

Pemanfaatan Limbah Kulit kakao dan Air kelapa sebagai Sumber Energi Alternatif dengan Teknologi *Microbial Fuel Cell*

Utilization of Cocoa Shell Waste and Coconut Water as an Alternative Energy Source with Microbial Fuel Cell Technology

¹Jasdar Agus, ²Zuhrah Adminira Ruslan

¹Prodi Fisika, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

²Jurusan Kimia, Universitas Negeri Makassar

Email: jasdarphysics@gmail.com

ABSTRAK

Microbial Fuel Cell (MFC) merupakan teknologi yang memanfaatkan mikroba untuk mendegradasi bahan organik maupun anorganik menjadi energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan dan mengolah limbah kulit kakao sebagai sumber energi listrik dengan menggunakan teknologi MFC dengan menganalisis kerapatan daya. Pada limbah kulit kakao dilakukan perendaman menggunakan larutan HCl dan NaOH selama 24 jam, kemudian dibilas dengan aquades dan ditambahkan dengan air kelapa. Analisis kinerja MFC dapat dilihat dari data hasil pengukuran kuat arus dan tegangan yang diukur dengan menggunakan multimeter digital. MFC diukur berdasarkan durasi kerja untuk mengetahui besarnya kuat arus dan tegangan dengan hambatan dan tanpa hambatan melalui pengamatan setiap hari pukul 10.00 WITA dalam kurun waktu 5 hari. Berdasarkan hasil pengamatan, diperoleh nilai kerapatan dengan hambatan lebih besar dibandingkan nilai kerapatan tanpa hambatan dengan nilai terbesar pada hari kelima sebesar 26,95 mW/m² dengan hambatan 1Ω dan sebesar 23,54 mW/m² tanpa menggunakan hambatan.

Kata Kunci: Air Kelapa, Energi, Kulit Kakao, MFC

ABSTRACT

A microbial fuel cell (MFC) is a technology that uses microbes to degrade organic and inorganic materials into electrical energy. This research aims to utilize and process cocoa shell waste as a source of electrical energy using MFC technology by analyzing power density. Cocoa shell waste is soaked in a solution of HCl and NaOH for 24 hours, then rinsed with distilled water and added to coconut water. An analysis of MFC performance can be seen from data from current and voltage measurements measured using a digital multimeter. MFC is measured based on the duration of work to determine the magnitude of the current and voltage with resistance and without resistance through daily observations at 10.00 WITA over a period of 5 days. Based on the observation results, it was determined that the density value with resistance was greater than the density value without resistance, with the largest value on the fifth day being 26.95 mW/m² with 1Ω resistance and 23.54 mW/m² without using resistance.

Keywords: Coconut Water, Energy, Cocoa Shells, MFC

PENDAHULUAN

Pada dua dekade terakhir, kebutuhan energi nasional terus meningkat yang disebabkan oleh populasi penduduk di Indonesia yang terus berkembang. Berdasarkan data Dewan Energi Nasional (DEN), kebutuhan energi di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 290 juta ton (setara minyak). Selain itu, Mantan Wakil Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) memperkirakan bahwa jumlah kebutuhan energi di Indonesia akan meningkat menjadi tiga kali lipat pada tahun 2050. Bahan bakar minyak (BBM) memegang posisi yang sangat dominan dalam pemenuhan kebutuhan energi nasional. Komposisi konsumsi energi nasional saat ini adalah BBM: 52,50%; Gas: 19,04%; Batubara: 21,52%; Air: 3,73%; Panas Bumi: 3,01%; dan Energi Baru: 0,2% (Kholiq, 2015). Suatu kenyataan yang tidak dapat dipungkiri bahwa produksi minyak bumi Indonesia mengalami penurunan akibat adanya penurunan secara alamiah dan semakin menipisnya cadangan energi. Energi baru dan terbarukan (EBT) menjadi salah satu energi yang paling dibutuhkan di Indonesia saat ini. Oleh karena itu energi baru dan terbarukan kini menjadi tonggak dalam keberlanjutan energi di Indonesia, salah satunya biomassa sebagai penghasil energi listrik (J.S. Setyono, 2019).

Biomasa berasal dari tumbuhan atau hewan, limbah industri, pertanian, kehutanan, peternakan, dan perkebunan (Soerawidjaja, 2011).

Sulawesi selatan memiliki wilayah perkebunan yang cukup luas, terkhusus pada perkebunan kakao dan kelapa. Menurut data Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian, menyebutkan bahwa produksi kakao Sulawesi selatan pada tahun 2018 mencapai 124.952 ton. Tentu dengan jumlah produksi kakao yang cukup tinggi menyebabkan jumlah limbah kakao yang dihasilkan juga akan meningkat, salah satunya limbah bagian kulit. Menurut I. Rosada, (2016). Setiap tahunnya provinsi Sulawesi Selatan dapat menghasilkan limbah kulit kakao sebanyak 1,5-3,0 juta ton/ha. Namun kulit kakao hingga saat ini hanya menjadi limbah dan terbuang saja. Tentu dengan jumlah limbah kulit kakao yang cukup tinggi, diperlukan upaya pengolahan tepat guna pada limbah tersebut. Salah satunya yaitu dengan memanfaatkan limbah kulit kakao sebagai sumber energi listrik. Hal ini didukung dengan adanya kandungan energi listrik pada limbah kulit kakao sebesar $11,89 \times 10^{-3}$ mV/K (Ulfah, 2019).

Pada tahun 2015, Badan Pusat Statistik (BPS) memberikan data bahwa Sulawesi Selatan mampu menghasilkan buah kelapa sebanyak 72 ribu ton. Disisi lain, Menurut Herlina dkk (2014), jumlah air kelapa yang terbuang pada pabrik kelapa parut kering cukup besar. Dari 1000 butir air kelapa, rata-rata menghasilkan 140 liter air kelapa yang sebagian besar terbuang sebagai limbah. Air kelapa mengandung mineral sebesar 1,060 % dan dijumpai unsur lain seperti kalium (K), fosfor (P), natrium (Na), magnesium (Mg), mangan (Mn),

kalsium (Ca), besi (Fe), dan tembaga (Cu). Di samping itu dalam kadar yang sangat kecil terdapat alumunium (Al), barium (Ba), dan lain-lain (Syachrony Ibrahim, 2020). Selain itu, pada air kelapa ditemukan proses elektrolisis membentuk isotoni dan jika dikelola dengan baik, buangan air kelapa berpotensi sebagai sumber listrik alternatif.

Penelitian menggunakan limbah kulit kakao sebagai sumber energi telah dilakukan dengan berbagai metode. Dalam penelitian limbah kakao sebagai sumber energi telah dilakukan oleh Suprati (2013), dimana limbah kulit kakao diolah menjadi briket untuk menghasilkan sumber energi alternatif dan mampu menghasilkan briket kulit kakao dengan kadar karbon 45,36-56,85%. Penelitian serupa juga pernah dilakukan oleh Haeruddin (2019) dengan menjadikan limbah kulit kakao sebagai penyimpan energi. Dalam penelitiannya, limbah kakao mampu menghasilkan selulosa sekitar 23-54% dan lignin sebesar 60,67%. Kandungan tersebut sangat mendukung untuk menjadikan limbah kulit kakao sebagai penyimpan energi. Namun energi listrik yang dihasilkan dari limbah kulit kakao masih tergolong rendah, sehingga membutuhkan bahan pendukung untuk meningkatkan energi listrik yang dihasilkan (Munisa, 2018). Selain itu, Biomassa bisa dibuat dari limbah hasil pertanian melalui pemanfaatan teknologi *Microbial Fuel Cell* (MFC).

Teknologi MFC akan memanfaatkan mikroba hasil fermentasi limbah kulit kakao untuk menghasilkan energi listrik. Lalu

dilakukan pengukuran kuat arus dan tegangan terhadap variasi kinerja MFC dengan hambatan dan tanpa hambatan. Untuk mengetahui besar energi listrik yang dihasilkan, maka perlu dilakukan pengukuran terhadap kerapatan daya yang dihasilkan. Sebelumnya, penulis dan tim telah melakukan penelitian berbasis MFC dengan menggunakan limbah jerami dan lontar dengan hasil kerapatan daya terbaik berada pada 770,1 mW/m² dan 594,1 mW/m² (Basmanto, 2021). Berdasarkan uraian diatas, pada penelitian ini, limbah kulit kakao diolah menjadi sumber energi listrik dengan sistem fermentasi menggunakan air kelapa melalui teknologi *Microbial Fuel Cell*.

METODE PENELITIAN

Desain MFC yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Dual-Chamber* yang terdiri dari dua kompartemen yaitu kompartemen anoda dan kompartemen katoda. Pada setiap kompartemen akan dimasukkan elektroda grafit baterai yang sebelumnya telah diaktifasi. Adapun prosedur pada penelitian ini:

Preparasi Substrat

Mempermentasi limbah kulit kakao dan air kelapa selama 2×24 jam. Kemudian memasukkan ke dalam sekat anoda.

Preparasi Elektroda Grafit

Merendam elektroda grafit dalam HCl dan NaOH selama 1×24 jam. Kemudian Memasukkan ke dalam anoda dan katoda

Pembuatan Jembatan Garam (Salt bridge)

Memanaskan 100 mL larutan agar-agar dan KCl sebanyak 3 gram. Kemudian Memasukkan ke dalam jembatan garam

Pembuatan Larutan Elektrolit

79 gram KMnO_4 dilarutkan dalam 500 mL aquades. Kemudian Memasukkan ke dalam kompartemen katoda.

Pada penelitian ini dilakukan analisis variasi limbah kulit kakao dan air kelapa terhadap kinerja MFC. Hal ini dapat dilihat pada hasil pengukuran kuat arus dan tegangan dengan menggunakan multimeter digital. Pengukuran dilakukan dengan memberikan hambatan sebesar $1\ \text{K}\Omega$ dan tanpa hambatan untuk mengetahui besar perubahan kuat arus dan tegangan dari variasi hambatan yang diberikan. Dari nilai kuat arus dan tegangan yang diperoleh maka perlu dicari nilai kerapatan daya yang dapat dihasilkan. Untuk mencari nilai kerapatan daya tersebut maka digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kerapatan Daya tanpa hambatan} = \frac{I(A) \times V(\text{volt})}{A(\text{m}^2)} \quad (1)$$

$$\text{Kerapatan Daya dengan hambatan} = \frac{I^2(A) \times R(\text{Ohm})}{A(\text{m}^2)} \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran arus dan tegangan dari limbah kulit kakao dan air kelapa menggunakan rangkaian reaktor MFC. Bentuk rangkaian reaktor MFC yang digunakan yaitu *Dual Chamber* yang terdiri dari kompartemen anoda dan kompartemen katoda dengan luas masing-masing $130\ \text{cm}^2$, dimana kedua kompartemen ini dihubungkan dengan jembatan garam. Pada setiap kompartemen dilakukan dua jenis

pengukuran yaitu pengukuran daya tanpa hambatan serta dengan penambahan hambatan sebesar $1\ \Omega$ untuk mengetahui kinerja rangkaian reaktor MFC ini.



Gambar 1. Proses preparasi substrat dan elektroda grafit

Pengukuran kuat arus dan tegangan dilakukan selama 5 hari dengan pengecekan setiap hari pukul 10.00 WITA. Dari nilai kuat arus dan tegangan diperoleh, kemudian didapatkan nilai kerapatan daya.



Gambar 2. Rangkaian dan pengukuran kerapatan penelitian MFC berbasis limbah kulit Kakao dan air kelapa

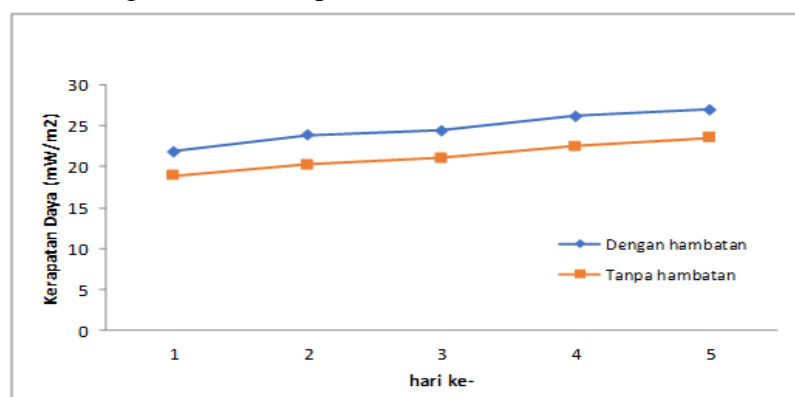
Pembahasan

Hasil pengukuran daya bisa dilihat pada gambar 3. Pada pengukuran hari pertama, didapatkan nilai kerapatan daya sebesar $21,85\ \text{mW}/\text{m}^2$ pada sampel dengan penambahan hambatan $1\ \Omega$ dan daya sebesar $18,95\ \text{mW}/\text{m}^2$ pada sampel tanpa hambatan. Nilai kerapatan daya yang diperoleh dengan menggunakan hambatan lebih besar dibandingkan dengan nilai kerapatan daya tanpa menggunakan hambatan. Hal ini

menunjukkan bahwa pemberian hambatan pada rangkaian reaktor MFC dapat meningkatkan kinerja MFC. Pada pengukuran pertama ini, mikroba mulai bekerja dan beradaptasi di dalam rangkaian reaktor MFC yang dapat dilihat dari nilai kerapatan daya yang dihasilkan. Pada hari ke-5, diperoleh nilai kerapatan daya sebesar $26,95 \text{ mW/m}^2$ pada sampel dengan penambahan hambatan 1Ω dan daya sebesar $23,54 \text{ mW/m}^2$ pada sampel tanpa menggunakan hambatan. Tahap ini merupakan fase dengan nilai pengukuran tertinggi yang berarti bahwa mikroba telah melakukan pembelahan sel. Dengan demikian energi listrik yang dihasilkan dari limbah kulit kakao dan air kelapa semakin lama akan semakin meningkat meskipun pada hari ke-5 belum didapatkan puncak daya listrik yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil tersebut, penelitian ini menghasilkan kerapatan

daya yang lebih tinggi dibanding dengan penelitian yang dilakukan oleh L Utami (2018) yang menggunakan KMnO_4 0,1 M dengan substrat limbah kulit pisang dan menghasilkan kerapatan daya sebesar $13,9 \text{ mW/m}^2$. Hal ini menunjukkan bahwa limbah kulit kakao yang dipermentasi dengan air kelapa dan divariasikan dengan dengan larutan KMnO_4 sangat cocok digunakan dengan teknologi MFC. Penambahan air kelapa yang mengandung komposisi elektrolit, berupa ion kalium (K^+) dan Klorida (Cl^-) (Syachrony Ibrahim, 2020). Kandungan Elektrolit dapat menambah kemampuan menghantar listrik. Selain itu air kelapa juga termasuk disakarida yang memiliki kandungan glukosa dengan rantai pendek dibanding selulosa, sehingga mudah teruraikan oleh mikroba saat dipermentasi dengan limbah kulit kakao (Ambar W dkk, 2020).



Gambar 3. Pengukuran kerapatan daya MFC

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut: (1) Limbah kulit kakao yang dipermentasi dengan air kelapa dapat menghasilkan energi listrik yang telatif tinggi dan diinterpretasikan melalui nilai kerapatan daya yang dihasilkan. (2) Pengukuran kerapatan daya yang dilakukan melalui 2 sampel yaitu penambahan hambatan sebesar 1Ω dan tanpa menggunakan hambatan, didapatkan nilai daya pada sampel dengan penambahan hambatan 1Ω lebih besar dibandingkan nilai daya pada sampel tanpa penambahan hambatan.

B. Saran

Saran yang dapat diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut: (1) Pengamatan nilai kerapatan daya sebaiknya dilakukan setiap 6 jam, (2) Perlu ditambahkan indikator listrik berupa lampu LED 3V, (3) Waktu pengamatan diperpanjang minimal 7 hari, hal ini disebabkan daya listrik yang dihasilkan bakteri masih bertambah dan belum ditemukan nilai maksimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambar Wulan, M. Ramdhan Kirom dan Endang Rosdiana. 2020. Analisis produksi energi listrik sistem sediment *Microbial fuel cell* menggunakan limbah tetes tebu. *e-Proceeding of Engineering*. 7 (3): 9263-9271
- Asriani, S.R.A. Rani, J. Agus dan Lisdayanti. 2022. Study of *Microbial Fuel Cell Technology* using Dangke, Whole Milk, and Whey Substrates. *Jurnal Gravitasi*. 21 (2): 61-64
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Statistik Kakao Indonesia 2018*. Badan Pusat Statistik: Jakarta
- Basmanto, Hernita Sapitriani, Nurfadhilah Jusman, Sahara, dan Jasdhar Agus. 2021. Pemanfaatan Jerami dan Buah lontar sebagai Sustrat Menggunakan Teknologi *Microbial Fuel Cell*. *Jurnal Fisika dan Terapannya*. 8 (1): 28-35
- Bustami Ibrahim, Pipih Suptijah dan Zhalindri Noor Adjani. (2017). Kinerja *Microbial fuel cell* penghasil biolistrik dengan perbedaan jenis elektroda pada limbah cair industri perikanan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia (JPHPI)*. 20 (2): 296-304
- Dwi Cahyani, Agus Haryanto, David SS Marpaung dan Raizummi Fil'aini. 2020. Sel bahan bakar berbasis mikroba-tanaman (p-mfc) sebagai sumber energi listrik: prinsip kerja, variasi desain, potensi dan tantangan. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 9 (2): 112-121
- Haeruddin, H. dan A. Haetami. 2019. Karakterisasi selulosa dari limbah kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) dengan variasi waktu pemanasan. *Jurnal Pendidikan Kimia FKIP Universitas Halu Oleo*. 4(3): 212-216
- Herlina, Sukatingsih dan Rekti Viony Amalia. 2014. Aplikasi Ekstrak Kasar Polisakarida Larut Air Biji Durian (*Durio zibethinus Murr*)

- pada Pembuatan Kecap Manis Air Kelapa. *Jurnal Agroteknologi*, Vol. 08(2) : 192-202
- Indah Sulistiyawati, Nur Laila Rahayu dan Fitria Septiana Purwitaningrum. 2020. Produksi biolistrik menggunakan Microbial fuel cell (MFC) *lactobacillus bulgaricus* dengan substrat limbah tempe dan tahu. *Biosfera: A Scientific Journal*. 37 (2): 112-117
- Jawoto Sih Setyono, Fadjar Hari Mardiansjah, dan Mega Febrina Kusumo Astuti., 2019, Potensi Pengembangan Energi Baru dan Eenergi Terbarukan di Kota Semarang. *Jurnal Riptek*. 13 (2): 177-186
- Lisa Utami, Lazulva dan Yuni Fatisa. 2019. Electricity Production From Peat Water Uses Microbial Fuel Cells Technology. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*. 2 (1): 55-60
- Munisa, A., H. Pagarra dan Z. Maulana. 2018. Active compounds extraction of cocoa pod husk (*Thebroma Cacao L.*) and potential as fungicides. *Journal of Physics: Conference Series*. 102(1): 1-8
- Rizky Riscahya Pratama Syamsuri, Tri Dewi K Pribadi dan Keukeu Kaniawati Rosada. 2021. Pemanfaatan Microbial Fuel Cell untuk Mengatasi Pencemaran Lingkungan dan Menghasilkan Mikroenergi. *Saintekmol: Jurnal Sains dan Teknologi*. 19 (1): 28-35
- Soerawidjaja, Tatang Hernas., 2011, *Memasuki Era Energi Baru dan Terbarukan untuk Kedaulatan Energi Nasional*. Jakarta
- Ulfa, A. M., Chusniasih, D., & Bestari, A. D. 2019. Pemanfaatan Potensi Antioksidan Dari Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao L.*). *Jurnal Farmasi Malahayati*, 2(1): 33-40
- Syachrony Ibrahim.2020. Potensi Air Kelapa dalam Meningkatkan Kadar Kalium. *Indonesian Journal of Nursing and Health Sciences*. Volume 1 (1) : 9-14
- Utami, L., Lazulva, L., & Fatisa, Y. (2018). Produksi Energi Listrik Dari Limbah Kulit Pisang (*Musa Paradisiaca L.*) Menggunakan Teknologi *Microbial Fuel Cells* Dengan Permanganat Sebagai Katolit. *Jurnal Al-Kimiya*. 5(2): 62-67