

PEMANFAATAN *PRINTED CIRCUIT BOARD* (PCB) MOTHERBOARD BEKAS UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK PORTABEL

Pebriansyah Putra¹, Yusnimar Sahan², Syelvia Putri Utami²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia S1, ²Dosen Jurusan Teknik Kimia
Laboratorium Teknik Reaksi Kimia Universitas Riau.

Program Studi Teknik Kimia S1 Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru Panam Pekanbaru 28293
pebriansyah.putra@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Galvani cells which are cells based on chemical reactions that can produce electric current. In this research, the generator cell was built to produce electricity. Galvani cells is consisting of zinc and used as a anodes, the motherboard printed circuit board (PCB) is used as a cathode, and a solution of NaCl as an electrolyte. The aim of this research is to estimate the performance of the galvani cell using the types of electrolyte solutions NaCl and NaOH with variation concentrations (9%, 12%, and 15%) and electrode surface area (5 cm x 10 cm, 6 cm x 10 cm, 7 cm x 10 cm). Cell performance is measured by multitester equipment and LED lights (8 volt). The results shown that the generator cell can produce electric power of 6.82 volts optimally by using 15% NaOH and 7 cm x 10 cm electrode surface area applied for this research.

Keywords: *electrode, electrical voltage, PCB motherboard, zinc.*

1. Pendahuluan

Ketersediaan bahan bakar mineral (BBM) semakin berkurang. Upaya mencari pengganti BBM sangat perlu dilakukan. Pembangkit listrik berbasis teknologi elektrokimia atau sel Volta bisa menjadi salah satu alternatif. Energi alternatif sudah lama dicanangkan oleh pemerintah untuk segera dipakai. Bahkan Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menargetkan pada tahun 2025 mendatang penggunaan energi alternatif sudah mencapai 20% yang mana pada tahun 2017 sudah mencapai 10-11%. Berdasarkan data dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) dalam Outlook Energi Indonesia 2014, ketergantungan terhadap energi fosil, terutama minyak bumi dalam pemenuhan konsumsi di dalam negeri masih tinggi. Yaitu sebesar 96%, yang mana minyak bumi sebesar 48%, gas 18%, dan batubara 30% dari total konsumsi energi dan upaya untuk memaksimalkan pemanfaatan energi terbarukan belum dapat berjalan sebagaimana yang direncanakan. Namun

demikian harus ada alternatif lain agar energi fosil yang sewaktu-waktu dapat habis dapat dicari penggantinya (Zed, dkk. 2014).

Upaya mencari suatu energi alternatif telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Salah satunya pembangkit listrik teknologi Sea Water Galvani Cell (SWALL) untuk mengubah air laut menjadi energi listrik yang menerapkan sel elektrokimia yaitu reaksi reduksi-oksidasi dengan menggunakan magnesium sebagai anoda dan beberapa variasi katoda seperti tembaga (Cu), timbal (Pb) dan karbon (C) untuk penerangan kapal nelayan oleh Fariya, dkk. (2014). Penelitian tersebut berhasil mengungkap ion-ion yang terdapat di dalam air laut yang memiliki potensi menjadi tenaga listrik. Air laut mengandung senyawa air (H₂O) 96,5% dan natrium klorida (NaCl) 3,5%. Bercampurnya NaCl dan H₂O menghasilkan Na⁺ dan Cl⁻ Natrium klorida atau garam dapat dijadikan larutan elektrolit atau zat yang dapat membentuk ion-ion atau atom yang memiliki muatan listrik. Dalam keadaan terlarut atau cair, garam akan membentuk elektrolit (atom bermuatan listrik) setelah melalui proses

elektrolisis dengan reaksi redoks (oksidasi/reduksi) spontan.

Unit pembangkit listrik yang akan dirancang dan dibuat, prinsip kerjanya seperti aki kendaraan bermotor. Aki menjadi pilihan yang praktis sebagai sumber arus listrik, karena dapat menghasilkan listrik dan dapat diisi kembali. Sel aki terdiri atas Lempeng Plumbum (Pb) (anoda) dan Lempeng Plumbum Diosida (PbO₂) sebagai katoda. Kedua elektroda tersebut tidak larut dalam larutan elektrolit asam sulfat sehingga tidak diperlukan jembatan garam. Kedua elektroda disekat dengan bahan membran, agar tidak saling bersentuhan.

Pada penelitian ini unit pembangkit listrik portabel akan dirancang dan dibuat. Prinsip kerja unit pembangkit listrik ini adalah sel elektrokimia yang mampu mengkonversi perubahan energi bebas suatu reaksi reduksi-oksidasi menjadi energi listrik. Reaksi tersebut terjadi karena ada beda potensial pada 2 elektroda dan larutan elektrolit, sehingga dihasilkan arus listrik. Unit ini menghasilkan energi listrik tanpa adanya pembakaran dari bahan bakarnya, tidak ada terjadi gas CO₂, partikel abu, sehingga bebas dari polusi udara.

Penggunaan barang elektronik dimasyarakat yang cenderung meningkat sehingga menyebabkan barang-barang elektronik yang tidak lagi terpakai/bekas belum dapat dimanfaatkan dengan maksimal. Salah satu contoh barang elektronik bekas adalah *Motherboard*. Dengan menerapkan prinsip elektrokimia, maka lempeng logam yang terdapat pada alat elektronik yang tidak digunakan lagi bisa menjadi bernilai dengan menjadikannya katoda ataupun anoda dalam pembangkit listrik portabel.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja unit pembangkit listrik portabel yang dibuat.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan baku

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan NaCl, larutan NaOH dan aquades.

2.2 Peralatan yang digunakan

Peralatan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah multimeter, kabel dan jepit buaya, neraca analitik, spatula, labu ukur 1 L, gelas ukur 1 L, gelas piala 500 ml, akrilik, seng dan PCB Printer.

2.3 Variabel Penelitian

Variabel Penelitian terdiri dari variabel tetap dan variabel berubah.

a. Variabel tetap

Variabel tetap pada penelitian ini adalah jumlah pasangan elektroda yakni 8 pasang dan jarak antara elektroda 2cm.

b. Variabel berubah

Variabel berubah pada penelitian ini adalah jenis larutan elektrolit yaitu NaCl dan NaOH, variasi konsentrasi 9, 12, 15%, serta ukuran elektroda 5 cm x 10 cm, 6 cm x 10 cm, 7 cm x 10 cm.

2.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini melalui beberapa tahapan dalam pengerjaannya, yaitu :

percobaan sel elektrokimia, pengumpulan data dan analisis data.

2.4.1 Persiapan Elektroda

Elektroda terdiri atas anoda dan katoda. Pada penelitian ini katoda adalah sirkuit yang berasal dari printer yang sudah tidak digunakan dan seng digunakan sebagai anoda. Dimana anoda tempat berlangsungnya reaksi oksidasi sedangkan katoda tempat berlangsungnya reaksi reduksi. Ukuran dan permukaan lempeng elektroda akan diratakan dengan menggunakan gerinda, kemudian ukurannya dipotong menjadi 5 cm x 10 cm, 6 cm x 10 cm, 7 cm x 10 cm.

2.4.2 Pembuatan Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit yang digunakan adalah larutan NaOH dengan konsentrasi 9, 12, 15% yang dibuat dari kristal NaOH. Kemudian larutan NaCl dengan konsentrasi 9, 12, 15% yang berasal dari kristal NaCl. Pembuatan larutan ini akan dilakukan dalam volume 1 liter.

2.4.3 Desain dan Pembuatan Unit Sel Elektrokimia

Satu prototipe baterai terdiri atas beberapa unit sel. Pada penelitian ini menggunakan variasi ukuran unit sel yakni 5 cm x 10 cm, 6 cm x 10 cm, 7 cm x 10 cm. Prototipe baterai berbentuk balok dengan ukuran menyesuaikan besar unit sel yang terbuat dari bahan arklirik. Sementara itu satu buah unit sel ukurannya juga tergantung dari besar elektroda, dimana juga berbentuk balok dan terbuat dari jenis material yang sama.

Satu buah unit sel akan diisi dengan larutan elektrolit yang akan divariasikan jenis dan konsentrasi larutan serta ukuran elektroda. Kemudian juga katoda (sirkuit) dan anoda (seng) dicelupkan ke dalam unit sel yang telah ada larutan elektrolit di dalamnya. Masing-masing elektroda dihubungkan dengan penjepit buaya dan kabel. Sel-sel yang sudah dibuat dimasukkan ke dalam prototipe baterai lalu dirangkai secara seri.

2.4.3 Pengumpulan Data

Pada tahap ini ada beberapa pengukuran dan pengujian yang dilakukan, yaitu pengukuran kuat arus dan tegangan pada baterai serta pengujian nyala lampu LED menggunakan baterai yang dibuat.

1. Pengukuran Kuat Arus dan Tegangan pada Baterai

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui baterai yang memiliki kuat arus dan tegangan terbesar yang diukur menggunakan multimeter. Prototipe baterai yang telah dibuat dengan berbagai macam variasi dihubungkan ke multimeter menggunakan kabel dan jepit buaya. Dengan cara menghubungkan katoda baterai pada probe positif multimeter dan anoda dihubungkan pada probe negatif. Setelah itu akan diperoleh tegangan pada baterai berupa digital yang ada pada display multimeter. Begitu juga untuk mengukur kuat arus, dengan merangkai secara seri akan didapatkan nilai dari arus pada baterai. Pengukuran ini dilakukan pada waktu awal rangkaian baterai.

2. Pengujian Nyala Lampu LED pada Baterai

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara tegangan yang dihasilkan pada baterai dengan lama waktu nyala lampu LED, sehingga dapat membuat baterai dengan daya yang optimal. Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan LED ke portabel, dan diukur dari saat awal LED hidup sampai LED tidak lagi menyala.

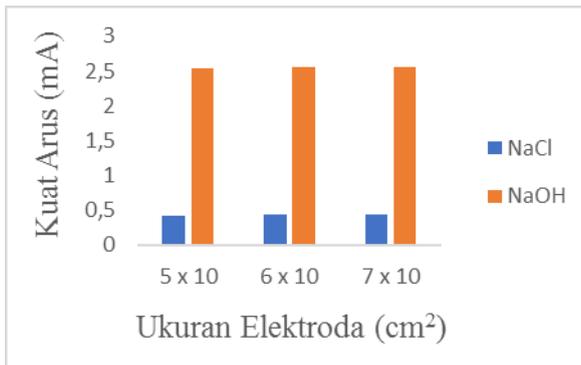
2.4.5 Analisis Data

Pada penelitian ini akan didapatkan beberapa data antara lain kuat arus, tegangan dan lama waktu nyala lampu LED. Data yang didapatkan akan disusun dalam tabel hasil pengujian dan disajikan dalam bentuk grafik kemudian dibahas serta dibandingkan dengan teori dan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

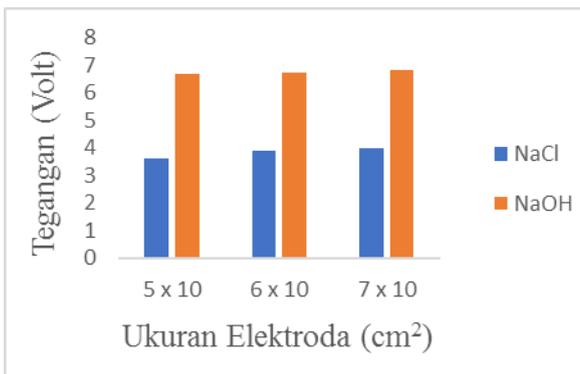
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh Perlakuan Variasi Ukuran Elektroda Pada Kinerja Unit Pembangkit Listrik

Nilai rata-rata hasil pengukuran arus dan tegangan pada satu rangkaian dengan variasi ukuran elektroda dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2 di bawah ini. Dari hasil yang didapat bahwa variasi ukuran elektroda mempengaruhi besar kuat arus dan tegangan yang dihasilkan. Semakin luas permukaan elektroda, maka semakin meningkat nilai kuat arus dan tegangan yang dihasilkan. Pada unit pembangkit listrik yang memiliki elektroda 5 cm x 10 cm, 6 cm x 10 cm, 7 cm x 10 cm, diperoleh nilai kuat arus masing-masing adalah sebesar 0,41 mA, 0,43 mA, 0,43 mA untuk NaCl. Begitu juga dengan nilai tegangan yang didapat pada NaCl konsentrasi 15% dengan elektroda ukuran 5 cm x 10 cm sebesar 3,60 volt, 6 cm x 10 cm sebesar 3,90 volt, 7 cm x 10 cm sebesar 3,99 volt. Untuk larutan NaOH 15% pengaruh variasi ukuran luas permukaan juga bisa dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2 bahwa semakin besar ukuran juga akan membuat nilai kuat arus dan tegangan semakin meningkat.



Gambar 1 Nilai Kuat Arus dengan Variasi Ukuran Elektroda

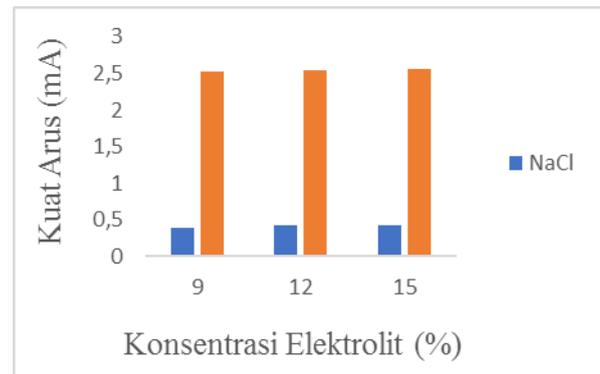


Gambar 2 Nilai Tegangan dengan Variasi Ukuran Elektroda

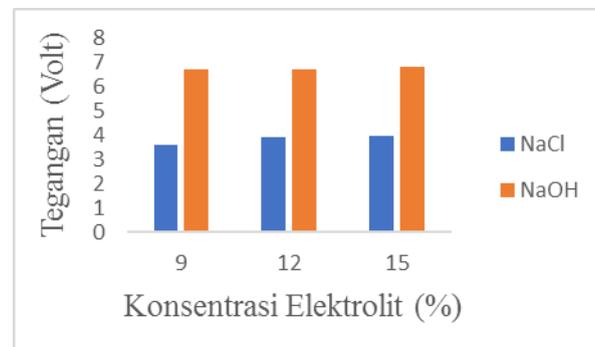
Pada pengukuran dengan menggunakan variasi ukuran elektroda diperoleh nilai arus dan tegangan pada ukuran 7 cm x 10 cm menghasilkan nilai arus dan tegangan yang lebih tinggi dibandingkan ukuran 6 cm x 10 cm dan 5 cm x 10 cm pada konsentrasi yang sama. Pada unit pembangkit listrik yang memiliki elektroda luas permukaan 5 cm x 10 cm, 6 cm x 10 cm, 7 cm x 10 cm, diperoleh nilai kuat arus masing-masing adalah sebesar 2,53 mA, 2,55 mA, 2,56 mA untuk NaOH. Begitu juga dengan nilai tegangan yang didapat pada NaOH konsentrasi 15% dengan elektroda ukuran 5 cm x 10 cm sebesar 6,71 volt, 6 cm x 10 cm sebesar 6,75 volt, 7 cm x 10 cm sebesar 6,82 volt. Hal tersebut sesuai dengan persamaan kapasitor bahwa dengan memperbesar ukuran luas elektroda akan memperbesar nilai kapasitor, maka dengan besarnya kapasitor yang diperoleh akan dapat memperbesar daya hantar listrik sehingga nilai tegangan dan kuat arus bernilai semakin besar dengan semakin besarnya ukuran luas elektroda (Abdullah, 2017).

4.2 Pengaruh Perlakuan Variasi Konsentrasi Larutan Elektrolit Pada Kinerja Unit Pembangkit Listrik

Nilai rata-rata hasil pengukuran kuat arus dan tegangan pada satu rangkaian dengan konsentrasi larutan elektrolit dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4 Dimana pada konsentrasi jika semakin besar maka nilai arus dan tegangan akan semakin besar. Pada ukuran 7 cm x 10 cm dengan NaOH konsentrasi 9% sebesar 2,52 mA, 12% sebesar 2,54 mA, 15% sebesar 2,56 mA.



Gambar 3 Nilai Kuat Arus dengan Variasi Konsentrasi Larutan Elektrolit



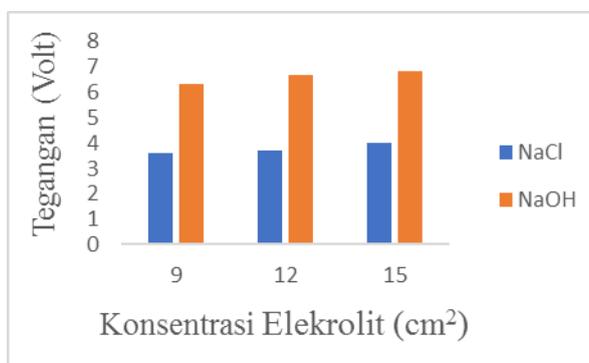
Gambar 4 Nilai Tegangan dengan Variasi Konsentrasi Larutan Elektrolit

Pada Gambar 4 dapat dilihat pula bahwa pada sel yang menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 15% pada ukuran elektroda 7 cm x 10 cm menghasilkan nilai tegangan yang paling besar yaitu 6,82 volt selanjutnya ukuran 6 cm x 10 cm konsentrasi 15% sebesar 6,69 volt. Dari data didapat bahwa nilai arus berbanding lurus dengan nilai tegangan sel. Ketika arus pada sel naik maka tegangan yang diperoleh juga semakin naik, begitu juga untuk larutan NaCl.

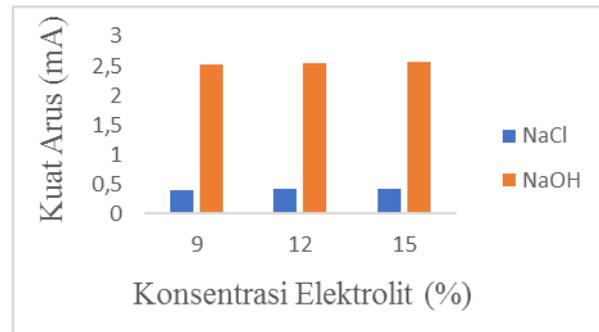
Pengukuran dengan menggunakan variasi konsentrasi larutan elektrolit menghasilkan nilai tegangan dan arus yang berbeda. Pada penelitian yang terdahulu yang dilakukan oleh Sahan (2018) dengan NaCl konsentrasi 9% menghasilkan tegangan sebesar 3,67 volt sedangkan pada penelitian ini untuk konsentrasi 9, 12 dan 15% dengan jarak antar elektroda 2cm untuk ukuran elektroda 7 cm x 10 cm menghasilkan nilai tegangan yang lebih besar dengan nilai masing-masing yaitu 6,35, 6,69 dan 6,82 volt. Hal tersebut dikarenakan perbedaan konsentrasi larutan elektrolit yang digunakan. Dimana semakin banyak konsentrasi yang ada dalam larutan maka semakin besar daya hantar listriknya dan sebaliknya (Abdullah, 2017).

4.3 Pengaruh Perlakuan Variasi Jenis Larutan Elektrolit Pada Kinerja Unit Pembangkit Listrik dengan Elektroda Ukuran 7 cm x 10 cm

Selain variasi ukuran elektroda dan variasi konsentrasi elektrolit dalam penelitian ini menggunakan variasi jenis larutan dimana larutan elektrolit yang digunakan yaitu NaCl dan NaOH. Dari hasil yang didapat nilai tegangan yang tertinggi adalah dengan menggunakan larutan elektrolit NaOH. Bahkan dengan menggunakan variasi konsentrasi larutan dan ukuran elektroda yang sama bisa menghasilkan maka nilai tegangan dan kuat arus dua kali lipat dibanding NaCl. Untuk hasil yang diperoleh bisa dilihat pada Gambar 5 dan 6



Gambar 5 Nilai Tegangan dengan Variasi Jenis Larutan NaCl dan NaOH



Gambar 6 Nilai Kuat Arus dengan Variasi Jenis Larutan NaCl dan NaOH

Pada penelitian ini digunakan larutan elektrolit NaOH yang berguna untuk perbandingan dengan NaCl. Dari data yang didapatkan nilai arus dan tegangan tertinggi yang didapatkan adalah dengan menggunakan larutan NaOH. Bisa dilihat pada variasi ukuran elektroda dan konsentrasi yang sama yakni 7 cm x 10 cm dan konsentrasi 15%. Pada NaCl didapatkan nilai kuat arus dan tegangan sebesar 0,43 mA dan 3,99 volt, sedangkan untuk larutan elektrolit NaOH 15% didapat nilai arus dan tegangan sebesar 2,56 mA dan 6,82 volt. Hal ini membuktikan bahwa adanya pengaruh pH terhadap tegangan dan kuat arus yang dihasilkan. Dengan semakin tinggi nya pH maka nilai tegangan semakin besar dan arus akan besar. Maka dari hasil ini sesuai berdasarkan teori (Abdullah, 2017) bahwa basa kuat bisa terionisasi sempurna sehingga menghasilkan listrik.

4.4 Pengujian Lama Waktu Nyala LED Pada Baterai Seri

Nilai rata-rata hasil pengukuran tegangan baterai dan lama waktu nyala LED pada rangkaian seri dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1 Nilai Rata-Rata Hasil Pengukuran Lama Waktu Nyala LED Pada Rangkaian Seri

Larutan Elektrolit	Ukuran Elektroda	Konsentrasi (%)	Tegangan (Volt)	Waktu Nyala LED (Jam)
NaCl	5 cm x 10 cm	9	3,17	14,16
		12	3,38	15,11
		15	3,60	18,58
	6 cm x 10 cm	9	3,32	14,49
		12	3,58	18,23
		15	3,90	21,47
	7 cm x 10 cm	9	3,59	15,44
		12	3,72	19,31
		15	3,99	23,14
NaOH	5 cm x 10 cm	9	6,20	4,53
		12	6,41	5,38
		15	6,71	6,49
	6 cm x 10 cm	9	6,37	6,15
		12	6,51	6,33
		15	6,75	7,26
	7 cm x 10 cm	9	6,35	6,21
		12	6,69	6,41
		15	6,82	7,57

Pada Tabel 1 terlihat bahwa pada NaOH menghasilkan tegangan paling tinggi sebesar 6,82 volt yang dapat menyalakan LED selama 7,57 jam. Namun untuk lampu yang mampu menyala paling lama adalah 23,14 jam dengan menggunakan larutan elektrolit NaCl pada ukuran 7 cm x 10 cm dengan konsentrasi 15% yakni sebesar 3,99 volt. Hal ini terjadi karena cepatnya peluruhan terhadap elektroda oleh basa kuat. Dimana pada NaCl elektroda tidak berubah signifikan karena pengontakan larutan sedangkan pada NaOH elektroda langsung menghitam dengan waktu sebentar karena terjadinya pengikisan.

Berdasarkan hasil dan analisis data diperoleh dari hasil penelitian bahwa ukuran

elektroda, jenis larutan dan konsentrasi larutan elektrolit mempengaruhi nilai arus dan tegangan yang dihasilkan (Tabel 4.1) dimana menggunakan NaCl dan NaOH sebagai larutan elektrolit dengan konsentrasi 9, 12, 15% dengan variasi ukuran elektroda 5 cm x 10 cm, 6 cm x 10 cm, 7 cm x 10 cm terlihat bahwa mempengaruhi nilai kuat arus serta tegangan yang dihasilkan. Pada pengukuran baterai dengan variasi ukuran dan konsentrasi larutan menggunakan elektrolit sebanyak 1 liter dengan jarak elektroda 2 cm dan jumlah elektroda 8 pasang. Pengukuran tegangan dan kuat arus dirangkai secara seri serta pengukuran lama waktu nyala LED pada baterai diuji sampai lampu benar-benar mati.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh variasi jenis larutan serta konsentrasi larutan elektrolit dan variasi ukuran elektroda terhadap tegangan dan kuat arus listrik dapat disimpulkan bahwa:

1. Unit pembangkit listrik yang dibuat bisa menghasilkan listrik dengan menggunakan elektroda PCB *Motherboard* sebagai katoda dan Seng sebagai anoda.
2. Perlakuan variasi jenis dan konsentrasi larutan elektrolit berpengaruh terhadap kinerja unit pembangkit listrik yakni dengan semakin besarnya konsentrasi larutan elektrolit maka akan semakin tinggi pula nilai kuat arus dan tegangan yang dihasilkan. Pada penelitian ini kuat arus dan tegangan terbesar didapatkan pada jenis larutan elektrolit NaOH 15% yakni sebesar 2,56 mA dan 6,82 volt.
3. Kinerja unit pembangkit listrik portabel dengan menggunakan ukuran elektroda 7 cm x 10 cm menghasilkan tegangan paling tertinggi yaitu 6,82 volt menggunakan NaOH 15%. Sedangkan pada NaCl dengan variasi ukuran dan konsentrasi sama diperoleh tegangan tertinggi 3,99 volt.

Daftar Pustaka

- Abdullah. M. 2017. *Fisika Dasar II*. Institut Teknologi Bandung.
- Amri I., Yusnimar S., Martina, Sari M.J. 2015. Study of Performance of the electric Generator Portable With NaCl Concentration Variation. *Proceeding of International Conference Oleo and petrochemical Engineering*. ISBN:978-602-73367-0-4.
- Bird. T. 1993. *Kimia fisik untuk Universitas*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Dogra. S.K. 1990. *Kimia Fisik dan Soal-Soal*. Universitas Indonesia Press. Jakarta
- Fariya S., Rejeki S. 2014. Seacell (Sea Water Electrochemical Cell) Pemanfaatan Elektrolit Air Laut Menjadi Cadangan Sumber Energi Listrik Terbarukan Sebagai Penerangan Pada Sampan. Fakultas Teknologi Kelautan ITS-Surabaya. ISSN 1693-0851.
- Ficeriova, J., Balaz, P., Dutkova, E., Gock, E. 2008. *Leaching Gold and Silver Crushed Au-Ag Waste*, The Open Chemical Engineering Journal, Vol 29, 6-9.
- Harahap. M. R. 2016. *Sel Elektrokimia Karakteristik dan Aplikasinya*. Banda Aceh: Jurnal Fakultas Sains dan Teknologi, Vol. 2, no.1, hal. 177.
- Hiskia. A. 1992. *Elektrokimia dan Kinetika Kimia*. PT Citra Aditya Bakti, Bandung.
- Imamah. A.,N. 2013. Efek variasi bahan elektroda serta variasi jarak antar elektroda terhadap kelistrikan yang dihasilkan oleh limbah buah jeruk (*Citrus sp.*). *Skripsi*. Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam.
- Khopkar. S.M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Kuswati. T.M., Sofyatingrum., E.R., Ningsih, S.R., Kartini., Nani. 2007. *Sains Kimia 3*. Jakarta : Bumi Akasara.
- Mawarti. S. 2009. *Kajian Tentang Kandungan Logam-logam Berharga dalam Limbah Elektronik (E-Waste) dan Teknik Recoverynya Melalui Proses Daur Ulang*. Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Negeri Yogyakarta: Yogyakarta
- Sahan. Y., Sudarsono S., Silviana E., Chairul, Wisrayeti. 2017. *Performance of the electrical generator cell by the ferrous alloys of printed circuit board scrap and Iron Metal 1020*. ICOOPHE. Universitas Riau.
- Seran. E. 2011. *Larutan elektrolit dan non elektrolit*. [http://chemistry for peace net for war/index.html](http://chemistryforpeace.net/war/index.html). [18 Juni 2011].
- Silberberg. M. 2008. *Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change*, Edisi Kelima, McGraw-Hill Sciences, New York.
- Syukri. S. 1999. *Kimia Dasar*, Penerbit ITB, Bandung.
- Yulianti. D. 2016. *Analisis Kelistrikan Sel Volta Memanfaatkan Logam Bekas*. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung: Lampung.
- Zed F., Suharyani D.W., Rasyid A., Hayati D., Rosdiana D., Santhani F. 2014. *Outlook Energi Indonesia 2014*. Dewan Energi Nasional. Jakarta.