

STUDI PENGARUH PELAPISAN ELEKTRODA DENGAN BAHAN DASAR KARBON-LOGAM PADA SISTEM SEL TUNAM MIKROBA

STUDY THE EFFECT OF COATING AN ELECTRODE WITH CARBON-METAL BASIC MATERIAL IN MICROBIAL FUEL CELL SYSTEM

Binandika Arya Wangsa¹, Reza Fauzi Iskandar², Asep Suhendi³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹binandika@student.telkomuniversity.ac.id, ²rezafauzii@gmail.com, ³as.suhendi@gmail.com

Abstrak

Sel tunam mikroba atau yang biasa disebut MFC adalah bioreaktor yang mengubah energi kimia dari senyawa organik menjadi energi listrik melalui reaksi katalitik mikroorganisme dalam kondisi anaerob. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membuktikan bahwa dengan pelapisan logam dengan karbon dapat meningkatkan tegangan dan arus listrik yang dapat dihasilkan oleh sistem MFC ini. Hal ini dikarenakan sifat karbon yang dapat menyerap dengan baik diharapkan dapat menyerap lebih banyak elektron yang dihasilkan oleh mikroba untuk dihubungkan dengan rangkaian listrik. Semakin banyak elektron yang diserap, maka semakin besar pula beda potensial yang dihasilkan. Elektroda yang digunakan berupa logam seng dan tembaga yang kemudian dilapisi dengan karbon menggunakan dua metode. Metode yang pertama adalah elektrolisis dengan memanfaatkan energi listrik menjadi energi kimia. Dan yang kedua adalah pelapisan dengan memanfaatkan pasta karbon. Setelah dilapisi dengan karbon kemudian elektroda digunakan ke sistem STM dan hasilnya terjadi peningkatan tegangan maupun kuat arus pada elektroda logam yang dilapisi karbon dengan pasta karbon daripada elektroda yang belum dilapisi ataupun dilapisi dengan elektrolisis. Hal ini dikarenakan pada elektroda dengan pelapisan elektrolisis terdapat zat kimia metilen biru yang membuat mikroba dalam substrat menjadi tidak berfungsi atau pelapisan ini menyebabkan tertutupnya lapisan logam sebagai elektroda sehingga tegangan maupun kuat arus yang dihasilkan sangat tidak stabil. Tegangan rata-rata tertinggi dihasilkan pada elektroda dengan pelapisan pasta karbon dengan rata-rata tegangan sebesar 0,92 V dan rata-rata kuat arus 0,75 mA dengan menggunakan substrat air limbah inlet

Kata kunci: Sel Tunam Mikroba, Elektroda, Elektrolisis, Pelapisan

Abstract

Microbial fuel cell or we can call it MFC is a bioreactor that used to transform chemical energy to electrical energy using the compound organic to make catalytic reaction for microorganism. The purpose of this research is to prove that coating the metal electrode with carbon can make the electric energy that produced is increased. This is caused by the nature characteristic of carbon that have the capability to absorb better than any material. So hoping that it will absorb more electron to transfer so it can increase the voltage that produced by the MFC itself. Metal electrode that used to be coated by carbon is zinc and copper. First method is using electrolysis to make the coating by transform the electric energy to chemical energy. The second is coating using carbon paste. And the result is the voltage and current that produced is increased with the electrode that coated with carbon paste. and the other electrode is producing a not stable voltage and the current because the coating itself might be harm the microbe, so it makes the electron not well functioned. The other conclusion is that the coating itself is blocking the electron to transfer so it makes it not stable. The highest average voltage and current that produced is 0,94 V and 0,75 mA with carbon paste electrode and using inlet waste water as the substrate

Keywords: Microbial Fuel Cell, Electrolysis, Electrode, Coating

1. Pendahuluan

Energi merupakan salah satu persoalan terbesar yang dihadapi manusia diseluruh dunia, termasuk Indonesia yang merupakan negara dengan konsumsi energi tinggi. Peningkatan kebutuhan energi terus bertambah namun tidak diimbangi dengan ketersediaan sumber energi yang memadai [1]. Tahun 2010-2015 penduduk indonesia diproyeksikan tumbuh 1,19% dan mencapai 252 juta jiwa di tahun 2014. Konsumsi minyak bumi periode 2000-2014 meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 2,6% per tahun seiring dengan pertumbuhan penduduk di

Indonesia [2]. Indonesia masih menggunakan minyak bumi sebagai bahan bakar fosil yang memiliki dampak negatif yaitu dapat membahayakan kehidupan manusia seperti pemanasan global dan pencemaran di atmosfer [3].

Sel tunam mikroba atau yang biasa disebut MFC adalah bioreaktor yang mengubah energi kimia dari senyawa organik menjadi energi listrik melalui reaksi katalitik mikroorganisme dalam kondisi anaerob. Energi listrik yang dihasilkan pada proses pengolahan limbah menggunakan teknologi MFC memiliki potensi sebagai pemasok sumber energi [4].

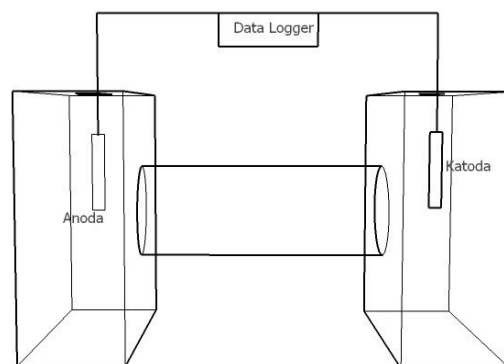
Pada MFC faktor yang mempengaruhi energi listrik yang dihasilkan adalah struktur reaktor, material elektroda, dan tipe substratnya. Dari faktor tersebut jenis material elektroda adalah yang paling berpengaruh pada performa MFC [5]. Hal ini dikarenakan kemampuan elektroda untuk menyerap elektron sangat berpengaruh pada energi listrik yang dihasilkan. Karbon aktif memiliki daya serap yang lebih baik daripada unsur lainnya, hal ini dikarenakan karbon aktif memiliki struktur pori yang kecil sehingga luas permukaannya semakin besar. Dengan luas permukaan yang semakin besar maka elektron yang dapat diserap dan dialirkan semakin banyak. Selain itu logam seng dan tembaga juga merupakan elektroda logam terbaik yang dapat digunakan. [5].

2. Perancangan Sistem

2.1 Desain Sistem Sel Tunam Mikroba

Desain sel tunam mikroba ini berbasis sel bio-elektrokimia dengan sistem *chamber* ganda yang terdiri dari kompartemen anoda dan katoda, dengan masing-masing volume mencapai 500 mL. Kedua kompartemen dipisahkan oleh jembatan garam sepanjang 10 cm. Jembatan garam dibuat menggunakan pilinan sumbu kompor yang direndam dalam larutan NaCl 1 M [6].

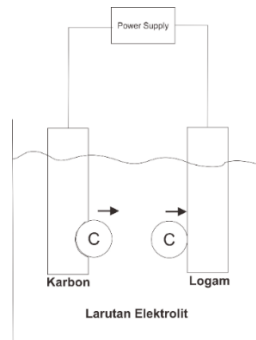
Sistem sel tunam ini menggunakan elektroda seng dan tembaga yang dilapisi dengan karbon. Luas permukaan dari tiap sisi elektroda ini sebesar 10 cm² dengan masing-masing ketebalan seng 1 mm dan tembaga 0,5 mm [7]. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan multimeter yang hasilnya berupa tegangan dan kuat arus



Gambar 2. 1 Sel tunam mikroba tampak samping

2.2 Pelapisan Elektroda

Pada penyepuhan atau pelapisan elektroda ini menggunakan metode elektrolisis yang memanfaatkan energi listrik untuk diubah menjadi energi kimia. Karbon berperan sebagai anoda yang melepas karbon, sedangkan logam seng atau tembaga berperan sebagai katoda yang menerima pelepasan karbon yang kemudian menempel di permukaan logam. Sehingga terjadi pelapisan pada logam. Beaker glass digunakan sebagai wadah reaktor terjadinya elektrolisis. Didalam beaker glass nantinya akan diberikan elektrolit sebagai medium untuk mentransfer karbon. Powers supply digunakan untuk menghasilkan energi listrik yang kemudian dialirkan ke masing-masing elektroda. Pada pelapisan elektroda dilakukan dengan metode elektrolisis, dimana elektroda logam yang berupa seng dan tembaga akan dilapisi dengan karbon agar nantinya daya serap elektron pada elektroda dapat dilakukan secara optimal.



Gambar 2. 3 Ilustrasi pelapisan pada elektroda

Logam seng dan tembaga akan menjadi katoda pada saat proses elektrolisis, sedangkan material karbon dijadikan anoda karena pada anoda terjadi pelepasan karbon ke elektrolit yang akan menempel pada katoda sehingga terjadi pelapisan pada katoda tersebut. Hal ini terjadi karena adanya proses oksidasi dan reduksi yang terjadi pada katoda dan anoda. Sebelum dilakukan pelapisan, gelas ukur dibersihkan dengan alkohol agar steril. Selain itu dilakukan pembersihan elektroda karbon dengan amplas yang kemudian dibilas dengan aquades untuk membersihkan kotoran atau zat kimia lain yang menempel di karbon. Karbon yang digunakan adalah grafit. Beaker glass yang digunakan memiliki volume 200 mL.

Pada pelapisan ini menggunakan power supply sebagai sumber arus listrik yang akan dialirkan ke elektroda. Besarnya tegangan listrik yang akan dialirkan adalah 9 volt. Elektrolit yang akan digunakan adalah metil biru sebanyak 100 mL. Karena pelapisan karbon menggunakan elektrolisis belum pernah dilakukan sebelumnya, maka tingkat kegagalan pelapisan dengan metode ini sangat tinggi sekali. Sehingga dapat menggunakan cara lain yang lebih sederhana yaitu dengan menempel karbon aktif dengan cara dicampur ke campuran larutan *polyvinylidene fluoride* (PVDF) dengan *N-methyl-2-pyrrolidone* (NMP) sehingga membentuk pasta karbon yang kemudian ditempelkan ke logam dan di oven selama 20 menit. Jika menggunakan cara ini masih gagal, maka dilakukan perubahan pada pelapisannya yaitu dengan melapisi karbon dengan logam seng dan tembaga. Cara ini memiliki tingkat keberhasilan yang tinggi karena sudah pernah dilakukan sebelumnya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Percobaan Pelapisan Elektroda Logam-Karbon

Sebelum dilakukan pelapisan logam dilakukan pembersihan menggunakan amplas untuk mengurangi zat kotor yang terdapat pada logam. Kemudian beaker glass diisi dengan metil biru sebanyak 100 mL. Karbon dan logam akan disambungkan ke power supply dengan menggunakan jumper. Logam seng dan tembaga akan menjadi katoda pada saat proses elektrolisis, sedangkan material karbon dijadikan anoda karena pada anoda terjadi pelepasan karbon ke elektrolit yang akan menempel pada katoda sehingga terjadi pelapisan pada katoda tersebut. Setelah dilapisi kemudian logam seng dan tembaga dimasukkan ke dalam aquades untuk menghilangkan sisa-sisa karbon yang tidak menempel terlalu kuat dan warna biru yang menempel.

Kemudian cara kedua untuk melapisinya adalah menggunakan metode coating dengan cara pertama mencampurkan karbon aktif dengan *carbon black*, pvdf, dan NMP agar dapat menjadi pasta yang selanjutnya diaduk hingga menjadi pasta karbon. Setelah itu di lapiskan ke logam yang kemudian di oven untuk mengeringkan pasta dan melekatkan pasta karbon pada logam.



Gambar 3. 1 Elektroda tembaga yang dilapisi karbon dari kiri tidak dilapisi, dilapisi dengan metode elektrolisis, dan dilapisi dengan coating

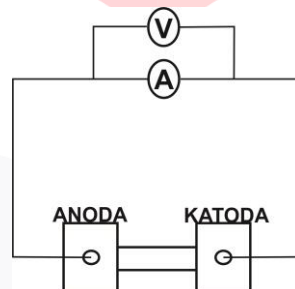


Gambar 3. 2 Elektroda seng yang dilapisi karbon dari kiri tidak dilapisi, dilapisi dengan metode elektrolisis, dan dilapisi dengan *coating*

Dengan dua metode pelapisan tersebut, didapatkan dua hasil yang berbeda dimana saat menggunakan elektrolisis metilen biru yang menjadi elektrolit ikut menjadi bagian dari pelapisan sehingga karbon yang menempel pada logam tidak murni logam dan ketebalan yang didapat sulit untuk diukur karena hasil pelapisannya tipis. Sedangkan dengan menggunakan *coating* pelapisannya murni karbon dan ketebalan yang didapat adalah 0,5 mm namun dengan metode ini hasil dari pelapisannya sedikit rapuh sehingga lapisannya mudah sekali terkikis dan pelapisannya kurang merata.

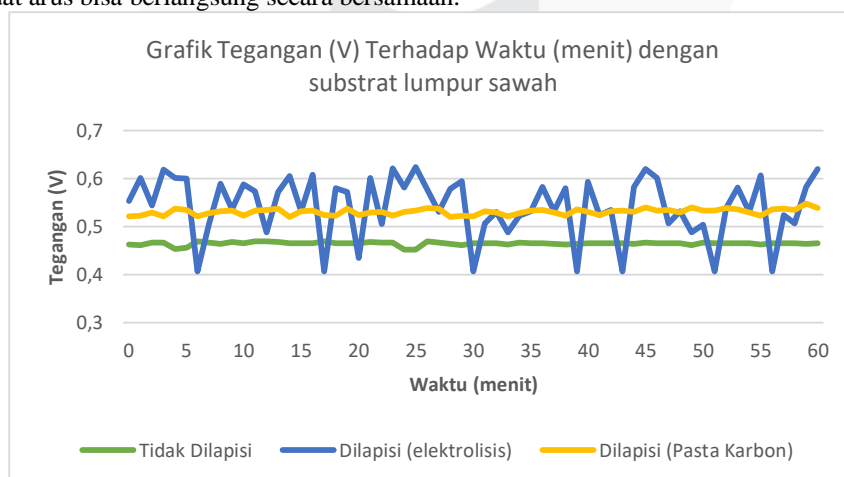
Pada gambar diatas terlihat jelas bahwa terjadinya pelapisan pada logam baik menggunakan metode elektrolisis maupun *coating*, namun hasil yang didapatkan berbeda satu dengan lainnya.

3.2 Hasil Pengukuran Tegangan dan Kuat Arus Pada Variasi Elektroda

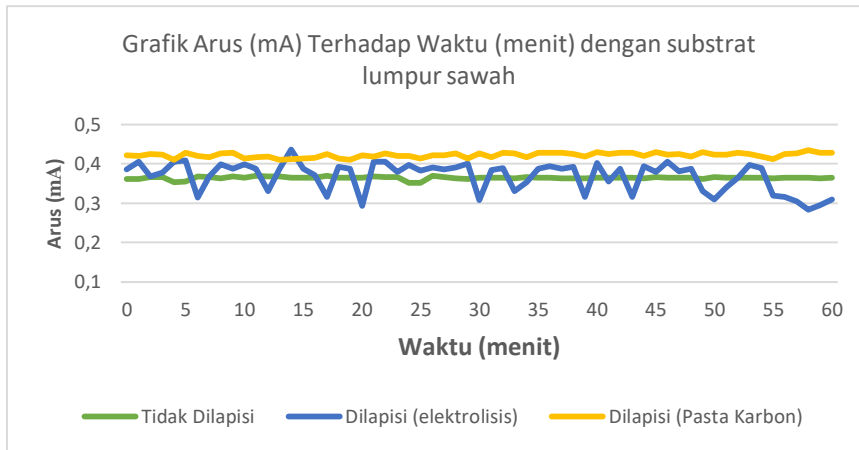


Gambar 3..3 Skema pengukuran tegangan dan kuat arus

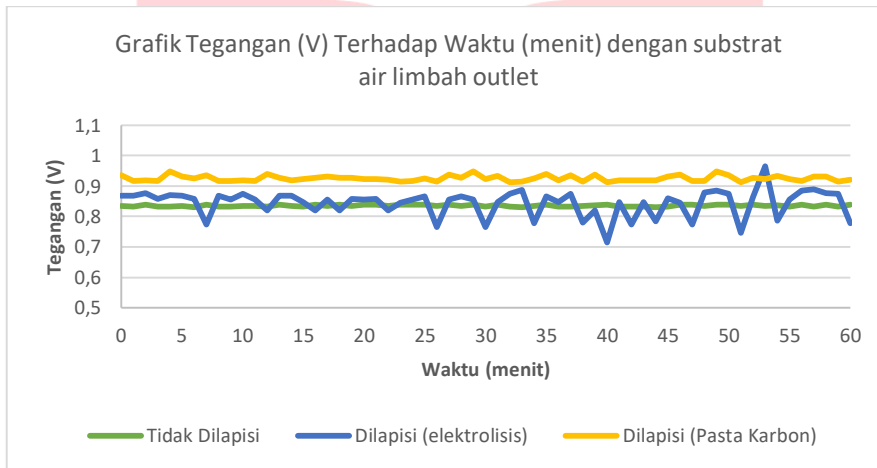
Saat melakukan pengukuran tegangan dan kuat arus digunakan multimeter yang dihubungkan ke elektroda, dimana katoda menjadi kutub positif dan anoda menjadi kutub negatif. Saat pengambilan data menggunakan dua multimeter dimana satu multimeter berfungsi sebagai amperemeter untuk mengukur arus dan satu multimeter lainnya berfungsi sebagai voltmeter yang digunakan untuk mengukur tegangan. Untuk amperemeter dihubungkan langsung ke elektroda dan untuk voltmeter akan diparalel dengan amperemeter sehingga pengambilan data tegangan dan kuat arus bisa berlangsung secara bersamaan.



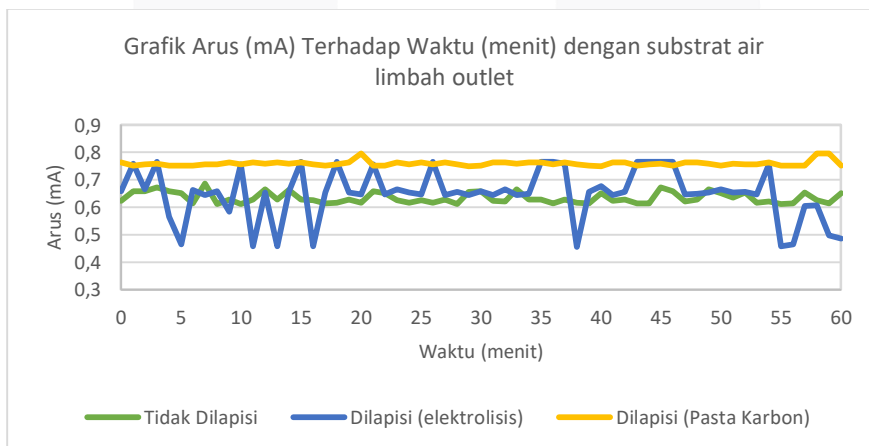
Gambar 3. 4 Grafik tegangan terhadap waktu dengan substrat lumpur sawah



Gambar 3.5 Grafik arus terhadap waktu dengan substrat lumpur sawah

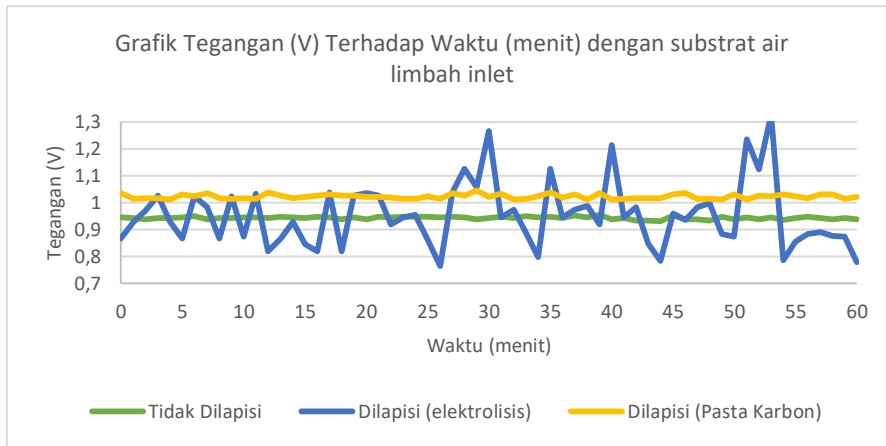


Gambar 3. 6 Grafik tegangan terhadap waktu dengan substrat air limbah outlet

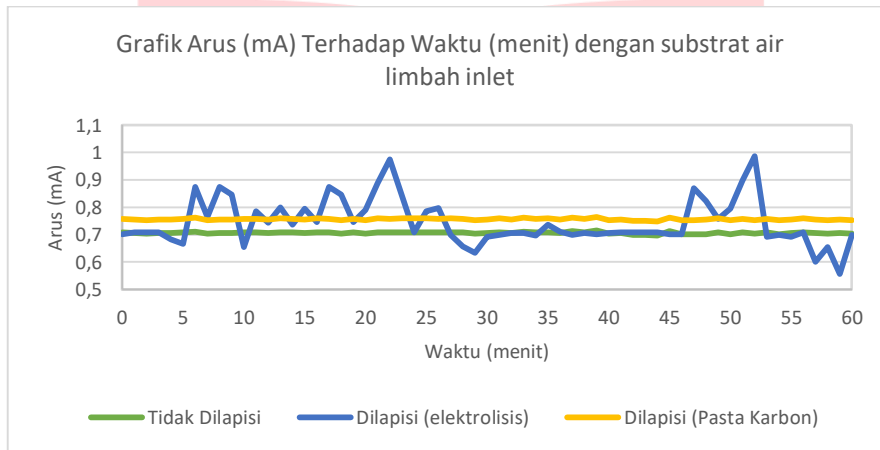


Gambar 3. 7 Grafik arus terhadap waktu dengan substrat air limbah outlet

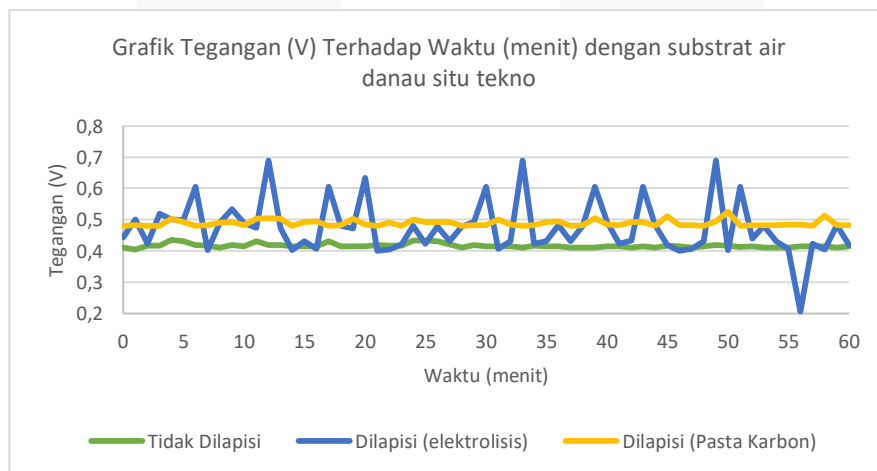
Pengambilan semua substrat dilakukan secara bersamaan baik tempat dan waktunya. Pada gambar diatas menunjukkan perbedaan tegangan yang dihasilkan oleh ketiga macam elektroda yang dipakai. Dengan menggunakan metode elektrolisis menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan sangat tidak stabil dengan kenaikan dan penurunan yang signifikan berbeda dengan pelapisan dengan pasta karbon yang kenaikan dan penurunannya tidak signifikan, selain itu terjadi kenaikan tegangan pada pelapisan dengan pasta karbon dibandingkan dengan yang belum dilapisi karbon.



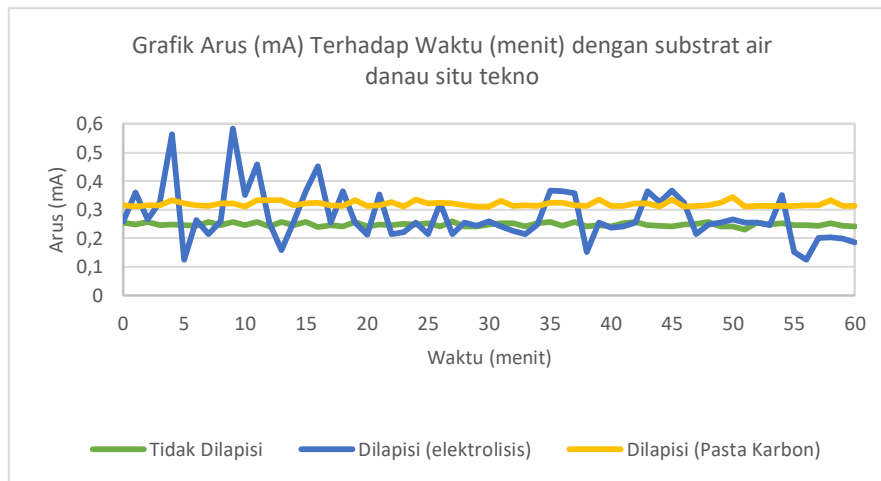
Gambar 3. 8 Grafik tegangan terhadap waktu dengan substrat air limbah inlet



Gambar 3. 9 Grafik arus terhadap waktu dengan substrat air limbah inlet



Gambar 3. 10 Grafik tegangan terhadap waktu dengan substrat danau Situ Tekno



Gambar 3. 11 Grafik arus terhadap waktu dengan substrat danau Situ Tekno

Sama halnya dengan hasil pengukuran tegangan, pada pengukuran kuat arus juga terjadi hal yang sama dimana elektroda yang tidak dilapisi menghasilkan arus yang stabil sedangkan yang dilapisi tidak stabil. Untuk elektroda yang dilapisi dengan menggunakan elektrolisis, hal ini disebabkan karena masih adanya kandungan metilen biru pada karbon yang menempel sehingga membuat mikroba yang ada pada substrak terkontaminasi oleh bahan kimia yang ada pada metilen biru dimana metilen biru itu sendiri merupakan limbah dari zat warna.

Selain itu juga besar kemungkinan pelapisan dengan metode ini menghambat jalannya elektron karena logam yang digunakan sebagai elektroda tertutupi sehingga elektron tidak dapat mengalir secara lancar. Kenaikan tegangan dan arus yang dihasilkan oleh pelapisan menggunakan pasta karbon lebih terlihat didalam grafik daripada pelapisan menggunakan elektrolisis. Hal ini terjadi karena lapisan karbon memiliki daya serap yang lebih baik daripada unsur lainnya, selain itu karbon memiliki struktur pori yang kecil sehingga luas permukaannya semakin besar. Dengan luas permukaan yang semakin besar maka elektron yang dapat diserap dan dialirkan semakin banyak[5]. Hasilnya semakin besar pula beda potensial yang dihasilkan. Selain itu pelapisan dengan pasta karbon ini memiliki kandungan karbon yang tidak banyak tercampur bahan kimia lain dan bisa dikatakan lapisan karbon tersebut hampir semuanya murni dari karbon aktif. Tegangan rata-rata tertinggi dihasilkan pada elektroda dengan pelapisan pasta karbon dengan rata-rata tegangan sebesar 0,92 V dan rata-rata kuat arus 0,75 mA dengan menggunakan substrat air limbah inlet.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa pelapisan elektroda logam dengan karbon memiliki pengaruh menambah kuat arus dan tegangan yang dihasilkan. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam pelapisan karbon dapat menggunakan metode *coating* yang lebih baik daripada dengan metode elektrolisis. Hasil pengukuran paling maksimal didapatkan dengan metode pelapisan pasta karbon dengan rata-rata tegangan sebesar 0,92 V dan rata-rata kuat arus 0,75 mA dengan menggunakan substrat air limbah inlet.

Daftar Pustaka

- [1] Muchlis, Moch dan Adhi Darma Permana. (2003). Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN Tahun 2003 S.D 2020. Jakarta.
- [2] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. (2016). Outlook Energi Indonesia 2016. Jakarta: Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi BPPT.
- [3] Rahimnejad , Mostafa. (2015). Microbial Fuel Cell as New Technology for Bioelectricity Generation. *Alexandria Engineering Journal*.
- [4] Purwono, Hermawan dan Hadiyanto. (2015). Penggunaan Teknologi Reaktor *Microbial Fuel Cells* (MFCs) Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Untuk Menghasilkan Energi Listrik. *Jurnal Presipitasi*.
- [5] Cheng, Haoyi. (2016). Carbon Material Optimized Biocathode for Improving Microbial Fuel Cell Performance. *Microbiotechnology, Ecotoxicology and Bioremediation, a section of the journal Frontiers in Microbiology*.
- [6] Setyawati, Arifatun Anifah. (2009). Kimia : Mengkaji Fenomena Alam Untuk Kelas X SMA/MA. Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- [7] Akbar, T. Nuzul. (2017). Analisis Pengaruh Material Logam Sebagai Elektroda *Microbial Fuel Cell* Terhadap Produksi Energi Listrik. Skripsi. Universitas Telkom Bandung.

Lampiran

