

Pengujian Supercapacitor Berbasis Sodium Alginat Saat Pengisian dan Pengosongan Muatan Listrik

Valdi Rizki Yandri

Politeknik Negeri Padang, Padang

E-mail: valdi_rizki@yahoo.com

ABSTRACT

This research purposes are to make supercapacitor prototype as energy storage by use sodium alginate for electrode and to measure voltage in supercapacitor by use Arduino when it is connected to voltage source. Supercapacitor voltage is measured in charging and discharging processes where prototype of supercapacitor consists of current collector, electrode and separator. Furthermore, the method of electrode synthesis is doctor blade with graphite, sodium alginate and polyvinyl alcohol (PVA) as raw material. Fiberglass with thickness 0.5 mm is used as separator and aluminum with thickness 1 mm is utilized as current collector. Measurement data and calculation analysis shows that capacitance of supercapacitor prototype is 0.832 – 1.111 F based on charge data and 0.845 – 1.038 F based on discharge data.

Keywords: Supercapacitor, charge and discharge, Arduino.

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat prototip supercapacitor sebagai penyimpan energi dengan menggunakan sodium alginat untuk elektroda dan untuk mengukur voltase pada supercapacitor dengan menggunakan Arduino saat terhubung ke sumber tegangan. Tegangan supercapacitor diukur dalam proses pengisian dan pengosongan dimana prototipe supercapacitor terdiri dari kolektor, elektroda dan pemisah arus. Selanjutnya, metode sintesis elektroda adalah pisau dokter dengan grafit, natrium alginat dan polivinil alkohol (PVA) sebagai bahan baku. Fiberglass dengan ketebalan 0,5 mm digunakan sebagai pemisah dan aluminium dengan ketebalan 1 mm digunakan sebagai kolektor arus. Pengukuran data dan analisis perhitungan menunjukkan bahwa kapasitansi prototipe supercapacitor adalah 0.832 - 1.111 F berdasarkan data muatan dan 0.845 - 1.038 F berdasarkan data debit.

Kata kunci: Supercapacitor, charge and discharge, Arduino.

1. PENDAHULUAN

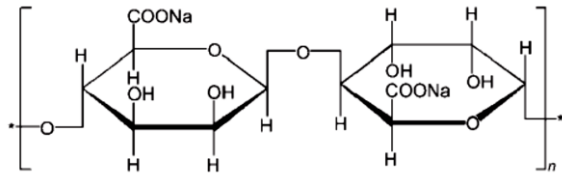
Dengan pesatnya perkembangan teknologi saat ini, sumber energi terbarukan menjadi salah satu penelitian yang penting. Sumber energi ramah lingkungan seperti energi surya dan angin tidak kontinu, sehingga dapat terganggu pada malam hari atau di tempat yang kurang terdapat potensi angin. Oleh karena itu, dibutuhkan perangkat penyimpan energi yang dapat memenuhi kebutuhan energi [14].

Salah satu perangkat tersebut ialah superkapasitor, juga dikenal sebagai ultrakapasitor atau kapasitor elektrokimia, yang memanfaatkan permukaan elektroda, larutan elektrolit dan dielektrik tipis untuk mencapai kapasitansi beberapa kali lebih besar dibandingkan kapasitor konvensional. Supercapacitor mengikuti prinsip-prinsip dasar yang sama seperti konvensional kapasitor. Namun, pada superkapasitor luas area permukaan elektroda dibuat lebih besar dan ketebalan bahan dielektrik dibuat lebih tipis sehingga menurunkan jarak antara elektroda. Dengan demikian, hal ini dapat menyebabkan peningkatan kapasitansi dan energi pada kapasitor [15].

Supercapacitor terdiri dari dua elektroda yang diletakkan diantara sebuah pemisah (*separator*) yang

berfungsi untuk mencegah kontak listrik. *Separator* bersifat *ion-permeable* sehingga memungkinkan untuk dilewati oleh muatan listrik berupa ion-ion. Perbedaan kapasitor konvensional dengan superkapasitor terdapat pada struktur elektroda aktif berpori yang memiliki luas permukaan spesifik tinggi. Material berpori cenderung memiliki sifat penghantar arus yang kurang baik sehingga pada konstruksinya dibutuhkan elektroda logam (*current collector*). Komponen lain penyusun superkapasitor adalah elektroda. Material yang dapat digunakan untuk elektroda berupa karbon, logam oksida dan polimer konduktif [6].

Polimer yang dapat digunakan untuk pembuatan elektroda superkapasitor adalah Sodium Alginat (SA) yang tersusun atas asam β -D- manuronik (M) dan asam α -L guluronik (G) sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1. SA merupakan biopolimer yang cocok untuk sintesis berukuran nano [3]. Tolakan elektrostatis yang kuat diantara anion SA ($-\text{COO}^-$) merupakan persyaratan utama untuk aksesibilitas elektrolit yang mudah dan penting untuk membentuk bahan elektroda untuk aplikasi superkapasitor [11]. Karbonisasi biopolimer SA juga telah menunjukkan hasil yang menarik dan



Gambar 1 Struktur kimia SA dengan asam β -D mannuronic (M) dan asam α -L-guluronic [3]

biaya produksi yang rendah [8].

2. EKSPERIMEN

2.1 Metoda Pembuatan Current Collector

Current collector berfungsi untuk meningkatkan *charge transport* saat pengisian maupun pengosongan superkapasitor. (Sumboja dkk., 2012) Material yang digunakan untuk membuat *current collector* dalam penelitian ini adalah aluminium. *Current collector* aluminium berfungsi untuk meningkatkan kinerja superkapasitor [7]. Dalam penelitian ini, *current collector* berupa plat aluminium berukuran 10 cm x 10 cm dan tebal 0.6 mm.

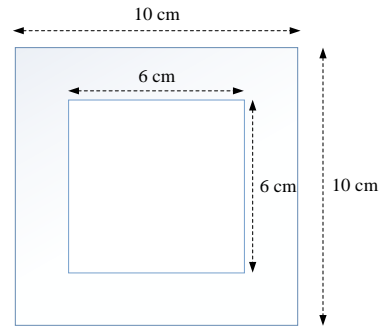
2.2 Metoda Pembuatan Separator

Separator pada superkapasitor berfungsi sebagai pemisah antara elektroda [5]. Jenis material yang digunakan sebagai separator adalah *fiberglass* setebal 0.15 mm dengan ukuran 10 cm x 10 cm.

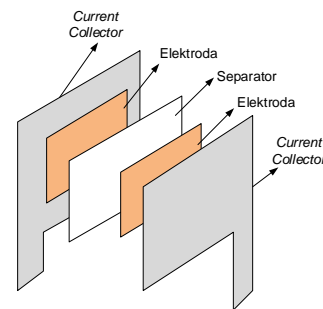
2.3 Metoda Sintesis Elektroda

Polimer alami lebih diprioritaskan daripada polimer sintetis karena biokompatibilitas dan biodegradasi untuk diaplikasikan pada bidang biomedik. Namun, karakteristik mekanik dan tingkat kesulitan untuk memproduksi polimer alami lebih sulit dibandingkan dengan polimer sintetis. Untuk menyelesaikan masalah ini, larutan campuran polimer alami dan sintetis digunakan dalam membuat membran [10]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, digunakan polimer alami SA dan polimer sintetis PVA. Dalam penelitian ini, SA dikomposit dengan grafit dan PVA. Grafit berfungsi untuk meningkatkan konduktivitas dan PVA berfungsi sebagai binder atau pengikat [9].

Metoda yang digunakan untuk mensintesis grafit, SA dan PVA sebagai membran elektroda adalah *doctor blade* dengan skema alat ditunjukkan pada gambar 2. Dalam proses ini, pencetak terbuat dari bahan kaca dengan tebal 2 mm dan ukuran 10 cm x 10 cm yang telah dilubangi di bagian tengah dengan ukuran 6 cm x 6 cm. Pola ini dibuat dengan menambahkan emulsi pada bagian tengah sehingga larutan dapat menyebar muncul pada substrat sesuai ukuran yang telah diatur [4].



Gambar 2 Peralatan *doctor blade* untuk sintesis elektroda



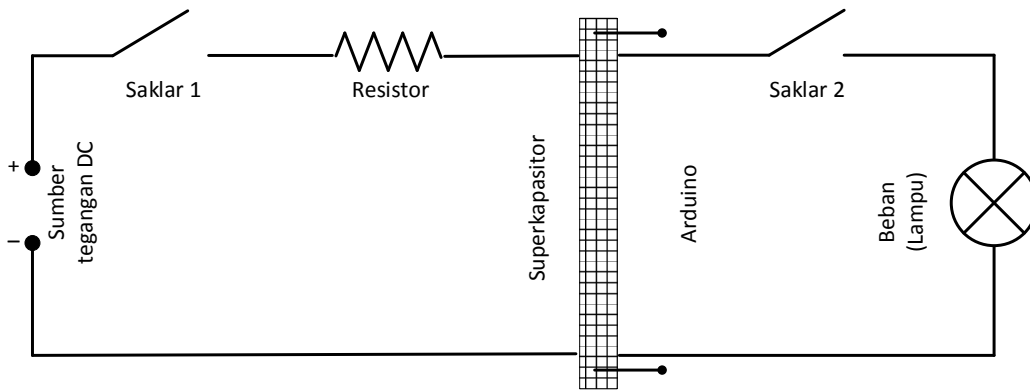
Gambar 3 Susunan prototipe superkapasitor

Langkah-langkah sintesis elektroda adalah melarutkan 6-gram SA, 1-gram grafit dan 0.5-gram PVA dalam 50 mL aqua bidest kemudian meletakkan campuran tersebut pada *magnetic stirrer* dengan temperatur 60 °C selama 1 jam untuk menghasilkan *slurry*. Siapkan plat aluminium berukuran 10 cm x 10 cm yang berfungsi sebagai *current collector* dan *slurry* yang terbentuk dilapisi dengan metoda *screen printing* berukuran 6 cm x 6 cm di atas plat aluminium. Langkah selanjutnya adalah *annealing* elektroda pada temperatur 50 °C selama 1 jam.

2.4 Metoda Pembuatan Prototipe Superkapasitor

Prototype superkapasitor terdiri dari elektroda, separator serta kontak positif dan negatif [1]. Untuk *assembly* sel superkapasitor, elektroda dan separator disusun dengan susunan seperti ditunjukkan pada gambar 3. Langkah-langkah yang dilakukan untuk membuat *prototype* superkapasitor dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Siapkan membran elektroda berukuran 6 cm x 6 cm yang telah terbentuk di atas permukaan *current collector*
2. Siapkan separator berukuran 10 cm x 10 cm
3. Susun membran elektroda, separator serta *current collector* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4
4. Untuk menutupi bagian luar, yaitu *current collector*, digunakan *fiberglass* dengan



Gambar 4 Skema peralatan pengujian prototipe superkapasitor

ketebalan 0.3 mm pada sisi kiri dan kanan (bagian luar) *prototype* superkapasitor.

```
Serial.println(tegangan);
delay(100); //delay
}
```

2.5 Metoda Pengujian Tegangan Supercapacitor

Prototype superkapasitor yang telah dibuat, akan diuji untuk membuktikan bahwa dapat menyimpan muatan listrik dari sumber tegangan DC dan mengalirkan arus listrik ke beban yang berupa lampu DC dengan tegangan 3 V_{DC}. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan rangkaian seperti ditunjukkan pada gambar 4. Resistor yang digunakan berhambatan 1 Ohm.

Keterangan:

1. Kondisi 1
Saklar 1 ON; Saklar 2 OFF untuk pengisian superkapasitor; beban (lampu) OFF; Osiloskop ON untuk melihat grafik tegangan terhadap waktu saat pengisian superkapasitor.
2. Kondisi 2
Saklar 1 OFF; Saklar 2 ON untuk pengosongan superkapasitor; beban (lampu) ON; Osiloskop ON untuk melihat grafik tegangan terhadap waktu saat pengosongan superkapasitor.
3. *Slot* tempat memasang superkapasitor disambungkan ke Arduino untuk menampilkan hasil pengukuran tegangan per 100 ms dengan bahasa pemrograman sebagai berikut:

```
// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize serial communication at 9600 bits per second:
  Serial.begin(9600);
}
// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  // read the input on analog pin 0:
  int sensorValue = analogRead(A0);
  // Convert the analog reading (which goes from 0 - 1023) to a voltage (0 - 5V):
  float tegangan = sensorValue * (5.0 / 1023.0);
  // print out the value you read:
```

3. HASIL EKSPERIMEN DAN DISKUSI

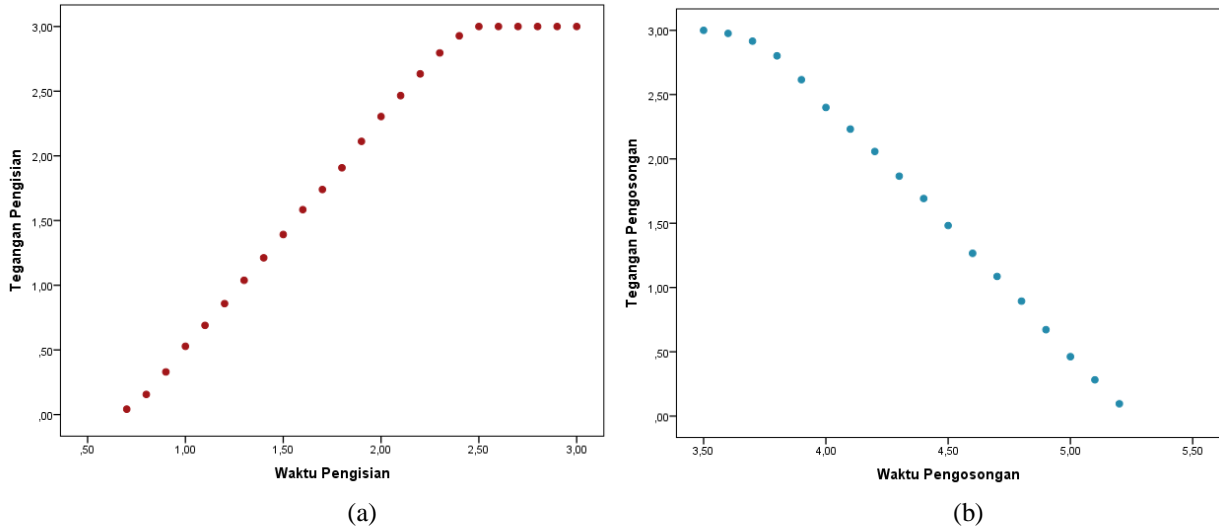
Data hasil pengukuran tegangan yang terbaca pada Arduino dipindahkan dalam bentuk tabel pada *software SPSS* sehingga bisa dibuat grafik pengisian dan pengosongan superkapasitor seperti ditunjukkan pada gambar 5. Berdasarkan data pengukuran ini, dapat dilakukan regresi pada *software SPSS* untuk menganalisis bentuk persamaan yang menyatakan korelasi antara tegangan pengisian terhadap waktu dan tegangan pengosongan terhadap waktu. Output hasil pengolahan data yang menyatakan bentuk korelasi antara tegangan dengan waktu ditunjukkan pada tabel 1 dan tabel 2. Nilai *R-square* atau tingkat kebenaran regresi untuk pengisian superkapasitor adalah 0.981 dan untuk pengosongan adalah 0.954, maka dapat digunakan untuk memperkirakan kapasitansi (Santoso, 2010). Bentuk persamaan berdasarkan output tersebut, ditunjukkan pada persamaan (1) untuk pengisian dan persamaan (2) untuk pengosongan superkapasitor.

$$V_{pengisian} = 3,38 - [7,669 \times \exp(-T)] \dots\dots\dots(1)$$

$$V_{pengosongan} = 117,375 \times \exp(-T) \dots\dots\dots(2)$$

Bentuk umum persamaan pengisian dan pengosongan superkapasitor adalah:

$$V_{pengisian} = V_{sumber} \left[1 - \exp\left(\frac{-t}{R \cdot C}\right) \right] \dots\dots\dots(3)$$



Gambar 5 Grafik tegangan superkapasitor terhadap waktu, (a) saat pengisian; (b) saat pengosongan

Tabel 1 Nilai R-square dan koefisien persamaan tegangan pengisian superkapasitor

Model Summary					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	
1	,981 ^a	,962	,960	,20928	
a. Predictors: (Constant), exp					
Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3,380	,077	43,668	,000
	exp	-7,669	,326	-,981	-,000
a. Dependent Variable: Tegangan Pengisian					

Tabel 2 Nilai R-square dan koefisien persamaan tegangan pengosongan superkapasitor

Model Summary						
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate		
1	,954 ^a	,909	,903	,30338		
a. Predictors: (Constant), exp2						
Coefficients ^a						
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	
	B	Std. Error	Beta			
1	exp2	117,375	4,241	,989	27,679	,000
a. Dependent Variable: Tegangan Pengosongan						
b. Linear Regression through the Origin						

$$V_{pengosongan} = V_{sumber} \cdot \exp\left(\frac{-t}{R \cdot C}\right) \dots\dots\dots(4)$$

$$T = \frac{t}{C} \dots\dots\dots(5)$$

Oleh karena itu, pada persamaan (1) dan (2), berlaku:

$$T = \frac{t}{R \cdot C} \quad ; \quad R = 1 \text{ Ohm}$$

Maka berdasarkan persamaan (1) dan (5) diperoleh:

$$C = \frac{-t}{\ln\left(\frac{V - 3,380}{-7,669}\right)} \dots\dots\dots(6)$$

Persamaan (6) digunakan untuk menghitung perkiraan nilai kapasitansi superkapasitor berdasarkan data hasil pengukuran saat pengisian superkapasitor dan didapatkan interval nilai 0.832 – 1.111 F. Berdasarkan persamaan (2) dan (5), maka didapatkan:

$$C = \frac{-t}{\ln\left(\frac{V}{117,375}\right)} \dots\dots\dots(7)$$

Persamaan (7) digunakan untuk menghitung perkiraan nilai kapasitansi superkapasitor berdasarkan data hasil pengukuran saat pengosongan superkapasitor dan didapatkan interval nilai 0.845 – 1.038 F.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan bentuk persamaan pengisian dan pengosongan superkapasitor. Dengan kedua persamaan ini, dapat diperhitungkan perkiraan nilai kapasitansi *prototype* superkapasitor, yaitu 0,832 – 1,111 F. Nilai kapasitansi dapat ditingkatkan dengan menambahkan hidrogel elektrolit diantara elektroda dan separator karena stabilitas elektrolit juga berperan untuk menentukan kapasitansi sebuah superkapasitor [8]. Contoh elektrolit cair yang dapat digunakan adalah H₂SO₄ karena memiliki konduktivitas ionik yang tinggi [2].

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andres, Britta., Paper based Supercapacitors, Thesis for Master Degree, Mid Sweden University, Sweden, 2014
- [2] Choudhury, N. A., Sampath, S., Shukla, A. K. Hydrogel-polymer electrolytes for electrochemical capacitors: an overview. *Journal of The Royal Society of Chemistry*, **2**, 55-58. 2009
- [3] Guo-Fu, Ma., Jing-Jing, Mu., Zhi-Guo, Zhang., Kan-Jun, Sun., Hui Peng., Zi-Qiang, Lei. Preparation of Polypyrrole/Sodium Alginate Nanospheres and Their Application for High-Performance Supercapacitors, *Journal of Acta Phys. -Chim*, **29**, 2385 – 2386. 2013
- [4] Krebs, Frederik C. Fabrication and Processing of Polymer Solar Cells: A Review of Printing and Coating Techniques. *Journal of Solar Energy Materials and Solar Cells*, **93**, 399 – 400, 2009
- [5] Noordena, Zulkarnain A., Sugawara, Sougoro., Matsumoto, Satoshi. Noncorrosive Separator Materials for Electric Double Layer Capacitor. *Journal of IEEJ Trans*, **9**, 235 – 236. 2014
- [6] Obreja, Vasile V.N. Supercapacitors Specialities – Materials Review. AIP Conference Proceedings, Romania, National Research and

- Development Institute for Microtechnologies (IMT-Bucuresti), **1597**, 98 – 100. 2014
- [7] Portet, C., Taberna, P.L., Simon, P., Laberty-Robert, C. Modification of Al current collector surface by sol-gel deposit for carbon-carbon supercapacitor applications. *Journal of Electrochemica Acta*, **49**, 905 – 906. 2004
- [8] Raymundo-Piñero, Encarnacion., Leroux, Fabrice., Béguin, François. A High-Performance Carbon for Supercapacitors Obtained by Carbonization of a Seaweed Biopolymer. *Journal of Advanced Functional Materials*, **18**, 1877–1879. 2006
- [9] Rosi, Memoria. Supercapacitor berbasis Karbon Nanopori dari Tempurung Kelapa sebagai Penyimpan Energi, Disertasi Program Doctor, Institut Teknologi Bandung, 16 – 20. 2014
- [10] Safi, S., Morshed, M., Ravandi, S. A. Hosseini., Ghiaci, M. Study of Electrospinning of Sodium Alginate, Blended Solutions of Sodium Alginate / Poly(vinyl alcohol) and Sodium Alginate / Poly(ethylene oxide). *Journal of Applied Polymer Science*, **104**, 3245 – 3246. 2007
- [11] Sahoo, S., Dhibar, S., Das, C. K., Facile Synthesis of Polypyrrole Nanofiber and Its enhanced Electrochemical Performances in different Electrolytes. *Journal of Express Polymer Letter*, **6**, 965–966. 2012
- [12] Santoso, Singgih. Panduan Lengkap SPSS 20. Elex Media Komputindo, Jakarta, 2010.
- [13] Sumboja, Afriyanti., Wang, Xu., Yan, Jian., Lee, Pooi See. Nanoarchitected current collector for high rate capability of polyaniline based supercapacitor electrode. *Journal of Electrochemica Acta*, **65**, 190 – 191. 2012
- [14] Wu, Wenling., Li, Yanfeng., Yang, Liuqing., Ma, Yingxia., Yan, Xu. Preparation and Characterization of Coaxial Multiwalled Carbonnanotubes/Polyaniline Tubular Nanocomposites for Electrochemical Energy Storage in The Presence of Sodium Alginate. *Journal of Synthetic Materials*. **193**, 48 – 49. 2014
- [15] Zhong, Cheng., Deng, Yida., Hu, Wenbin., Qiao, Jinli., Zhang, Lei., Zhang, JiuJun. A Review of Electrolyte Materials and Compositions for Electrochemical Supercapacitors. *Journal of Royal Society of Chemistry*, **1039**, 2 – 3. 2015.