

ANALISIS PENGARUH MATERIAL LOGAM SEBAGAI ELEKTRODA MICROBIAL FUEL CELL TERHADAP PRODUKSI ENERGI LISTRIK

ANALYSIS OF THE EFFECT OF METALS AS AN ELECTRODE IN MICROBIAL FUEL CELL TO THE ELECTRICAL ENERGY PRODUCTION

T. Nuzul Akbar¹, M. Ramdhan Kirom², Reza Fauzi Iskandar³

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

¹nuzulakbar@student.telkomuniversity.ac.id, ²mramdhanikirom@telkomuniversity.ac.id,

³rezafauzii@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Sistem MFC merupakan perangkat yang menggunakan bakteri sebagai katalis untuk mengoksidasi zat organik dan anorganik sehingga menghasilkan arus listrik. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menyelidiki kaitan pemilihan material logam berupa seng, aluminium, dan tembaga yang berbentuk pelat dengan luas permukaan 10 cm², sebagai elektroda terhadap kinerja dari sistem MFC. Reaktor yang digunakan adalah MFC *dual-chambers* dengan setiap kompartemen memiliki dimensi 5 cm × 10 cm × 10 cm. Pada sistem MFC *dual-chambers*, elektron yang dihasilkan oleh bakteri dari substrat pada kompartemen anoda ditransfer menuju elektroda anoda dan mengalir menuju elektroda katoda, sedangkan proton ditransfer menuju kompartemen katoda melalui jembatan garam. Lumpur sawah digunakan sebagai substrat pada kompartemen anoda, akuades pada kompartemen katoda, serta jembatan garam (NaCl 1 M) sebagai media transfer proton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerapatan daya maksimum yang dapat dihasilkan dari sistem MFC mencapai 30,54 mW/m² (menit ke-65) dengan elektroda Cu/Zn untuk pengukuran pertama, dan 32,62 mW/m² (menit ke-145) dengan elektroda Zn/Cu untuk pengukuran kedua. Perolehan kuat arus dan tegangan pada kedua pengukuran tidak berbeda secara signifikan, secara keseluruhan nilai kuat arus semakin meningkat seiring dengan lamanya waktu pengukuran. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa produksi energi listrik tertinggi dihasilkan oleh kombinasi elektroda dengan material seng dan tembaga.

Kata kunci: *Microbial Fuel Cell*, lumpur sawah, elektroda

Abstract

MFC system is a device that uses bacteria as a catalyst to oxidize the organic and inorganic substances to generate an electrical current. This study aimed to investigate the relation of metal material selection such as zinc, aluminum, and copper in the form of plates with a 10 cm² of the surface area, as an electrode on the performance of the MFC system. The reactor used in this study is a dual-chambers MFC with each compartment having a 5 cm × 10 cm × 10 cm of dimensions. In the dual-chambers MFC system, the electrons produced by the bacteria of the substrate in the anode compartment are transferred to the anode electrode and flow toward the cathode electrode, while the protons are transferred to the cathode compartment through the salt bridge. Mud fields used as a substrate in the anode compartment, distilled water is filled in the cathode compartment, and the salt bridge (1 M NaCl) as a proton transfer medium. The results showed that the maximum power density that can be generated from the MFC system reached 30.54 mW / m² (65 minutes) with electrode Cu / Zn for the first measurement, and 32.62 mW / m² (145 minutes) with electrodes Zn / Cu for a second measurement. The acquisition of current and voltage on both of measurement are not different significantly, the overall current value increase along with the length of time of measurement. Based on the results of this study concluded that the production of the highest electrical energy produced by the combination of electrodes with zinc and copper material.

Keywords: *Microbial Fuel Cell*, mud fields, electrode

1. Pendahuluan

Konsumsi energi final di Indonesia pada periode 2000-2012 meningkat rata-rata sebesar 2,9% per tahun. Jenis energi yang paling dominan adalah penggunaan bahan bakar minyak (BBM). Menurut data yang dikeluarkan dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) dalam Outlook Energi Indonesia 2014, disebutkan bahwa berdasarkan rasio cadangan produksi sumber energi fosil, potensi pemanfaatan batubara merupakan yang paling tinggi, yaitu sekitar 75 tahun lagi akan habis, sedangkan potensi gas masih dapat bertahan sampai hampir 33 tahun lagi [1]. Minyak merupakan sumber energi fosil yang potensinya paling kecil, yaitu masih dapat dimanfaatkan hanya sekitar 12 tahun lagi, bila tidak ditemukan cadangan baru [1]. Melihat kondisi tersebut, dibutuhkan penemuan dan pengembangan energi terbarukan, yaitu energi yang berasal dari proses alam yang

berkelanjutan dan jumlahnya tak terbatas. Salah satu jenis energi terbarukan dan dapat menjadi sumber energi di masa depan adalah *Microbial Fuel Cell* (MFC).

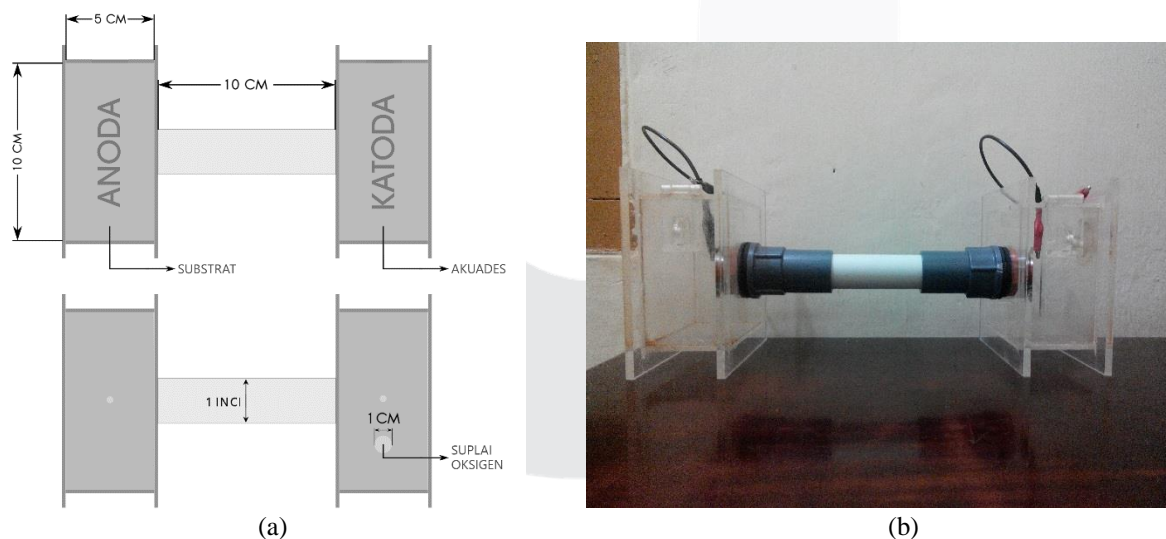
MFC merupakan suatu sistem bio-elektrokimia yang memanfaatkan metabolisme alami dari mikroba untuk menghasilkan energi [3]. Dengan memanfaatkan metabolisme dari bakteri, MFC dapat memproduksi arus listrik dari berbagai substrat organik. Hampir semua bahan organik *biodegradable* dapat digunakan dalam MFC, termasuk asam volatil, karbohidrat, protein, alkohol, dan bahkan bahan yang relatif rekalsitran seperti selulosa [4]. Salah satu tantangan penting dalam pengembangan MFC adalah memilih elektroda yang tepat (katoda dan anoda) yang mempengaruhi daya keluaran [6]. Elektroda yang digunakan dalam pembuatan MFC harus memiliki konduktivitas listrik yang baik, permukaan yang luas, resistivitas yang rendah, non-korosif, biokompatibel, stabil secara kimiawi dan mekanik untuk memperoleh hasil yang dapat diproduksi terus-menerus. Jarak antara elektroda juga memainkan peran penting dalam kinerja MFC, sehingga jarak harus sedekat mungkin untuk mengatasi kebocoran listrik dan mengurangi nilai resistansi internal [5]. Ashoka (2012) dalam penelitiannya, melakukan berbagai kombinasi material anoda/katoda dalam sistem MFC diantaranya tembaga, seng, aluminium, karbon, *stainless steel*, dan *mild steel* dengan menggunakan kotoran sapi sebagai substrat dan nilon sebagai membrane penukar proton. Dari berbagai kombinasi tersebut diperoleh bahwa Cu/Zn, Al/SS, C/C, dan SS/SS memberikan keluaran tegangan yang lebih tinggi dimana nilainya mencapai 0,35V.

Penelitian yang ingin dilakukan dalam tugas akhir ini merupakan penyelidikan eksperimental yang berkaitan dengan pemilihan elektroda terhadap kinerja terbaik dari MFC. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis pengaruh variasi penggunaan material logam sebagai elektroda yang digunakan pada reaktor MFC *dual-chambers* dengan menggunakan substrat lumpur sawah dan jembatan garam sebagai media transfer kation terhadap produksi energi listrik yang dihasilkan.

2. Metode Penelitian

2.1. Konstruksi Reaktor MFC

Desain MFC pada penelitian ini berbasis sel bio-elektrokimia dengan sistem *dual-chambers* yang terdiri dari kompartemen anoda dan katoda, dengan masing-masing kompartemen mampu menampung volume hingga 500 mL. Desain MFC yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 (a) Desain alat yang digunakan pada penelitian ini, (b) Alat yang digunakan pada penelitian ini

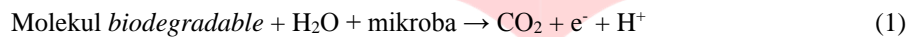
2.2. Preparasi Eksperimen

Sistem MFC ini menggunakan kombinasi dari seng, tembaga, dan aluminium berbentuk pelat sebagai elektroda anoda dan katoda. Luas permukaan dari tiap sisi elektroda ini sebesar 10 cm² dengan masing-masing ketebalan seng 0,5 mm, tembaga 1 mm, dan aluminium 1,2 mm. Sebelum pemakaian, elektroda dipreparasi dengan cara diampelas untuk membersihkan dari pengotor (*fouling*) maupun biofilm yang terbentuk pada permukaan elektroda.

Tabel 1 Material yang digunakan sebagai elektroda [15]

Material	Nomor Atom	Konfigurasi Elektron	Resistivitas (Ωm) pada 20°C	Potensial Elektroda Standar (V)
Aluminium	13	[Ne] 3s ² 3p ¹	$2,7 \times 10^{-8}$	-1,66
Tembaga	29	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ¹	$1,72 \times 10^{-8}$	+0,34
Seng	30	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ²	$6,0 \times 10^{-8}$	-0,76

Kompartemen anoda diisi dengan 400 mL substrat lumpur sawah yang mengandung molekul *biodegradable* dan mikroorganisme. Pada kompartemen ini terjadi proses transfer elektron dari mikroorganisme ke elektroda dimana sebagai bentuk metabolisme, mikroba akan mengoksidasi molekul *biodegradable* untuk menghasilkan elektron, proton, dan CO₂. Proses metabolisme inilah yang dimanfaatkan sebagai penghasil listrik. Proton terdifusi menuju kompartemen katoda melalui jembatan garam, sedangkan elektron mengalir melalui rangkaian listrik menuju katoda. Dalam tanah yang tergenang seperti sawah, asam-asam karboksilat yaitu asam organik yang sifat asamnya berasal hanya dari gugus -COOH, dapat terbentuk melalui dekomposisi karbohidrat dan protein. Jenis asam organik yang terdeteksi pada tanah sawah adalah asam asetat, butirat, fumarat, propionat, valerat, suksinat, dan asam laktat [16]. Molekul sederhana inilah yang kemudian diurai oleh mikroba dalam sistem MFC untuk dapat menghasilkan listrik. Secara umum reaksi yang terjadi pada kompartemen anoda dapat ditulis sebagai berikut.



Sedangkan pada kompartemen katoda diisi dengan 400 mL akuades dan diberi suplai oksigen. Suplai oksigen berasal dari pompa udara akuarium dengan keluaran 3,5 L/menit. Pada kompartemen ini, elektron dan proton akan bergabung bersama oksigen membentuk H₂O.



Kedua kompartemen dipisahkan oleh jembatan garam sepanjang 10 cm dengan luas permukaan yang terkena kontak sebesar $\pm 5,06 \text{ cm}^2$. Jembatan garam dibuat menggunakan pilinan sumbu kompor yang direndam dalam larutan NaCl 1 M. Jembatan garam ini memiliki fungsi yang sama seperti membran pertukaran proton, selain untuk menjaga cairan anoda dan katoda tetap terpisah juga berfungsi mendifusikan proton yang dihasilkan pada kompartemen anoda menuju kompartemen katoda. Jembatan garam ini sendiri akan terus diganti secara berkala untuk setiap pengambilan data.

2.3. Kerapatan Daya dan Energi

Kuat arus dan tegangan yang dihasilkan sistem diukur menggunakan multimeter. Pengambilan data dilakukan setiap 5 menit selama 150 menit, dengan dua kali pengukuran untuk setiap kombinasi elektroda. Data ini nantinya juga akan diolah untuk mendapatkan nilai daya, kerapatan daya, dan energi listrik. Besarnya nilai-nilai tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$P = \text{daya} = \text{tegangan (V)} \times \text{arus (A)} \quad (3)$$

$$P_d = \text{kerapatan daya} = \frac{P \text{ (W)}}{\text{luas permukaan (m}^2\text{)}} \quad (4)$$

$$E = \text{energi} = P \text{ (W)} \times t \text{ (detik)} \quad (5)$$

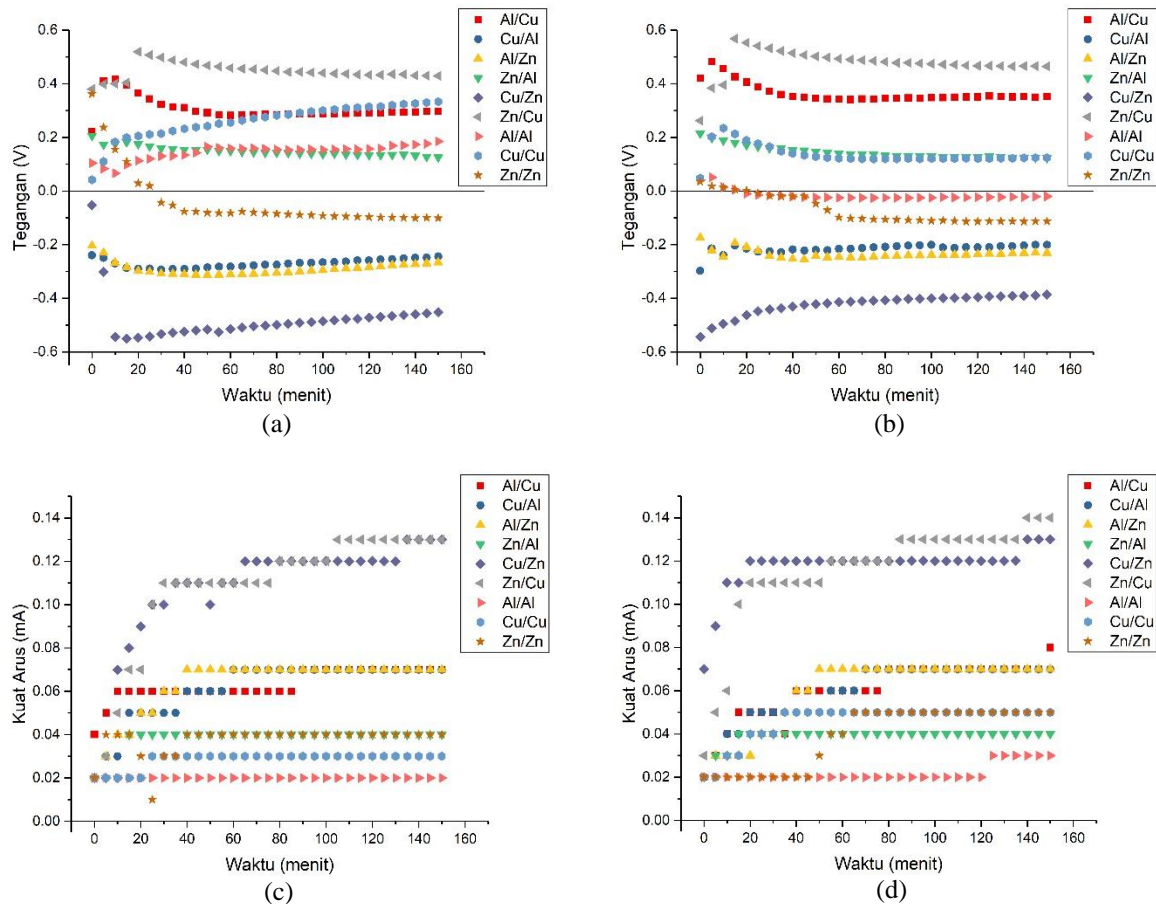
Keterangan:

- P = Daya (W)
- V = Tegangan (V)
- I = Arus (A)
- P_d = Kerapatan daya (W/m²)
- A = luas permukaan anoda (m²)
- E = Energi (J)
- T = waktu fermentasi (detik)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Tegangan dan Kuat Arus

Pengambilan substrat lumpur sawah untuk masing-masing pengukuran dilakukan pada waktu yang bersamaan setiap harinya. Kompartemen anoda pada sistem MFC ini dioperasikan tanpa menggunakan mediator elektron atau biasa disebut *mediator-less*, sehingga elektron yang dihasilkan oleh mikroba melalui proses degradasi senyawa organik ditransfer secara langsung ke elektroda tanpa bantuan zat kimia tambahan. Tegangan dan kuat arus diukur menggunakan multimeter yang dihubungkan dengan kedua elektroda pada sistem MFC, dimana kutub negatif pada multimeter dihubungkan dengan anoda dan kutub positif dengan katoda. Kuat arus yang terukur dihasilkan akibat adanya pergerakan ion-ion dalam sistem, perbedaan potensial redoks pada anoda dan katoda, serta reaksi kimia yang terjadi pada kompartemen anoda dan katoda.

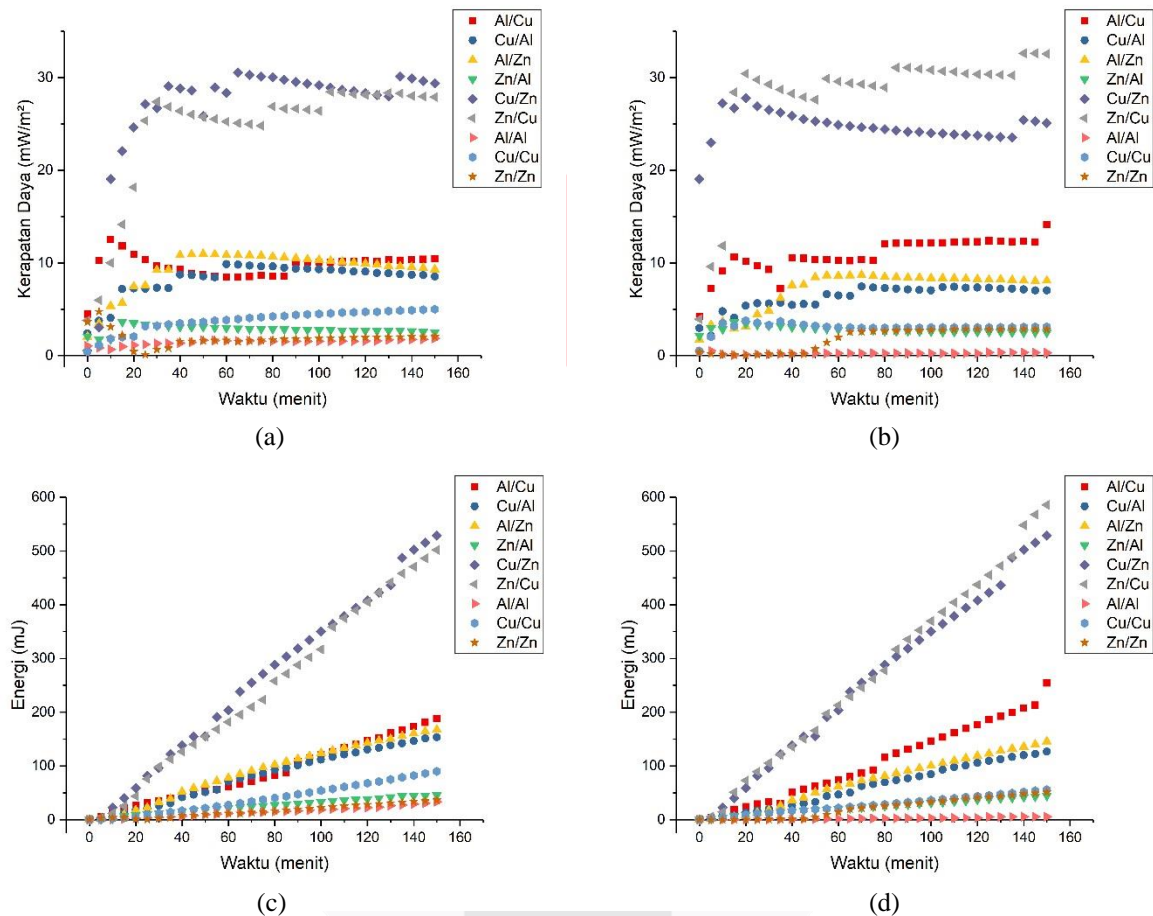


Gambar 2 Grafik pengukuran (a) Tegangan pada pukul 08.15-10.45, (b) Tegangan pada pukul 11.15-13.45, (c) Kuat arus pada pukul 08.15-10.45, (d) Kuat arus pada pukul 11.15-13.45

Pengukuran tegangan pada sistem ini tidak menggunakan hambatan atau beban listrik eksternal seperti resistor, sehingga tegangan yang terukur dapat disebut sebagai *Open Circuit Voltage* atau Tegangan Sirkuit Terbuka. Pada Gambar 2(a) dan Gambar 2(b), terlihat bahwa tegangan yang diperoleh dari sistem MFC pada pengukuran pertama dan kedua tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Secara keseluruhan, tegangan yang dihasilkan mengalami penurunan pada pengukuran kedua. Hal ini dapat terjadi dikarenakan selama selang waktu pengambilan substrat hingga dilakukan pengukuran, kandungan senyawa organik berkurang akibat terus terdegradasi oleh mikroba. Logan (2008) menyatakan bahwa produksi listrik akan mengalami penurunan apabila tidak ada senyawa organik yang tersisa untuk dioksidasi. Pada saat pengukuran tegangan dengan menggunakan kombinasi elektroda Cu/Al, Al/Zn, dan Cu/Zn, terjadi perubahan kutub pada elektroda yang mengakibatkan nilai tegangan terukur menjadi negatif. Hal ini juga terjadi pada pengukuran dengan sampel substrat yang berbeda, yaitu dengan menggunakan air limbah cucian beras dan urin kambing. Sedangkan pada Gambar 2(c) dan Gambar 2(d) dapat dilihat bahwa kuat arus yang terukur secara keseluruhan terus mengalami peningkatan seiring dengan lamanya waktu fermentasi berlangsung. Kuat arus maksimum yang mampu dihasilkan oleh sistem MFC ini

sebesar 0,13 mA dengan elektroda Cu/Zn dan Zn/Cu pada pengukuran pertama, dan sebesar 0,14 mA pada pengukuran kedua dengan elektroda Zn/Cu.

You *et al.* (2006) mengatakan bahwa, pada umumnya sistem MFC *dual-chambers* terbatas oleh besarnya nilai hambatan internal yang dapat mencapai 1000 Ω . Beberapa faktor yang dapat menyebabkan kenaikan harga hambatan internal antara lain terbentuknya lapisan sel bakteri (biofilm) pada permukaan anoda yang dapat menutupi luas permukaan anoda aktif, sehingga menghambat proses transfer elektron menuju katoda dan menyebabkan penurunan nilai kerapatan daya [17]. Selain itu, kandungan nitrat didalam substrat lumpur sawah dapat menjadi akseptor elektron dalam kompartemen anoda dan menyebabkan redahnya produksi listrik yang dihasilkan sistem MFC sebagai akibat dari proses denitrifikasi. Proses denitrifikasi sendiri umumnya terjadi pada daerah sawah yang tergenang, bakteri denitrifikasi menggunakan nitrat sebagai penerima elektron terakhir untuk memperoleh energi pada kondisi oksigen terbatas atau anaerob [19].



Gambar 3 Grafik pengukuran (a) Kerapatan daya pada pukul 08.15-10.45, (b) Kerapatan daya pada pukul 11.15-13.45, (c) Energi pada pukul 08.15-10.45, (d) Energi pada pukul 11.15-13.45

3.2. Kerapatan Daya dan Energi

Besarnya kerapatan daya dari sistem MFC tertera pada Gambar 3(a) dan Gambar 3(b). Harga kerapatan daya berbanding lurus dengan besarnya nilai tegangan dan kuat arus per luas permukaan elektroda. Elektroda yang digunakan dalam sistem MFC ini berbentuk pelat dengan luas permukaan 10 cm² untuk tiap-tiap sisinya. Kerapatan daya sendiri menunjukkan kinerja anoda dalam mengalirkan elektron menuju katoda. Kerapatan daya maksimum yang dapat dihasilkan dari sistem MFC ini untuk pengukuran pertama mencapai 30,54 mW/m² pada menit ke-65 dengan elektroda Cu/Zn, sedangkan untuk pengukuran kedua mencapai 32,62 mW/m² pada menit ke-145 dengan elektroda Zn/Cu.

Melalui energi bebas Gibbs, mikroba melepaskan energi selama proses metabolisme dan pertumbuhan, dimana nilai energi tersebut ditentukan oleh besarnya daya listrik terhadap waktu. Gambar 3(c) dan Gambar 3(d) menunjukkan grafik energi yang dihasilkan oleh sistem MFC, dimana seiring dengan lamanya waktu fermentasi yang berlangsung, energi yang dihasilkan pada sistem juga semakin tinggi. Selama 150 menit fermentasi berlangsung, energi terbesar yang dihasilkan oleh mikroba pada pengukuran pertama sebesar 528,84 mJ dengan elektroda Cu/Zn, sedangkan pada pengukuran kedua mencapai 585,9 mJ dengan elektroda Zn/Cu. Besarnya energi

yang diperoleh pada sistem juga dipengaruhi oleh pertumbuhan sel mikroorganismenya. Park dan Zeikus (2000) membuktikan bahwa jumlah elektron yang dihasilkan sel-sel rehat bakteri secara signifikan lebih besar daripada yang dihasilkan oleh sel-sel tumbuh bakteri.

4. Kesimpulan

1. Sistem MFC dengan menggunakan kombinasi logam aluminium, tembaga, dan seng sebagai elektroda, mampu mengkonversi senyawa organik menjadi energi listrik dengan nilai antara 0,048 mJ hingga 585,9 mJ.
2. Sistem MFC dengan menggunakan kombinasi Cu/Zn dan Zn/Cu sebagai elektroda menghasilkan produksi energi listrik yang lebih besar dibandingkan pada kombinasi elektroda lainnya.
3. Kerapatan daya maksimum yang dapat dihasilkan dari sistem MFC untuk dua kali pengukuran mencapai 32,62 mW/m² dengan menggunakan kombinasi elektroda Zn/Cu.

Daftar Pustaka:

- [1] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. (2014). Outlook Energi Indonesia 2014. Jakarta: Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi BPPT.
- [2] Mahmud, K. (2013). Fuel Cell and Renewable Hydrogen Energy to Meet Household Energy Demand. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 54.
- [3] Li, J. (2013). An Experimental study of Microbial Fuel Cell for Electricity Generating: Performance Characterization and Capacity Improvement. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, 3, 171-178.
- [4] Logan, B. E. (2008). *Microbial Fuel Cells*. New Jersey: John & Wiley Inc.
- [5] Ashoka, H., R. S., & Bhat, P. (2012). Comparative Studies On Electrodes For The Construction Of Microbial Fuel Cell. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, 3, 785-789.
- [6] Logan, B. E. (2006). Microbial Fuel Cells: Methodology and Technology. *Environmental Science and Technology*, 40.
- [7] Chang, R. (2005). *Kimia Dasar: Konsep-Konsep Inti* (3rd ed.). Jakarta: Erlangga.
- [8] Chang, R. (2010). *Chemistry* (10th ed.). New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [9] Purba, M. (2007). *Kimia SMA/MA Kelas XII*. Jakarta: Erlangga.
- [10] Singh, D. (2010). Microbial Fuel Cells: A Green Technology for Power Generation. *Scholars Research Library*, 3, 128-138.
- [11] Monier, J. M. (2008). Microbial Fuel Cell: From Biomass (waste) to Electricity. *ResearchGate*.
- [12] Rangel, G. N. et al. (2010). Comparative Study of Three Cathodic Electron Acceptors on the Performance of Mediatorless Microbial Fuel Cell. *International Journal of Electrical and Power Engineering*, 4, 27-31.
- [13] Zhang, Y. (2012). Energy recovery from waste streams with Microbial Fuel Cell (MFC)-based technologies.
- [14] Ulfa, N., Samudro, G., & Sumiyati, S. (n.d.). Pengaruh Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) dan Larutan Garam Dalam Jembatan Garam Terhadap Kinerja Dual Chamber Microbial Fuel Cell (DMFCs). *Teknik Lingkungan FT Universitas Diponegoro*.
- [15] The University of Sheffield and WebElements. (n.d.). *Periodic Table*. Retrieved November 29, 2015, from WebElements: <http://www.webelements.com/>
- [16] Gusnidar, Hakim, N., & Prasetyo, T. B. (n.d.). Inkubasi *Titonia* Pada Tanah Sawah Terhadap Asam-Asam Organik. *VII*, 7-18.
- [17] Permana, D., Haryadi, H. R., Putra, H. E., Juniaty, W., Rachman, S. D., & Ishmayana, S. (2013). Evaluasi Penggunaan Metilen Blue Sebagai Mediator Elektron Pada Microbial Fuel Cell Dengan Biokatalis *Acetobacter Aceti*. 8, 78-88.
- [18] Kim, Min Hea. (2009). *An Analysis of Anaerobic Dual-Chambered Microbial Fuel Cell (MFC) Performance*. Master's Thesis, University of Tennessee.
- [19] Nirliani. (2007). *Aktivitas Bakteri Denitrifikasi Asal Sawah di Bogor, Jawa Barat*. Institut Pertanian Bogor, Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- [20] Muralidharan, A. et al. (2011). Impact of Salt Concentration on Electricity Production in Microbial Hydrogen Based Salt Bridge Fuel Cells. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, 1, 178-184.
- [21] Park, D. H., & Zeikus, J. G. (2000). Electricity Generation in Microbial Fuel Cell Using Neutral Red as an Electronophore. *Applied And Environmental Microbiology*, 66, 1292-1297.
- [22] You, S., Zhao, Q., Zhang, J., Junqiu, J., & Shiqi, Z. (2006). A Microbial Fuel Cell Using Permanganate as The Cathodic Electron Acceptor. *Journal of Power Source*, 162, 1409-1415

Lampiran

LAMPIRAN

Lampiran 1

Sistem Microbial Fuel Cell



Lampiran 2

Perhitungan Preparasi Larutan Garam

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{mol zat terlarut (mol)}}{\text{liter larutan (L)}}$$

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{massa (g)}}{\text{massa molar (g/mol)}} \times \frac{1000}{\text{liter larutan (mL)}}$$

$$1\text{M} = \frac{\text{massa}}{58,5 \text{ g/mol}} \times \frac{1000}{500 \text{ (mL)}}$$

$$\text{massa} = \frac{58,5 \text{ g}}{2}$$

$$\text{massa} = 29,25 \text{ gram}$$

Jadi, untuk membuat larutan NaCl dengan konsentrasi 1M dalam 500 mL air, dibutuhkan NaCl sebanyak 29,25 gram.

Lampiran 3

Data Pengukuran Tegangan dan Kuat Arus Sistem MFC Substrat Lumpur Sawah

Data pengukuran tegangan pada pukul 08.15-10.45

Waktu menit	Tegangan V								
	Al/Cu	Cu/Al	Al/Zn	Zn/Al	Cu/Zn	Zn/Cu	Al/Al	Cu/Cu	Zn/Zn
0	0.223	-0.24	-0.204	0.206	-0.053	0.38	0.104	0.042	0.362
5	0.41	-0.25	-0.23	0.173	-0.301	0.398	0.083	0.11	0.237
10	0.417	-0.27	-0.267	0.176	-0.544	0.4	0.066	0.183	0.155
15	0.394	-0.287	-0.285	0.182	-0.551	0.404	0.098	0.199	0.11
20	0.365	-0.29	-0.298	0.175	-0.547	0.519	0.113	0.205	0.029
25	0.344	-0.289	-0.302	0.167	-0.543	0.507	0.12	0.211	0.019
30	0.323	-0.293	-0.308	0.16	-0.534	0.498	0.13	0.214	-0.043
35	0.313	-0.291	-0.309	0.157	-0.529	0.488	0.131	0.224	-0.053
40	0.311	-0.291	-0.31	0.154	-0.524	0.48	0.134	0.232	-0.076
45	0.296	-0.289	-0.312	0.153	-0.52	0.473	0.143	0.238	-0.077
50	0.292	-0.285	-0.313	0.154	-0.517	0.468	0.165	0.242	-0.081
55	0.284	-0.282	-0.312	0.15	-0.526	0.464	0.161	0.251	-0.082
60	0.282	-0.282	-0.31	0.149	-0.515	0.459	0.159	0.255	-0.082
65	0.283	-0.28	-0.31	0.146	-0.509	0.456	0.158	0.263	-0.076
70	0.284	-0.277	-0.309	0.144	-0.505	0.454	0.159	0.271	-0.08
75	0.288	-0.275	-0.308	0.143	-0.502	0.451	0.157	0.276	-0.082
80	0.285	-0.275	-0.305	0.143	-0.5	0.448	0.155	0.282	-0.085
85	0.286	-0.271	-0.303	0.142	-0.496	0.444	0.153	0.285	-0.087
90	0.287	-0.268	-0.3	0.14	-0.492	0.444	0.154	0.292	-0.089
95	0.288	-0.268	-0.297	0.139	-0.489	0.442	0.155	0.296	-0.09
100	0.288	-0.266	-0.295	0.138	-0.486	0.44	0.154	0.3	-0.092
105	0.287	-0.265	-0.292	0.139	-0.482	0.438	0.155	0.304	-0.094
110	0.289	-0.263	-0.289	0.136	-0.478	0.437	0.156	0.309	-0.095
115	0.29	-0.259	-0.287	0.135	-0.476	0.434	0.155	0.311	-0.096
120	0.292	-0.259	-0.284	0.134	-0.472	0.433	0.157	0.314	-0.097
125	0.291	-0.255	-0.281	0.134	-0.469	0.433	0.158	0.315	-0.098
130	0.295	-0.254	-0.276	0.135	-0.466	0.436	0.169	0.32	-0.099
135	0.294	-0.251	-0.275	0.136	-0.463	0.435	0.17	0.324	-0.1
140	0.295	-0.249	-0.273	0.132	-0.46	0.431	0.173	0.326	-0.101
145	0.297	-0.248	-0.27	0.128	-0.456	0.43	0.176	0.33	-0.1
150	0.298	-0.244	-0.266	0.126	-0.452	0.429	0.185	0.333	-0.101

Data pengukuran tegangan pada pukul 11.15-13.45

Waktu menit	Tegangan V								
	Al/Cu	Cu/Al	Al/Zn	Zn/Al	Cu/Zn	Zn/Cu	Al/Al	Cu/Cu	Zn/Zn
0	0.42	-0.298	-0.174	0.215	-0.544	0.262	0.041	0.048	0.035
5	0.482	-0.214	-0.221	0.198	-0.511	0.384	0.051	0.202	0.018
10	0.456	-0.239	-0.245	0.189	-0.495	0.395	0.014	0.234	0.013
15	0.426	-0.204	-0.194	0.18	-0.485	0.568	0.005	0.213	0.006
20	0.406	-0.215	-0.209	0.172	-0.463	0.553	-0.01	0.189	0.002
25	0.388	-0.226	-0.223	0.165	-0.448	0.541	-0.015	0.177	-0.009
30	0.371	-0.225	-0.242	0.16	-0.442	0.532	-0.016	0.165	-0.017
35	0.36	-0.228	-0.248	0.159	-0.437	0.522	-0.018	0.148	-0.019
40	0.352	-0.218	-0.253	0.152	-0.431	0.514	-0.021	0.14	-0.02
45	0.35	-0.222	-0.255	0.151	-0.425	0.507	-0.023	0.133	-0.02
50	0.346	-0.22	-0.242	0.146	-0.421	0.502	-0.024	0.128	-0.047
55	0.344	-0.221	-0.247	0.143	-0.419	0.498	-0.024	0.124	-0.071
60	0.343	-0.216	-0.246	0.14	-0.415	0.493	-0.025	0.122	-0.098
65	0.341	-0.215	-0.247	0.137	-0.413	0.49	-0.025	0.121	-0.102
70	0.344	-0.213	-0.248	0.136	-0.411	0.488	-0.025	0.12	-0.103
75	0.343	-0.21	-0.245	0.136	-0.409	0.485	-0.026	0.119	-0.105
80	0.345	-0.208	-0.243	0.132	-0.407	0.482	-0.025	0.12	-0.106
85	0.346	-0.206	-0.242	0.131	-0.405	0.478	-0.025	0.12	-0.107
90	0.347	-0.204	-0.24	0.131	-0.403	0.478	-0.026	0.121	-0.108
95	0.346	-0.202	-0.24	0.131	-0.402	0.476	-0.025	0.12	-0.109
100	0.348	-0.201	-0.239	0.13	-0.4	0.474	-0.025	0.121	-0.111
105	0.348	-0.211	-0.239	0.127	-0.399	0.472	-0.023	0.121	-0.11
110	0.35	-0.212	-0.238	0.128	-0.398	0.471	-0.024	0.121	-0.112
115	0.351	-0.209	-0.237	0.127	-0.397	0.468	-0.024	0.122	-0.114
120	0.351	-0.21	-0.236	0.128	-0.396	0.467	-0.023	0.121	-0.114
125	0.354	-0.209	-0.234	0.129	-0.394	0.467	-0.023	0.121	-0.113
130	0.352	-0.206	-0.235	0.128	-0.393	0.466	-0.023	0.122	-0.113
135	0.351	-0.206	-0.233	0.125	-0.392	0.465	-0.022	0.122	-0.113
140	0.353	-0.204	-0.231	0.125	-0.391	0.466	-0.022	0.123	-0.114
145	0.35	-0.201	-0.23	0.124	-0.389	0.466	-0.021	0.124	-0.113
150	0.353	-0.201	-0.231	0.123	-0.386	0.465	-0.02	0.124	-0.113

Data pengukuran kuat arus pada pukul 08.15-10.45

Waktu menit	Kuat Arus mA								
	Al/Cu	Cu/Al	Al/Zn	Zn/Al	Cu/Zn	Zn/Cu	Al/Al	Cu/Cu	Zn/Zn
0	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
5	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04
10	0.06	0.03	0.04	0.02	0.07	0.05	0.02	0.02	0.04
15	0.06	0.05	0.04	0.04	0.08	0.07	0.02	0.02	0.04
20	0.06	0.05	0.05	0.04	0.09	0.07	0.02	0.02	0.03
25	0.06	0.05	0.05	0.04	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
30	0.06	0.05	0.06	0.04	0.1	0.11	0.02	0.02	0.03
35	0.06	0.05	0.06	0.04	0.11	0.11	0.02	0.02	0.03
40	0.06	0.06	0.07	0.04	0.11	0.11	0.02	0.02	0.04
45	0.06	0.06	0.07	0.04	0.11	0.11	0.02	0.02	0.04
50	0.06	0.06	0.07	0.04	0.1	0.11	0.02	0.02	0.04
55	0.06	0.06	0.07	0.04	0.11	0.11	0.02	0.02	0.04
60	0.06	0.07	0.07	0.04	0.11	0.11	0.02	0.02	0.04
65	0.06	0.07	0.07	0.04	0.12	0.11	0.02	0.02	0.04
70	0.06	0.07	0.07	0.04	0.12	0.11	0.02	0.02	0.04
75	0.06	0.07	0.07	0.04	0.12	0.11	0.02	0.02	0.04
80	0.06	0.07	0.07	0.04	0.12	0.12	0.02	0.02	0.04
85	0.06	0.07	0.07	0.04	0.12	0.12	0.02	0.02	0.04
90	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.12	0.02	0.02	0.04
95	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.12	0.02	0.02	0.04
100	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.12	0.02	0.02	0.04
105	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.13	0.02	0.02	0.04
110	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.13	0.02	0.02	0.04
115	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.13	0.02	0.02	0.04
120	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.13	0.02	0.02	0.04
125	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.13	0.02	0.02	0.04
130	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.13	0.02	0.02	0.04
135	0.07	0.07	0.07	0.04	0.13	0.13	0.02	0.02	0.04
140	0.07	0.07	0.07	0.04	0.13	0.13	0.02	0.02	0.04
145	0.07	0.07	0.07	0.04	0.13	0.13	0.02	0.02	0.04
150	0.07	0.07	0.07	0.04	0.13	0.13	0.02	0.02	0.04

Data pengukuran kuat arus pada pukul 11.15-13.45

Waktu menit	Kuat Arus mA								
	Al/Cu	Cu/Al	Al/Zn	Zn/Al	Cu/Zn	Zn/Cu	Al/Al	Cu/Cu	Zn/Zn
0	0.02	0.02	0.02	0.02	0.07	0.03	0.02	0.02	0.02
5	0.03	0.02	0.03	0.03	0.09	0.05	0.02	0.02	0.02
10	0.04	0.04	0.03	0.03	0.11	0.06	0.02	0.03	0.02
15	0.05	0.04	0.03	0.04	0.11	0.1	0.02	0.03	0.02
20	0.05	0.05	0.03	0.04	0.12	0.11	0.02	0.04	0.02
25	0.05	0.05	0.04	0.04	0.12	0.11	0.02	0.04	0.02
30	0.05	0.05	0.04	0.04	0.12	0.11	0.02	0.04	0.02
35	0.04	0.05	0.05	0.04	0.12	0.11	0.02	0.05	0.02
40	0.06	0.05	0.06	0.04	0.12	0.11	0.02	0.05	0.02
45	0.06	0.05	0.06	0.04	0.12	0.11	0.02	0.05	0.02
50	0.06	0.05	0.07	0.04	0.12	0.11	0.02	0.05	0.03
55	0.06	0.06	0.07	0.04	0.12	0.12	0.02	0.05	0.04
60	0.06	0.06	0.07	0.04	0.12	0.12	0.02	0.05	0.04
65	0.06	0.06	0.07	0.04	0.12	0.12	0.02	0.05	0.05
70	0.06	0.07	0.07	0.04	0.12	0.12	0.02	0.05	0.05
75	0.06	0.07	0.07	0.04	0.12	0.12	0.02	0.05	0.05
80	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.12	0.02	0.05	0.05
85	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.13	0.02	0.05	0.05
90	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.13	0.02	0.05	0.05
95	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.13	0.02	0.05	0.05
100	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.13	0.02	0.05	0.05
105	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.13	0.02	0.05	0.05
110	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.13	0.02	0.05	0.05
115	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.13	0.02	0.05	0.05
120	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.13	0.02	0.05	0.05
125	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.13	0.03	0.05	0.05
130	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.13	0.03	0.05	0.05
135	0.07	0.07	0.07	0.04	0.12	0.13	0.03	0.05	0.05
140	0.07	0.07	0.07	0.04	0.13	0.14	0.03	0.05	0.05
145	0.07	0.07	0.07	0.04	0.13	0.14	0.03	0.05	0.05
150	0.08	0.07	0.07	0.04	0.13	0.14	0.03	0.05	0.05

Data Pengukuran Tegangan dan Kuat Arus Sistem MFC Substrat Lumpur Sawah

Data perhitungan kerapatan daya pada pukul 08.15-10.45

Waktu menit	Kerapatan Daya mW/m ²								
	Al/Cu	Cu/Al	Al/Zn	Zn/Al	Cu/Zn	Zn/Cu	Al/Al	Cu/Cu	Zn/Zn
0	4.46	2.4	2.04	2.06	0.53	3.8	1.04	0.42	3.62
5	10.25	3.75	3.45	1.73	3.01	5.97	0.83	1.1	4.74
10	12.51	4.05	5.34	1.76	19.04	10	0.66	1.83	3.1
15	11.82	7.175	5.7	3.64	22.04	14.14	0.98	1.99	2.2
20	10.95	7.25	7.45	3.5	24.615	18.165	1.13	2.05	0.435
25	10.32	7.225	7.55	3.34	27.15	25.35	1.2	3.165	0.095
30	9.69	7.325	9.24	3.2	26.7	27.39	1.3	3.21	0.645
35	9.39	7.275	9.27	3.14	29.095	26.84	1.31	3.36	0.795
40	9.33	8.73	10.85	3.08	28.82	26.4	1.34	3.48	1.52
45	8.88	8.67	10.92	3.06	28.6	26.015	1.43	3.57	1.54
50	8.76	8.55	10.955	3.08	25.85	25.74	1.65	3.63	1.62
55	8.52	8.46	10.92	3	28.93	25.52	1.61	3.765	1.64
60	8.46	9.87	10.85	2.98	28.325	25.245	1.59	3.825	1.64
65	8.49	9.8	10.85	2.92	30.54	25.08	1.58	3.945	1.52
70	8.52	9.695	10.815	2.88	30.3	24.97	1.59	4.065	1.6
75	8.64	9.625	10.78	2.86	30.12	24.805	1.57	4.14	1.64
80	8.55	9.625	10.675	2.86	30	26.88	1.55	4.23	1.7
85	8.58	9.485	10.605	2.84	29.76	26.64	1.53	4.275	1.74
90	10.045	9.38	10.5	2.8	29.52	26.64	1.54	4.38	1.78
95	10.08	9.38	10.395	2.78	29.34	26.52	1.55	4.44	1.8
100	10.08	9.31	10.325	2.76	29.16	26.4	1.54	4.5	1.84
105	10.045	9.275	10.22	2.78	28.92	28.47	1.55	4.56	1.88
110	10.115	9.205	10.115	2.72	28.68	28.405	1.56	4.635	1.9
115	10.15	9.065	10.045	2.7	28.56	28.21	1.55	4.665	1.92
120	10.22	9.065	9.94	2.68	28.32	28.145	1.57	4.71	1.94
125	10.185	8.925	9.835	2.68	28.14	28.145	1.58	4.725	1.96
130	10.325	8.89	9.66	2.7	27.96	28.34	1.69	4.8	1.98
135	10.29	8.785	9.625	2.72	30.095	28.275	1.7	4.86	2
140	10.325	8.715	9.555	2.64	29.9	28.015	1.73	4.89	2.02
145	10.395	8.68	9.45	2.56	29.64	27.95	1.76	4.95	2
150	10.43	8.54	9.31	2.52	29.38	27.885	1.85	4.995	2.02

Data perhitungan kerapatan daya pada pukul 11.15-13.45

Waktu menit	Kerapatan Daya mW/m ²								
	Al/Cu	Cu/Al	Al/Zn	Zn/Al	Cu/Zn	Zn/Cu	Al/Al	Cu/Cu	Zn/Zn
0	4.2	2.98	1.74	2.15	19.04	3.93	0.41	0.48	0.35
5	7.23	2.14	3.315	2.97	22.995	9.6	0.51	2.02	0.18
10	9.12	4.78	3.675	2.835	27.225	11.85	0.14	3.51	0.13
15	10.65	4.08	2.91	3.6	26.675	28.4	0.05	3.195	0.06
20	10.15	5.375	3.135	3.44	27.78	30.415	0.1	3.78	0.02
25	9.7	5.65	4.46	3.3	26.88	29.755	0.15	3.54	0.09
30	9.275	5.625	4.84	3.2	26.52	29.26	0.16	3.3	0.17
35	7.2	5.7	6.2	3.18	26.22	28.71	0.18	3.7	0.19
40	10.56	5.45	7.59	3.04	25.86	28.27	0.21	3.5	0.2
45	10.5	5.55	7.65	3.02	25.5	27.885	0.23	3.325	0.2
50	10.38	5.5	8.47	2.92	25.26	27.61	0.24	3.2	0.705
55	10.32	6.63	8.645	2.86	25.14	29.88	0.24	3.1	1.42
60	10.29	6.48	8.61	2.8	24.9	29.58	0.25	3.05	1.96
65	10.23	6.45	8.645	2.74	24.78	29.4	0.25	3.025	2.55
70	10.32	7.455	8.68	2.72	24.66	29.28	0.25	3	2.575
75	10.29	7.35	8.575	2.72	24.54	29.1	0.26	2.975	2.625
80	12.075	7.28	8.505	2.64	24.42	28.92	0.25	3	2.65
85	12.11	7.21	8.47	2.62	24.3	31.07	0.25	3	2.675
90	12.145	7.14	8.4	2.62	24.18	31.07	0.26	3.025	2.7
95	12.11	7.07	8.4	2.62	24.12	30.94	0.25	3	2.725
100	12.18	7.035	8.365	2.6	24	30.81	0.25	3.025	2.775
105	12.18	7.385	8.365	2.54	23.94	30.68	0.23	3.025	2.75
110	12.25	7.42	8.33	2.56	23.88	30.615	0.24	3.025	2.8
115	12.285	7.315	8.295	2.54	23.82	30.42	0.24	3.05	2.85
120	12.285	7.35	8.26	2.56	23.76	30.355	0.23	3.025	2.85
125	12.39	7.315	8.19	2.58	23.64	30.355	0.345	3.025	2.825
130	12.32	7.21	8.225	2.56	23.58	30.29	0.345	3.05	2.825
135	12.285	7.21	8.155	2.5	23.52	30.225	0.33	3.05	2.825
140	12.355	7.14	8.085	2.5	25.415	32.62	0.33	3.075	2.85
145	12.25	7.035	8.05	2.48	25.285	32.62	0.315	3.1	2.825
150	14.12	7.035	8.085	2.46	25.09	32.55	0.3	3.1	2.825

Data perhitungan energi pada pukul 08.15-11.45

Waktu menit	Energi mJ								
	Al/Cu	Cu/Al	Al/Zn	Zn/Al	Cu/Zn	Zn/Cu	Al/Al	Cu/Cu	Zn/Zn
0	0.5352	0.288	0.2448	0.2472	0.0636	0.456	0.1248	0.0504	0.4344
5	6.15	2.25	2.07	1.038	1.806	3.582	0.498	0.66	2.844
10	15.012	4.86	6.408	2.112	22.848	12	0.792	2.196	3.72
15	21.276	12.915	10.26	6.552	39.672	25.452	1.764	3.582	3.96
20	26.28	17.4	17.88	8.4	59.076	43.596	2.712	4.92	1.044
25	30.96	21.675	22.65	10.02	81.45	76.05	3.6	9.495	0.285
30	34.884	26.37	33.264	11.52	96.12	98.604	4.68	11.556	2.322
35	39.438	30.555	38.934	13.188	122.199	112.728	5.502	14.112	3.339
40	44.784	41.904	52.08	14.784	138.336	126.72	6.432	16.704	7.296
45	47.952	46.818	58.968	16.524	154.44	140.481	7.722	19.278	8.316
50	52.56	51.3	65.73	18.48	155.1	154.44	9.9	21.78	9.72
55	56.232	55.836	72.072	19.8	190.938	168.432	10.626	24.849	10.824
60	60.912	71.064	78.12	21.456	203.94	181.764	11.448	27.54	11.808
65	66.222	76.44	84.63	22.776	238.212	195.624	12.324	30.771	11.856
70	71.568	81.438	90.846	24.192	254.52	209.748	13.356	34.146	13.44
75	77.76	86.625	97.02	25.74	271.08	223.245	14.13	37.26	14.76
80	82.08	92.4	102.48	27.456	288	258.048	14.88	40.608	16.32
85	87.516	96.747	108.171	28.968	303.552	271.728	15.606	43.605	17.748
90	108.486	101.304	113.4	30.24	318.816	287.712	16.632	47.304	19.224
95	114.912	106.932	118.503	31.692	334.476	302.328	17.67	50.616	20.52
100	120.96	111.72	123.9	33.12	349.92	316.8	18.48	54	22.08
105	126.567	116.865	128.772	35.028	364.392	358.722	19.53	57.456	23.688
110	133.518	121.506	133.518	35.904	378.576	374.946	20.592	61.182	25.08
115	140.07	125.097	138.621	37.26	394.128	389.298	21.39	64.377	26.496
120	147.168	130.536	143.136	38.592	407.808	405.288	22.608	67.824	27.936
125	152.775	133.875	147.525	40.2	422.1	422.175	23.7	70.875	29.4
130	161.07	138.684	150.696	42.12	436.176	442.104	26.364	74.88	30.888
135	166.698	142.317	155.925	44.064	487.539	458.055	27.54	78.732	32.4
140	173.46	146.412	160.524	44.352	502.32	470.652	29.064	82.152	33.936
145	180.873	151.032	164.43	44.544	515.736	486.33	30.624	86.13	34.8
150	187.74	153.72	167.58	45.36	528.84	501.93	33.3	89.91	36.36

Data perhitungan energi pada pukul 11.15-13.45

Waktu menit	Energi mJ								
	Al/Cu	Cu/Al	Al/Zn	Zn/Al	Cu/Zn	Zn/Cu	Al/Al	Cu/Cu	Zn/Zn
0	4.338	1.284	1.989	1.782	1.806	5.76	0.306	1.212	0.108
5	10.944	5.736	4.41	3.402	22.848	14.22	0.168	4.212	0.156
10	19.17	7.344	5.238	6.48	39.672	51.12	0.09	5.751	0.108
15	24.36	12.9	7.524	8.256	59.076	72.996	0.24	9.072	0.048
20	29.1	16.95	13.38	9.9	81.45	89.265	0.45	10.62	0.27
25	33.39	20.25	17.424	11.52	96.12	105.336	0.576	11.88	0.612
30	30.24	23.94	26.04	13.356	122.199	120.582	0.756	15.54	0.798
35	50.688	26.16	36.432	14.592	138.336	135.696	1.008	16.8	0.96
40	56.7	29.97	41.31	16.308	154.44	150.579	1.242	17.955	1.08
45	62.28	33	50.82	17.52	155.1	165.66	1.44	19.2	4.23
50	68.112	43.758	57.057	18.876	190.938	197.208	1.584	20.46	9.372
55	74.088	46.656	61.992	20.16	203.94	212.976	1.8	21.96	14.112
60	79.794	50.31	67.431	21.372	238.212	229.32	1.95	23.595	19.89
65	86.688	62.622	72.912	22.848	254.52	245.952	2.1	25.2	21.63
70	92.61	66.15	77.175	24.48	271.08	261.9	2.34	26.775	23.625
75	115.92	69.888	81.648	25.344	288	277.632	2.4	28.8	25.44
80	123.522	73.542	86.394	26.724	303.552	316.914	2.55	30.6	27.285
85	131.166	77.112	90.72	28.296	318.816	335.556	2.808	32.67	29.16
90	138.054	80.598	95.76	29.868	334.476	352.716	2.85	34.2	31.065
95	146.16	84.42	100.38	31.2	349.92	369.72	3	36.3	33.3
100	153.468	93.051	105.399	32.004	364.392	386.568	2.898	38.115	34.65
105	161.7	97.944	109.956	33.792	378.576	404.118	3.168	39.93	36.96
110	169.533	100.947	114.471	35.052	394.128	419.796	3.312	42.09	39.33
115	176.904	105.84	118.944	36.864	407.808	437.112	3.312	43.56	41.04
120	185.85	109.725	122.85	38.7	422.1	455.325	5.175	45.375	42.375
125	192.192	112.476	128.31	39.936	436.176	472.524	5.382	47.58	44.07
130	199.017	116.802	132.111	40.5	487.539	489.645	5.346	49.41	45.765
135	207.564	119.952	135.828	42	502.32	548.016	5.544	51.66	47.88
140	213.15	122.409	140.07	43.152	515.736	567.588	5.481	53.94	49.155
145	254.16	126.63	145.53	44.28	528.84	585.9	5.4	55.8	50.85
150	187.74	153.72	167.58	45.36	528.84	501.93	33.3	89.91	36.36