

OPTIMASI ARUS LISTRIK PADA SISTEM *MICROBIAL FUEL CELL* MELALUI PENDEKATAN TAGUCHI

R.A. Nurul Moulita⁴, Faizah Suryani⁵

Email korespondensi: ra_nurul@univ-tridinanti.ac.id

Abstrak: Fenomena cuaca ekstrem yang terjadi di beberapa wilayah Indonesia mendesak pemerintah untuk semakin meningkatkan penggunaan energi terbarukan. *Microbial fuel cell* menjadi salah satu pilihan teknologi yang dapat diaplikasikan dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme pada limbah untuk dikonversi menjadi energi listrik. Limbah cair tahu dan air cucian beras merupakan limbah yang berlimpah dan kurang dimanfaatkan. Kandungan senyawa organik yang tinggi pada kedua limbah ini menjadikan mereka sangat berpotensi dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik melalui sistem *microbial fuel cell*. Pendekatan Taguchi digunakan guna mendapatkan komposisi parameter terbaik dalam menghasilkan arus listrik yang maksimum. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, arus listrik maksimum akan dihasilkan dengan komposisi parameter waktu inkubasi selama satu hari, penggunaan rasio substrat 50% limbah cair tahu dan 50% air cucian beras, serta penambahan bioaktivator sebanyak 5%. Ketiga parameter yang digunakan memberikan pengaruh yang signifikan pada pengujian sistem *microbial fuel cell*. Waktu inkubasi memberikan pengaruh yang paling besar diantara kedua parameter lain yaitu 50,77%, diikuti rasio substrat sebesar 25,92% dan penambahan bioaktivator sebesar 22,90%. Penelitian yang dilakukan masih dipengaruhi oleh faktor luar namun dalam persentase yang sangat kecil, yaitu 0,40% sehingga pengaruh dari ketiga parameter diatas untuk menghasilkan arus listrik melalui sistem *microbial fuel cell* adalah 99,60%.

Kata kunci: *microbial fuel cell*, taguchi, arus, listrik, energi

Abstract: Extreme weather events in numerous Indonesian regions compel the government to increase the usage of renewable energy. *Microbial fuel cells* are a technology solution that can be used to transform the activity of microorganisms in waste into electrical energy. Tofu liquid waste and rice washing water are examples of waste that is both abundant and unused. Because both of these wastes have a high concentration of organic chemicals, they have the potential to be used to generate electrical energy via a *microbial fuel cell* system. The Taguchi method is used to find the best parameter combination for producing the most electric current. According to the research, the maximum electric current will be created with the composition of incubation time parameters for one day, using a substrate ratio of 50% tofu liquid waste and 50% rice washing water, with a 5% bioactivator added. The three factors employed in testing the *microbial fuel cell* system have a considerable impact. Among the other two parameters, incubation duration had the highest influence (50.77%), followed by substrate ratio at 25.92% and bioactivator addition at 22.90%. The research was still influenced by external influences, but only by 0.40%, therefore the influence of the three parameters above on the electric current produced in the *microbial fuel cell* system was 99.60%.

Keywords: *microbial fuel cell*, taguchi, current, electrical, energy

^{4,5} Dosen Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti.

PENDAHULUAN

Temperatur bumi yang semakin meningkat menyebabkan beberapa wilayah di dunia merasakan temperatur yang sangat ekstrem. Berdasarkan data NASA, kenaikan temperatur bumi telah mencapai 1,8°C pada tahun 2023 (S., 2023). Peningkatan ini disebabkan oleh temperatur atmosfer, laut, serta daratan yang meningkat akibat banyaknya gas polutan seperti karbon dioksida, metana, dinitro oksida, hidrofluorokarbon, serta sulfur heksafluorida di atmosfer. Sebagai salah satu negara yang turut serta dalam Perjanjian Paris,

Indonesia mendukung penuh kebijakan energi global yang mendorong penggunaan energi terbarukan guna mengurangi emisi karbon yang berasal dari sumber energi fosil. Kapasitas pembangkit listrik yang berasal dari pemanfaatan energi terbarukan (EBT) di Indonesia sendiri tercatat telah tercapai hingga 12 GW pada pertengahan tahun 2023. Hal ini didominasi oleh tenaga air (6 GW) diikuti dengan biomassa (3 GW), panas bumi (2 GW), matahari (0,3 GW), angin (0,15 GW), serta gasifikasi batubara (0,03 GW). Namun, pencapaian ini nyatanya belum memenuhi target

yang diberikan oleh pemerintah. Salah satunya pemanfaatan biomassa yang baru mencapai 306 ribu ton dari target 1,08 juta ton pada tahun 2023 (Pribadi, 2023). Hal ini mendorong para peneliti untuk melakukan inovasi dalam pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi terbarukan.

Microbial fuel cell memanfaatkan aktivitas metabolisme mikroorganisme yang terdapat pada limbah untuk menghasilkan energi listrik. Teknologi ini dapat digunakan dalam proses produksi energi dengan bahan baku yang ramah lingkungan. Mikroorganisme yang melakukan proses metabolisme akan menyebabkan senyawa organik terurai menjadi ion hidrogen dan oksigen sehingga akan dihasilkan elektron dan proton pada bagian sel anoda. Elektron yang dihasilkan akan menuju sel katoda melalui sirkuit internal, sementara proton akan ditransfer ke sel katoda melalui *proton exchange membrane* (PEM) berupa jembatan garam (*salt bridge*). Selain ramah lingkungan, kelebihan lain dari sistem *microbial fuel cell* adalah pertumbuhan mikroorganisme pada substrat yang akan menggantikan peranan katalis (Fasha et al., 2023).

Salah satu limbah yang dihasilkan dari proses produksi tahu adalah limbah cair. Limbah cair tahu biasanya dibuang ke saluran air tanpa diproses terlebih dahulu. Hal ini seringkali menyebabkan timbulnya padatan halus yang menyumbat saluran air di sekitar pabrik.

Taguchi merupakan pendekatan untuk menemukan kombinasi terbaik pada suatu proses produksi barang maupun jasa (Wulandari et al., 2022). Pendekatan ini digunakan untuk merancang atau meningkatkan produktivitas selama proses R&D sehingga dapat dihasilkan produk berkualitas tinggi dengan biaya dan waktu yang seminimum mungkin (Pratama, 2019). Melalui penggunaan desain eksperimen, Taguchi digunakan untuk mengidentifikasi komponen utama yang menentukan karakteristik kualitas proses dan produk.

Putra, dkk. (2018) melakukan analisa mengenai produksi energi listrik yang dihasilkan menggunakan *microbial fuel cell* pada proses pengolahan air limbah. Berdasarkan analisa mereka, didapatkan bahwa sistem *microbial fuel cell* dapat menghasilkan arus listrik maksimum sebesar 0,9201 mA dengan

substrat air limbah *inlet* dari IPAL di Cikoneng (Putra et al., 2018). Di tahun 2022, dilakukan studi mengenai pemanfaatan limbah cair ikan dan udang pada sistem *microbial fuel cell* oleh Alif, dkk (Alif et al., 2022). Dalam studi yang mereka lakukan, penggunaan lempengan elektroda kombinasi seng-tembaga selama 117 jam pada substrat limbah cair ikan menghasilkan arus listrik sebesar 6,86 mA dengan tegangan 1,469 V sementara penggunaan lempengan elektroda kombinasi aluminium-tembaga selama 117 jam pada substrat limbah udang mampu menghasilkan arus listrik sebesar 4,38 mA dan tegangan 1,335 V. Penelitian ini akan menganalisa bagaimana penggunaan limbah cair tahu yang dikombinasikan dengan air cucian beras sebagai substrat dalam memproduksi energi listrik melalui sistem *microbial fuel cell*. Inovasi yang ditambahkan pada penelitian adalah penggunaan bioaktivator berupa *Effective Microorganism 4* (EM4) sebagai tambahan nutrisi bagi mikroorganisme yang terdapat pada limbah. Penentuan komposisi parameter terbaik akan dilakukan menggunakan metode Taguchi dengan memvariasikan rasio persentase limbah cair tahu dan air cucian beras, waktu inkubasi, serta jumlah pemberian bioaktivator untuk mendapatkan arus listrik maksimum menggunakan sistem *microbial fuel cell*.

TINJAUAN PUSTAKA

Tahu merupakan produk makanan olahan dari Tiongkok dengan bahan dasar kacang kedelai yang telah mengalami proses koagulasi. Kualitas dari produk tahu sangat dipengaruhi oleh koagulan dan proses pembuatannya. Pada umumnya, tahu mengandung 84-90% air, 5-8% protein, 3-4% lemak, dan 2-4% karbohidrat (Syarifah, 2018). Limbah cair tahu mengandung protein dan asam amino yang tinggi. Komposisi senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair tahu sebagian besar berupa protein sebanyak 40-60%, diikuti oleh karbohidrat 25-50%, dan lemak sekitar 10% (Amalia et al., 2022). Mikroorganisme khususnya bakteri paling berpengaruh pada proses pengolahan air limbah. Beberapa bakteri seperti *methanothermus*, *methanosphaera*, *methanospirillum*, *methanococcus*, dan *methanomicrobium* yang terkandung dalam limbah cair tahu dapat memecah substrat

sehingga akan dihasilkan energi listrik (Susilawati et al., 2011).

Air cucian beras putih mengandung berbagai unsur, seperti nitrogen, fosfor, magnesium, serta sulfur yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan air cucian beras merah (Wulandari et al., 2013). Bagian kulit ari mengandung sebagian besar nutrisi pada beras. Biasanya, air cucian pertama beras akan berwarna keruh selama proses pencucian yang dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan terluar beras juga ikut terkikis. Selama pencucian beras, terdapat sekitar 16,3% fosfor, 14,3% magnesium, serta unsur lain dalam jumlah kecil yang terlarut dalam air.

Microbial fuel cell merupakan sebuah sistem bio-elektrokimia yang memanfaatkan reaksi oksidasi dari senyawa organik dan anorganik dengan bantuan mikroorganisme untuk menghasilkan energi listrik. Komponen yang terdapat pada sistem ini sama dengan *fuel cell*, yaitu terdiri dari anoda, katoda, serta elektrolit. Kultur mikroorganisme digunakan sebagai komponen anoda dan berfungsi sebagai enzim sehingga akan dihasilkan substrat yang lebih murah. Keunggulan *microbial fuel cell* jika dibandingkan dengan *fuel cell* adalah sistem ini dapat menghasilkan listrik dari sampah organik maupun biomassa yang bersifat terbarukan. Bakteri pada substrat berperan sebagai katalis dan beradaptasi dengan berbagai senyawa organik untuk menghasilkan elektron. Contoh senyawa organik yang dapat digunakan sebagai substrat adalah protein, asam amino, asam lemak, dan sebagainya. Beberapa faktor seperti laju penurunan bakteri, transfer proton dan elektron dapat mempengaruhi keberlangsungan sistem *microbial fuel cell*. Selain itu, aktivitas mikroba dan substrat yang digunakan juga dapat mempengaruhi kinerja *microbial fuel cell*. Efisiensi dari sistem ini dapat dipengaruhi oleh temperatur. Hal ini dikarenakan temperature berhubungan langsung dengan kinetika bakteri, laju reaksi oksigen yang dikatalisis oleh katoda, serta laju transfer proton melalui larutan.

Teknologi *microbial fuel cell* memerlukan elektroda berupa anoda dan katoda dikarenakan cara kerjanya yang bergantung pada prinsip elektrokimia. Bahan yang digunakan sebagai anoda harus konduktif, *biocompatible*, dan stabil secara kimia dalam larutan bioreaktor. Baja tahan karat yang bersifat tidak korosif dapat digunakan sebagai elektroda di bagian anoda. Bahan berbasis karbon sering digunakan sebagai anoda dalam sistem *microbial fuel cell*. Penggunaan karbon sebagai anoda dikarenakan bahan ini memiliki konduktivitas yang tinggi, bersifat stabil, struktur cenderung kuat, serta sifat permukaannya sesuai untuk pengembangan *biofilm* sementara pelat grafit dapat digunakan sebagai elektroda di bagian katoda.

Pada aplikasinya, pendekatan Taguchi terdiri dari beberapa tahapan seperti penentuan faktor kendali, pemilihan *orthogonal array*, analisis *mean* dan *signal to noise ratio* (SNR), serta analisis varians (ANOVA). Dengan mempertimbangkan banyak faktor dan tingkat, *orthogonal array* digunakan untuk mengurangi jumlah eksperimen yang harus dilakukan dengan metode konvensional sehingga mengurangi jumlah waktu yang dihabiskan untuk melakukan eksperimen (Wulandari et al., 2022). Sementara itu, tahapan ANOVA dilakukan guna mengetahui pengaruh setiap faktor kendali yang telah dipilih terhadap hasil eksperimen (Aprilyanti & Suryani, 2020).

METODE PENELITIAN

Kombinasi limbah cair tahu dan air cucian beras digunakan sebagai substrat. Penelitian dimulai dengan menentukan faktor kendali yang akan digunakan. Adapun faktor kendali yang ditentukan meliputi rasio substrat, waktu inkubasi, serta persentase penambahan bioaktivator berupa *Effective Microorganism 4 (EM4)*. Faktor kendali yang telah dipilih selanjutnya dipecah kembali berdasarkan level yang digunakan. Penelitian ini menggunakan tiga level pada masing-masing faktor kendali. Penentuan faktor kendali beserta level yang telah dipilih ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor Kendali dan Level

Simbol	Faktor Kendali	Satuan	Level		
			1	2	3
A	Rasio substrat		20 : 80	50 : 50	80 : 20
B	Waktu inkubasi	Hari	1	2	3
C	Bioaktivator	%	0	5	10

Tahapan selanjutnya adalah memilih *orthogonal array* yang akan digunakan. *Orthogonal array* yang dipilih pada penelitian ini adalah L₉. Hal ini menunjukkan bahwa dilakukan 9 kali eksperimen dengan 3 kali pengulangan pada pengambilan data. Tabel 2 menampilkan desain eksperimen yang akan dilakukan berdasarkan *orthogonal array* yang telah dipilih.

Tabel 2. Orthogonal Array L₉

Eksperimen	Faktor Kendali		
	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Pengambilan data arus listrik dilakukan dengan tiga kali pengulangan. Selanjutnya data akan dianalisa menggunakan *Minitab 21 statistic software* untuk mendapatkan nilai *mean* serta *signal to noise ratio* (SNR). Penentuan nilai akan memberikan usulan komposisi parameter terbaik dari masing-masing faktor kendali untuk mendapatkan nilai arus listrik maksimum dari penggunaan sistem *microbial fuel cell*. Analisis varians (ANOVA), yang dilakukan menggunakan *software* yang sama, dilakukan untuk mengetahui pengaruh masing-masing faktor kendali. ANOVA bertujuan untuk membandingkan rata-rata pengujian antar grup. Kelebihan dari analisis ini yaitu dapat dilakukan untuk membandingkan perbedaan lebih dari dua grup. Hasil dari ANOVA berupa nilai F_{hitung} yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai F_{tabel} . Jika :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_n$$

maka tidak ada perbedaan yang signifikan antara rata-rata hitung dari n kelompok

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu_n$$

maka ada perbedaan yang signifikan antara rata-rata hitung dari n kelompok

Data yang didapatkan selanjutnya diuji dan diolah secara statistik dengan mengajukan hipotesis awal, jika :

H_0 = sampel belum mencukupi untuk dianalisis lebih lanjut

H_1 = sampel telah mencukupi untuk dianalisis lebih lanjut

dimana $S_{ig} > 0,5$ maka H_0 diterima sementara $S_{ig} < 0,5$ maka H_0 ditolak

Hasil akhir dari ANOVA akan menunjukkan persentase kontribusi dari masing-masing faktor kendali terhadap eksperimen yang dilakukan. Ini akan memungkinkan kita untuk menentukan faktor mana yang memiliki pengaruh paling besar dalam menghasilkan nilai arus listrik maksimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem *microbial fuel cell* pada eksperimen ini memanfaatkan limbah cair tahu

yang dikombinasikan dengan air cucian beras sebagai substrat yang diisikan pada sel anoda. Sel anoda ini selanjutnya dihubungkan dengan larutan elektrolit yang berada di dalam sel katoda menggunakan jembatan garam (*salt bridge*). Larutan elektrolit yang digunakan berupa KMnO_4 . Kedua larutan ini dihubungkan menggunakan kabel penghubung ke multimeter untuk diukur arus listrik yang dihasilkan dari aktivitas metabolisme mikroorganisme yang terkandung dalam substrat. Hasil pengukuran arus listrik dari eksperimen yang telah dilakukan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Arus Listrik dari Pengujian Sistem *Microbial Fuel Cell*

Eksperimen	Arus Listrik (mA)		
	1	2	3
1	0,888	0,889	0,892
2	0,786	0,786	0,786
3	0,658	0,656	0,658
4	1,015	1,016	1,015
5	0,785	0,785	0,785
6	0,854	0,854	0,855
7	0,908	0,908	0,908
8	0,835	0,835	0,835
9	0,866	0,866	0,866

Data yang didapatkan kemudian dihitung nilai *mean* dan *signal to noise ratio* (SNR) menggunakan *Minitab 21 statistic software*. Untuk perhitungan *mean* dan SNR digunakan karakteristik *Larger is Better*, dimana arus listrik yang semakin tinggi memberikan indikasi bahwa komposisi faktor kendali yang digunakan semakin baik. Berikut ditampilkan hasil analisis nilai *mean* dan SNR pada pengujian sistem *microbial fuel cell*.

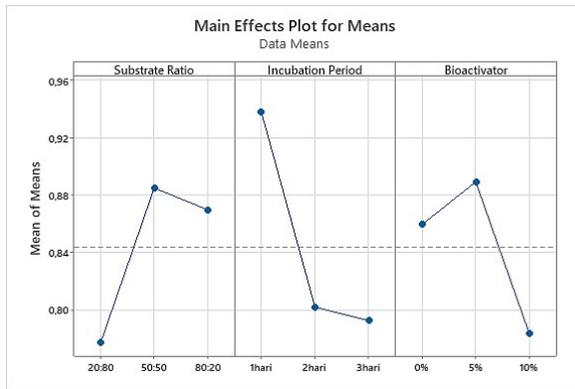
Tabel 4. Nilai *Mean* dan SNR

Eksperimen	Mean (mA)	SNR
1	0,890	-1,016
2	0,786	-2,092
3	0,657	-3,644
4	1,015	0,132
5	0,785	-2,103
6	0,854	-1,367
7	0,908	-0,838
8	0,835	-1,566
9	0,866	-1,250
Jumlah	7,597	-13,743
Rata-rata	0,844	-1,527

Berdasarkan Tabel 4, nilai *mean* arus listrik tertinggi untuk pengujian sistem *microbial fuel cell* berada pada eksperimen keempat yaitu 1,015 mA, sementara nilai terendah didapatkan pada eksperimen ketiga yaitu 0,657 mA. Jumlah nilai *mean* untuk 9 kali eksperimen yang telah dilakukan adalah 7,597 mA sehingga rata-rata untuk satu kali eksperimen sistem *microbial fuel cell* akan menghasilkan arus listrik sebesar 0,844 mA. Pada penentuan nilai SNR, didapatkan hasil dimana nilai SNR tertinggi berada pada eksperimen keempat yaitu 0,132 sementara nilai terendah berada pada eksperimen ketiga yaitu -3,644. Jumlah SNR dari 9 kali eksperimen adalah -13,743 atau menghasilkan nilai SNR sebesar -1,527 pada tiap eksperimen. Nilai *mean* dan SNR yang diperoleh selanjutnya dianalisa untuk mengetahui pengaruh masing-masing faktor kendali terhadap nilai arus listrik yang dihasilkan. Tabel 5 dan 6 menunjukkan pengaruh dari masing-masing faktor kendali pada nilai *mean* dan SNR dan digambarkan secara grafik pada Gambar 3 dan 4.

Tabel 5. Pengaruh Faktor Kendali pada *Mean*

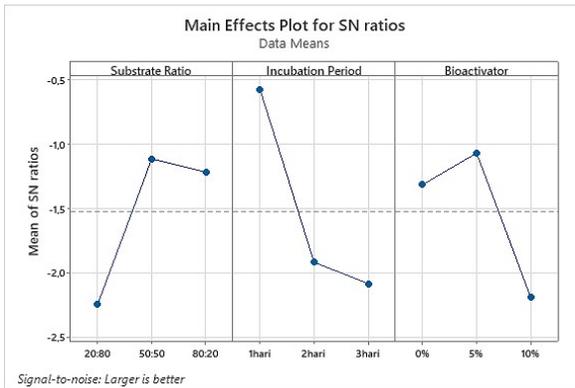
Level	A	B	C
1	0,778	0,938	0,860
2	0,885	0,802	0,889
3	0,870	0,793	0,783
Delta	0,107	0,145	0,106
Peringkat	2	1	3



Gambar 3. Pengaruh Faktor Kendali pada Mean

Tabel 6. Pengaruh Faktor Kendali pada SNR

Level	A	B	C
1	-2,251	-0,574	-1,316
2	-1,113	-1,920	-1,070
3	-1,218	-2,087	-2,195
Delta	1,138	1,513	1,125
Peringkat	2	1	3



Gambar 4. Pengaruh Faktor Kendali pada SNR

Tabel 7. Analisa ANOVA

Faktor Kendali	DF	Seq SS	Kontribusi	Adj SS	Adj MS	Nilai F	Nilai P
A	2	0,0202	25,92%	0,0202	0,0101	64,87	0,015
B	2	0,0396	50,77%	0,0396	0,0198	127,06	0,008
C	2	0,0178	22,90%	0,0178	0,0089	57,32	0,017
Error	2	0,0003	0,40%	0,0003	0,0001		
Total	8	0,0790	100,00%				
S	0,0125						
R-Sq	99,60%						

Dari Tabel 7 didapatkan bahwa nilai F_{hitung} untuk faktor kendali A, B, dan C masing-masing adalah 64,87; 127,06; dan 57,32. Nilai ini akan digunakan untuk mengetahui bagaimana

Dari hasil analisa *mean* dan SNR yang ditampilkan pada Tabel 5 dan 6, didapatkan bahwa waktu inkubasi memberikan pengaruh yang lebih dominan pada arus listrik yang dihasilkan diikuti oleh rasio substrat dan penambahan bioaktivator. Hal ini terlihat pada nilai delta faktor kendali B yang lebih tinggi dibandingkan dengan kedua faktor kendali lainnya, baik pada nilai *mean* maupun SNR. Usulan komposisi parameter terbaik yang diberikan untuk menghasilkan nilai arus listrik yang maksimum berdasarkan analisa yang dilakukan adalah penggunaan waktu inkubasi selama 1 hari dengan rasio substrat 50 : 50 dan 5% bioaktivator sebagai tambahan nutrisi bagi mikroorganisme.

Analisis varians (ANOVA) dilakukan dengan penggunaan tingkat signifikansi sebesar 95%. Nilai ini dipilih untuk meningkatkan ketelitian dalam melakukan analisis atau meminimalkan *error* yang terjadi dari total eksperimen yang dilakukan. Tabel 7 menampilkan hasil analisis varians terhadap nilai arus listrik yang dihasilkan.

masing-masing faktor kendali mempengaruhi nilai arus listrik yang dihasilkan dari eksperimen. Hipotesis H_0 akan mengindikasikan bahwa pengaruh yang

diberikan tidak signifikan terhadap arus listrik yang dihasilkan sementara hipotesis H1 memberikan indikasi bahwa faktor kendali

memberikan pengaruh yang signifikan. Hasil ini didapatkan dengan cara membandingkan nilai F_{hitung} dengan F_{tabel} .

Tabel 8. Hasil Uji Statistik

Faktor Kendali	F_{hitung}	F_{tabel}	Hipotesis	Keterangan
A	64,870	5,410	H1	Signifikan
B	127,060		H1	Signifikan
C	57,320		H1	Signifikan

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa ketiga faktor kendali yang digunakan sama-sama memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai arus listrik pada eksperimen sistem *microbial fuel cell*. Hal ini terlihat pada nilai F_{hitung} dari ketiga faktor kendali yang melebihi nilai F_{tabel} sehingga didapatkan indikasi H1 atau memberikan pengaruh yang signifikan untuk masing-masing faktor kendali. Pengaruh yang paling signifikan diberikan oleh waktu inkubasi dengan nilai F_{hitung} sebesar 127,06 diikuti dengan rasio substrat sebesar 64,87 dan penambahan bioaktivator sebesar 57,320. Pernyataan ini didukung pula dengan nilai persentase kontribusi yang diberikan pada Tabel 7, dimana waktu inkubasi berkontribusi paling tinggi terhadap arus listrik yang dihasilkan yaitu sebesar 50,77% pada eksperimen yang dilakukan, diikuti dengan rasio substrat dan persentase penambahan bioaktivator masing-masing sebesar 25,92% dan 22,90%. Eksperimen yang dilakukan juga masih dipengaruhi oleh faktor lain, namun masih dalam persentase yang sangat kecil yaitu 0,40% sehingga pengaruh dari ketiga parameter diatas terhadap arus listrik yang dihasilkan dari sistem *microbial fuel cell* adalah 99,60%.

SIMPULAN

Microbial Fuel Cell sebagai teknologi dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dapat dijadikan salah satu pilihan dalam pemanfaatan biomassa, khususnya limbah. Faktor yang memberikan kontribusi paling besar pada nilai arus listrik melalui sistem *microbial fuel cell* dengan bahan substrat kombinasi limbah cair tahu dan air cucian beras adalah waktu inkubasi sebesar 50,77%, diikuti rasio substrat serta penambahan bioaktivator yang masing-masing sebesar 25,92% dan 22,90%.

Faktor lain masih mempengaruhi pengujian yang dilakukan, namun dalam persentase yang sangat kecil yaitu 0,40% sehingga pengaruh dari ketiga parameter diatas terhadap arus listrik melalui sistem *microbial fuel cell* adalah 99,60%. Usulan komposisi parameter terbaik yang diberikan untuk menghasilkan nilai arus listrik maksimum dari penelitian dan analisa yang telah dilakukan adalah penggunaan waktu inkubasi selama 1 hari dengan rasio substrat 50 : 50 serta 5% bioaktivator sebagai tambahan nutrisi bagi mikroorganisme.

UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel jurnal ini ditulis oleh R.A. Nurul Moulita dan Faizah Suryani dari Program Studi teknik Industri berdasarkan hasil penelitian Analisis Kombinasi Limbah Cair Tahu dan Air Cucian Beras pada Sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC) Menggunakan Desain Eksperimen Taguchi yang dibiayai oleh Yayasan Pendidikan Nasional Tridinanti (YPNT) melalui Program Hibah Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Tahun 2023. Isi sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Alif, A., Baari, M. J., & Febryanti, A. (2022). Studi Pemanfaatan Limbah Cair Ikan dan Udang sebagai Substrat dalam Produksi Listrik pada Sistem Microbial Fuel Cell (MFC). *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 8(3), 238–247. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2022.v8.i3.16033>
- Amalia, R. N., Devy, S. D., Kurniawan, A. S., Hasanah, N., Destephani, E., Anis, D., Ratnawati, A., Fadil, F. M., Syarif, N. A., & Aturdin, G. A. (2022). Potensi Limbah

- Cair Tahu sebagai Pupuk Organik Cair di RT . 31 Kelurahan Lempake Kota Samarinda. *ABDIKU:Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Mulawarman*, 1(1).
- Aprilyanti, S., & Suryani, F. (2020). PENERAPAN DESAIN EKSPERIMEN TAGUCHI UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS PRODUKSI BATU BATA DARI SEKAM PADI. In *Jurnal Teknik Industri* (Vol. 15, Issue 2).
- Fasha, M. A., Kirom, M. R., & Fitriyanti, N. (2023). Analisis Pengaruh ketebalan Proton Exchange Membrane berongga pada Microbial Fuel Cell Dual Chamber Terhadap hasil Produksi Energi Listrik Analysis of the Effect of Hollow Proton Exchange Membrane Thickness on Electrical Energy Production Results. *E-Proceeding of Engineering*, 10(1), 16–23.
- Pratama, R. M. (2019). *Eksperimen Pengembangan Produk Kopi pada Cafe Barak Kopi Dengan Menggunakan Metode Taguchi* [Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau]. <http://repository.uin-suska.ac.id/24216/>
- Pribadi, A. (2023). Kapasitas Terpasang EBT Capai 12,7 GW, Ini Gerak Cepat Pemerintah Serap Potensi EBT. *KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA*. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2023/07/24/3536/kapasitas.terpasang.ebt.capai.127.gw.ini.gerak.cepat.pemerintah.serap.potensi.ebt>
- Putra, F. A., Ramdhan, M., Si, K. S., Si, M., Iskandar, R. F., & Pd, S. (2018). *Analisis Produksi Energi Listrik Dari Microbial Fuel Cell Dengan Pengolahan Limbah Air* *Electrical Energy Production Analysis of Microbial Fuel Cell With Waste Water Treatment*. 5(3), 5610.
- S., R. (2023). *2023 Jadi Tahun dengan Suhu Terpanas Sepanjang Sejarah, Ahli Sains Umsida Jelaskan Penyebabnya*. Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. <https://umsida.ac.id/2023-jadi-tahun-dengan-suhu-terpanas-selama-seabad/>
- Susilawati, I. O., Oedjijono, & Lestari, S. (2011). Karakterisasi dan Identifikasi Bakteri Metanogenik yang Terlibat dalam Biodegradasi Limbah Cair Tahu. *Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan Hidup Berbasis Kearifan Lokal*.
- Syarifah, U. (2018). *VARIASI CAMPURAN KACANG TUNGGAK (Vigna unguiculata) PADA PEMBUATAN TAHU DITINJAU DARI SIFAT FISIK, SIFAT ORGANOLEPTIK DAN KADAR KALSIMUM* [Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Yogyakarta]. <http://eprints.poltekkesjogja.ac.id/239/>
- Wulandari, C. G. M., Muhartini, S., & Trisnowati, S. (2013). Pengaruh Air Cucian Beras Merah Dan Beras Putih Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil (*Lactuca sativa* L.). *Vegetalika*, 1(2), 24–35. <https://jurnal.ugm.ac.id/jbp/article/viewFile/1516/1313>
- Wulandari, Wardana, M. W., & Sidiq, A. (2022). Peningkatan Kualitas Produk Kue Lipat Semprong Menggunakan Metode Taguchi (Studi Kasus : Usaha Kecil dan Menengah Bu Lastri). *Jurnal Teknik Industri UNISI (JUTI-UNISI)*, 6(1), 1–8.