

Terbit online pada laman web jurnal : <http://metal.ft.unand.ac.id>**METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal**

| ISSN (Print) 2598-1137 | ISSN (Online) 2597-4483 |



Artikel Penelitian

Kaji Eksperimen Limbah Cair Detergen Sebagai Sumber Energi Alternatif*Endri Yani, Sandri Kristian Dawolo**Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang*

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 04 Agustus 2017

Revisi Akhir: 01 September 2017

Diterbitkan: 31 Oktober 2017

KATA KUNCI

Detergent waste

Alternative energy

Electrolyte

Dry cell

Voltage

KORESPONDENSI

E-mail: endriyani@ft.unand.ac.id**A B S T R A C T**

Detergent fluid waste is the useless product produced during the laundry process. Generally, the detergent waste is directly throw away to the water channel. In this research, the waste potential as the alternative energy is evaluated. Because of detergent is one of derivative product of crude oil, therefore it can be mixed with ash and charcoal and utilized as the electrolyte material for dry cell. In this research several types and composition of detergent waste such as solid, liquid and powder are analyzed. It was shown that the average voltage and the electric current produced by dry cell are 0.7 V - 0.8 V and 0.7 mA-1.3mA, respectively. The experiment results show that the higher of detergent concentrate, the larger electric current will be produced. Furthermore, using the same volume of electrolyte material, the battery using coconut shell mixed charcoal produces larger electric current than that using rice husk mixed charcoal.

1. PENDAHULUAN

Detergen banyak mengandung senyawa ionik seperti Na_2SO_4 , Na_2CO_3 , NaHCO_3 dan lain-lain. Senyawa ionik yang terkandung didalam detergen tersebut dapat menghantarkan elektron menuju elektrode dan dapat menghasilkan listrik. Oleh sebab itu, limbah detergen dapat dimanfaatkan kembali daripada langsung dibuang ke lingkungan yang berdampak terhadap rusaknya lingkungan.

Satria Bagus (2013) dalam tulisannya yang berjudul "Pemanfaatan Kolam Limbah Detergen Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif Berbasis Sel Galvani", melakukan pengujian limbah cair detergen dengan penambahan abu yang berfungsi sebagai pengental (agar tidak terjadi kebocoran

cairan elektrolit). Anode dan katode yang digunakan yaitu seng dan tembaga. Dari pengujian tersebut dihasilkan voltase sebesar 0,5-0,9 V dan arus sebesar 5-20 mA, tergantung luas elektrode yang digunakan [1]. Berdasarkan penelitian tersebut, penulis melakukan pengujian kembali dengan memvariasikan detergen yang digunakan berdasarkan bentuk fisiknya yaitu detergen cair, bubuk dan krim, perbandingan komposisi campuran sel kering antara limbah detergen dan abu, dan jenis abu yang digunakan yaitu abu sekam padi dan arang tempurung kelapa.

2. KAJIAN PUSTAKA

Detergen merupakan senyawa organik yang memiliki dua kutub dan bersifat non-polar. Terdapat

empat jenis detergen, yaitu anionik, kationik, non-ionik, dan amphoterik. Muatan negatif dan positif yang melekat pada non-polar (hidrofobik) rantai C-C, terdapat pada detergen anionik dan permanen kationik. Detergen non-ionik tidak mempunyai muatan ion tetap karena memiliki jumlah atom yang lemah (elektropositif dan elektronegatif), disebabkan oleh kekuatan menarik elektron atom oksigen.

Ada dua jenis karakteristik detergen yang berbeda yaitu detergen fosfat dan detergen surfaktan. Umumnya detergen fosfat akan terasa panas ditangan, sedangkan detergen surfaktan merupakan detergen yang sangat beracun. Perbedaan diantara kedua jenis detergen itu adalah detergen surfaktan lebih berbisa dan bersifat *emulsifying detergent*.

2.1. Tegangan dan Arus Listrik

Tegangan listrik adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik, dan dinyatakan dalam satuan volt. Besaran ini mengukur energi potensial dari sebuah medan listrik yang mengakibatkan adanya aliran listrik dalam sebuah konduktor listrik. Tergantung pada perbedaan potensial listriknya, suatu tegangan listrik dapat dikatakan sebagai ekstra rendah, rendah, tinggi atau ekstra tinggi. Secara definisi tegangan listrik menyebabkan obyek bermuatan listrik negatif tertarik dari tempat bertegangan rendah menuju tempat bertegangan lebih tinggi. Sehingga arah arus listrik konvensional di dalam suatu konduktor mengalir dari tegangan tinggi menuju tegangan rendah.

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang disebabkan dari pergerakan elektron-elektron, mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Arus listrik dapat diukur dalam satuan Coulomb/detik atau Ampere. Contoh arus listrik dalam kehidupan sehari-hari berkisar dari yang sangat lemah dalam satuan mikroAmpere (μA) seperti di dalam jaringan tubuh, hingga arus yang sangat kuat 1-200 kiloAmpere (kA) seperti yang terjadi pada petir. Dalam kebanyakan sirkuit arus searah dapat diasumsikan resistansi terhadap arus listrik adalah konstan sehingga besar arus yang

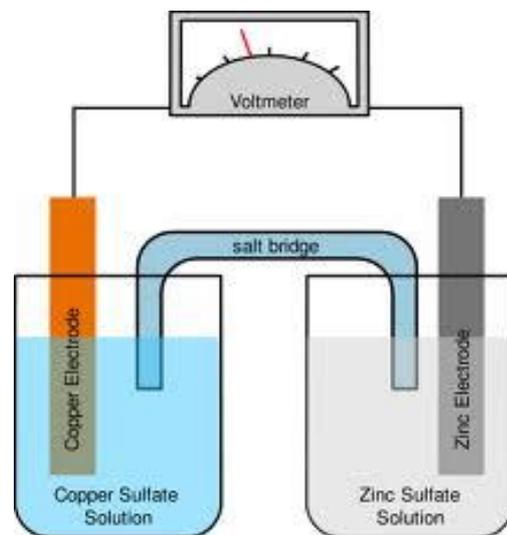
mengalir dalam sirkuit bergantung pada voltase dan resistansi sesuai dengan hukum Ohm.

Alat ukur besar tegangan listrik, antara lain: voltmeter, dan osiloskop. Sedangkan untuk mengukur kuat arus, digunakan amperemeter. Namun, multimeter dapat digunakan untuk mengukur beberapa besaran listrik, seperti tegangan, kuat arus, hambatan dan lain-lain.

2.2. Sel Galvani

Sel galvani atau disebut juga dengan Sel Volta adalah sel elektrokimia yang dapat menyebabkan terjadinya energi listrik dari suatu reaksi redoks yang spontan. Reaksi redoks spontan dapat mengakibatkan terjadinya energi listrik, ini ditemukan oleh Luigi Galvani dan Alessandro Guisepe Volta.

Sel Galvani terdiri atas beberapa bagian yang memiliki fungsi masing-masing. Seperti: dua buah logam berbeda digunakan sebagai anode dan katode. Jembatan garam yang berguna menghubungkan setengah sel yang dipisahkan dengan membran porous, dan lain-lain. Untuk lebih jelas, perhatikan gambar 1 berikut ini:



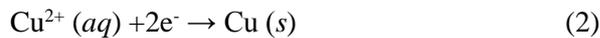
Gambar 1. Rangkaian Sel Galvani

Sel Galvani terdiri dari beberapa bagian, yaitu [2]:

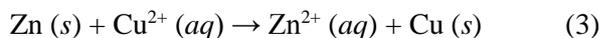
1. Voltmeter, untuk menentukan besarnya potensial sel.

2. Jembatan garam (*salt bridge*), untuk menjaga kenetralan muatan listrik pada larutan.
3. Anode (elektro negatif), tempat terjadinya reaksi oksidasi. Pada gambar, yang bertindak sebagai anode adalah elektrode Zn/seng (*zinc electrode*).
4. Katode (elektro positif), tempat terjadinya reaksi reduksi. Pada gambar, yang bertindak sebagai katode adalah elektrode Cu/tembaga (*copper electrode*).

Pada anode, logam Zn melepaskan elektron sehingga menjadi Zn^{2+} yang terlarut. Sedangkan pada katode, ion Cu^{2+} menangkap elektron dan mengendap menjadi logam Cu.

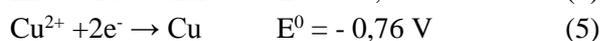
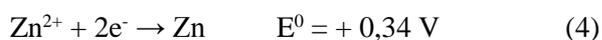


Hal tersebut dapat diketahui dari berkurangnya massa logam Zn, namun massa logam Cu bertambah setelah reaksi. Reaksi total yang terjadi pada sel Galvani adalah:



Jembatan garam merupakan penghubung reaksi reduksi dan oksidasi setengah sel dari sel volta. Jembatan garam berisi larutan elektrolit KCl (dalam agar-agar) dan kedua ujungnya disumbat dengan kapas agar tidak terjadi aliran mekanis. Selain KCl, elektrolit lain yang biasa digunakan yaitu KNO_3 , $NaCl$, dan K_2SO_4 . Selain itu, jembatan garam berguna untuk menetralkan kelebihan atau kekurangan muatan dari ion-ion yang ada dalam larutan selama reaksi elektrokimia berlangsung.

Contoh perhitungan sel Galvani adalah sebagai berikut. Dari gambar 2.8, larutan $ZnSO_4$ dan $CuSO_4$ yang dihubungkan oleh jembatan garam. Elektrode yang digunakan adalah seng dan tembaga. Maka potensial standar yang dihasilkan adalah [13]:



Jadi, potensial standar didapatkan dengan cara menghitung E^0 :

$$E^0 = + 0,34 \text{ V} - (- 0,76 \text{ V}) = + 1,10 \text{ V} \quad (6)$$

3. METODOLOGI

Penelitian mengenai limbah cair detergen ini dilakukan untuk mengetahui apakah limbah tersebut dapat dimanfaatkan kembali menjadi sumber energi alternatif, yaitu dengan memanfaatkan ion-ion yang masih terdapat dalam limbah detergen menjadi sel elektrolit yang dapat menghantarkan arus listrik.

Hal pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan survei lapangan mengenai limbah cair detergen. Ini dilakukan guna mengetahui jenis detergen yang biasa digunakan oleh masyarakat dan kadar detergen yang digunakan per liter air dalam proses pencucian. Sehingga diperoleh perbandingan yang mendekati kadar detergen dalam limbah, yang nantinya diuji dalam penelitian ini.

Kemudian dilakukan analisis masalah sekaligus kaji literatur mengenai kandungan kimia dalam detergen yang dapat menghasilkan listrik. Dari kaji literatur tersebut, didapatkan metode pengujian yang dapat memanfaatkan kembali limbah cair detergen menjadi energi listrik. Dilanjutkan dengan proses penyiapan alat-alat dan bahan penelitian yang akan dilakukan.

Setelah alat dan bahan penelitian tersedia, dilakukan pengambilan data. Penelitian ini menggunakan 3 sampel detergen yang berbeda bentuk fisiknya, yaitu detergen berbentuk bubuk, cair dan krim. Proses pengukuran tegangan dan kuat arus menggunakan multimeter FLUKE 87 V.

Pada penelitian ini, larutan detergen didapatkan dengan menimbang masing-masing detergen, baik detergen cair, bubuk, dan krim, yaitu sebanyak 0,1 g; 0,25 g; 0,5 g; 0,75 g dan 1 g. Detergen kemudian dilarutkan dengan 100 ml air sampai homogen. Tingkat kadar detergen yang diukur dalam

penelitian ini didasarkan atas survei lapangan yang telah dilakukan.

Abu yang digunakan dalam penelitian ini merupakan abu sekam padi dan arang tempurung kelapa. Sekam padi dan tempurung kelapa masing-masing dibakar. Sekam padi dibakar sampai menjadi abu, sedangkan tempurung kelapa dibakar sampai menjadi arang. Abu sekam padi dan arang tempurung kelapa disaring menggunakan saringan, karena yang digunakan hanya berupa bubuk. Sebelumnya, arang tempurung kelapa harus ditumbuk agar ukurannya dapat menjadi bubuk.

3.1. Pengujian Bahan

1. Pembuatan Baterai

Abu sekam padi yang telah disaring, ditimbang sebanyak 20 g. Lalu dicampur dan diaduk dengan 40 ml sampel larutan detergen didalam wadah plastik. Hal ini dilakukan terhadap masing-masing larutan detergen yaitu 0,1 g; 0,25 g; 0,5 g; 0,75 g dan 1 g untuk ketiga bentuk detergen yaitu detergen bubuk, cair dan krim, sehingga terdapat 15 sampel sel baterai. Begitu juga dengan bubuk arang tempurung kelapa, ditimbang sebanyak 20 g dan dicampur dengan 40 ml larutan masing-masing detergen. Sehingga, terbentuk pula 15 sampel sel baterai dari arang tempurung kelapa.

Kemudian, seng dan batang karbon dimasukkan kedalam masing-masing sampel tadi, dengan jarak kurang lebih 2 cm.

2. Pengujian Tegangan dan Kuat Arus Baterai

Pengukuran tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing sel baterai dilakukan dengan cara mengatur selektor pada multimeter FLUKE 87 V pada posisi DCV. Lalu probe merah dihubungkan pada katode (batang karbon) dan probe hitam pada anode (seng). Hasil pengukuran pada multimeter dibaca setelah 3 menit rangkaian tersambung.

Begitu pula dengan pengujian kuat arus yang dihasilkan oleh masing-masing sel baterai. Selektor multimeter diatur pada posisi DC mA, lalu probe merah dihubungkan ke katode (batang karbon) dan probe hitam dihubungkan ke anode (seng). Hasil pengukuran pada multimeter dibaca setelah 3 menit rangkaian tersambung.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Penelitian

Hasil pengujian rata-rata tegangan dan kuat arus, terhadap sel baterai dari campuran larutan detergen dengan abu, dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 menunjukkan data hasil pengukuran tegangan dan kuat arus rata-rata dari campuran antara larutan detergen (cair, krim, dan bubuk) dengan abu sekam padi. Sedangkan Tabel 2 menunjukkan data hasil pengukuran tegangan dan kuat arus rata-rata dari campuran antara larutan detergen dengan arang tempurung kelapa.

Tabel 1. Tegangan dan Kuat Arus Campuran Detergen dengan Abu Sekam Padi

Kadar Detergen (g/100 ml)	Detergen Cair		Detergen Krim		Detergen Bubuk	
	Tegangan (mV)	Kuat Arus (mA)	Tegangan (mV)	Kuat Arus (mA)	Tegangan (mV)	Kuat Arus (mA)
0,1	706,00	0,69	708,33	0,70	748,67	0,70
0,25	712,67	0,77	712,67	0,78	702,67	0,77
0,50	725,00	0,93	714,33	0,80	709,67	0,94
0,75	717,67	1,13	714,67	0,91	706,33	1,05
1	735,00	1,26	732,00	1,07	735,67	1,26

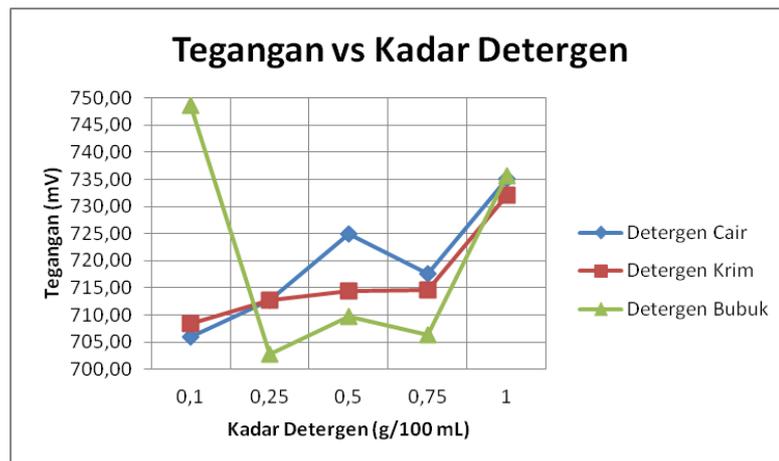
Tabel 2. Tegangan dan Kuat Arus Campuran Detergen dengan Arang Tempurung Kelapa

Kadar Detergen (g/100 ml)	Detergen Cair		Detergen Krim		Detergen Bubuk	
	Tegangan (mV)	Kuat Arus (mA)	Tegangan (mV)	Kuat Arus (mA)	Tegangan (mV)	Kuat Arus (mA)
0,10	767,33	0,75	764,00	0,72	775,67	0,77
0,25	777,00	0,77	774,33	0,77	777,67	0,78
0,50	775,67	0,83	777,00	0,82	778,00	0,81
0,75	779,67	0,94	779,00	0,83	780,33	0,84
1	784,67	0,97	778,67	0,91	807,00	0,97

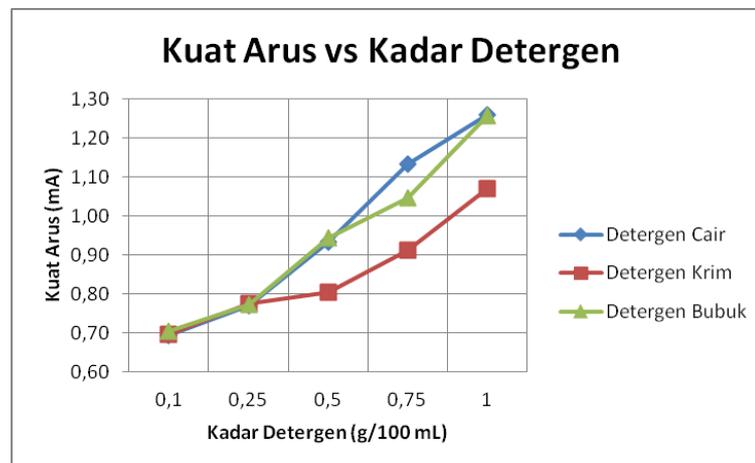
4.2. Gambar

Dari tabel 1, dapat dibuat grafik tegangan dan kuat arus yang dihasilkan oleh sel baterai campuran antara larutan detergen dengan abu sekam padi seperti terlihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

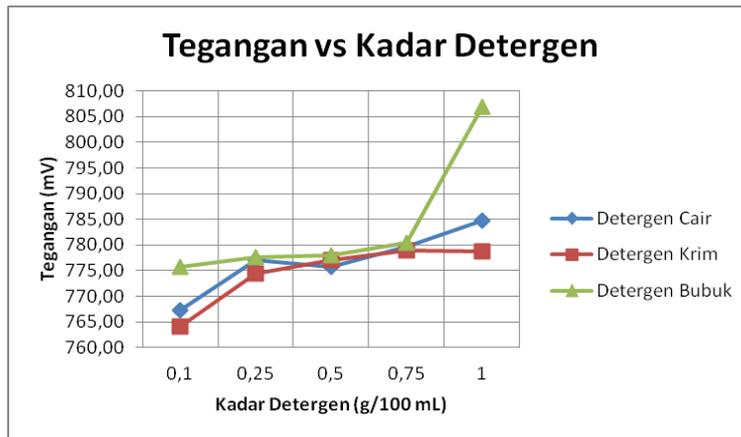
Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan grafik tegangan dan kuat arus yang dihasilkan sel baterai campuran larutan detergen dengan arang tempurung kelapa.



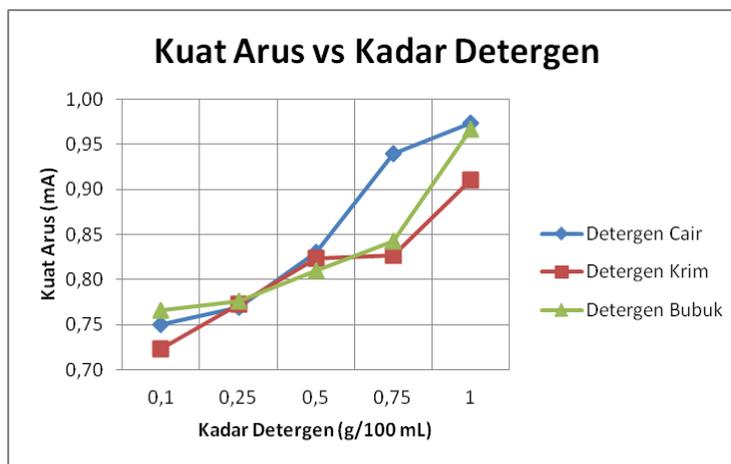
Gambar 2. Grafik Tegangan vs Kadar Detergen Campuran Detergen dengan Abu Sekam Padi



Gambar 3. Grafik Kuat Arus vs Kadar Detergen Campuran Detergen dengan Abu Sekam Padi



Gambar 4. Grafik Kuat Arus vs Kadar Detergen Campuran Detergen dengan Abu Sekam Padi



Gambar 5. Grafik Kuat Arus vs Kadar Detergen Campuran Detergen dengan Arang Tempurung Kelapa

4.3. Analisa

Dari data yang diperoleh (tabel 1 dan tabel 2), terlihat bahwa tegangan yang dihasilkan berkisar antara 0,7 V – 0,8 V. Sedangkan kuat arus yang dihasilkan, yaitu berkisar antara 0,7 mA – 1,3 mA. Ini menunjukkan bahwa limbah cair detergen (dalam hal ini larutan detergen), memiliki potensi menjadi salah satu sumber energi alternatif.

Tegangan dan kuat arus yang diperoleh pada penelitian ini, sesuai dengan hasil yang diperoleh Satria Bagus (2013). Bahwa baterai yang bersumber dari limbah detergen, mampu menghasilkan voltase sebesar 0,5 V – 0,9 V dan arus yang dihasilkan sekitar 5 mA – 20 mA, tergantung luas permukaan elektroda yang digunakan. Karena limbah detergen memiliki kandungan elektrolit, diantaranya garam Ammonium, Nonyl Phenol Polyethoxyle, Asam Sitrat, dan Sodium Tri Poly Phosphate, yang dapat

mengalami proses oksidasi sekaligus sebagai zat yang dapat menghantarkan dan menghasilkan elektron menuju electrode [1].

Menurut Mujasam (2006), jarak antar elektrode juga berpengaruh, semakin dekat jarak kedua elektrode (katode dan anode) maka semakin besar arus listrik yang dihasilkan dan juga sebaliknya. Hal ini dikarenakan, muatan yang berada dalam campuran tidak mengalami hambatan yang besar dalam bergerak untuk menuju elektrode. Dan semakin luas permukaan elektrode yang bersentuhan dengan sel elektrolit, maka semakin besar pula arus listrik yang dihasilkan. Karena semakin banyak pula muatan dalam campuran yang dapat ditangkap oleh elektrode tersebut [2].

Konsentrasi larutan limbah detergen dalam pengujian ini juga berpengaruh terhadap tegangan

dan kuat arus listrik yang dihasilkan. Menurut Sigit (2013), pemberian kadar detergen sebanyak 2 g/100 ml, menghasilkan tegangan dan arus listrik paling baik dibandingkan dengan kadar detergen sebanyak 0,5 g/100 ml, 1 g/100 ml, dan 1,5 g/100 ml [3].

Tegangan yang dihasilkan pada campuran detergen dengan abu sekam padi (gambar 2), rata-rata berada pada 705 V – 735 V. Namun, pengujian dengan menggunakan detergen bubuk mengalami grafik naik dan turun secara signifikan. Ini disebabkan pencampuran yang kurang rata antara larutan dengan abu sekam. Sehingga kandungan detergen dalam larutan belum berikatan sempurna dengan abu sekam.

Namun hal itu tidak terlalu berpengaruh terhadap arus listrik yang dihasilkan. Terlihat pada Gambar 3, dari grafik kuat arus vs kadar detergen, bahwa nilai arus listrik yang dihasilkan cenderung naik seiring dengan bertambahnya konsentrasi detergen. Dan arus listrik yang paling baik dihasilkan oleh campuran abu sekam dengan detergen cair dan detergen bubuk. Sedangkan pada detergen krim, memiliki rentang tidak begitu jauh dengan jenis detergen lainnya. Perbedaan ini disebabkan oleh kandungan kimia yang terdapat didalam masing-masing detergen.

Pada Gambar 4, tegangan vs kadar detergen, terlihat rata-rata tegangan yang dihasilkan berada antara 760 V – 785 V. Namun, pada detergen bubuk dengan kadar 1 g/100 ml terjadi kenaikan grafik yang signifikan. Hal ini juga disebabkan pencampuran larutan detergen dan arang tempurung kelapa yang kurang rata.

Jika dibandingkan antara campuran detergen dengan arang tempurung dan campuran detergen dengan abu sekam, tegangan yang dihasilkan oleh campuran arang tempurung lebih tinggi daripada campuran abu sekam. Hal ini disebabkan, karena campuran arang tempurung dengan larutan detergen setelah pengadukan cenderung memisah, dimana arang tempurung mengendap dibawah campuran, berbeda dengan campuran abu sekam.

Dari kuat arus vs kadar detergen pada Gambar 5, arus listrik paling baik dihasilkan oleh campuran arang tempurung dengan detergen cair dan detergen bubuk, dan grafik arus listrik juga cenderung naik seiring penambahan kadar detergen. Namun, berbeda halnya dengan tegangan yang dihasilkan antara campuran arang tempurung dengan detergen, arus listrik campuran arang tempurung dengan detergen lebih kecil dibandingkan campuran abu sekam padi dengan detergen.

Hal ini disebabkan oleh massa jenis masing-masing bahan. Meskipun massa keduanya sama, yaitu 20 g, namun abu sekam lebih banyak dibanding arang tempurung kelapa. Ini berpengaruh pula terhadap jumlah campuran yang bersentuhan dengan elektrode yang digunakan. Tinggi sel baterai campuran abu sekam dalam wadah plastik sekitar 3 cm. Sedangkan untuk sel baterai campuran arang tempurung memiliki tinggi sekitar 2 cm.

Namun, jika tinggi campuran masing-masing sama (sekitar 4,5 cm), sel baterai campuran arang tempurung kelapa menghasilkan arus listrik lebih besar ($\pm 5,6$ mA) dibandingkan dengan sel baterai campuran abu sekam padi ($\pm 3,8$ mA). Hal ini disebabkan oleh kandungan senyawa karbon (grafit/grafena) dalam masing-masing bahan.

Grafit adalah bentuk alotrop karbon, yang terdiri atas lapisan atom karbon. Grafit sekarang umum digunakan sebagai "timbal" pada pensil. Akibat delokalisasi elektron antar permukannya, grafit dapat berfungsi sebagai konduktor listrik [4]. Sedangkan grafena merupakan alotrop karbon yang berbentuk lembaran datar tipis dimana setiap atom karbon memiliki ikatan sp^2 dan dikemas rapat dalam bentuk kisi kristal seperti sarang lebah. Grafit sendiri terdiri dari banyak lembaran grafena yang ditumpuk secara bersama [5]. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Novoselov (2004), grafena memiliki sifat mengalirkan elektron dengan sangat baik, bahkan lebih daripada kabel biasa. Kecepatan aliran listrik didalam grafena hampir secepat cahaya yang mengalir dalam serat fiberoptik [6].

Kandungan grafit/grafena yang terdapat dalam arang tempurung kelapa (setelah ditumbuk dan dihaluskan) lebih banyak jika dibandingkan dengan abu sekam padi (ini tampak langsung secara visual, dimana grafit yang berwarna hitam kelabu lebih banyak pada arang tempurung kelapa). Hal ini yang menyebabkan campuran arang tempurung kelapa dapat menghasilkan arus listrik yang lebih besar, jika volume campuran yang digunakan sama.

Komposisi antara larutan detergen dengan abu yang digunakan, berpengaruh terhadap bentuk hasil campuran sel baterai. Menurut Mujasam (2006), kemampuan ion-ion dalam campuran yang terlalu padat akan mengalami hambatan saat berpindah antar elektrode. Dan kalau terlalu encer, menyebabkan ion-ion mudah terlepas dan arus listrik yang dihasilkan kecil [2].

Sel baterai dari limbah cair detergen (dari hasil penelitian ini) dapat digunakan sebagai sel primer (sumber energi alternatif). Berdasarkan data Tabel 1 dan Tabel 2, sel baterai dari hasil penelitian ini dapat digunakan untuk menyalakan lampu LED, dengan tegangan bervariasi berdasarkan warnanya (berkisar antara 1,6 V – 3,5 V) dan arus yang diperbolehkan berkisar antara 10 mA – 20 mA [24]. Selain itu juga dapat menyalakan alat-alat elektronik yang bertegangan rendah, seperti jam dinding, dan lain-lain.

5. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan tentang “Kaji Eksperimen Limbah Cair Detergen Sebagai Sumber Energi Alternatif”, dapat diambil kesimpulan: (1) Limbah cair detergen dapat dimanfaatkan kembali menjadi salah satu sumber energi alternatif dengan mengubahnya menjadi sel elektrolit/ sel baterai (dengan penambahan abu). (2) Tegangan yang dihasilkan berdasarkan variasi bentuk fisik detergen yang digunakan menjadi larutan detergen berkisar antara 0,7 V – 0,8 V. Dimana sel baterai dengan arang tempurung kelapa, tegangannya lebih besar dibandingkan sel baterai dengan abu sekam padi. (3) Arus listrik yang dihasilkan berdasarkan variasi bentuk fisik detergen yang digunakan menjadi

larutan detergen berkisar antara 0,7 mA – 1,3 mA. Dimana potensi penggunaan arang tempurung kelapa sebagai bahan campuran sel baterai, lebih baik jika dibandingkan dengan abu sekam padi. (4) Bentuk fisik detergen (bubuk, cair, dan krim) tidak berpengaruh terhadap tegangan dan kuat arus yang dihasilkan, namun kandungan senyawa ion yang terdapat didalam detergen sangat berpengaruh. (5) Penambahan kadar detergen pada campuran sel baterai berpengaruh terhadap arus listrik yang dihasilkan, dimana arus listrik cenderung naik sesuai dengan penambahan kadar detergen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Bagus. “*Pemanfaatan Kolam Limbah Detergen Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif Berbasis Sel Galvani*”, IAIN Walisongo Semarang, 2013.
- [2] Mujasam, “*Kajian Pemanfaatan Abu Sekam Padi sebagai Sumber Listrik*”, Laboratorium Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Papua. Manokwari, 2006.
- [3] S. H. Hutama, P. T. Istanto, W. R. Putra “*Potensi Rashbery (Rice Husk Ash Battery) dengan Perlakuan Penambahan Limbah Deterjen (Detergent Waste) sebagai Energi Listrik Terbarukan*”, Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 2013.
- [4] Grafit - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas. <http://id.wikipedia.org/wiki/Grafit>.
- [5] Grafena - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas. http://id.wikipedia.org/wiki/Grafena#cite_note-Nov_04-2.
- [6] K. S. Novoselov *et al.*, *Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films*, 2004.