

STUDI PENGARUH SUHU SUBTRAT TERHADAP PRODUKSI DAYA LISTRIK *MICROBIAL FUEL CELL* DENGAN SUBSTRAT LUMPUR SAWAH DAN NASI BASI

STUDY OF TEMPERATURE SUBTRATE EFFECT ON MICROBIAL FUEL CELL ELECTRICAL POWER PRODUCT WITH SUBSTRATE OF RICE FIELD MUD AND STALE RICE

Nur Hidayat Syamsul¹, Indra Wahyudhin F², M. Ramdhan Kirom³

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

¹nurhidayat.syamsul@gmail.com, ²indrafathonah@gmail.com, ³jakasantang@gmail.com

Abstrak

Microbial Fuel Cell (MFC) merupakan energi terbarukan yang dapat menghasilkan listrik dari proses kimia. Sistem ini menggunakan bakteri sebagai katalisnya untuk mengoksidasi zat organik yang ada pada substrat. Tujuan dari penelitian ini yaitu agar dapat mengetahui pengaruh perubahan suhu substrat terhadap produksi energi listrik pada sistem MFC. Pengkondisian suhu dilakukan pada substrat dengan variasi suhu dari suhu kamar (22°C–25°C) hingga 37°C. Reaktor menggunakan sistem dual chamber/ruang ganda dengan kompartemen yang memiliki ukuran 5cm x 10cm x 10cm. Bagian Anoda di isi oleh substrat campuran lumpur sawah dan nasi basi (1:1 %vol.), sedangkan katoda di isi dengan larutan Akuades. Kedua kompartemen di pisahkan oleh jembatan garam yang dibuat dari pilinan sumbu kompor yang sebelumnya telah direndam pada larutan NaCl (1M). Hasil dari penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa tegangan dan arus tertinggi mencapai 0,69 V, 1,73 mA, dengan daya listrik daya tertinggi sebesar 1,17 mWatt didapatkan dari substrat dengan kondisi suhu 33°C. Sedangkan tegangan dan arus yang terkecil diperoleh 0,59 V, 0,79 mA, dengan daya listrik sebesar 0,42 mWatt didapatkan dari substrat dengan kondisi suhu 29°C. Dari penelitian ini dapat di tarik sebuah kesimpulan dimana suhu dapat mempengaruhi produksi energi listrik.

Kata kunci : *Microbial Fuel Cell*, lumpur sawah, nasi basi, suhu.

Abstract

Microbial Fuel Cells (MFC) is one of the renewable energies that can produce electricity from chemical processes. This system uses bacteria as a catalyst to oxidize organic matter on the substrate. The purpose of this study is to determine the effect of temperature changes on the production of electrical energy of the MFC system. Temperature conditioning conducted on the substrate with temperature variations from room temperature (22°C–25°C) to 37°C. The MFC reactor employed in this study uses a double space / dual chamber system with size of 5 cm x 10 cm x 10 cm. In the Anode section chamber filled with rice field mud and stale rice substrate (1: 1 % vol.) as a habitat of bacteria and food for the bacteria. The cathode chamber is filled with host distilled water. These two compartments are separated by a salt bridge made from a twist axis of the stove that was previously soaked in NaCl (1M) solution. The salt bridge works as a proton transfer medium. The results showed that the highest voltage and current reached 0,69 V, 1,73 mA, with peak electrical power density of 1,17 mWatt obtained from the substrate with condition of 33°C. While the lowest voltage and current is obtained 0,59 V, 0,79 mA, with electrical power of 0,42 mWatt obtained from the substrate with a temperature condition of 29°C. Conclusion of this study is that temperature can affect the production of electrical energy.

Keywords : *Microbial Fuel Cell*, rice field mud, stale rice, temperature.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki lahan persawahan yang sangat luas dengan lumpur yang sangat berlimpah. Lumpur sawah ini belum banyak dimanfaatkan dengan baik yang jika diolah maka akan sangat menguntungkan bagi masyarakat luas. Pemanfaatan lumpur sawah diantaranya sebagai sumber

penghasil bakteri yang digunakan untuk menghasilkan listrik. Selain dari keberadaan yang berlimpah dan mudah ditemui, lumpur sawah juga bersifat ekonomis.

Nasi masih merupakan makanan pokok yang paling populer di Indonesia. Banyak limbah organik seperti nasi yang dibuang begitu saja diberbagai rumah makan dan restoran. Kandungan karbohidrat utama pada nasi yaitu *Glukosa*. Nasi memiliki kandungan *Glukosa* yang sangat tinggi yang dapat digunakan sebagai bahan makanan untuk bakteri pada substrat [1]. Saat ini kebutuhan akan energi listrik terus meningkat sedangkan sumber energi yang berasal dari fosil kini semakin berkurang. Untuk menghadapi situasi seperti ini dibutuhkan sumber energi alternatif yang bersifat terus menerus. *Microbial Fuel Cell* atau biasa dikenal dengan MFC merupakan suatu sistem penghasil energi yang memanfaatkan bakteri dari alam sebagai penghasil energinya. Sebelumnya telah banyak penelitian yang dilakukan mengenai MFC untuk memaksimalkan produksi energi listrik. MFC bekerja pada reaktor *anaerob* yang mempunyai kompartemen anoda berisi substrat limbah organik dan bakteri dan kompartemen katoda yang berisi larutan elektrolit.

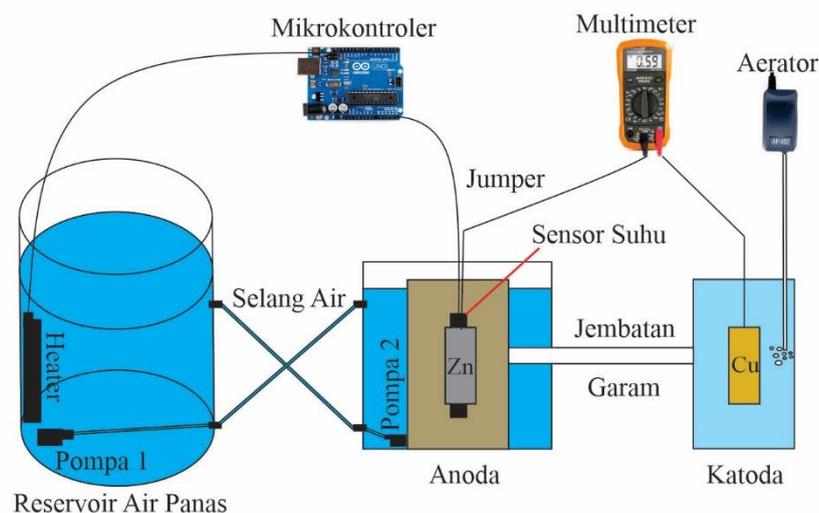
Mengacu pada hal-hal yang di atas, maka disini peneliti akan membuktikan suhu dapat mempengaruhi produksi energi listrik MFC. Harapannya disini semoga lumpur dan nasi dapat dijadikan sebagai penggunaan energi yang kemudian menjadi solusi krisis energi suatu saat nanti dimana sumber pembangkitnya tidak akan habis dan ramah lingkungan.

2. Dasar Teori

2.1 Microbial Fuel Cell

Microbial Fuel Cell merupakan perangkat yang dapat menghasilkan listrik dari proses oksidasi bahan-bahan alami yang larut pada suatu larutan [2]. Dalam prosesnya dibutuhkan katalis seperti bakteri untuk di konversi sebagai energi listrik. Reaktor *Microbial Fuel Cell* yang digunakan pada penelitian ini merupakan tipe ruang ganda/*Dual Chamber*. Sisi kiri yaitu ruang Anoda yang merupakan tempat berlangsungnya proses Oksidasi. Dalam Anoda terdapat substrat dan bakteri sebagai katalis. Sisi kanan yaitu ruang Katoda yang merupakan tempat terjadinya reduksi. Dalam Katoda ini terdapat larutan elektrolit. Kedua ruang tersebut (Anoda dan Katoda) dipisahkan oleh jembatan garam yang berfungsi sebagai membran penukar proton [3]

Reaksi kimia yang terjadi di Anoda yaitu substrat di oksidasi kemudian menghasilkan ion positif (H^+) dan elektron (e^-).



Gambar 1 Desain Reaktor MFC



Reaksi reduksi yang terjadi di katoda yaitu kombinasi antara ion positif, elektron dan oksigen akan menghasilkan air.



Dan jika di jumlahkan dari keseluruhan reaksi setengah sel akan membentuk reaksi :



2.2 Preparasi Penelitian

Reaktor menggunakan bahan dasar akrilik dengan ukuran 5cm x 10cm x 10cm pada masing masing kompartemen Anoda dan Katoda, tapi pada anoda terdapat kompartemen eksternal untuk menampung air yang kemudian mengalirkan panas kedalam substrat. Substrat yang digunakan merupakan campuran lumpur sawah dan nasi dengan perbandingan (1:1 % vol.). Sebelum digunakan lumpur dibersihkan terlebih dahulu agar tidak ada kandungan lain yang dapat mempengaruhi kinerja bakteri untuk menghasilkan listrik. Kompartemen anoda diisi dengan 400 mL substrat dimana bakteri akan melakukan metabolisme yang akan menghasilkan proton, elektron dan CO₂. Proton akan didifusikan melalui jembatan garam ke kompartemen katoda yang berisi larutan elektrolit akuades, sedangkan elektronnya mengalir melalui rangkaian eksternal. Listrik kemudian dihasilkan ketika terjadi beda potensial antara anoda dan katoda bersama dengan aliran elektron [4].

Elektroda merupakan konduktor yang dapat membuat arus listrik mengalir. Pada masing-masing kompartemen terdapat 1 elektroda dimana pada anoda muatan negatif akan meninggalkan media, sedangkan di katoda muatan positif akan memasuki perangkat listrik. Elektroda yang digunakan dalam penelitian merupakan logam seng (Zn) dan tembaga (Cu) berbentuk plat tipis dengan ukuran 2cm x 5cm dengan ketebalan 0,2 mm. Sebelum elektroda di gunakan, terlebih dahulu di amplas untuk membersihkan dari berbagai kotoran maupun *biofilm* yang mungkin menempel pada permukaan elektroda.

Kompartemen Anoda dan kompartemen Katoda dipisahkan oleh jembatan garam yang berfungsi sebagai membran penukar proton. Jembatan garam yang digunakan terbuat dari pipa PVC dengan panjang 10 cm dan pilinan sumbu kompor yang memiliki ukuran 12 cm yang sebelumnya telah di rendam dalam larutan NaCl dengan konsentrasi 1M. Jembatan garam berfungsi mendifusikan proton yang di hasilkan oleh kompartemen Anoda menuju ke kompartemen Katoda. Jembatan garam ini akan terus diganti setiap melakukan eksperimen.

2.3 Pengambilan Data

Pengambilan data tegangan dan kuat arus yang dihasilkan pada MFC dilakukan secara manual. Untuk kontrol suhu peneliti menggunakan mikrokontroler yang kemudian ditampilkan di LCD. Pengambilan data dilakukan selama 72 Jam, setiap 2 Jam akan diambil data tegangan dan kuat arus yang di hasilkan dari masing-masing suhu. Data loger digunakan untuk menyimpan data suhu yang didapatkan dari data Arduino. Dalam pengolahan data di gunakan persamaan:

$$P = V \cdot I \quad (4)$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

I = Arus (A)

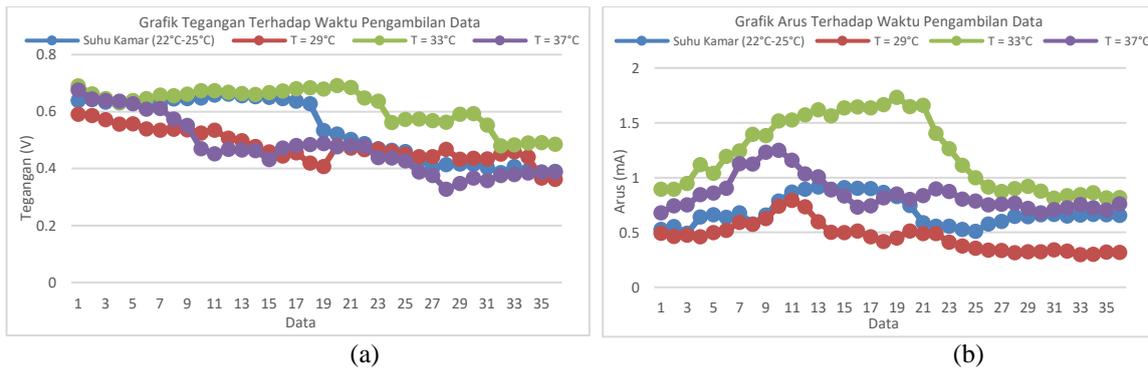
V = Tegangan (V)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Tegangan Dan Kuat Arus

Tegangan dan kuat arus yang di hasilkan di ukur dengan menggunakan multimeter yang terhubung dengan kedua elektroda yang ada pada Anoda dan Katoda pada sistem MFC. Kutub negatif pada multimeter dihubungkan dengan kompartemen Anoda yang berisi substrat serta kutub positif dihubungkan pada Katoda yang berisi larutan elektrolit.

Pengukuran pada penelitian ini tidak menggunakan hambatan atau beban listrik eksternal seperti resistor sehingga tegangan dapat dikatakan sebagai *Open Circuit Voltage* atau tegangan sirkuit terbuka dan kuat arus yang di ukur disebut *Short Circuit Current* atau Arus sirkuit tertutup. Data hasil pengukuran tegangan dan arus pada sistem MFC dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.

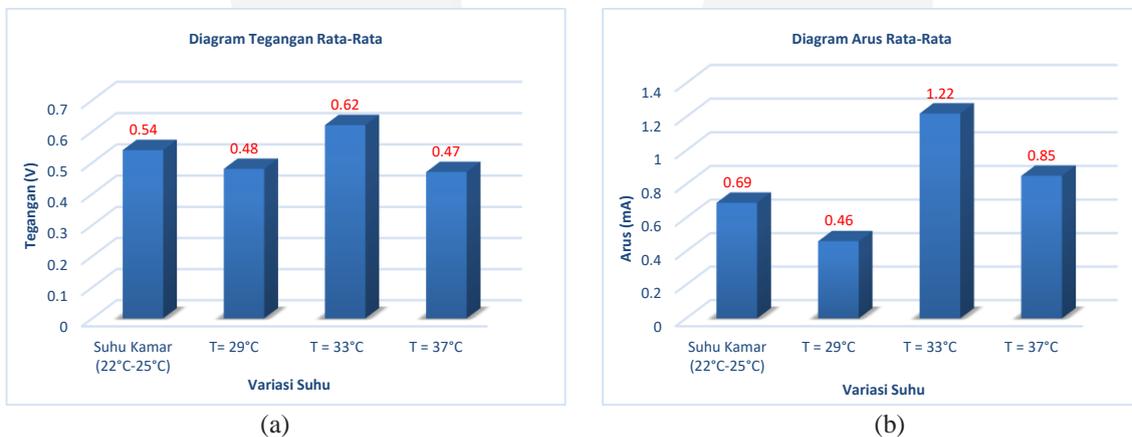


Gambar 2. (a) Pengukuran Tegangan dengan Variasi Suhu, (b) Pengukuran Arus dengan Variasi Suhu

Berdasarkan gambar 2(a) terlihat hasil yang didapatkan dari berbagai kondisi suhu mengalami perbedaan satu sama lain. Secara keseluruhan tegangan yang dihasilkan mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena selama selang waktu pengambilan substrat hingga dilakukan pengukuran, kandungan senyawa organik berkurang akibat teroksidasi oleh mikroba. Menurut Logan (2008), produksi listrik akan mengalami penurunan apabila tidak ada senyawa organik yang tersisa untuk dioksidasi. Dari data yang didapatkan, dapat disimpulkan bahwa puncak tegangan tertinggi dihasilkan pada jam ke-40 penelitian sebesar 0,69 V yang diperoleh dari suhu 33°C.

Dari Gambar 2(b) diperoleh bahwa kuat arus pada suhu 28°C, suhu 33°C dan suhu 37°C terlihat lebih memiliki kesamaan pola dibandingkan dengan arus pada suhu kamar. Ini terjadi karena pada suhu kamar, suhu yang ada dalam substrat terus mengalami perubahan yang tergantung pada suhu lingkungan substrat itu. Arus yang dihasilkan secara keseluruhan terus mengalami peningkatan hingga mencapai titik puncak arus. Dapat diketahui juga puncak arus yang didapatkan pada data di atas dihasilkan pada jam ke-38 yaitu 1,73 mA pada kondisi suhu 33°C.

Kuat arus merupakan perkalian antara tegangan dan hambatan. Secara umum hubungan antara arus dan tegangan adalah berbanding lurus dimana semakin besar nilai arus maka semakin besar pula nilai tegangan yang dihasilkan, begitu pun sebaliknya. Sementara itu, arus dan hambatan berbanding terbalik dimana ketika hambatan semakin besar maka arus yang dihasilkan semakin kecil. Faktor yang dapat meningkatkan harga hambatan internal diantaranya yaitu terbentuknya lapisan sel bakteri (*biofilm*) pada permukaan anoda yang dapat menutupi luas permukaan anoda aktif. Hal lain yang dapat menjadi hambatan adalah ketebalan substrat, elektroda, elektrolit, dan jembatan garam.



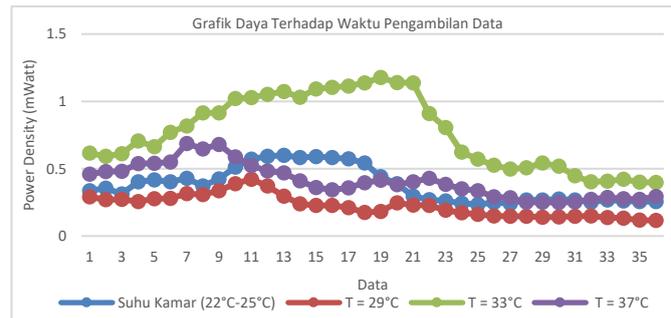
Gambar 3. (a) Tegangan Rata-rata dengan Variasi Suhu, (b) Arus Rata-rata dengan Variasi Suhu

Berdasarkan data di atas (gambar 3.a dan gambar 3.b) menunjukkan bahwa substrat dengan suhu 33°C mampu menghasilkan tegangan rata-rata dan arus listrik rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan substrat dengan suhu kamar, suhu 29°C maupun substrat dengan suhu 27°C. Substrat dengan suhu 33°C dapat menghasilkan tegangan rata-rata dan arus rata-rata yaitu sebesar 0,62 V dan 1,22 mA. Substrat dengan suhu kamar menghasilkan tegangan rata-rata dan arus rata-rata sebesar 0,54 V dan 0,69 mA. Substrat dengan suhu 29°C mampu menghasilkan tegangan rata-rata dan arus rata-rata yaitu 0,48 V dan 0,46 mA.

0,46 mA. Sedangkan Substrat dengan suhu 37°C mampu menghasilkan tegangan rata-rata dan arus rata-rata yaitu 0,47 V dan 0,85 mA. Produksi listrik yang dihasilkan oleh substrat dengan suhu 33°C diduga karena mikroorganismenya yang ada pada lumpur sawah bermetabolisme secara maksimal atau sesuai suhu kerja pada suhu 33°C. Aktivitas metabolisme inilah yang kemudian menghasilkan energi listrik.

3.2. Hasil Pengukuran Daya

Daya listrik merupakan nilai perbandingan antara tegangan dan kuat arus listrik. Dengan menggunakan persamaan 4 maka akan diperoleh nilai daya listrik pada sistem MFC.



Gambar 4. Grafik Daya Listrik dengan Variasi Suhu

Berdasarkan Gambar 4, bahwa daya listrik berbanding lurus dengan besarnya tegangan dan arus. Puncak daya yang dihasilkan oleh sistem MFC didapat dengan suhu pada substrat 33°C sebesar 1.17 mWatt pada jam ke-38. Daya listrik yang dihasilkan tergantung pada mikroorganismenya yang ada, sedangkan mikroorganismenya bergantung pada suhu substrat untuk melakukan metabolisme. Suhu yang sesuai dengan bakteri yang digunakan sangat mempengaruhi kinerja bakteri sehingga dapat meningkatkan produksi daya listrik dari sistem MFC. Secara umum daya yang dihasilkan pada suhu 33°C cenderung lebih besar, ini disebabkan bakteri pada suhu 33°C melakukan aktivitasnya secara maksimal atau dengan kata lain suhu tersebut merupakan suhu kerja dari bakteri yang di gunakan. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa untuk meningkatkan produksi listrik dari sistem MFC ruang ganda dapat dilakukan dengan mengatur suhu substrat agar sesuai dengan suhu kerja mikroorganismenya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, *Microbial Fuel Cell* (MFC) dengan substrat lumpur sawah dan nasi selama 3 hari penelitian untuk setiap kondisi suhu dapat disimpulkan bahwa sistem MFC dengan variasi kondisi suhu pada substrat mampu menghasilkan daya listrik dengan nilai antara 0,11 mWatt hingga 1,17 mWatt. Substrat dengan suhu 33°C pada sistem MFC merupakan sampel yang menghasilkan nilai daya listrik yang paling besar dibandingkan dengan kondisi suhu yang berbeda yaitu dengan puncak tegangan sebesar 0,69 V, arus 1,73 mA, serta daya listrik sebesar 1,17 mWatt. Pada penelitian ini di simpulkan bahwa suhu pada substrat dapat mempengaruhi produksi listrik *Microbial Fuel Cell*.

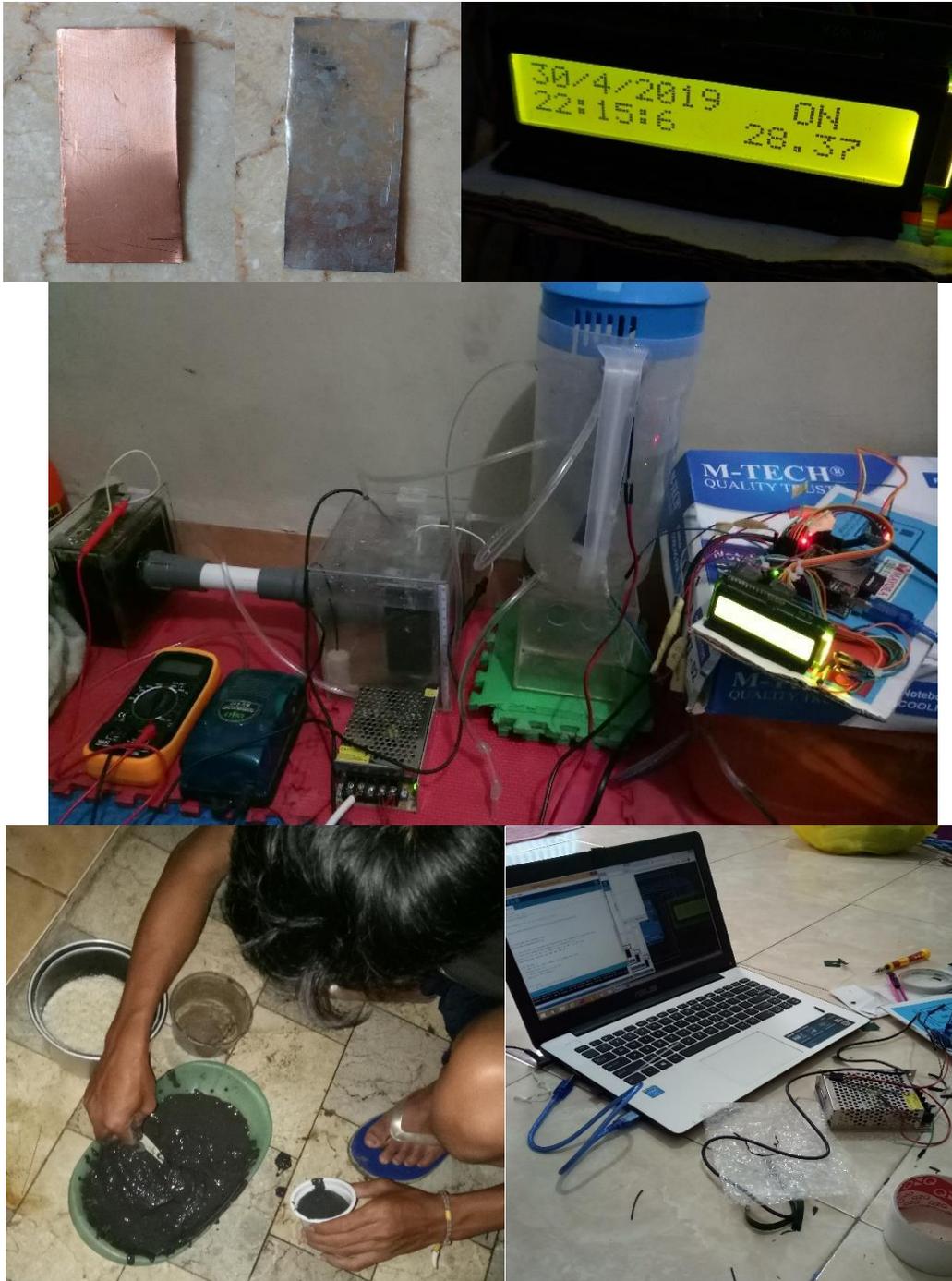
Daftar Pustaka:

- [1] Sofyan. 2008. Penentuan Kadar Glukosa Pada Nasi Putih Dan Beras Merah Selama Penyimpanan Dan Pemanasan Menggunakan Rice Cooker. Palu: Universitas Tadulako.
- [2] Putra, Herlian E., Dani Permana, Agusta S. Putra, Djaenudin, dan Hari R. Haryadi. 2012. Pemanfaatan Sistem Microbial Fuel Cell Dalam Menghasilkan Listrik Pada Pengolahan Ir Limbah Industri Pangan. Bandung: Pusat Penelitian Kimia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- [3] Akbar, Nuzul. 2017. Analisis Pengaruh Material Logam Sebagai Elektroda Microbial Fuel Cell Terhadap Produksi Energi Listrik. Bandung: Telkom University.
- [4] Novitasari, Deni. 2011. Optimasi Kinerja Microbial Fuel Cell (MFC) Untuk Produksi Energi Listrik Menggunakan Bakteri *Lactobacillus Bulgaricus*. Depok: Universitas Indonesia.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Dokumentasi



Lampiran 2

Perhitungan

Massa molar NaCl : 58,5 gr/mol

Massa NaCl ?

$$\text{Molaritas (M)} = \frac{\text{Massa (gr)}}{\text{Massa Molar}} \times \frac{1000}{\text{Volume (mL)}}$$
$$1 \text{ M} = \frac{\text{Massa (gr)}}{58,5 \text{ gr/mol}} \times \frac{1000}{500 \text{ mL}}$$
$$\text{Massa} = 29,25 \text{ gr}$$

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