

**PENGARUH JUMLAH PASANGAN ELEKTRODA
ALUMINIUM DAN GRAFIT TERHADAP POTENSI LISTRIK
MICROBIAL FUEL CELL (MFC) BERBASIS SUBSTRAT LIMBAH
KULIT PISANG AMBON DAN MEMBRAN GERABAH BENTONIT**

**Skripsi
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana Kimia**



**Oleh:
Amin Sulistiyani
17106030027**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2021**



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1561/Un.02/DST/PP.00.9/08/2021

Tugas Akhir dengan judul : Pengaruh Jumlah Pasangan Elektroda Aluminium dan Grafit terhadap Potensi Listrik Microbial Fuel Cell (MFC) Berbasis Substrat Kulit Pisang Ambon dan Membran Gerabah Bentonit

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : AMIN SULISTIYANI
Nomor Induk Mahasiswa : 17106030027
Telah diujikan pada : Jumat, 06 Agustus 2021
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Sudarlin, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 611e02db1ce61



Penguji I
Khamidinal, S.Si., M.Si
SIGNED

Valid ID: 6114cd99ee333



Penguji II
Atika Yahdiyani Ikhsani, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 611de061d1819



Yogyakarta, 06 Agustus 2021
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 612442dd96d50



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 : Amin Sulistiyani
NIM : 17106030027
Judul Skripsi : Pengaruh Jumlah Pasangan Elektroda Aluminium dan Grafit terhadap Potensi Listrik Microbial Fuel Cell (MFC) Berbasis Substrat Kulit Pisang Ambon dan Membran Gerabah Bentonit

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

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 16 Juli 2021
Pembimbing

Sudarlin M.Si
NIP: 19850611 201503 1 002



NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir
Lamp : -

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

Assalamu 'alaikum wr. wb.

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

Nama : Amin Sulistiyani
NIM : 17106030027
Judul Skripsi : Pengaruh Jumlah Pasangan Elektroda Aluminium dan Grafit terhadap Potensi Listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Substrat Limbah Kulit Pisang Ambon dan Membran Gerabah Bentonit

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

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
Yogyakarta, 20 Agustus 2021
Konsultan

Khamidinal, M.Si
NIP. 19691104 200003 1 002



NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir
Lamp : -

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

Assalamu 'alaikum wr. wb.

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

Nama : Amin Sulistiyani
NIM : 17106030027
Judul Skripsi. : Pengaruh Jumlah Pasangan Elektroda Aluminium dan Grafit terhadap Potensi Listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Substrat Limbah Kulit Pisang Ambon dan Membran Gerabah Bentonit

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

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 19 Agustus 2021
Konsultan

Atika Yahdiyani Ikhsani, M. Sc
NIP. 19920613 201903 2 014

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Amin Sulistiyani
NIM : 17106030027
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Pengaruh Jumlah Pasangan Elektroda Aluminium dan Grafit terhadap Potensi Listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Substrat Kulit Pisang Ambon dan Membran Gerabah Bentonit”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 29 Juli 2021



Amin Sulistiyani
NIM. 17106030027

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTTO

“You don’t have to be great to start, but you have to start to be great.”

~Zig Ziglar~

“Jangan bimbang dalam menghadapi macam-macam penderitaan karena makin dekat cita-cita kita tercapai makin berat penderitaan yang harus kita alami.”

~Jendral Soedirman~



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, skripsi yang berjudul Pengaruh Jumlah Pasangan Elektroda Aluminium dan Grafit terhadap Potensi Listrik Substrat *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Limbah Kulit Pisang Ambon dan Membran Gerabah Bentonit dapat terselesaikan. Skripsi ini tidak lepas dari bantuan, kerjasama, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Imelda Fajriati, M.Si ketua program studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Sudarlin, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan dan membimbing penulis selama penulisan skripsi.
4. Ibu Isni Gustanti S.Si dan jajaran pranata Laboratorium (PLP) Laboratorium Terpadu UIN Sunan Kalijaga yang telah mendampingi dan memberikan arahan selama penelitian.
5. Kedua orang tuaku, Bapak Poniran dan Ibu Rubinah serta saudara yang selalu memberikan doa, semangat dan kasih sayang dalam hal apapun.
6. Siti Nurrohmah Selvianasari, Ulia Fitrass, Indri Setiyowati, dan Isna Rokhimah yang telah membantu proses penelitian.
7. Sahabat-sahabatku Miftakhur Rohmah, Era Monika Sari, Sri Raehanty M., Tina Agustina, Lia Amalia, Yethi Anindi Novita yang selalu memberikan semangat dan dukungan selama proses penulisan skripsi ini.
8. Teman-teman kimia 2017 yang sudah membantu dan memberikan dukungan selama proses penulisan skripsi.

Semoga segala bantuan yang diberikan semua pihak yang telah disebutkan sebelumnya mendapatkan balasan dari Allah SWT. Kritik dan saran skripsi ini sangat penulis harapkan dan dapat menjadi informasi yang bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 13 Juli 2021

Penulis

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orangtuaku tercinta dan semua keluarga serta kerabat yang telah memberikan do'a dan dukungan sehingga saya dapat mencapai titik ini.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR.....	iii
NOTA DINAS KONSULTAN.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
HALAMAN MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
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 teoris.....	11
C. Hipotesis Penelitian.....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
B. Alat-alat Penelitian.....	20
C. Bahan Penelitian.....	20
D. Cara Kerja Penelitian.....	20
E. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data.....	22
F. Teknik Analisis Data.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
A. Hasil Pengukuran Elektrisitas MFC.....	24
B. COD dan BOD Limbah Cair Kulit Pisang Ambon.....	29
BAB V PENUTUP.....	31
A. Kesimpulan.....	31
B. Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA.....	32
LAMPIRAN.....	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema <i>double chamber microbial fuel cell</i>	12
Gambar 3. 1 Skema Reaktor MFC	23
Gambar 4. 1 Grafik kuat arus reaktor MFC	24
Gambar 4. 2 Grafik beda potensial listrik ketiga sistem MFC.....	26
Gambar 4. 3 Grafik kerapatan arus ketiga sistem MFC.....	28
Gambar 4. 4 Grafik <i>power density</i> ketiga reaktor MFC.....	29



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Penurunan COD ketiga reaktor MFC.....	29
Tabel 4. 2 Penurunan BOD ₅ ketiga reaktor MFC	30



**PENGARUH JUMLAH PASANGAN ELEKTRODA
ALUMINIUM DAN GRAFIT TERHADAP POTENSI LISTRIK
MICROBIAL FUEL CELL (MFC) BERBASIS SUBSTRAT LIMBAH
KULIT PISANG AMBON DAN MEMBRAN GERABAH BENTONIT
Amin Sulistiyani**

NIM: 17106030027

Pembimbing : Sudarlin, M.Si

ABSTRAK

Modifikasi desain sistem MFC terus dilakukan untuk mengoptimalkan kinerja sistem. Peningkatan kinerja sistem MFC dipengaruhi oleh faktor elektroda salah satunya yaitu luas permukaan elektroda. Jumlah pasangan elektroda berbanding lurus dengan jumlah pasangan elektroda. Penelitian ini bertujuan menentukan pengaruh jumlah pasangan elektroda, dan menentukan jumlah pasangan elektroda yang maksimum terhadap kuat arus (I), beda potensial (V), dan *power density* (P) serta penurunan kadar COD dan BOD limbah pada MFC. Elektroda yang digunakan adalah aluminium (Al) di anoda dan grafit (C) di katoda dengan variasi jumlah satu sampai tiga pasang elektroda. Sistem MFC yang digunakan adalah sistem dual chamber dengan membran gerabah bentonit dan substrat limbah cair kulit pisang Ambon (MFC-Bentonit/Kulit Pisang) yang belum pernah dilakukan sebelumnya. Substrat limbah cair kulit pisang Ambon dimasukkan ke ruang anoda dan KMnO_4 0,15 M dimasukkan ke ruang katoda. Setelah itu, dilakukan *running* selama 48 jam dan setiap interval 2 jam dilihat nilai kuat arus dan beda potensial. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata kuat arus dan beda potensial maksimum diperoleh pada tiga pasang elektroda sebesar 14,12 mA dan 0,9256 V. Namun, rata-rata *power density* paling maksimum dihasilkan pada satu pasang elektroda sebesar 2181,58 mW/m^2 . Pengaruh jumlah pasangan elektroda berbanding lurus dengan penurunan COD dan BOD. Penurunan paling besar terjadi pada tiga pasang elektroda, yakni sebesar 3582,76 mg/L.

Kata kunci: MFC, aluminium, grafit, jumlah elektroda

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Microbial Fuel Cell (MFC) merupakan salah satu energi alternatif yang potensial digunakan untuk menghasilkan listrik. Sistem ini bersifat ramah lingkungan dan dapat menurunkan potensi pencemaran, khususnya limbah organik. Limbah organik sebagai substrat dalam MFC dapat terurai dengan memanfaatkan kemampuan metabolisme bakteri untuk mengoksidasi senyawa tersebut (Siswanti & Sanjaya, 2016).

Sistem *Microbial Fuel Cell* masih perlu untuk dilakukan pengembangan supaya mendapatkan hasil potensi listrik yang optimal. Hal tersebut dapat dilakukan perbaikan pada sistem MFC dengan berbagai modifikasi. Mulai dari jenis membran penukar ion dan jenis substrat yang digunakan. Jenis membran yang berpotensi untuk meningkatkan *power density* adalah membran gerabah bentonit. Bentonit sebagai sumber utama montmorillonit telah digunakan sebagai membran oleh Ghadge dan Ghangrekar (2015). Hasil yang didapatkan pada penambahan montmorillonit 20 % menghasilkan *power density* sebesar 7,55 W/m³, sedangkan reaktor kontrol sebesar 3,95 W/m³.

Perbaikan sistem MFC juga dilakukan pada jenis substrat untuk mendapatkan hasil yang paling bagus. William (2018) membandingkan tiga jenis substrat yaitu limbah kulit pisang, ampas tebu lapisan dalam (empulur), dan ampas tebu bagian luar. Substrat dari kulit pisang terbukti menjadi yang terbaik untuk digunakan sebagai substrat MFC. Lebih spesifik Hendri et al., (2015) menunjukkan bahwa limbah jenis kulit pisang Ambon menghasilkan nilai arus

terbesar dari sel *Accu* dibandingkan jenis kulit pisang lainnya yaitu pisang Kepok, Raja, dan Mas.

Optimasi pada elektroda juga perlu untuk dilakukan, baik pada jenis dan jumlahnya. Jenis elektroda telah dilakukan Ibrahim, et al., (2017) menggunakan aluminium, besi, karbon grafit serta kombinasi aluminium dan karbon grafit. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa jenis elektroda kombinasi aluminium dan karbon grafit menghasilkan nilai rata-rata beda potensial tertinggi sebesar 0,34 V. Kereaktifan dan nilai potensial standar pada jenis elektroda yang digunakan berpengaruh pada listrik yang dihasilkan.

Cara meningkatkan efisiensi elektroda pada MFC adalah memperbesar luas permukaannya dengan cara menambah jumlah pasangan elektroda. Septyana, et al., (2013) melakukan variasi jumlah elektroda yaitu satu sampai tiga elektroda. Beda potensial terbesar dihasilkan pada MFC dengan tiga elektroda yaitu 550 mV dengan debit 0,1 l/jam. Sinaga (2014) menggunakan variasi jumlah elektroda diantaranya satu sampai empat elektroda grafit. Beda potensial paling tinggi ditunjukkan pada pasangan empat elektroda sebesar 40,76 mV. Beda potensial meningkat seiring penambahan jumlah pasangan elektroda yang digunakan. Jumlah pasangan elektroda berbanding lurus dengan beda potensial yang dihasilkan.

Elektroda dengan ukuran 12 cm^2 menghasilkan kepadatan arus maksimal sebesar 5 mA/m^2 , sedangkan pada ukuran elektroda yang lebih besar kepadatan arus maksimal sebesar $12,5 \text{ mA/m}^2$. Elektroda anoda dengan ukuran yang lebih besar dapat meningkatkan pelekatan mikroba pada elektroda untuk meneruskan

elektron yang dihasilkan menuju katoda (Szollosi, et al., 2016). Ibrahim (2014) juga melakukan penelitian menggunakan variasi jumlah elektroda yaitu satu sampai empat elektroda grafit. Beda potensial tertinggi dihasilkan pada jumlah empat elektroda sebesar 0,445 V. Semakin banyak jumlah pasang elektroda yang digunakan, maka semakin tinggi pula beda potensialnya. Akan tetapi, berdasarkan nilai rata-rata, beda potensial paling baik dihasilkan pada jumlah dua pasang elektroda sebesar 0,213 V. Oleh karena itu, jumlah 2 pasang elektroda paling optimum diantara jumlah pasang elektroda lainnya. Menurut Ibrahim (2014), hal ini disebabkan karena perbedaan luas permukaan elektroda. Semakin banyak jumlah elektroda yang digunakan, maka semakin besar luas permukaan elektroda.

Sejati & Sudarlin (2021) menggunakan variasi jumlah pasangan elektroda grafit dengan variasi satu elektroda, dua elektroda, dan tiga elektroda. Hasil yang didapatkan menunjukkan kelinearan. Semakin banyak jumlah elektroda yang digunakan, nilai arus listrik dan beda potensial yang dihasilkan juga meningkat. Hal ini disebabkan semakin banyak jumlah elektroda yang digunakan, transfer elektron ke katoda semakin baik. *Power density* tertinggi dihasilkan pada tiga pasang elektroda sebesar 1447,911 mW/m² dengan nilai rata-rata 4465,42 mW/m². Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan variasi jumlah elektroda satu sampai tiga elektroda. Jenis elektroda yang digunakan adalah karbon grafit (katoda) dan aluminium (anoda).

Penelitian ini menggunakan sistem MFC *double-chamber* berbasis membran gerabah bentonit sebagaimana sudah dilaksanakan oleh (Ghadge & Ghangrekar, 2015) dan substrat kulit pisang Ambon sebagaimana telah dilakukan

oleh (Hendri, et al., 2015). Menggunakan variasi jumlah elektroda satu sampai tiga elektroda dengan jenis elektroda karbon grafit (katoda) dan elektroda aluminium (katoda). Penelitian ini merupakan lanjutan penelitian Siti Nurrhomah Selvianasari (2021) yang telah mempelajari perbedaan potensi listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) berbasis membran gerabah bentonit dan limbah cair kulit pisang Ambon menggunakan elektroda aluminium dan grafit.

B. Batasan Masalah

1. Sistem MFC menggunakan *double-chamber* dengan gerabah bentonit sebagai membran penukar ion dan limbah kulit pisang sebagai substrat. Selanjutnya sistem tersebut disingkat MFC-Bentonit/Kulit Pisang.
2. Variabel bebas yang digunakan adalah jumlah elektroda yaitu satu, dua, dan tiga pasang elektroda dengan jenis elektroda yang digunakan yaitu aluminium pada anoda dan karbon grafit pada katoda.
3. Penelitian ini merupakan lanjutan penelitian Siti Nurrhohmah Selvianasari (2021) yang telah mempelajari perbedaan potensi listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) berbasis membran gerabah bentonit dan limbah cair kulit pisang Ambon menggunakan elektroda grafit dan aluminium.
4. Parameter yang digunakan adalah kuat arus (I), beda potensial (V), *power density* (P), serta penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) limbah cair kulit pisang Ambon.

C. Rumusan Masalah

1. Apakah jumlah elektroda grafit (katoda) dan aluminium (anoda) mempengaruhi potensi listrik MFC-Bentonit/Kulit Pisang?
2. Berapa jumlah pasang elektroda yang dapat memberikan hasil maksimum berdasarkan parameter kuat arus (I), beda potensial (V), dan *power density* (P)?
3. Bagaimana pengaruh jumlah pasangan elektroda grafit (katoda) dan aluminium (anoda) terhadap penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) limbah cair kulit pisang Ambon pada MFC-Bentonit/Kulit Pisang ?

D. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis apakah jumlah elektroda grafit (katoda) dan aluminium (anoda) mempengaruhi potensi listrik MFC-Bentonit/Kulit Pisang.
2. Menentukan jumlah pasangan elektroda grafit (katoda) dan aluminium (anoda) yang memberikan hasil maksimum pada MFC-Bentonit/Kulit Pisang berdasarkan parameter kuat arus (I), beda potensial (V), dan *power density* (P).
3. Menentukan jumlah pasangan elektroda grafit (katoda) dan aluminium (anoda) yang menghasilkan penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) terbanyak pada MFC-Bentonit/Kulit Pisang.

E. Manfaat Penelitian

Limbah yang menjadi masalah dalam masyarakat, dapat dilakukan pengolahan limbah berbasis sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC). Penelitian ini dalam upaya untuk pengembangan energi alternatif terbarukan yang ramah terhadap lingkungan dengan pembuatan desain MFC yang lebih efisien dan murah.



BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Jumlah elektroda mempengaruhi kinerja MFC. Semakin banyak jumlah elektroda yang digunakan, maka luas permukaan elektroda semakin besar dan parameter efisiensi kuat arus dan beda potensial MFC juga meningkat.
2. Rata-rata kuat arus maksimum dan tegangan terbesar diperoleh pada tiga pasang elektroda yaitu sebesar 14,12 mA dan 0,9256 V. Parameter efisiensi MFC dapat ditunjukkan dari besarnya *power density*. Rata-rata *Power density* paling bagus dihasilkan pada satu pasang elektroda sebesar 2181,58 mW/m². Oleh karena itu, potensi listrik yang paling baik pada penelitian ini adalah satu pasang elektroda.
3. Pengaruh jumlah pasangan elektroda dengan penurunan COD dan BOD sebagai parameter pengolahan limbah cair yaitu jumlah elektroda berbanding lurus dengan penurunan COD dan BOD. Penurunan COD dan BOD terbanyak terjadi pada tiga pasang elektroda yaitu sebesar 3582,76 mg/L dan 2317,39 mg/L.

B. Saran

.Penelitian ini mengembangkan modifikasi pada elektroda yang berbasis substrat limbah cair kulit pisang Ambon dan membran gerabah bentonit yang mempunyai pengaruh terhadap hasil produksi listrik. Penelitian ini lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui besarnya ukuran elektroda yang diperlukan dalam meningkatkan produksi listrik yang lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, Y. K., Kirom, M. R., & Utami, A. R. (2020). Analisis Pengaruh Rasio Voume Lumpur Sawah dan Limbah Kulit Pisang sebagai Substrat terhadap Produkis Energi Listrik pada MFC. *URECOL* , 133-139.
- Akbar, T. N., Kirom, M. R., & Iskandar, R. F. (2017). Analisis Pengaruh Material Logam sebagai Elektroda Microbial Fuel Cell terhadap Produksi Energi Listirk. *e-proceedings of Engineering* (hal. 2123). core.
- Alaerts, S. S. (1984). *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Andika, & Sudarlin. (2020). Pemanfaatan Gerabah dan Limbah Cair Tempe sebagai Sumber Energi Alternatif Berbasis Microbaial Fuel Cell (MFC). *Jurnal Inovasi dan Pengelolaan Laboratorium*.
- Andika, & Sudarlin. (2020). Pemanfaatan Gerabah dan Limbah Cair Tempe sebagai Sumber Energi Alternatif Berbasis Microbaial Fuel Cell (MFC). *Jurnal Inovasi dan Pengelolaan Laboratorium*, 44-50.
- Andini, D., Martin, Y., & Gusmedi, H. (2016). Pebaikan Tahananana Pentahanan dengan Menggunakan Bentonit Teraktivasi. *Junal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 10(1), 1-10.
- Behera, M. J., & Ghangrekar. (2010). Performance Evaluation of Low Cost Microbial Fuel Cell Fabricated Using Eathern Poth with Biotic and Abiotic Cathodes . *Bioesource Technology* , 101(4), 1183-1189.
- Bruno, L. B., Jothinathan, D., & Rajikumar, M. (2018). Microbial Fuel Cells: Fundamental, Types, Significance and Limitations. Dalam V. Sivasankar, P. Mysamy, & K. Omine (Penyunt.), *Microbial Fuel Cell Technology for Bioelectricity* (hal. 23-48). Switzerland: Springer Internasional Publishing.
- Bustami Ibrahim, E. S. (2014). Pembangkit Biolistrik dari Limbah Cir Industri Perikanan Menggunakan Microbial Fuel Cell dengan Jumlah Elektroda yang Berbeda. *Jurnal Dinamika Maritim*, 1-9.
- Das, D. (2018). introduction. Dalam D. Das (Penyunt.), *Microbial Fuel Cell a Bioelectrochemical System that Converts Waste to Watts* (hal. 1-508). Kharagpur: Springer Internasional Publishing .
- Daud, S. M., Daud, W. R., Kim, B. H., Somalu, M. R., Bakar, M. H., Muchtar, A., et al. (2018). Comparison of Performance and Ionic Concentration Gradient of Two Chamber Microbial Fuel Cell Using Ceramic Membrane (CM) and Cation Exchange Membrane (CEM) as Separators. *Elsevier*(259), 365-376.

- Fornero, J. J., Rosenbaum, & Miriam. (2008). Microbial Fuel Cell Performance with a Pressurized Cathode Chamber. *Environmental Science & Technology*, vol xxx.
- Gao, C., Liu, L., & Yang, F. (2018). A Novel Bio-electrochemical System With Sand/Activated Carbon Separator, Al Anode and Bio-anode Integrated Micro-electrolysis/ Electro-Flocculation Cost Effectively Treated High Load Wastewater With Energy Recovery . *Bioresource Technology* , 23-24.
- Ghadge, A. N., & Ghangrekar, M. (2015). Development of Low Cost Ceramic Separator Using Mineral Cation Exchanger to Enhance Performance of Microbial Fuel Cells. *Electrochimica Acta*, 320-328.
- Ghadge, A. N., Sreemannarayana, M., Duteanu, N., & Ghangrekar, M. M. (2014). Influence of Ceramic Separator's Characteristic on Microbial Fuel Cell Performance . *Jurnal Electrochem*, 4(4), 315-326.
- Ghangrekar, M. M., & Shinde, V. B. (2006). Performance of Membrane-less Microbial Fuel Cell Treating Wastewater and Effect of Electrode Distance and Area on Electricity Production . *Bioresource Technology*.
- Hendri, Y. N., Gusnedi, & Ratnawulan. (2015). Pengaruh Jenis Kulit Pisang dan Variasi Waktu Fermentasi terhadap Kelistrikan Sel Accu dengan Menggunakan Larutan Kulit Pisang. *Pillar of Physics*, 6, 97-104.
- Ibrahim Bustami, E. S. (2014). Pembangkit Biolistrik dari Limbah Cair Industri Perikanan Menggunakan Microbial Fuel Cell dengan Jumlah Elektroda yang Berbeda. *Jurnal Dinamika Maritim*, 1-9.
- Ibrahim, B., Suptijah, P., & Adjani, Z. N. (2017). Kinerja Microbial Fuel Cell Penghasil Biolistrik dengan Perbedaan Jenis Elektroda pada Limbah Cair Industri Perikanan. *JPHPI*, 296-304.
- Jouanneau, S., Recoules, R., Durand, M. J., Boukabache, A., Picot, V., Primault, Y., et al. (2014). Methods for Assessing Biochemical Oxygen Demand (BOD): A Review . *Elsevier*, 62-82.
- Khan, M. R., Amin, M. S., Sarker, & Ferdous, K. (2012). Design and Fabrication of Membrane Less Microbial Fuel Cell (ML-MFC) Using Food Industries Wastewater for Power Generation. *Journal of Chemical Engineering*, 55-59.
- Khilari, S., & Pradhan, D. (2018). Role of Cathode Catalyst in Microbial Fuel Cell. Dalam D. Das (Penyunt.), *Microbial Fuel Cell a Bioelectrochemical System that Converts Waste to Watts* (hal. 141-164). New Delhi: Springer International Publishing.

- Kim, I., Choe, K. J., Choi, M. J., & versttoele, W. (2008). Microbial Fuel Cells. Recent Advance, Bacterial Communities & Aplication Beyond Elektricity Generation. *Korean society of environmental engineers*.
- Kim, J. R., Booki, M., & Bruce, E. L. (2005). Evaluation of Procedures to acclimate a Microbial Fuel Cell for Electricity Production. *Applied Microbial Biotechnology* , 23-30.
- Kondaveeti, S., Kakarla, R., & Min, B. (2018). Physicochemical Parameters Governing Microbial Fuel Cell Performance. Dalam D. Das (Penyunt.), *Microbial Fuel Cell a Bioelectrochemical System that Converts Wate to Watts* (hal. 189-208). New Delhi: Springer Intenational Publishing.
- Larminie, J., & Dicks, A. (2003). *Fuel Cell Systems Explained*. New York: Jhon Wiley & Sons.
- Li, F., Sharma, Y., Yu, L., Baikun, L., & Qixing, Z. (2010). Microbial Fuel Cells : The Effects of Configuration, Electrolyte Solutions and Electrode Materials on Power Generation. *Appl Biochem Biotechnol*(160), 168-181.
- Logan, B. E., Hamelers, B., Rozendal, R., Schroder, U., Keller, J., Freguia, S., et al. (2006). Microbial Fuel Cells: Methodology and Technology . *Environmental Science and Technology*, 5181-5192.
- Lumaela, A., Otok, B., & Sutikno. (2013). Pemodelan Chemical Oxygen Demand (COD) Sungai Di Surabaya dengan Metode Mixed Geographically Weighted Regression. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 100-105.
- Noor, Z., Cahyanto, M. N., Indrati, R., & Sardjono, S. (2017). Skrinning *Lactobcillus plantarum* enghasil Asam Laktat untuk Fermentasi Mocaf. *AGRITECH*, 437-442.
- Nurhakim, M. A., Kusdiyanti, E., & Raharjo, B. (2016). Penggunaan Substrat Glukosa Berbagai Konsentrasi sebagai Sumber Karbon Microbial Fuel Cell *Saccharomyces cerevisiae* untuk Menghasilkan Energi Listrik. *BIOMA: Berkala Ilmiah Biologi*, 131-136.
- Pandit, S., & Das, D. (2018). Principles of Microbial Fuel Cell for the Power Generation . Dalam D. Das (Penyunt.), *Microbial Fuel Cell a Bioelectrochemical System that Converts Waste to Watts* (hal. 21-42). Kharagpur: Springer International Publishing.
- Poppo, A., Mahendra, M. S., & Sundra, I. K. (2008). Studi Kualitas Pertanian Pantai di Kawasan Industri Perikanan Desa Pengembangan, Kecamatan Negara, Kabupaten Jembrana. *Journal of Ecotrophic*, 98-103.
- Prasetiowati, Y., & Koestiari, T. (2014). Kapasitas Adsorbsi Bentonit Teknis sebagai Adsorben Ion Cd^{2+} . *Unesa Journal of Chemistry*, III(3), 194-200.

- Ramadhani, M. I., & Mursadin, A. (2020). Pengaruh Variasi Elektroda Tembaga dan Seng terhadap Produktivitas Listrik Microbial Fuel Cell (MFC) pada Substrat Limbah Cair Air Rebusan Mie Instan . *SJME KINEMATIKA*, 23-36.
- Rathinavel, L., Jothinathan, D., Sivansakar, V., Agastian, P., & Mylsamy, P. (2018). Algal Microbial Fuel Cells-Nature's Perpetual Energy Resource. Dalam V. Sivansakar, V. Sivansakar, & K. Omine (Penyunt.), *Microbial Fuel Cell Technology for Bioelectricity* (hal. 81-116). Tamil Nadu: Springer.
- Rossanioldha, Z., & Zubaidah, E. (2015). Studi Viabilitas Probiotik pada Velva Pisang Ambon Selama Penyimpanan Beku . *Jurnal Pangan dan Agroindustri* , 1701-1710.
- Sadeqzadeh, M., Ghasemi, M., T.Jafary, Daud, W. W., Ghannadzadeh, A., Salamatini, B., et al. (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* , 320-325.
- Said, N. I., & Herlambang, A. (2002). *Teknologi Pengolahan Limbah Tahu Tempe dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob*. Jakarta: Badan Penkajian dan Penerapan Teknologi.
- Saravanan, M., & Kartikheyan, M. (2018). Study of Single Chamber and Double Chambe and Losses of Wastewater Treatment . *International Research Journal of Engeneing and Technology* , 5(3), 1225-1230.
- Sari, D. A., Sukanta, & Hakiim, A. (2018). Anaerobic Wastewater Treatments : Prediction of Retention Time on RT/RW Plant. *IC-STAR 2017* (hal. 277-283). Bandar Lampung: The International Series on Interdisiplinary Science and Technology (INSIST Journal).
- Scott, K., Rimbu, G. A., Katuri, K., Prasad, K. K., & Head, I. M. (2007). Application of Modified Carbon Anodes in Microbial Fuel Cells. *International Chemical Engineers* , 481-488.
- Sejati, E. S., & sudarlin. (2021). The Effect of Multiple Electrode Pairs to Electricity Potensial of Ceramic Based and Tempe Waste Microbial Fuel Cell. *Journal of Physics: Conferences series*, 1-4.
- Septyana, I., Ardhianto, R., & Samudro, G. (2013). Pengaruh Variasi Debit dan Jumlah Elektroda terhadap Penurunan COD dan Produksi Listrik dalam Reaktor Microbial Fuel Cells (MFCs). *DIPA IPTEKS*, 45-48.
- Shahriar, M., Talukder, M. J., Amin, M., & Khan, M. R. (2017). Role of an Acceptor on Microbial Fuel Cell Performance. Bangladesh: ICERIA .

- Sinaga, D. H., Suyati, L., & Aminin, A. L. (2014). Studi Pendahuluan Pemanfaatan Whey Tahu sebagai Substrat dan Efek Luas Permukaan Elektroda dalam Sistem Micobial Fuel Cell . *Jurnal Sains dan Matematika*, 22(2), 30-35.
- Siswanti, A. C., & Sanjaya, I. G. (2016). Pengaruh Variasi Optical Density Bakteri Bacillus subtilis terhadap Efisiensi Listrik Microbial Fuel Cell. *UNESA Journal of Chemistry*, 123-124.
- Suyani, H. (2010). *Kimia Dasar I untuk Universitas* . Padang: FMIPA Universitas Andalas.
- Syahri, M., Mahargiani, T., Indrabrata, A. G., & Orlanda, O. O. (2019). Teknologi Bersih Microbial Fuel Cell dari Limbah Cair Tempe sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan . *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia. Keuangan* .
- Szollosi, A., A., D., Kovacs, A. G., Fogarasi, A. L., Kun, S., & Hegyesne-Vecseri, B. (2016). Production of Low or Non-alcoholic Beer in Microbial Fuel Cell. *Food and Bioproducts Processing*, 1-19.
- Ucar, D., Yifeng, Z., & Irini, A. (2017). An Overview of Electron Acceptors in Microbial Fuel Cells. *Frontier Microbiologi*, 8, 643.
- Utami, L., Lazulva, & Fatisa, Y. (2019). Electricity Production from Peat Water Uses Microbial Fuel Cells Technology. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology* , 55-60.
- Varanasi, J. I., & Das, D. (2018). Characteistic of Microbes Involved in Microbial Fuel Cell. Dalam D. Das (Penyunt.), *Microbial Fuel Cell a Bioelectrochemical System that Converts Waste to Watts* (hal. 43-62). New Delhi: Springer Interntional Publshing.
- Widodo, A. A., & Ali, M. (2019). Biokonservasi Organik Pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan Menjadi Energi Listrik Menggunakan Microbial Fuel Cell. *Jurnal Environtek*, II(2), 31.
- William, P., Wen, E. T., & Yjenevieve, H. J. (2018). Microbial Fuel Cells: Food Waste as a Sugar Source. Singapore: IRC-SET 2018.
- Yanhe, H., Han, L., Meili, L., Yimin, S., Cunzhen, L., & Jiaqing, C. (2016). Purification Treatment of Dyes Wastewater with a Novel Mivro-electrolysis Reactor. 241-247.
- Yousefi, V., Kalhoi, D. M., & Samimi, A. (2018). Application of Layer-by-Layer Assembled Chitosan/Montmorillonite Nanocomposite as Oxygen Barrier Film Over the Ceramic Separator of the Microbial Fuel Cell. *Electrochimica Acta*, 283, 234-247.