



**PENGARUH PIEZOELEKTRIK TERHADAP PERFORMA *MICROBIAL*
FUEL CELL MENGGUNAKAN SUBSTRAT LIMBAH TAHU CAIR**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar sarjana strata satu
(S-1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang*



Disusun Oleh :

Mohammad Sirojul Umam

NPM. 218.010.5.2096

Progam Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Universitas Islam Malang

2022

ABSTRAK

Mohammad Sirojul Umam. 2022. Pengaruh Piezoelektrik terhadap Performa *Microbial Fuel Cell* menggunakan Substrat Limbah Tahu Cair. Skripsi. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang. Dosen Pembimbing : Dr. Ena Marlina, S.T., M.T. dan Ir. Margiatno, S.T.

Pengembangan energi terus dilakukan untuk menemukan energi alternatif sebagai pengganti energi fosil atau minyak bumi. Salah satu teknologi yang dikembangkan saat ini yaitu teknologi *Microbial Fuel Cell* dengan memanfaatkan aktivitas *catalic* dari *Microorganisme*. Penambahan piezoelektrik pada *Microbial Fuel Cell* akan meningkatkan kinerja sehingga produk listrik yang dihasilkan menjadi lebih besar. penelitian ini membahas pengaruh penambahan piezoelektrik pada reaktor *Microbial Fuel Cell* menggunakan metode eksperimental, dimana akan dilakukan pengamatan terhadap reaktor *Microbial Fuel Cell*. Ada dua variasi yang akan dilakukan, yaitu menggunakan piezoelektrik dan tanpa penggunaan piezoelektrik dengan pengamatan setiap variasi selama 72 jam. Pada anoda digunakan elektroda batang carbon dan pada katoda digunakan elektroda *stainless steel*. Substrat yang digunakan sebagai makanan mikroorganisme berupa limbah tahu cair yang telah didiamkan selama 12 hari. Piezoelektrik akan dipasang pada kontainer katoda untuk memberikan tekanan pada udara sehingga akan mempercepat reaksi elektrokimia. Parameter yang diukur dalam penelitian berupa tegangan, arus, efisiensi sel dan daya sel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan piezoelektrik menghasilkan tegangan maksimum sebesar 117,96 mV pada jam ke-72. Nilai tegangan berpengaruh pada parameter lain sehingga menghasilkan arus maksimum sebesar 0,118 mA, Efisiensi sel maksimum 7,96 %, dan daya sel maksimum 8933,88 mW/m² pada jam yang sama.

Kata kunci : Energi, *Microbial Fuel Cell*, Piezoelektrik, Limbah Tahu

ABSTRACT

Mohammad Sirojul Umam. 2022. *Effect of Piezoelectric on Performance of Microbial Fuel Cell using Liquid Tofu Waste Substrate. Thesis. Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Islamic University of Malang. Supervisor : Dr. Ena Marlina, S.T., M.T. and Ir. Margiatno, S.T.*

Energy development continues to be carried out to find alternative energy as a substitute for fossil energy or petroleum. One of the technologies currently being developed is Microbial Fuel Cell technology by utilizing the catalytic activity of Microorganisms. The addition of piezoelectric to the Microbial Fuel Cell will improve performance so that the resulting electrical product becomes larger. This study discusses the effect of adding piezoelectric to the Microbial Fuel Cell reactor using an experimental method, where observations will be made on the Micro Fuel Cell reactor. There are two variations that will be carried out, namely using piezoelectric and without using piezoelectric by observing each variation for 72 hours. At the anode, a carbon rod electrode is used and a stainless steel electrode is used at the cathode. The substrate used as food for microorganisms is in the form of liquid waste that has been left for 12 days. Piezoelectric will be installed on the cathode container to put pressure on the air so that it will accelerate the electrochemical reaction. Parameters measured in this study are voltage, current, cell efficiency and cell power. The results showed that the addition of piezoelectric produces a maximum voltage of 117.96 mV at 72 hours. The voltage value affects other parameters so as to produce a maximum current of 0.118 mA, a maximum cell efficiency of 7.96%, and a maximum cell power of 8933.88 mW/m² at the same hour.

Keywords: Energy, Microbial Fuel Cell, Piezoelectric, Tofu Waste

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masalah Energi di Dunia menjadi kritis seiring perkembangan zaman, kebutuhan akan energi meningkat dengan drastis. Sebagian besar kebutuhan energi saat ini bergantung pada bahan bakar minyak bumi atau fosil. Tetapi energi tersebut memiliki dampak yang berbahaya terhadap lingkungan karena menghasilkan senyawa yang berbahaya dan beberapa kandungan logam (Marlina, 2016). Meningkatnya kualitas hidup manusia terutama dalam segi transportasi, industri dan rumah tangga membuat kebutuhan akan energi terutama dalam bentuk energi listrik semakin dibutuhkan (Ester, 2012).

Krisis energi ini menuntut untuk terus dikembangkannya sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak bumi atau fosil yang selama ini menjadi sumber energi yang diutamakan oleh masyarakat. Salah satu teknologi yang terus dikembangkan saat ini yaitu teknologi *Fuel Cell*. *Fuel Cell* merupakan alat yang menggunakan reaksi elektrokimia dengan hidrogen dan oksigen yang direaksikan untuk menghasilkan listrik dengan hasil samping proses berupa panas dan air tanpa ada proses pembakaran sehingga polusi dapat diminimalisir (I. A. Safitri *et al.*, 2016).

Teknologi *Fuel Cell* terus dikembangkan untuk mendapatkan energi alternatif yang lebih baik lagi. Salah satu pengembangan dari *Fuel Cell* yaitu dengan teknologi *Microbial Fuel Cell*. *Microbial Fuel Cell* adalah suatu sel bahan bakar yang dapat menghasilkan listrik melalui reaksi bioelektrokimia mikroorganisme dengan menggunakan bahan organik sebagai makanannya (Logan, 2008). Bahan organik tersebut dapat diperoleh dari berbagai macam limbah yang tidak digunakan seperti limbah dari proses industri, rumah tangga dan limbah lain sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

Pencemaran yang diakibatkan oleh limbah kebanyakan berasal dari hasil produksi industri, baik dari skala kecil maupun besar. Pencemaran tersebut terjadi akibat limbah yang langsung dibuang ke lingkungan tanpa diberi perlakuan terlebih dahulu. Salah satu limbah yang banyak dihasilkan yaitu limbah tahu cair. Perkembangan Industri tahu terus meningkat secara turun temurun di berbagai

wilayah Indonesia pada skala mikro dengan menggunakan proses produksi tradisional. Proses pembuatan tahu selain menghasilkan produk utama, juga menghasilkan produk lain berupa ampas tahu dan limbah cair (Said & Wahjono, 1999). Limbah cair dari industri tahu memiliki konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang cukup tinggi, berkisar antara 7500 – 14000 mg/L (Kaswinarni, 2007) sehingga berpotensi besar untuk mencemari lingkungan. Limbah cair tahu perlu diberi perlakuan untuk mengurangi terjadinya pencemaran lingkungan dalam lingkup yang besar. Salah satu cara untuk memanfaatkan limbah tahu cair yaitu dengan menggunakannya sebagai elektrolit dalam reaktor *Microbial Fuel Cell* karena kandungan zat organik Limbah cair tahu yang banyak.

Berdasarkan latar belakang diatas, kami akan melakukan penelitian tentang teknologi *Microbial Fuel Cell* menggunakan Piezoelektrik. Piezoelektrik akan menarik masuk oksigen ke dalam ruang reaksi dan memampatkannya, sehingga oksigen yang akan bereaksi menjadi lebih banyak dan mempercepat reaksi kimia yang terjadi. Substrat yang digunakan sebagai bahan makanan mikroba memanfaatkan limbah tahu cair yang banyak mengandung bahan organik sehingga akan meningkatkan aktivitas *catalic* mikroba dan sebagai upaya untuk mengurangi pencemaran lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas kami akan mengambil rumusan masalah yaitu Bagaimana pengaruh penggunaan piezoelektrik terhadap performa *Microbial Fuel Cell* menggunakan limbah cair tahu.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah ditentukan agar pembahasan tetap pada arah yang ditentukan dan tidak melebar. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Hanya meneliti besar tegangan yang dihasilkan oleh reaktor *Microbial Fuel Cell*.
2. Larutan elektrolit anoda terdiri dari substrat limbah tahu cair 5380 ml dan cairan *Em4* 500 ml.
3. Larutan elektrolit diisi dengan ketinggian 10,5 cm diukur dari dasar kontainer.

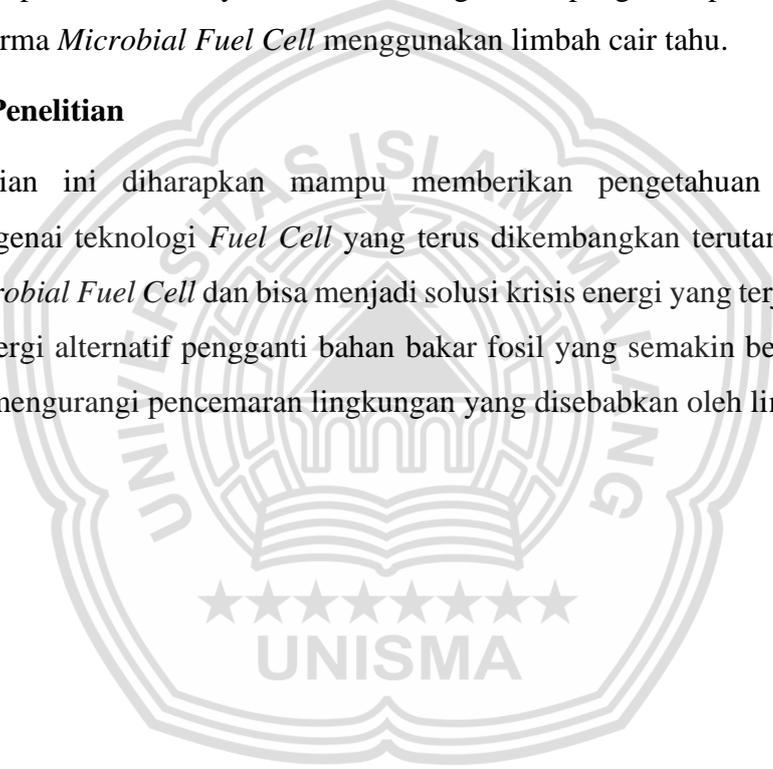
4. Temperatur dan tekanan pada ruang penelitian dianggap normal.
5. Ruang penelitian tertutup dari sinar matahari.
6. Tidak meneliti temperatur elektrolit akibat reaksi elektrokimia.
7. Tidak meneliti proses fermentasi yang terjadi pada limbah tahu cair sebelum dipakai untuk penelitian.
8. Limbah tahu cair didiamkan selama 12 hari sebelum digunakan.
9. Penelitian dilakukan selama 72 jam.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh piezoelektrik terhadap performa *Microbial Fuel Cell* menggunakan limbah cair tahu.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan kepada pembaca mengenai teknologi *Fuel Cell* yang terus dikembangkan terutama pada teknologi *Microbial Fuel Cell* dan bisa menjadi solusi krisis energi yang terjadi saat ini sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar fosil yang semakin berkurang serta mampu mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penambahan piezoelektrik memberikan pengaruh yang baik terhadap performa reaktor *Microbial Fuel Cell* karena produksi listrik yang dihasilkan menjadi lebih besar daripada tanpa penambahan piezoelektrik. Hal itu bisa dilihat pada grafik pengaruh penggunaan piezoelektrik terhadap parameter yang diukur. Dimana dengan piezoelektrik menghasilkan nilai tegangan tertinggi 117,96 mV pada jam ke-72 dan tanpa penggunaan piezoelektrik hanya mampu menghasilkan nilai tegangan tertinggi 26,01 mV pada jam ke-48. Sedangkan parameter ukur yang lain, nilainya dipengaruhi oleh nilai tegangan.

Substrat limbah tahu cair pada reaktor *Microbial Fuel Cell* meningkatkan nilai tegangan yang dihasilkan reaktor karena mengandung banyak bahan organik yang akan meningkatkan aktivitas *catalic* mikroba sehingga reaksi elektrokimia menjadi meningkat. Dimana tegangan maksimum yang mampu dihasilkan reaktor sebesar 117,96 mV pada jam ke-72 dengan menggunakan piezoelektrik.

5.2 Saran

Pada penelitian ini belum dibahas tentang pengaruh jenis elektroda yang digunakan, kandungan limbah tahu cair setelah mengalami fermentasi dan penelitian hanya dilakukan selama 72 jam. Sehingga penelitian ini kami harap dapat terus dikembangkan dengan meneliti bagian yang belum dibahas serta menemukan alternatif pemasok energi listrik, karena sumber energi listrik yang digunakan oleh piezoelektrik dan pompa aerasi lebih besar dari produksi listrik yang dihasilkan oleh reaktor.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggarini, S., Hidayat, N., Sunyoto, N. M. S., & Wulandari, P. S. (2015). Optimization of hydraulic retention time (HRT) and inoculums addition in wastewater treatment using anaerobic digestion system. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 3, 95–101.
- Ashoka, H., Shalini, R., & Bhat, P. (2012). Comparative studies on electrodes for the construction of microbial fuel cell. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, 3(4), 785–789.
- Cahyani, M. R., Zuhaela, I. A., Saraswati, T. E., Raharjo, S. B., Pramono, E., Wahyuningsih, S., Lestari, W. W., & Widjonarko, D. M. (n.d.). Pengolahan Limbah Tahu dan Potensinya. *Proceeding of Chemistry Conferences*, 6, 27–33.
- Chang, I.-S., Moon, H.-S., Bretschger, O., Jang, J.-K., Park, H.-I., Nealson, K. H., & Kim, B.-H. (2006). Electrochemically active bacteria (EAB) and mediator-less microbial fuel cells. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 16(2), 163–177.
- Chua, J.-Y., & Liu, S.-Q. (2019). Soy whey: More than just wastewater from tofu and soy protein isolate industry. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 24–32.
- Dewi, E. L., Ismujanto, T., & Chandrasa, G. T. (2008). Pengembangan dan aplikasi fuel cell. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*.
- Ester, K. (2012). *Produksi Energi Listrik Melalui Microbial Fuel Cell Menggunakan Limbah Industri Tempe* (p. 50). Universitas Indonesia.
- Habermann, W., & Pommer, E. H. (1991). Biological fuel cells with sulphide storage capacity. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 35(1), 128–133.
- Harahap, M. R. (2016). Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 2(1).
- Idham, I. (2009). *Alternatif baru sumber pembangkit listrik dengan menggunakan sedimen laut tropika melalui teknologi microbial fuel cell*.

- Jadhav, G. S., & Ghangrekar, M. M. (2009). Performance of microbial fuel cell subjected to variation in pH, temperature, external load and substrate concentration. *Bioresource Technology*, *100*(2), 717–723.
- Kalzoum, A. N., Kirom, M. R., & Qurthobi, A. (2018). Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Sebagai Penghasil Energi Listrik Menggunakan Sistem Microbial Fuel Cell. *EProceedings of Engineering*, *5*(3).
- Kaswinarni, F. (2007). *Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu Studi Kasus Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal dan Gagak Sipat Boyolali*. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Li, B., Scheible, K., & Curtis, M. (2011). Electricity generation from anaerobic wastewater treatment in microbial fuel cells. *Water Environment Research Foundation, New York State Energy Research and Development Authority (NYSERDA): Alexandria, VA, USA*.
- Logan, B. E. (2008). *Microbial Fuel Cell*. A John Wiley & Sons.
- Ma, H. K., Huang, S. H., & Kuo, Y. Z. (2008). A novel ribbed cathode polar plate design in piezoelectric proton exchange membrane fuel cells. *Journal of Power Sources*, *185*(2), 1154–1161.
- Marlina, E. (2016). Pengaruh Variasi Larutan Elektrolit Terhadap Produksi Brown's Gas. *INFO-TEKNIK*, *17*(2), 187–196.
- Megawati, M. (2014). Pengaruh penambahan EM4 (Effective Microorganism-4) pada pembuatan biogas dari eceng gondok dan rumen sapi. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, *3*(2), 42–49.
- Putra, I. D. G. A. T., Sunu, P. W., Sugina, I. M., Temaja, I. W., Sugiarta, N., Arsana, M. E., & Sudirman, S. (2021). Kajian dan penerapan teknologi atomisasi ultrasonik dalam proses pemurnian air laut skala kecil. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology*, *2*(1), 31–35.
- Safitri, I. A., Rudiyanto, B., Nursalim, A., & Hariono, B. (2016). Uji Kinerja Smart Gried Fuel Cell Tipe Proton Exchange Membran (PEM) Dengan Penambahan Hidrogen. *Jurnal Ilmiah Inovasi*, *16*(1).

- Safitri, V. W. M., & Rachmanto, T. A. (2020). PENGARUH JENIS ELEKTRODA TERHADAP POWER DENSITY PADA MICROBIAL FUEL CELL DENGAN PENAMBAHAN GRANULAR ACTIVATED CARBON. *ENVIROTEK: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 12(2), 1–9.
- Said, N. I., & Wahjono, H. D. (1999). Teknologi pengolahan air limbah tahu-tempe dengan proses biofilter anaerob dan aerob. *Directorate of Environmental Technology*. Jakarta.
- Siregar, S. L. H. (2018). *Monitoring dan kontrol sistem penyemprotan air untuk budidaya aeroponik menggunakan NodeMCU ESP8266*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sitorus, B. (2010). Diversifikasi sumber energi terbarukan melalui penggunaan air buangan dalam sel elektrokimia berbasis mikroba. *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro*, 2(1).
- Stauffer, D. B., Hirschenhofer, J. H., Klett, M. G., & Engleman, R. R. (1998). *Fuel cell handbook*. Federal Energy Technology Center (FETC), Morgantown, WV, and Pittsburgh, PA.
- Suhada, H. (2001). Fuel Cell Sebagai Penghasil Energi Abad 21. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(2), 92–100.
- Sulistiyawati, I., Rahayu, N. L., & Purwitaningrum, F. S. (2020). Produksi Biolistrik Menggunakan Microbial Fuel Cell (MFC) *Lactobacillus bulgaricus* dengan Substrat Limbah Tempe dan Tahu. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal*, 37(2), 112–117.
- Sundari, E., Sari, E., & Rinaldo, R. (2012). Pembuatan Pupuk Organik Cair Menggunakan Bioaktivator Biosca dan EM4. *Kalium*, 2, 0–2.
- Syahri, M., Mahargiani, T., & Indrabrata, A. G. (2019). Teknologi Bersih Microbial Fuel Cell (MFC) dari Limbah Cair Tempe Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan. *Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*, 5.
- Tjahyono, V., Kirom, M. R., & Qurthobi, A. (2020). Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Daya Yang Dihasilkan Microbial Fuel Cell (mfc) Dengan Substrat Campuran Lumpur Sawah Dan Air Tebu. *EProceedings of Engineering*, 7(1).

- Uddin, S. S., Roni, K. S., & Shatil, A. H. M. D. (2016). Double compartment microbial fuel cell design using salt bridge as a membrane with sucrose and starch as a substrate. *2016 2nd International Conference on Electrical, Computer & Telecommunication Engineering (ICECTE)*, 1–4.
- Umniyatie, S. (1999). Pembuatan Pupuk Organik Menggunakan Mikroba Efektif (Effective Microorganisms 4). *Laporan PPM UNY: Karya Alternatif Mahasiswa*.
- Yogaswara, R. R., Gunawan, A., Purwanto, M., & Prakoso, T. A. (2019). PRODUKSI ENERGI LISTRIK DARI MICROBIAL FUEL CELL (MFC) DENGAN LIMBAH CAIR PENGOLAHAN TAHU SEBAGAI SUBSTRAT. *Seminar Nasional Soebardjo Brotohardjono*, 15, 36–40.

