

PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI *Eschericia coli*O₁₅₇:H₇ TERHADAP PRODUKSI ENERGI LISTRIK PADA SEL BAHAN BAKAR URINE

Oleh :
Subur Pramono¹ , Erika Rani²

ABSTRAK: Krisis energi merupakan faktor yang sangat urgen dalam penerapan ilmu pengetahuan, oleh karena itu dibutuhkan suatu metode penemuan sumber energi yang dapat diperbaharui; alternatif dan efisien sehingga dapat dijadikan solusi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh urine. Bakteri yang digunakan sebagai katalisator adalah bakteri *Eschericia coli* O157:H7 yang termasuk *strain human*. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan bakteri *Eschericia coli* O157:H7 terhadap produksi energi listrik pada sel bahan bakar urine, serta untuk mengetahui efisiensi kerja sistem *microbial fuel cell* (MFC) dual chamber dalam menghasilkan energi listrik tertinggi pada masing-masing penambahan bakteri. Metode penghitungan jumlah koloni dan/atau volume bakteri *Eschericia coli* O157:H7 yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Optical Density*. Berdasarkan penelitian ini didapatkan densitas daya per satuan luas elektroda sebesar 8003 mW/m² pada saat OD 0,6. Kuat arus maksimum yang dihasilkan mencapai 0,149 mA pada saat OD 0,2 dan tegangan maksimumnya sebesar 453 mV pada saat OD 0,6. Nilai efisiensi yang dihasilkan adalah dalam range 12,49% sampai 27,76% dengan efisiensi tertinggi 27,76 % pada perlakuan OD 0,6. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan bakteri *Eschericia coli* O157:H7 dengan metode optical density (OD 0,6) ke dalam 850 ml urine dalam kompartemen anoda mampu meningkatkan produksi energi listrik MFC dual chamber.

Katakunci: *Eschericia coli* O157:H7, *Optical Density* (OD), *microbial fuel cell* (MFC), Urine.

ABSTRACT: Energy crisis is very urgent in the application of science, therefore the required method of discovery renewable energy sources; an alternative; and more efficient, so that it can be made into solution of environmental pollution caused by urine. The reactor used in this research is microbial fuel cell (MFC) dual chamber that uses 850 ml of urine as a mediator (anolit) and a aquadest who were given oxygen flow as electron acceptors (katolit). The electrode being used in this study is the silver electrodes with surface area 60 cm². Bacteria are used as a catalyst is bacteria *Eschericia coli* O157:H7, including human strains.

This researchs aims to study the influence of addition of bacteria related to the production of electrical energy in a urine fuel cells, and knowing efficiency system works microbial fuel cells dual chamber in generating the highest electrical energy in each addition bacteria. A method of calculating the number of colonies and/or volume bacteria *Eschericia coli* O157:H7 used in this research is a method of optical density (OD).

Based on this research, it acquired the power density per unit area electrodes as much as 8003 mW/m² OD 0,6 at the time. A strong current of maximum produced reached 0,149 mA at the time of OD 0,2 and voltage maximum velocity at 453 mV when OD 0,6.the value of the efficiency with which produced are in range 12,49% to 27,76% with highest efficiency 27,76% in treatment OD 0,6. From this research it can be concluded that the addition of bacteria *Eschericia coli* O157:H7 with method of Optical Density (OD 0,6) into 850 ml urine in the anode compartment able to improve the productin of electrical energy output microbial fuel cells (MFC) dual chamber.

Keywords: *Eschericia coli* O157: H7, *Optical Density* (OD), *Microbial Fuel Cell* (MFC), Urine.

^{1,2} Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
(pram.subur@gmail.com)

PENDAHULUAN

Energi merupakan sumber daya yang dapat digunakan untuk melakukan berbagai proses kegiatan termasuk bahan bakar, listrik, energi mekanik dan panas. Sumber energi merupakan sebagian dari sumber daya alam yang meliputi minyak dan gas bumi, batu bara, air, panas bumi, gambut, biomassa dan sebagainya, baik secara langsung atau tidak langsung yang dapat dimanfaatkan sebagai energi[3].

Kebutuhan energi dari tahun ke tahun terus meningkat, krisis energi dan masalah lingkungan seperti pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah industri atau limbah dari manusia, serta maraknya arus globalisasi yang terjadi membuat manusia berusaha mencari sumber energi alternatif yang bersifat terbarukan, efisien dan tidak memberikan dampak pencemaran terhadap lingkungan.

Microbial Fuel Cell (MFC) merupakan salah satu cara untuk memproduksi energi secara berkesinambungan dalam bentuk listrik dari bahan-bahan yang dapat di degradasi. MFC adalah alat untuk mengkonversi energi kimia menjadi energi listrik dengan bantuan reaksi katalitik dari mikroorganisme[2].

MFC membangkitkan listrik dengan mengoksidasi bahan organik secara anaerob melalui bantuan bakteri. Aktivitas katalitik dan transfer proton dilakukan dengan menggunakan enzim atau tambahan mediator[6].

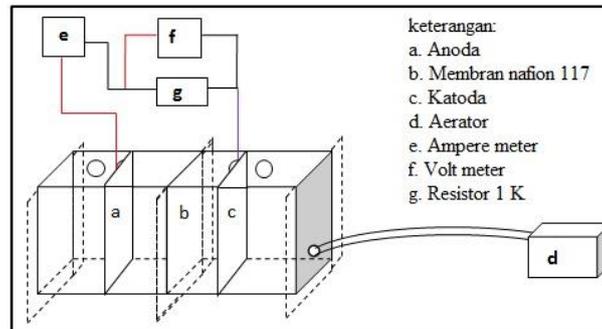
Penelitian yang mengkaji terkait pemanfaatan urine sebagai pembangkit energi listrik pada sistem fuel cell adalah penelitian Ieropolous dkk. (2011) yang menggunakan urine sebagai mediator dengan volume 25 ml; elektroda karbon 270 cm²; dalam variasi pengukuran kuat arus dan tegangan selama 1 tahun. Urine yang didistribusikan ke bilik anoda dilakukan secara terus menerus. dari penelitian tersebut Ieropolous mendapatkan nilai kuat arus maksimum sebesar 0,25 mA dan kuat arus maksimum setelah ternormalisasi dengan luas permukaan elektroda adalah sebesar 2,9 mA/m². Adapun efisiensinya adalah berkebalikan dengan jumlah urine yang ditambahkan sebagai bahan bakar. Dalam volume urine 25 ml dia mendapatkan nilai efisiensi sebesar 60-70% namun untuk volume kurang dari 700 ml didapatkan nilai efisiensi total sistem sebesar 22-30% [4].

Penelitian selanjutnya adalah yang dilakukan oleh Ming (2008) yang mengkaji pemanfaatan bakteri *Escherichia coli* pada sistem Microbial Fuel Cell. Dalam studi tersebut Ming menggunakan *E. Coli* sebagai biokatalis dan methylene blue sebagai mediator elektron. Dari studi tersebut Ming mendapatkan densitas daya per satuan luas elektroda sebesar 263,94 mW/m² yang dikaitkan dengan nilai kuat arus keluaran sebesar 1287 mA/m². Hambatan internal yang didapatkan pada reaktor yang digunakan adalah sebesar 200Ω. Dilanjutkan pada perlakuan penambahan bakteri *Escherichia coli* pada MFC pada reaktor yang sama dengan tanpa menghilangkan biofilm yang terbentuk pada elektroda didapatkan densitas arus maksimum adalah sebesar 612,50 mA/m² dan daya keluaran maksimum sebesar 166,67 mW/m² pada durasi waktu 240 menit[9].

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental berbasis laboratorium yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan bakteri *Escherichia coli* O157:H7 dengan menggunakan metode optical density (OD) dalam memproduksi energi listrik pada sel bahan bakar urine dengan menggunakan reaktor Microbial Fuel Cells (MFC) dual chamber, serta untuk mengetahui nilai efisiensi kerja sistem MFC pada masing-masing perlakuan penambahan bakteri (OD).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem elektrokimia *dual chamber* yang terdiri dari elektroda perak pada masing-masing bilik yang berukuran 50 cm^2 sebagai *half cell*. Dalam hal ini sistem dipisahkan oleh membran nafion 117 yang berukuran 60 cm^2 yang berfungsi meloloskan ion H^+ dan kation lainnya atau biasa disebut *cation exchange membrane*. Masing-masing bilik dapat menampung larutan 1000 ml.



Gambar 1. Desain Microbial Fuel Cell Dual Chamber

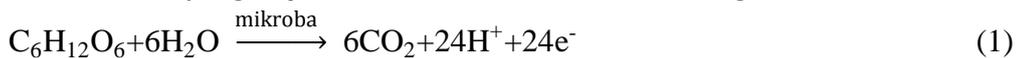
Pada bilik anoda diisi urine 850 ml yang digunakan sebagai substrat atau mediator bagi bakteri *Eschericia coli* O157:H7 untuk melakukan metabolisme dalam hal ini adalah proses penguraian zat organik dalam urine sehingga dihasilkan elektron dan ion H^+ dan kation jenis lainnya. Penambahan bakteri yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mulai tanpa bakteri atau 0 OD, lalu 0,2 OD; 0,4 OD; 0,6 OD, 0,8 OD dan 1 OD. Ketika elektron mengalir melalui sirkuit eksternal, maka nilai kuat arus maksimum sel dan beda potensialnya dapat diukur dengan menggunakan multimeter digital, nilai hambatan internal dari sistem MFC *dual chamber* pada penelitian ini dapat diketahui dengan memasang nilai hambatan luar yang mana dalam penelitian ini digunakan hambatan luar sebesar 1000Ω . Pada bilik katoda diisi dengan aquadest yang diberi aliran oksigen dari udara lingkungan yang berfungsi sebagai penangkap elektron (electron acceptor) dan ion H^+ sehingga terjadi reaksi kimia yang menghasilkan air.

Dalam penelitian ini digunakan reaktor dual chamber yang terdiri atas kompartemen anoda dan kompartemen katoda. Dalam hal ini, substrat atau larutan yang digunakan adalah urine manusia dewasa yang memiliki berat badan ideal dan tidak menderita penyakit urogenital. Adapun kandungan urine yang ditinjau dalam penelitian kali ini adalah sebagian kecil glukosa yang terdapat dalam urine yang berasal dari donatur. Urine disini diperlakukan sebagai substrat organik yang nantinya dimanfaatkan oleh bakteri *Eschericia coli* O157:H7 sebagai sumber energi dan karbon. Karena jika meninjau dari pernyataan Smith (1968), sebagian kecil *hexose* (glukosa) dan *pentose* (arabinose) dapat dijumpai dalam urine normal atau dengan kata lain adalah urine yang diekskresikan oleh manusia sehat. Pada dasarnya bakteri spesies *Eschericia coli* ini memanfaatkan substrat organik seperti glukosa dalam siklus metabolismenya yang nantinya akan menghasilkan H_2 .

Bakteri *Eschericia coli* O157:H7 merupakan bakteri gram negatif yang biasa hidup dalam usus manusia yang tergolong ke dalam strain human. Bakteri jenis ini biasanya mempunyai virulensi yang tinggi jika mengalami kontak langsung dengan manusia, yang

mengakibatkan penyakit *Haemolytic Uraemic Syndrom* (HUS) yang merupakan infeksi pada saluran kencing. Strain O157:H7 ini mempunyai *phili* atau serabut halus yang merekat pada badan sel yang berfungsi sebagai pemindah ATP dari lingkungan ke dalam bagian sel atau sebaliknya, yaitu mentransfer zat-zat ekskresi dan ion positif H⁺ ke luar badan sel menuju lingkungan. Jenis bakteri ini biasanya hidup dalam keadaan anaerob atau aerobik fakultatif. Dalam hal ini, strain O157:H7 ini masih mampu untuk hidup dalam keadaan lingkungan yang anoksida ataupun ketika masih ada sebagian oksigen yang terlarut dalam lingkungan dimana ia tumbuh dan berkembang biak.

Reaksi kimia yang terjadi dalam bilik anoda adalah sebagai berikut:

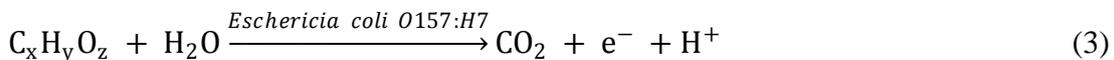


Dan reaksi yang terjadi dalam kompartemen katoda apabila menggunakan sistem katoda udara adalah sebagai berikut (Kuntke, 2012):

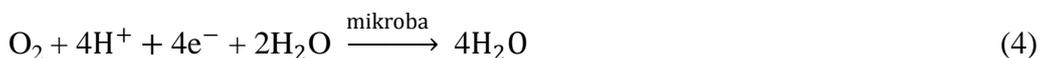


Dalam urine sendiri sebageian kecil terkandung zat gula seperti *hexose* (glukosa) dan *pentose* (arabinose) yang dapat digunakan oleh bakteri sebagai sumber energi dan karbon untuk melaksanakan metabolismenya. Dan pada bilik katoda oksigen yang berasal dari udara ambient dan elektron yang berasal dari sirkuit eksternal akan bereaksi dengan molekul air sehingga akan membentuk molekul air. Sehingga reaksi gula sederhana yang terjadi dalam dalam bilik anoda yang menghasilkan ion H⁺, elektron dan karbondioksida serta reaksi pembentukan air pada katoda dapat dituliskan sebagai berikut:

Anoda:



Katoda:



Tabel 1. Data Hasil Penelitian

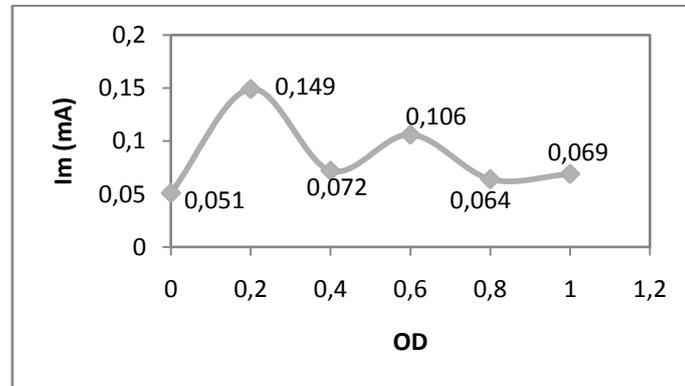
OD	Vm (mV)	Im (mA)	R = 1 K		Rint (Ω)	P (mW/m ²)	P (mW)	E (mJ)	η (%)
			V (mV)	I (mA)					
0	248	0,051	40,3	0,041	3862,8	2108	12,648	31,62	14,68
0,2	247	0,149	51,3	0,053	657,72	6133,83	36,803	91,98	14,65
0,4	213	0,072	41	0,0407	1958,3	2556	6,39	38,34	12,49
0.6	453	0,106	79	0,078	3273,6	8003	48,018	120,1	27,76
0,8	344	0,064	107,7	0,021	4375	3669,33	22,016	55,02	20,92
1	374	0,069	36,9	0,037	4420,3	4301	25,806	64,5	22,72

Pengaruh Penambahan Bakteri Terhadap Kuat Arus Maksimum

Berdasarkan tabel data hasil penelitian tersebut dapat dianalisa terkait hubungan kuat arus maksimum sebelum dinormalisasi dengan luas permukaan elektroda yang dihubungkan dengan variasi penambahan bakteri pada temperar hasil pengukuran pada saat pengambilan data, didapatkan nilai kuat arus maksimum 0,149 mA/m² pada perlakuan penambahan bakteri sebesar

0,6 OD pada saat temperatur optimum sebesar 25⁰C. Berdasarkan kurva tersebut nilai kuat arus maksimum mengalami fluktuasi yang cenderung berbanding lurus dengan variasi penambahan bakteri *E. Coli* O157:H7. Sehingga didapatkan bahwa variasi penambahan bakteri yang digunakan pada volume urine pada bilik anoda 850 ml yang optimum adalah pada saat OD 0,6 dalam 1 ml media NB.

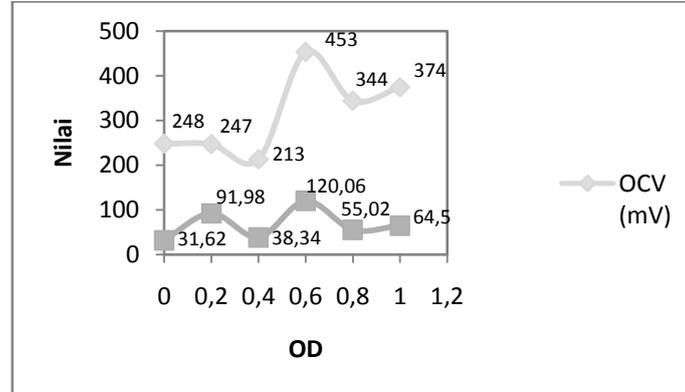
Berikut ini adalah kurva hubungan kuat arus maksimum dengan variasi penambahan bakteri pada temperatur optimum:



Gambar 2. Kurva Hubungan Kuat Arus Maksimum dengan Variasi Penambahan Bakteri (OD) pada Temperatur Optimum

Pengaruh Penambahan Bakteri (OD) Terhadap Energi dan Tegangan Maksimum Sel

Untuk nilai energi listrik dan tegangan maksimum yang didapatkan dari penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3 berikut:



Gambar 3. Kurva Hubungan Tegangan Maksimum dan Energi Listrik Pada Temperatur Optimum dengan Variasi Penambahan Bakteri

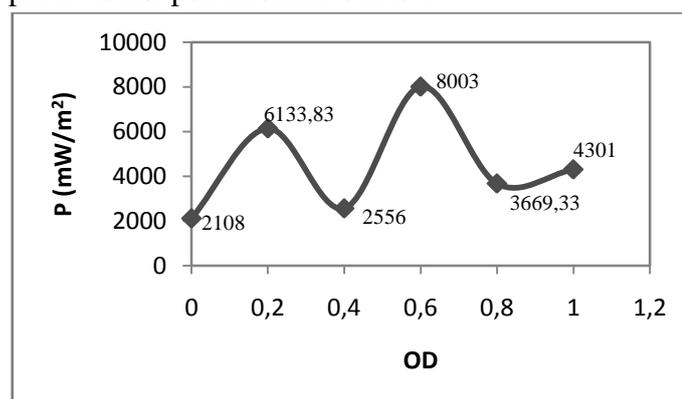
Berdasarkan gambar 3 tersebut didapatkan nilai energi listrik dari sistem MFC 120,06 mJ dan tegangan maksimum sebesar 453 mV pada saat diberi perlakuan penambahan bakteri *Eschericia coli* O157:H7 sebesar 0,6 OD. Merujuk pada kurva tersebut, nilai energi listrik dari MFC mengalami fluktuasi dalam hal ini mula-mula energi listrik mengalami kenaikan dari OD 0 sampai OD 0,2 kemudian sampai pada titik puncaknya yaitu pada saat nilai OD 0,6 yang memiliki kecenderungan berbanding lurus dengan penambahan bakteri. Berdasarkan grafik tersebut dapat dianalisa penambahan bakteri pada kompartemen anoda MFC sebesar OD 1 pada volume urine 850 ml tidak dapat menghasilkan energi listrik maksimum karena ketersediaan nutrisi dalam urine

sebagai media tumbuh bakteri *Eschericia coli* O157:H7 tidak dapat digunakan untuk mereplikasi dirinya, dalam hal ini material organik yang terkandung urine tidak sebanding dengan penambahan bakteri 1 OD mengakibatkan persaingan antar bakteri untuk memperebutkan makanan, sehingga metabolisme bakteri tidak dapat berjalan lancar

Pada penelitian kali ini juga dapat dikaji terkait pengaruh penambahan bakteri *Eschericia coli* O157:H7 terhadap nilai *power density* per satuan luas elektroda pada temperatur optimum. Adapun nilai *power density* maksimum yang dihasilkan dalam sistem MFC *dual chamber* pada penelitian ini adalah sebesar 8003 mW/m² pada variasi penambahan bakteri 0,6 dan temperatur optimum reaktor sebesar 25⁰C. Pada temperatur tersebut bakteri *Eschericia coli* berada dalam fase adaptasi hingga mereplikasi, karena pembelahan bakteri *Eschericia coli* melakukan pembelahan pada menit ke-20 setelah dipindahkan ke medium baru. Adapun penambahan bakteri pada urine adalah di dalam larutan *nutrient broth* (NB) 1 ml yang mengandung *yeast extract* dan *peptone* sebagai sumber energi tambahan selain kandungan gula sederhana yang ada pada urine seperti glukosa dan pentosa.

Pengaruh Penambahan Bakteri (OD) Terhadap Nilai *Power Density*

Berikut ini adalah kurva yang menunjukkan hubungan nilai daya maksimum per satuan luas elektroda pada variasi penambahan bakteri.



Gambar 4. Pengaruh Penambahan Bakteri *Eschericia coli* O157:H7 Terhadap *Power Density*

Berdasarkan gambar 4 tersebut, didapatkan bahwa dengan penambahan bakteri *Eschericia coli* O157:H7 pada bilik anoda akan mempengaruhi nilai daya keluaran sistem MFC *dual chamber*. Hal ini tidak terlepas oleh aktifitas bakteri yang ada dalam kompartemen anoda tersebut. Dalam menit ke-20 sampai menit ke-30 bakteri tersebut akan mereplikasi dirinya dengan cara pembelahan biner. Ukuran bakteri *Eschericia coli* O157:H7 adalah dalam kisaran 1 μm^3 volume selnya. Berarti dalam 1 ml larutan *nutrient broth* (NB) dalam kuvet akan mampu menampung 1 juta sel bakteri, jika diukur dengan spektrofotometer akan terbaca 1 OD. Dalam gambar 2.10 tersebut nilai tertinggi didapatkan ketika dalam bilik anoda ditambahkan bakteri 0,6 OD atau dalam kisaran 600.000 sel bakteri *Eschericia coli* O157:H7 untuk mendegradasi substrat organik yang kemudian menghasilkan ion H⁺ dan elektron untuk ditransfer menuju bilik katoda. Ketika terjadi aliran elektron melalui sirkuit eksternal tersebut maka nilai kuat arus keluaran dari sistem dapat diukur dengan menggunakan multimeter digital.

Pengaruh Penambahan Bakteri (OD) Terhadap Nilai Resistansi Internal Sistem

Hubungan resistansi internal dari sistem MFC *dual chamber* dengan variasi penambahan bakteri pada studi ini dapat dilihat pada gambar 5 yang dapat dianalisa bahwa pada saat perlakuan penambahan bakteri dalam kompartemen anoda 0,2 OD nilai resistansi dari reaktor MFC mengalami penurunan sebesar 3205,55 Ω . Akan tetapi, ketika ditambah ditambahkan variasi *Optical Density* dari 0,2 OD sampai 0,6 OD memiliki selisih nilai hambatan internal sebesar 1300,61 Ω . Pada saat penambahan bakteri dari OD 0,4 menjadi 0,6 OD akan mengalamai peningkatan nilai resistansi internal sebesar 3273,58 dengan selisih 1315,25 Ω ; dari 0,6 OD menjadi 0,8 OD mengalami peningkatan sebesar 4375 Ω dengan selisih 1101,42 Ω , sehingga pada variasi penambahan bakteri mulai dari 0,2 samapi 0,8 memiliki selisih nilai resistansi internal sebesar 1239,1 Ω . Pada saat nilai *optical density* ditingkatkan menjadi 1 OD dari 0,8 mengalami peningkatan resistansi internal sebesar 45,29 Ω . Adapun rumus yang digunakan untuk mencari nilai resistansi internal dari sistem MFC *dual chamber* dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan hubungan pada rumus yang sudah dinormalisasidengan luas permukaan elektroda berikut ini (Logan, 2008):

$$P_{t,OCV} = \frac{OCV^2}{(R_{int} + R_{ext})A} \quad (5)$$

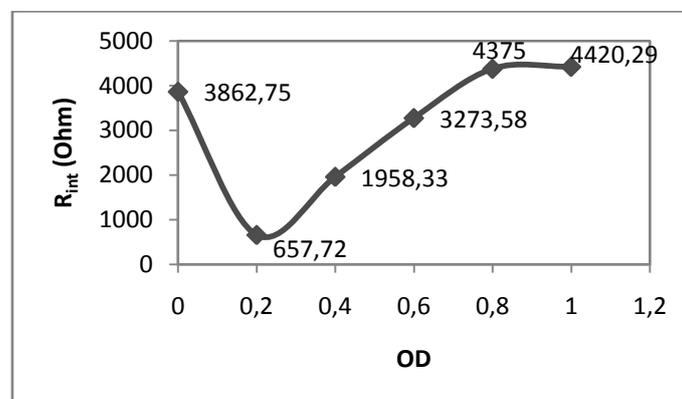
Sehingga nilai resistansi internal dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut:

$$R_{int} = \frac{OCV^2}{P_{t,OCV} \cdot A} - R_{ext} \quad (6)$$

Dalam hal ini R_{int} adalah nilai hambatan internal dari MFC dalam satuan Ω dan OCV dalam mV merupakan tegangan terbuka atau nilai tegangan maksimum dari sistem yang belum diberi hambatan eksternal, A adalah luasan permukaan elektroda perak yang digunakan dalam penelitian yaitu sebesar 60 cm². Namun untuk hasil penelitian luas permukaan elektorda harus dijadikan dalam satuan m².

Setelah didapatkan nilai kuat arus dan tegangan maksimum, maka pada sirkuit eksternal diberi perlakuan berupa penambahan hambatan eksternal pada rangkaian. Sehingga didapatkan nilai hambatan internal dari sistem MFC pada masing-masing penambahan bakteri *Eschericia coli* O157:H7.

Kurva yang menunjukkan pengaruh penambahan bakteri *Eschericia coli* O157:H7 terhadap nilai hambatan dalam dari sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

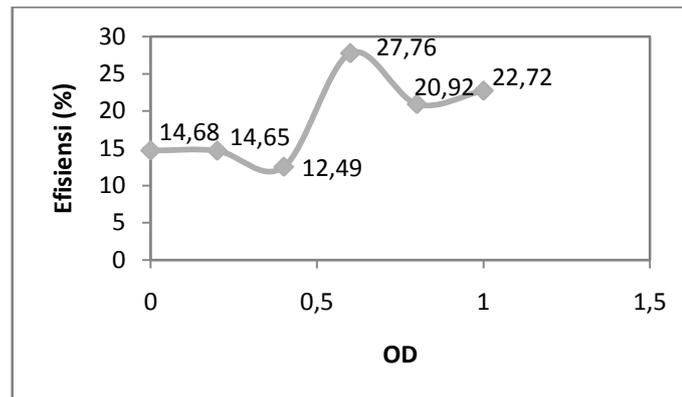


Gambar 5. Pengaruh Penambahan Bakteri *Eschericia coli* O157:H7 Terhadap Nilai Resistansi Internal Sistem

Dalam gambar 5 tersebut, didapatkan bahwa nilai hambatan dalam terbesar adalah ketika sistem diberi perlakuan penambahan bakteri 0,8 OD atau dalam kisaran 800.000 sel bakteri dalam 850 urine yang mengakibatkan terjadinya persaingan antar bakteri untuk memperebutkan nutrisi atau makanan.

Pengaruh Penambahan Bakteri (OD) Terhadap Nilai Efisiensi Kerja Sistem MFC

Berikut adalah kurva pengaruh penambahan bakteri *Eschericia coli* O157:H7 terhadap nilai efisiensi sistem MFC *dual chamber* :



Gambar 6. Kurva Hubungan *Optical Density* (OD) dengan Efisiensi Sistem

Berdasarkan gambar 6 tersebut dapat dianalisa bahwa nilai efisiensi sistem MFC *dual chamber* dalam penelitian ini adalah dalam *range* 12,49% - 27,76% dengan nilai efisiensi tertinggi 27,76% pada perlakuan *Optical Density* 0,6 dalam 1 ml larutan Nutrient Broth (NB) yang dimasukkan ke dalam kompartemen anoda. efisiensi tertinggi dalam penelitian ini adalah nilai tertinggi pada masing-masing perlakuan penambahan bakteri. Nilai efisiensi terendah dalam penelitian ini 12,49% didapatkan pada saat perlakuan penambahan bakteri *Eschericia coli* O157:H7 0,4 OD dalam 1 ml media Nutrient Broth (NB). Jika meninjau kembali pada penelitian Ieropolous dkk. (2011) terkait urine fuel cell maka nilai efisiensi sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah masih berada dalam *range* nilai efisiensi dari penelitian Ieropolous dkk yaitu 20-30% pada volume 700 ml.

Penelitian ini menggunakan reaktor *dual chamber* dengan sistem katoda udara yang dialirkan pada aquades sebagai katolit dan menggunakan urine sebagai mediator bagi pertumbuhan dan perkembangbiakan *Eschericia coli* O157:H7. Dari data hasil penelitian didapatkan nilai *power density* maksimum sebesar 8003 mW/m² sementara nilai tegangan maksimum dan kuat arus maksimumnya adalah pada 453 mV dan 0,149 mA. Nilai *power density* yang dihasilkan dari penelitian ini lebih besar daripada penelitian sebelumnya yaitu sebesar 8003 mW/m², Berdasarkan data penelitian nilai *power density* yang dihasilkan juga masih diatas nilai daya yang dihasilkan oleh penelitian Ming (2008) sebesar 263,94 mW/m². namun nilai kuat arus yang didapatkan pada penelitian Ming (2008) ini lebih besar dari penelitian yang dilakukan saat ini yaitu sebesar 1287 mA/m² sedangkan dalam penelitian ini dihasilkan nilai kuat arus maksimum yang dinormalisasi terhadap luas permukaan anoda sebesar 24,83 mA/m² dan nilai beda potensial yang dihasilkan juga masih lebih kecil daripada yang didapat Ming (2008) yaitu sebesar 598 mV. Dalam penelitiannya, Ming (2008) menggunakan kertas karbon sebagai elektroda; *E.coli* sebagai

katalisator dan *methylene blue* sebagai substrat yang digunakan dalam bilik anoda. namun pada penelitian ini kondisi pada bilik anoda benar-benar dibuat anaerob dengan mengalirkan nitrogen secara terus menerus sehingga memperkecil terjadinya ikatan oksigen dengan elektron yang akan ditransfer menuju elektroda. Nilai kuat arus pada penelitian ini juga masih di bawah kuat arus dan tegangan yang didapatkan oleh Ieropolous (2013) yaitu sebesar 0,25 mA dengan elektroda karbon dan urine 25 ml sebagai substrat dengan tanpa perlakuan bakteri.

Rendahnya nilai kuat arus maksimum yang didapatkan dalam penelitian ini disebabkan karena pada bilik anoda masih terdapat ruang untuk udara (oksigen) yang masih memungkinkan terjadinya ikatan elektron yang berasal dari metabolisme bakteri *Eschericia coli* O157:H7 dengan oksigen yang ada pada kompartemen tersebut. Sehingga elektron yang ditransfer menuju katoda melalui elektroda perak bernilai kecil. Luas permukaan membran nafion yang sebagai *proton exchange membrane* juga mempengaruhi difusi ion H^+ menuju ruang katoda, dalam hal ini luasan membran yang digunakan sebagai sekat antara kompartemen anoda dan katoda adalah sebesar 16 cm^2 . Tingginya nilai daya total setelah dinormalisasi dengan luas permukaan elektroda diakibatkan karena luas permukaan elektroda yang digunakan adalah sebesar 60 cm^2 .

KESIMPULAN

1. Kuat arus maksimum yang dihasilkan sebesar 0,149 mA diperoleh pada OD 0,2. Tegangan maksimum yang didapatkan adalah sebesar 453 mV pada variasi penambahan bakteri 0,6 OD. power density total per satuan luas elektroda perak tertinggi yang dihasilkan adalah sebesar 8003 mW/m² pada variasi penambahan bakteri 0,6 OD. Energi listrik tertinggi adalah pada saat OD 0,6 sebesar 120,06 mJ.
2. Penambahan bakteri *Eschericia coli* O157:H7 pada volume urine 850 ml yang optimum adalah 0,6 OD dengan nilai efisiensi sebesar 12,49% - 27,76%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. White, P. Handler and E. L. Smith. *Principles of Biochemistry*. 85 McGraw-Hill Inc. New York. 4th edition. 1968
- [2] Allen RM dan Bennetto HP. 1993. *Microbial Fuel Cells: Electricity Production From Carbohydrates*. J. Appl. Biochem. Biotechnol. 39: 27-40.
- [3] Daryanto. 2007. *Energi; Masalah dan Pemanfaatannya Bagi kehidupan manusia*. Pustaka Widyatama: Yogyakarta.
- [4] Ieropolous dkk. 2011. *Urine utilisation by Microbial Fuel Cells; energy fuel for the future*. Physical Chemistry Chemical Physics, 14 (1). pp. 94-98. ISSN 1463-9076.
- [5] Ieropolous dkk. 2013. *Practical levels of electricity from MFC stacks fed with urine*. Bristol Robotics Laboratory, University of the West England. Frenchay Campus, BS16 1 QY UK.

- [6] Kordesch K dan Simander G. 2001. *Fuel Cell and Their Application*. New York: VCH.
- [7] Logan BE. 2008. *Microbial Fuel Cells*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [8] P. Kuntke, Smiech dkk. 2012. *Ammonium Recovery And Energy Production From Urine By A Microbial Fuel Cell*. Wageningen University: The Netherlands
- [9] Yan, Ming. 2008. *Preliminary Study on E. Coli Microbial Fuel Cell and On-Electrode Taming Of The Biocatalyst*. *The Chinese Journal of Process Engineering*. Department of Chemical Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan, Shanxi 030024, China.