan 0,377 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,735 \text{ V} \times 0,377 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,09393 \text{ Wm}^{-2} = 93,93 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-42 pada 0,714 V dan 0,136 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,714 \text{ V} \times 0,136 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,03291 \text{ Wm}^{-2} = 32,91 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-48 pada 0,572 V dan 0,318 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,572 \text{ V} \times 0,318 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,06166 \text{ Wm}^{-2} = 61,66 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-54 pada 0,582 V dan 0,166 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,582 \text{ V} \times 0,166 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,03275 \text{ Wm}^{-2} = 32,75 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-60 pada 0,457 V dan 0,115 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,457 \text{ V} \times 0,115 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,01781 \text{ Wm}^{-2} = 17,81 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-66 pada 0,423 V dan 0,111 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,423 \text{ V} \times 0,111 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,01591 \text{ Wm}^{-2} = 15,91 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-72 pada 0,438 V dan 0,186 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,438 \text{ V} \times 0,186 \times 0,001 \text{ A}}{0,00295} = 0,02761 \text{ Wm}^{-2} = 27,61 \text{ mWm}^{-2}$$

b. Elektroda 44,5 cm²

- Jam ke-0 pada 0,772 V dan 0,315 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,772 \text{ V} \times 0,315 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,05464 \text{ Wm}^{-2} = 54,64 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-6 pada 0,881 V dan 0,502 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,881 \text{ V} \times 0,502 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,09938 \text{ Wm}^{-2} = 99,38 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-12 pada 0,917 V dan 0,477 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,917 \text{ V} \times 0,477 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,09829 \text{ Wm}^{-2} = 98,29 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-18 pada 0,912 V dan 0,718 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,912 \text{ V} \times 0,718 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,14715 \text{ Wm}^{-2} = 147,15 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-24 pada 0,926 V dan 0,566 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,926 \text{ V} \times 0,566 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,11777 \text{ Wm}^{-2} = 117,77 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-30 pada 0,785 V dan 0,593 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,785 \text{ V} \times 0,593 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,10460 \text{ Wm}^{-2} = 104,60 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-36 pada 0,887 V dan 0,931 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,887 \text{ V} \times 0,931 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,18557 \text{ Wm}^{-2} = 185,57 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-42 pada 0,841 V dan 0,965 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,841 \text{ V} \times 0,965 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,18237 \text{ Wm}^{-2} = 182,37 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-48 pada 0,848 V dan 1,035 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,848 \text{ V} \times 1,035 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,19723 \text{ Wm}^{-2} = 197,23 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-54 pada 0,634 V dan 0,488 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,634 \text{ V} \times 0,488 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,06952 \text{ Wm}^{-2} = 69,52 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-60 pada 0,634 V dan 0,754 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,634 \text{ V} \times 0,754 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,10742 \text{ Wm}^{-2} = 107,42 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-66 pada 0,697 V dan 0,661 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,697 \text{ V} \times 0,661 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,10353 \text{ Wm}^{-2} = 103,53 \text{ mWm}^{-2}$$

- Jam ke-72 pada 0,488 V dan 0,845 mA

$$P = \frac{V \times I}{A_{\text{total}}} = \frac{0,488 \text{ V} \times 0,845 \times 0,001 \text{ A}}{0,00445} = 0,09266 \text{ Wm}^{-2} = 92,66 \text{ mWm}^{-2}$$

SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

C. Perhitungan Nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD)

$$\text{Rumus : COD (mgL}^{-1}\text{)} = \frac{(a-b) \times M \text{ FAS} \times 1000 \times \text{Be O}_2 \times P}{V \text{ Sampel}}$$

Keterangan : a = Volume titran blanko (mL)

b = Volume titran sampel (mL)

M FAS = M FAS yang telah distandarisasi (M)

Be O₂ = 8

P = Faktor pengenceran (mL)

1. Limbah dengan Penambahan Glukosa

a. Elektroda 29,5 cm²

- Jam ke-0, volume titran sampel adalah 4,10 mL

$$\begin{aligned} \text{COD (mgL}^{-1}\text{)} &= \frac{(a-b) \times M \text{ FAS} \times 1000 \times \text{Be O}_2 \times P}{V \text{ Sampel}} \\ &= \frac{(6,95 - 4,10) \times 0,0209 \times 1000 \times 8 \times 50}{2,5} = 9530,5 \text{ mgL}^{-1} \end{aligned}$$

- Jam ke-24, volume titran sampel adalah 4,15 mL

$$\begin{aligned} \text{COD (mgL}^{-1}\text{)} &= \frac{(a-b) \times M \text{ FAS} \times 1000 \times \text{Be O}_2 \times P}{V \text{ Sampel}} \\ &= \frac{(6,95 - 4,15) \times 0,0209 \times 1000 \times 8 \times 50}{2,5} = 9363 \text{ mgL}^{-1} \end{aligned}$$

- Jam ke-48, volume titran sampel adalah 5,00 mL

$$\begin{aligned} \text{COD (mgL}^{-1}\text{)} &= \frac{(a-b) \times M \text{ FAS} \times 1000 \times \text{Be O}_2 \times P}{V \text{ Sampel}} \\ &= \frac{(7,65 - 5,00) \times 0,0184 \times 1000 \times 8 \times 50}{2,5} = 7801,5 \text{ mgL}^{-1} \end{aligned}$$

- Jam ke-72, volume titran sampel adalah 4,90 mL

$$\begin{aligned}\text{COD (mgL}^{-1}\text{)} &= \frac{(a-b) \times M \text{ FAS} \times 1000 \times \text{Be O}_2 \times P}{V \text{ Sampel}} \\ &= \frac{(7,30 - 4,90) \times 0,0194 \times 1000 \times 8 \times 50}{2,5} = 7449,5 \text{ mgL}^{-1}\end{aligned}$$

b. Elektroda 44,5 cm²

- Jam ke-0, volume titran sampel adalah 4,25 mL

$$\begin{aligned}\text{COD (mgL}^{-1}\text{)} &= \frac{(a-b) \times M \text{ FAS} \times 1000 \times \text{Be O}_2 \times P}{V \text{ Sampel}} \\ &= \frac{(6,95 - 4,25) \times 0,0209 \times 1000 \times 8 \times 50}{2,5} = 9029 \text{ mgL}^{-1}\end{aligned}$$

- Jam ke-24, volume titran sampel adalah 4,45 mL

$$\begin{aligned}\text{COD (mgL}^{-1}\text{)} &= \frac{(a-b) \times M \text{ FAS} \times 1000 \times \text{Be O}_2 \times P}{V \text{ Sampel}} \\ &= \frac{(6,95 - 4,45) \times 0,0209 \times 1000 \times 8 \times 50}{2,5} = 8360 \text{ mgL}^{-1}\end{aligned}$$

- Jam ke-48, volume titran sampel adalah 4,87 mL

$$\begin{aligned}\text{COD (mgL}^{-1}\text{)} &= \frac{(a-b) \times M \text{ FAS} \times 1000 \times \text{Be O}_2 \times P}{V \text{ Sampel}} \\ &= \frac{(7,65 - 4,87) \times 0,0184 \times 1000 \times 8 \times 50}{2,5} = 8184,5 \text{ mgL}^{-1}\end{aligned}$$

- Jam ke-72, volume titran sampel adalah 4,90 mL

$$\begin{aligned}\text{COD (mgL}^{-1}\text{)} &= \frac{(a-b) \times M \text{ FAS} \times 1000 \times \text{Be O}_2 \times P}{V \text{ Sampel}} \\ &= \frac{(7,30 - 4,90) \times 0,0194 \times 1000 \times 8 \times 50}{2,5} = 7449,5 \text{ mgL}^{-1}\end{aligned}$$

2. Limbah tanpa Penambahan Glukosa

a. Elektroda 29,5 cm²

- Jam ke-0, volume titran sampel adalah 5,20 mL

$$\begin{aligned}\text{COD (mgL}^{-1}\text{)} &= \frac{(a-b) \times M \text{ FAS} \times 1000 \times \text{Be O}_2 \times P}{V \text{ Sampel}} \\ &= \frac{(7,30 - 5,20) \times 0,0194 \times 1000 \times 8 \times 50}{2,5} = 6518,5 \text{ mgL}^{-1}\end{aligned}$$

- Jam ke-24, volume titran sampel adalah 5,10 mL

$$\begin{aligned}\text{COD (mgL}^{-1}\text{)} &= \frac{(a-b) \times M \text{ FAS} \times 1000 \times \text{Be O}_2 \times P}{V \text{ Sampel}} \\ &= \frac{(6,95 - 5,10) \times 0,0209 \times 1000 \times 8 \times 50}{2,5} = 6186,5 \text{ mgL}^{-1}\end{aligned}$$

- Jam ke-48, volume titran sampel adalah 5,43 mL

$$\begin{aligned}\text{COD (mgL}^{-1}\text{)} &= \frac{(a-b) \times M \text{ FAS} \times 1000 \times \text{Be O}_2 \times P}{V \text{ Sampel}} \\ &= \frac{(6,95 - 5,43) \times 0,0209 \times 1000 \times 8 \times 50}{2,5} = 5083 \text{ mgL}^{-1}\end{aligned}$$

- Jam ke-72, volume titran sampel adalah 5,80 mL

$$\begin{aligned}\text{COD (mgL}^{-1}\text{)} &= \frac{(a-b) \times M \text{ FAS} \times 1000 \times \text{Be O}_2 \times P}{V \text{ Sampel}} \\ &= \frac{(7,30 - 5,80) \times 0,0194 \times 1000 \times 8 \times 50}{2,5} = 4656 \text{ mgL}^{-1}\end{aligned}$$

b. Elektroda 44,5 cm²

- Jam ke-0, volume titran sampel adalah 5,30 mL

$$\begin{aligned}\text{COD (mgL}^{-1}\text{)} &= \frac{(a-b) \times M \text{ FAS} \times 1000 \times \text{Be O}_2 \times P}{V \text{ Sampel}} \\ &= \frac{(6,95 - 5,30) \times 0,0209 \times 1000 \times 8 \times 50}{2,5} = 5517,5 \text{ mgL}^{-1}\end{aligned}$$

- Jam ke-24, volume titran sampel adalah 5,30 mL

$$\begin{aligned}\text{COD (mgL}^{-1}\text{)} &= \frac{(a-b) \times M \text{ FAS} \times 1000 \times \text{Be O}_2 \times P}{V \text{ Sampel}} \\ &= \frac{(6,95 - 5,30) \times 0,0209 \times 1000 \times 8 \times 50}{2,5} = 5517,5 \text{ mgL}^{-1}\end{aligned}$$

- Jam ke-48, volume titran sampel adalah 5,75 mL

$$\begin{aligned}\text{COD (mgL}^{-1}\text{)} &= \frac{(a-b) \times M \text{ FAS} \times 1000 \times \text{Be O}_2 \times P}{V \text{ Sampel}} \\ &= \frac{(7,30 - 5,75) \times 0,0194 \times 1000 \times 8 \times 50}{2,5} = 4811 \text{ mgL}^{-1}\end{aligned}$$

- Jam ke-72, volume titran sampel adalah 5,80 mL

$$\begin{aligned}\text{COD (mgL}^{-1}\text{)} &= \frac{(a-b) \times M \text{ FAS} \times 1000 \times \text{Be O}_2 \times P}{V \text{ Sampel}} \\ &= \frac{(7,30 - 5,80) \times 0,0194 \times 1000 \times 8 \times 50}{2,5} = 4656 \text{ mgL}^{-1}\end{aligned}$$

D. Perhitungan Tingkat Efisiensi Nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD)

1. Limbah dengan Penambahan Glukosa

a. Elektroda 29,5 cm²

Pada jam ke-0 nilai COD sebesar 9530,5 mgL⁻¹ dan pada jam ke-72 nilai COD sebesar 7449,5 mgL⁻¹, maka nilai persentasenya adalah :

$$\begin{aligned}\text{COD (\%)} &= \frac{(\text{COD awal} - \text{COD akhir}) \times 100\%}{\text{COD awal}} \\ &= \frac{(9530,5 - 7449,5) \text{ mg/L} \times 100\%}{9530,5 \text{ mg/L}} = 21,83 \%\end{aligned}$$

b. Elektroda 44,5 cm²

Pada jam ke-0 nilai COD sebesar 9029 mgL⁻¹ dan pada jam ke-72 nilai COD sebesar 7449,5 mgL⁻¹, maka nilai persentasenya adalah :

$$\begin{aligned}\text{COD (\%)} &= \frac{(\text{COD awal} - \text{COD akhir}) \times 100\%}{\text{COD awal}} \\ &= \frac{(9029 - 7449,5) \text{ mg/L} \times 100\%}{9029 \text{ mg/L}} = 17,49 \%\end{aligned}$$

2. Limbah tanpa Penambahan Glukosa

a. Elektroda 29,5 cm²

Pada jam ke-0 nilai COD sebesar 6518,5 mgL⁻¹ dan pada jam ke-72 nilai COD sebesar 4656 mgL⁻¹, maka nilai persentasenya adalah :

$$\begin{aligned}\text{COD (\%)} &= \frac{(\text{COD awal} - \text{COD akhir}) \times 100\%}{\text{COD awal}} \\ &= \frac{(6518,5 - 4656) \text{ mg/L} \times 100\%}{6518,5 \text{ mg/L}} = 28,57 \%\end{aligned}$$

b. Elektroda 44,5 cm²

Pada jam ke-0 nilai COD sebesar 5517,5 mgL⁻¹ dan pada jam ke-72 nilai COD sebesar 4656 mgL⁻¹, maka nilai persentasenya adalah :

$$\begin{aligned}\text{COD (\%)} &= \frac{(\text{COD awal} - \text{COD akhir}) \times 100\%}{\text{COD awal}} \\ &= \frac{(5517,5 - 4656) \text{ mg/L} \times 100\%}{5517,5 \text{ mg/L}} = 15,61\%\end{aligned}$$

Lampiran 6. Data Hasil Perhitungan

A. Nilai *Power Density* dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Reaktor MFC

1. Limbah dengan Penambahan Glukosa

a. Elektroda 29,5 cm²

Tabel 6.1 Nilai *power density* dan COD reaktor MFC limbah dengan penambahan glukosa dan elektroda 29,5 cm²

No.	Waktu (Jam)	<i>Power Density</i> (mWm ⁻²)	COD (mgL ⁻¹)
1	0	107,43	9530,5
2	6	155,64	-
3	12	152,52	-
4	18	304,67	-
5	24	294,12	9363
6	30	309,91	-
7	36	239,19	-
8	42	248,05	-
9	48	152,69	7801,5
10	54	175,15	-
11	60	187,15	-
12	66	215,31	-
13	72	197,31	7449,5

b. Elektroda 44,5 cm²

Tabel 6.2 Nilai *power density* dan COD reaktor MFC limbah dengan penambahan glukosa dan elektroda 44,5 cm²

No.	Waktu (Jam)	<i>Power Density</i> (mWm ⁻²)	COD (mgL ⁻¹)
1	0	92,41	9029
2	6	168,19	-
3	12	199,43	-
4	18	224,14	-
5	24	207,71	8360
6	30	219,29	-
7	36	226,53	-
8	42	205,45	-
9	48	226,74	8184,5
10	54	195,90	-
11	60	159,80	-
12	66	162,28	-
13	72	180,23	7449,5

2. Limbah

tanpa

Penambahan Glukosa

a. Elektroda 29,5 cm²

Tabel 6.3 Nilai *power density* dan COD reaktor MFC limbah tanpa penambahan glukosa dan elektroda 29,5 cm²

No.	Waktu (Jam)	Power Density (mWm ⁻²)	COD (mgL ⁻¹)
1	0	29,33	6518,5
2	6	22,06	-
3	12	36,45	-
4	18	35,87	-
5	24	49,50	6186,5
6	30	29,96	-
7	36	93,93	-
8	42	32,91	-
9	48	61,66	5083
10	54	32,75	-
11	60	17,81	-
12	66	15,91	-
13	72	27,61	4656

b. Elektroda 44,5 cm²

Tabel 6.4 Nilai *power density* dan COD reaktor MFC limbah tanpa penambahan glukosa dan elektroda 44,5 cm²

No.	Waktu (Jam)	Power Density (mWm ⁻²)	COD (mgL ⁻¹)
1	0	54,64	5517,5
2	6	99,38	-
3	12	98,29	-
4	18	147,15	-
5	24	117,77	5517,5
6	30	104,60	-
7	36	185,57	-
8	42	182,37	-
9	48	197,23	4811
10	54	69,52	-
11	60	107,42	-
12	66	103,53	-
13	72	92,66	4656

B. Nilai Persentase Efisiensi *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Tabel 6.5 Hasil perhitungan persentase COD (%) reaktor MFC pada variasi substrat dan luas permukaan elektroda

Variasi Luas Permukaan Elektroda	Variasi Substrat	
	Limbah dengan Penambahan Glukosa	Limbah tanpa Penambahan Glukosa
Elektroda 29,5 cm ²	21,83	28,57
Elektroda 44,5 cm ²	17,49	15,61

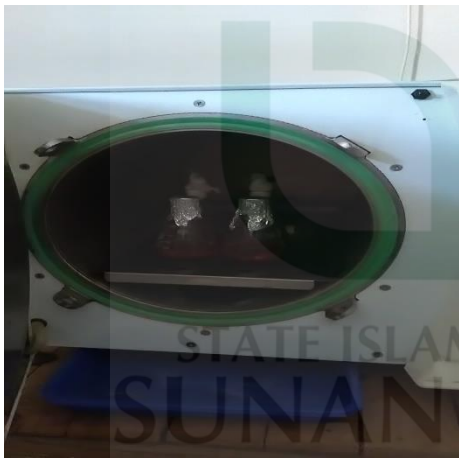
Lampiran 7. Dokumentasi



Gambar 7.1 Preparasi bahan pembuatan jembatan garam



Gambar 7.2 Pembuatan jembatan garam di atas *hot plate*



Gambar 7.3 Sterilisasi jembatan garam dalam autoklaf



Gambar 7.4 Jembatan garam



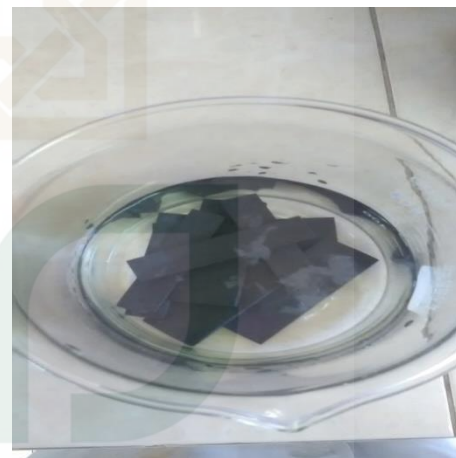
Gambar 7.5 Pemotongan elektroda karbon grafit



Gambar 7.6 Aktivasi karbon grafit dengan HCl



Gambar 7.7 Aktivasi karbon grafit dengan NaOH



Gambar 7.8 Netralisasi elektroda karbon grafit dengan akuades



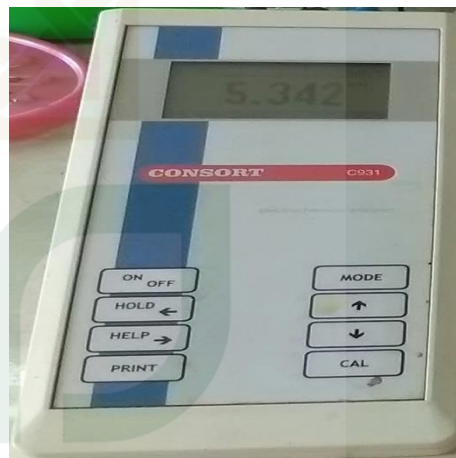
Gambar 7.9 Sampling limbah cair tekstil



Gambar 7.10 Limbah cair tekstil



Gambar 7.11 Multimeter digital merek sanwa



Gambar 7.12 Alat ukur pH



Gambar 7.13 Spectronic 20



Gambar 7.14 *Running* reaktor MFC



Gambar 7.15 *Running* reaktor MFC pada variasi limbah dengan penambahan glukosa dan elektroda $29,5 \text{ cm}^2$



Gambar 7.16 *Running* reaktor MFC pada variasi limbah dengan penambahan glukosa dan elektroda $44,5 \text{ cm}^2$



Gambar 7.17 *Running* reaktor MFC pada variasi limbah tanpa penambahan glukosa dan elektroda $29,5 \text{ cm}^2$



Gambar 7.18 *Running* reaktor MFC pada variasi limbah tanpa penambahan glukosa dan elektroda $44,5 \text{ cm}^2$



Gambar 7.19 Sampling COD reaktor MFC

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



Gambar 7.20 Pemanasan botol COD dalam alat refluks



Gambar 7.21 Uji COD sebelum dilakukan titrasi titrimetri



Gambar 7.22 Uji COD setelah dilakukan titrasi titrimetri

CURRICULUM VITAE

Eka Fadzillah Kirana

I am a hospitality, hard worker, humble, corporate, responsive, responsibility, like to work with target, under pressures and working with the team.

A. Personal Information

Name : Eka Fadzillah Kirana
Sex : Female
Place, Date of Birth : Magelang, April 04 1994
Citizenship : Indonesia
Height, weight : 155 cm, 45 kg
Religion : Moeslem
Status : Single
Blood Type : A
Current Address : Sapen GK 1 No. 499 D. RT 28 RW 08, Demangan,
Gondokusuman, Yogyakarta
Home Address : Ngleses RT 12 / RW 06, Candimulyo, Magelang, Jawa Tengah
No Telp : 085701401331
E-mail : kiranaeka54@gmail.com

B. Educational Background

Elementary School : SDN 1 Candimulyo
Junior High School : SMPN 1 Candimulyo
Senior High School : SMAN 2 Magelang

Academy : UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

C. Capability

1. Language (Indonesian, English, and Arabic)
2. Computerization (MS Word, MS Excel, MS Power)
3. Internet

D. Organization

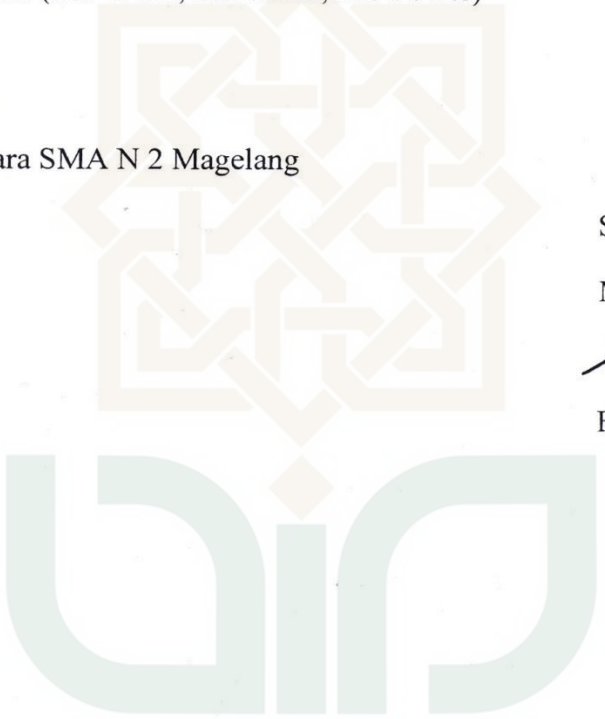
2010-2012 : Bantara SMA N 2 Magelang

Sincenery

My regard



Eka Fadzillah Kirana



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA