

Pengaruh Variasi Massa Gliserol Pada Gel Elektrolit Untuk Aplikasi Superkapasitor

The Effect Of Glicerol Mass Variation On Electrolite Gel For Supercapacitor Application

1st Dedy Hendra Siburian
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
dedysiburian@students.telkomuniversity.ac.id

2nd Memoria Rossi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
memoriarosi@telkomuniversity.ac.id

3rd Abrar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
abrarselahh@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yang telah membuat gel elektrolit dengan variasi massa *HydroxyEthyl Cellulose* (HEC) terhadap larutan elektrolit Na_2SO_4 . Hasil penelitian tersebut menunjukkan kestabilan elektrokimia yang baik dan ketahanan yang baik terhadap *potensial window* yang ditunjukkan dengan konsistensi data pengukuran cyclic voltammetry sebanyak 3 kali pengukuran. Akan tetapi stabilitas kelarutan gel elektrolit masih belum baik dilihat karena adanya endapan garam setelah gel didiamkan selama beberapa menit. Hal ini dipengaruhi oleh lemahnya ikatan fisika yang terjadi antara HEC dan Na_2SO_4 . Untuk itu pada penelitian ini dilakukan penambahan plastisizer berupa gliserol dengan variasi massa 0,2 g; 0,4 g; 0,6 g; 0,8 g dan 1 g. Berdasarkan karakterisasi cyclic voltammetry (CV), diperoleh penambahan gliserol sebanyak 0,4 g menghasilkan kapasitansi maksimal sebesar 10,79 F/g dengan tegangan sel sebesar 1,8 V. Hasil ini linear dengan konduktivitas ionik yang terukur sebesar $3,47 \times 10^{-5}$ mS/cm.

Kata Kunci— *superkapasitor, gel elektrolit, HEC, Na_2SO_4 , plastisizer, gliserol, konduktivitas ionik, kapasitansi*

Abstract—This research is a development of previous research that has made an electrolyte gel with mass variations of *HydroxyEthyl Cellulose* (HEC) against Na_2SO_4 electrolyte solution. The results of the study showed good electrochemical stability and good resistance to window potential as indicated by the consistency of the cyclic voltammetry measurement data for 3 measurements. However, the stability of the solubility of the electrolyte gel is still not good because of the presence of salt deposits after the gel has been left for several minutes. This is

influenced by the weak physical bond that occurs between HEC and Na_2SO_4 . For this reason, in this study, the addition of plasticizer in the form of glycerol with a mass variation of 0.2 g; 0.4 g; 0.6 g; 0.8 g and 1 g. Based on the cyclic voltammetry (CV) characterization, the addition of 0.4 g of glycerol resulted in a maximum capacitance of 10.79 F/g with a cell voltage of 1.8 V. This result was linear with a measured ionic conductivity of 3.47×10^{-5} mS/cm.

Keywords— *supercapacitor, gel electrolyte, HEC, Na_2SO_4 , plasticizer, glycerol, ionic conductivity, capacitance*

I. PENDAHULUAN

Superkapasitor merupakan teknologi pengembangan dari kapasitor konvensional yang dilakukan untuk mendapatkan kemampuan penyimpanan energi yang lebih besar. Superkapasitor memiliki luas permukaan spesifik elektroda yang lebih besar dan distribusi pori yang lebih luas sehingga nilai kapasitansi yang jauh lebih besar daripada kapasitor konvensional [1]. Superkapasitor terdiri dari dua elektroda sejajar dengan separator dan ion elektrolit yang disisipkan diantara keduanya. Pada penelitian ini karbon aktif yang digunakan merupakan material komersial yang memiliki luas permukaan spesifik 1200 m²/g dengan ukuran pori 2 nm [2].

Elektrolit merupakan salah satu komponen yang penting karena merupakan

sumber pembawa muatan. Elektrolit yang biasa digunakan pada superkapasitor komersial adalah elektrolit cair dan padat (gel). Gel elektrolit memiliki kelebihan dari sisi tidak mudah bocor dan dapat memiliki tegangan sel yang besar [11]. Gel elektrolit terdiri dari polimer, garam elektrolit dan pelarut. Polimer berperan sebagai matriks yang dapat menyokong pergerakan ion-ion elektrolit dalam pelarutnya [5]. *HydroxyEthyl Cellulose* (HEC) merupakan salah satu polimer yang memiliki beberapa kelebihan diantaranya mudah dilarutkan dalam berbagai pelarut, memiliki sifat mekanik yang baik dan dapat menempel dengan baik pada elektroda [7]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa gel elektrolit berbasis HEC dan Na_2SO_4 memiliki potensial sel yang besar (1,8 V) dibandingkan dengan elektrolit cair (1 V) [6]. Akan tetapi gel elektrolit HEC- Na_2SO_4 tidak stabil secara ikatan fisika dimana garam elektrolit terlihat mengendap [6]. Literatur yang ada menjelaskan penambahan plastisizer pada matriks polimer dapat meningkatkan kelarutan garam elektrolit, meningkatkan fleksibilitas gel sehingga dapat meningkatkan mobilitas ion-ion elektrolit. Penelitian tersebut juga memperoleh nilai optimal gliserol sebesar 20% dengan konduktivitas ionic garam $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ sebesar $4,6 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$ [7].

Berdasarkan literatur yang ada, pada penelitian ini dilakukan penambahan gliserol sebagai plastisizer untuk meningkatkan stabilitas gel elektrolit. Gliserol divariasikan dengan massa sebesar 0g – 1 g . Gel elektrolit yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi menggunakan LCR meter untuk mengetahui konduktivitas ionik. Untuk aplikasi superkapasitor, gel elektrolit di-assembly dengan elektroda karbon aktif kemudian kapasitansi dihitung berdasarkan hasil karakterisasi *cyclic voltammetry* (CV). Tegangan sel juga diukur dengan variasi 1V dan 1,8 V.

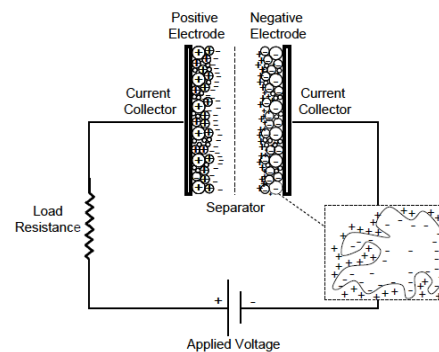
II. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

A. Superkapasitor

Superkapasitor merupakan divais penyimpan muatan dengan kapasitansi dan dapat daya yang lebih besar dibandingkan kapasitor konvensional. Hal ini berasal dari karakteristik elektroda yang terbuat dari material yang memiliki luas permukaan besar dan distribusi pori yang lebar [3]. Rapat daya yang besar dari superkapasitor juga dapat berasal dari tegangan sel yang dihasilkan. Tegangan superkapasitor biasanya dibatasi oleh tegangan sel pelarut elektrolit. Pada elektrolit

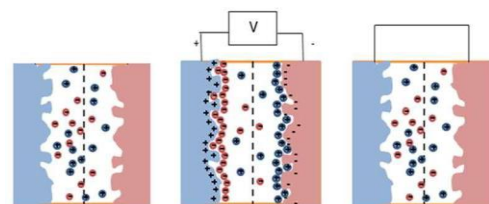
cair, tegangan sel terbatas sekitar 1V. Jika lebih dari 1 V maka air akan mengalami elektrolisis (dekomposisi air). Beberapa penelitian dapat mengembangkan elektrolit padat berbentuk gel yang dapat menaikkan tegangan elektrolisis air (~1,8 V) [5].

Konstruksi superkapasitor ditunjukkan pada gambar 2.1, secara umum hampir sama dengan kapasitor biasa yaitu terdiri dari dua elektroda sejajar dan dibatasi oleh separator dan ion-ion elektrolit. Perbedaannya hanya pada elektroda yang berisi material berpori dengan luas permukaan spesifik yang besar. Untuk elektrolit berbentuk gel, separator merupakan gel itu sendiri yang berisi polimer dan garam elektrolit yang tercampur menjadi satu gel yang kompak [1]. .



GAMBAR 2. 1 KONSTRUKSI SUPERKAPASITOR

Prinsip pengisian dan pengosongan superkapasitor serupa dengan kapasitor biasa. Pemberian tegangan dapat menyebabkan munculnya medan listrik yang dapat menyebabkan pemisahan muatan (ion-ion elektrolit). Ion positif akan mengisi elektroda yang bermuatan negatif dan sebaliknya ion negatif akan mengisi elektroda yang diberi muatan positif . Jika tegangan dilepaskan dari superkapasitor, maka ion-ion elektrolit akan mengosongkan elektroda. [6].



GAMBAR 2. 2 PENGISIAN DAN PENGOSONGAN SUPERKAPASITOR

B. Material Superkapasitor

1. Elektroda

Elektroda adalah salah satu material penyusun pada superkapasitor yang sangat penting karena menjadi wadah penyimpan pembawa muatan (ion-ion elektrolit). Elektroda superkapasitor biasanya adalah material berpori seperti karbon aktif yang memiliki luas permukaan yang tinggi (1.000-3.000 m²/g) dan distribusi pori-pori yang luas (1-10 nm). Selain itu karbon aktif bersifat inert, mudah diproduksi dan memiliki ketersediaan yang melimpah di alam [2].

2. Elektrolit

Elektrolit juga merupakan material yang tidak kalah penting pada superkapasitor, karena elektrolit menjadi sumber pembawa muatan pada superkapasitor. Elektrolit terbagi menjadi dua yaitu elektrolit cair dan padat. Elektrolit cair memiliki nilai konduktivitas yang tinggi namun rentan terhadap kebocoran. Penelitian elektrolit sudah semakin berkembang dengan adanya elektrolit padat (gel) sehingga superkapasitor dapat dikemas dalam bentuk *solid-state* [4].

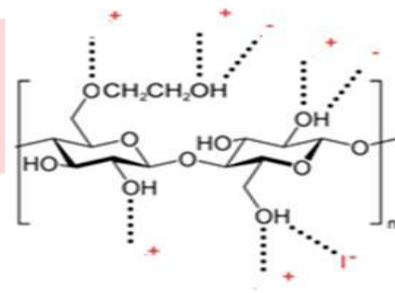
a. Elektrolit cair

Elektrolit cair sangat jarang digunakan untuk pembuatan superkapasitor komersil karena potensial window yang kecil yaitu sebesar 1V sehingga menyebabkan rendahnya nilai rapat daya superkapasitor. Namun karena preparasi elektrolit cair yang mudah, elektrolit cair masih digunakan dalam skala laboratorium. Elektrolit cair dapat dikelompokkan menjadi asam, basa, dan netral seperti H₂SO₄, KOH dan Na₂SO₄. Untuk aplikasi superkapasitor, elektrolit 1 M Na₂SO₄ dan 6 M KOH dapat menghasilkan kapasitansi yang lebih besar dibandingkan elektrolit lainnya. [9].

b. Gel elektrolit

Gel elektrolit merupakan pengembangan dari elektrolit cair yang dimana penggunaan elektrolit cair pada superkapasitor banyak mengalami masalah kebocoran dan volatilitas pelarut, dengan masalah tersebut sering mengakibatkan penurunan konduktivitas ionik yang nantinya dapat mempengaruhi kinerja elektrolit dalam perangkat elektrokimia, seperti superkapasitor [9]. Pada gel elektrolit digunakan polimer yang berfungsi

sebagai matriks gel yang nantinya dapat memberikan stabilitas mekanis. HEC adalah salah satu polimer yang dapat digunakan sebagai matriks pada gel elektrolit. HEC memiliki beberapa kelebihan diantaranya memiliki konduktivitas ionik yang tinggi pada suhu kamar yaitu antara 10⁻⁴ dan 10⁻³ S/cm, memiliki stabilitas termal yang baik, dan mudah larut dalam berbagai pelarut. Karena mudah larut dalam berbagai jenis pelarut maka proses disosiasi larutan elektrolit menjadi ion-ion (anion dan kation) menjadi lebih mudah. Akibatnya interaksi gugus fungsi HEC dengan ion-ion elektrolit menjadi lebih baik juga (Gambar 2.3) [10].



GAMBAR 2.3
STRUKTUR KIMIA HEC DAN
INTERAKSINYA DENGAN ANION DAN
KATION

Penambahan HEC sebagai matrik polimer ke dalam elektrolit dapat meningkatkan konduktivitas ionik, walaupun kenaikan konduktivitas ionik tidak terlalu spesifik seperti terlihat pada tabel 2.1.

TABEL 2.1
NILAI KONDUKTIVITAS IONIK
TERHADAP KAPASITANSI SPESIFIK

Sampel	Konduktivitas Ionik (mS/cm)	Kapasitansi spesifik (F/g)
0 HEC	75,3	69,6
0,1 HEC	83,4	98,3
0,2 HEC	84,5	74,2
0,4 HEC	84,9	76,2
0,6 HEC	84	70,7
0,8 HEC	86,9	140,4
1 HEC	86	87,3

Sumber : Dhoni aldi prakoso (2019)

3. Plastisizer

Plastisizer biasanya dapat meningkatkan keelastisannya gel elektrolit akibat adanya ikatan kimia yang stabil antara matrik polimer dan pelarutnya. Hal ini tentunya memudahkan ion-ion untuk melakukan pergerakan. Diharapkan dengan penambahan plastisizer ini maka kelarutan gel elektrolit menjadi lebih baik dan konduktivitas ionik menjadi lebih meningkat akibat meningkatnya volume penampungan pelarut air [12].

Konduktivitas terjadi karena pergerakan ion-ion di dalam bahan, sehingga dapat menghantarkan arus listrik. Ada beberapa jenis plastisizer yang sering digunakan seperti etilen glikol dan gliserol. Gliserol ($C_3H_8O_3$) dengan nama kimia 1,2,3-propanatriol merupakan cairan kental, tidak berwarna, tidak berbau, mudah larut air, meningkatkan viskositas larutan, mengikat air. Gliserol memiliki berat molekul sebesar 92 g/mol, densitas 1,261 g/mL, viskositas 1,5 Pa.s, titik leleh $17,8^\circ C$, dan titik nyala $290^\circ C$ [13]. Pada pembuatan plastisizer berbahan gliserol dengan polimer HEC yang dicampurkan dengan garam $Li_2B_4O_7$ dapat menghasilkan konduktivitas ionik maksimal sebesar $4,6 \times 10^{-3}$ S/cm pada suhu 298K [12-13].

Peningkatan konduktivitas ionik yang lebih tinggi menunjukkan banyaknya ion dalam matriks polimer [14]. Peningkatan nilai konduktivitas ionik terjadi karena adanya proses plasticization polimer alam yang memiliki berat molekul rendah, seperti gliserol, etilen glikol, propilen karbonat, sorbitol atau lainnya, dan juga dapat menurunkan kristalinitas campuran yang terbentuk [15-16]. Dari literatur penelitian yang ditemukan bahwa gliserol memberikan nilai konduktivitas yang baik, yaitu sebesar $9,5 \times 10^{-4}$ Scm^{-1} pada suhu ruangan dan $2,5 \times 10^{-3}$ Scm^{-1} pada temperatur $80^\circ C$ dengan konsentrasi gliserol 25% jika dibandingkan dengan etilen glikol dengan kondisi optimum dicapai pada 50% konsentrasi poli etilen glikol dengan konduktivitas $2,2 \times 10^{-6}$ [12]. Dengan adanya literatur ini menjadikan alasan pemilihan gliserol sebagai bahan pembuatan plastisizer.

C. Karakterisasi

1. Karakterisasi konduktivitas ionik

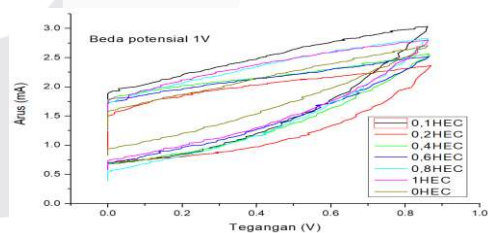
Gel elektrolit sendiri biasanya mempunyai nilai konduktivitas pada selang antara $(10^{-4} - 10^{-3})S/cm$. Resistansi suatu material bergantung pada panjang, luas penampang, tipe material dan temperatur.

Adapun nilai konduktivitas suatu material bergantung dari sifat material tersebut.. Kemampuan suatu bahan menghantarkan arus listrik dilihat dari nilai konduktivitas yang dimilikinya. Konduktivitas terjadi karena adanya pergerakan ion-ion di dalam bahan, sehingga suatu bahan dapat menghantarkan arus listrik. Pada logam muatan dibawa oleh elektron yang bergerak. Sedangkan pada material ionik, muatan dibawa oleh ion-ion yang berdifusi. Konduktivitas k berbanding lurus dengan jarak kedua elektroda l (cm) dan berbanding terbalik dengan luas bidang elektroda A (cm^2), k memiliki satuan Scm^{-1} dan l/A merupakan konstanta sel (K) yang memiliki satuan cm^{-1} [10]. Persamaan (2.3) berikut merupakan rumus konduktivitas ionik :

$$k = G \frac{L}{A} \text{ atau } k = \frac{1}{R} \frac{L}{A} \quad (2.3)$$

2. Karakterisasi *cyclic voltammetry*

Cyclic voltammetry digunakan untuk mengukur respons muatan akibat perubahan tegangan *cyclic voltammetry* yang mencakup pengisian dan pengosongan muatan. Kecepatan pengisian dan pengosongan dapat diatur melalui pengaturan penyapuan (*scan rate*). *Scan rate* yang umum digunakan untuk elektroda karbon aktif adalah 2-100 mV/s.



GAMBAR 2.4 KURVA I-V KARAKTERISASI CYCLIC VOLTAMMETRY

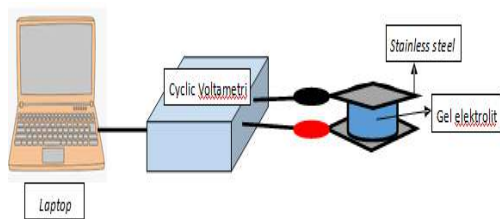
Perhitungan kapasitansi pada sistem tiga elektroda dapat diturunkan dari hubungan yang diberikan oleh persamaan berikut:

$$C_e (F) = \frac{\int I dV}{\Delta V \times v_s} \quad (2.4)$$

$$C_{sel} = \frac{2C_e}{m}$$

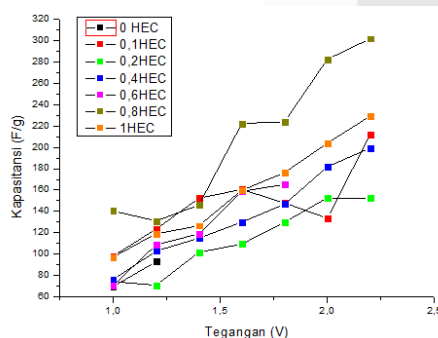
dengan C_e adalah kapasitansi satu elektroda, I adalah arus, ΔV adalah beda potensial, v_s adalah scan rate, dan m adalah massa material aktif [6].

Perhitungan $\int I \, dV$ pada dasarnya adalah luas kurva pengisian dan pengosongan. Untuk menghitungnya, digunakan perangkat lunak Originlab. Pada software Originlab digunakan fungsi matematika berupa “absolute area” yang dapat menghitung luas kurva pengisian dan pengosongan. Setelah itu, kapasitansi spesifik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4. [6].



GAMBAR 2. 5 KARAKTERISASI MENGGUNAKAN CYCLIC VOLTAMETRY

Kurva I-V pada gambar 2.5 menunjukkan pola pengisian dan pengosongan yang hampir menyerupai persegi panjang, kecuali untuk beda tegangan 2 V dan 2,2 V. Beberapa sampel tidak menunjukkan profil persegi panjang terutama untuk sampel 0 HEC dan 0,6 HEC . Hal ini mengindikasikan elektrolit yang mungkin mengalami dekomposisi yang dapat dikaitkan dengan konduktivitas ionik yang berubah sebelum dan sesudah diukur kapasitansinya. Untuk lebih jelasnya, nilai kapasitansi spesifik setiap elektroda dengan variasi bindernya dapat dilihat pada Gambar 2.7. [6].



GAMBAR 2.6 KURVA KAPASITANSI SPESIFIK DENGAN VARIASI BEDA TEGANGAN

Sumber: Dhoni aldi prakoso (2021)

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa hasil penelitian sebelumnya didapatkan nilai kapasitansi spesifik maksimal dimiliki oleh sampel 0,8 HEC yaitu sebesar 301,7 F/g dengan beda tegangan 2,2V. Jika dibandingkan dengan sampel 0 HEC (elektrolit cair) yang sudah mengalami dekomposisi pada beda tegangan 1,2V, maka dapat dikatakan bahwa gel elektrolit dengan gelatin agent HEC sebesar 0,8 g memiliki sifat elektrokimia yang lebih stabil dengan kapasitansi yang lebih besar. [6].

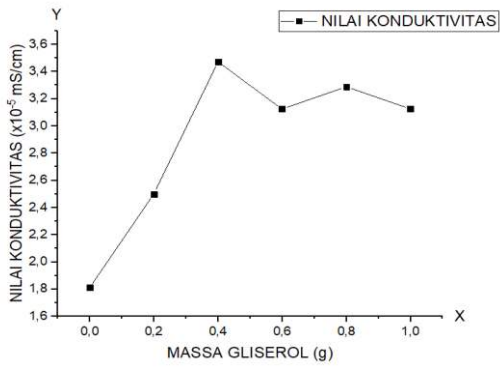
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil pengukuran Konduktivitas Ionik

Hasil pengukuran konduktivitas ionik didapat dari nilai pengukuran LCR meter, untuk mengukur konduktivitas ionic sebuah larutan dapat dilakukan dengan mencari nilai resistansi dari gel elektrolit tersebut menggunakan LCR. Nilai konduktivitas ionik merupakan ukuran terhadap konsentrasi total elektrolit di dalam air. Pengukuran dilakukan menggunakan LCR sebagai pembaca nilai resistansi gel elektrolit yang diletakkan pada antara 2 plat stainless steel pada semua sampel. Penambahan gliserol sebagai plastisizer ke dalam elektrolit dapat meningkatkan konduktivitas ionik, walaupun kenaikan konduktivitas ionic tidak terlalu spesifik seperti terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Nilai konduktivitas ionik pada semua sampel

Massa Gliserol (g)	Nilai Konduktivitas ionik (x10-5 mS/cm)
0	1,811
0,2	2,5
0,4	3,472
0,6	3,125
0,8	3,289
1	3,125

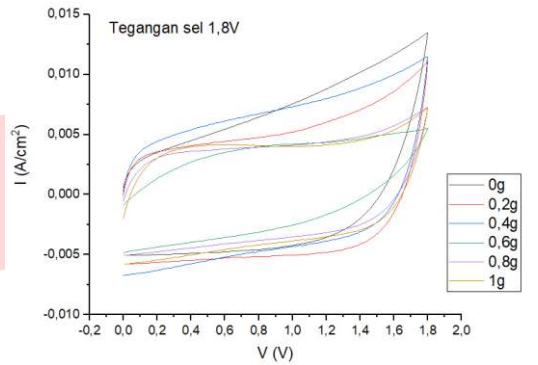
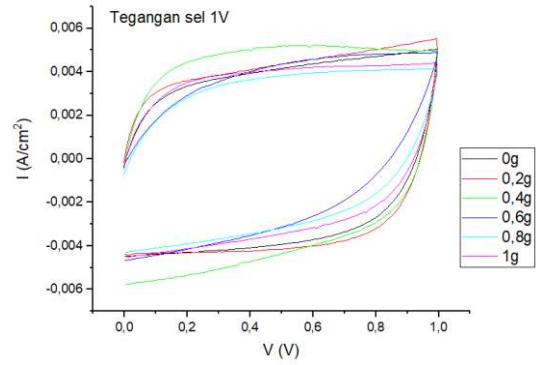


GAMBAR 3.1. GRAFIK NILAI KONDUKTIVITAS IONIK SEMUA SAMPEL

Dari tabel diatas dapat diambil kesimpulan bahwa sampel yang divariasikan dengan 0,4g gliserol memiliki nilai konduktivitas tertinggi dengan nilai 3,472 x10-5 mS/cm.

B. Karakterisasi Cyclic Voltametri (CV)

Karakterisasi cyclic voltametri dilakukan dengan menggunakan sistem dua elektroda untuk mendapatkan hasil pengukuran arus listrik dan tegangan yang akurat.. Pada karakteristik ini elektrolit yang digunakan ialah Na2SO4 sebesar 1 M yang telah divariasikan dengan 0g, 0,2g; 0,4g; 0,6g;0,8g; dan 1g gliserol dengan scan rate 100 mV/s dengan masing-masing sampel diukur dengan siklus sebanyak 3 kali dan mengatur rentang tegangan di 1V dan 1,8V. Kurva cyclic voltammetry untuk setiap sampel gel elektrolit ditunjukkan oleh gambar 3.3. Dari kurva pada gambar 3.3 dapat dihitung besar kapasitansi yang merupakan luas area di bawah kurva. Maka dari itu semakin besar luas area kurva semakin besar juga kapasitansi yang diperoleh.



GAMBAR 3. 2. KURVA CYCLIC VOLTAMMETRY UNTUK SETIAP SAMPEL DENGAN VARIASI MASSA GLISEROL DAN VARIASI TEGANGAN 1V DAN 1,8V

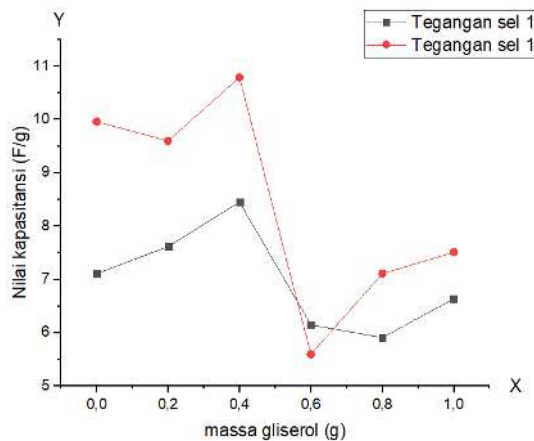
Kurva 3.3 secara umum menunjukkan bertambahnya luas kurva pada sampel yang divariasikan 0g, 0,2g; 0,4g; 0,6g;0,8g; dan 1g gliserol, dan dapat dilihat juga pada kurva diatas bahwa sampel yang telah divariasikan 0g, 0,2g; 0,4g; 0,6g;0,8g; dan 1g gliserol memiliki nilai arus yang lebih stabil pada tegangan 1V dan 1,8V.

Pada gambar 3.3 sudah dapat dilihat bahwa gel elektrolit yang divariasikan 0,4g gliserol memiliki nilai kapasitansi yang lebih besar dan stabil pada tegangan 1V dan 1,8V, dilihat dari luas kurva yang dihasilkan dan berikut untuk nilai kapasitansi pada seluruh sampel :

TABEL 3.2. NILAI KAPASITANSI UNTUK SEMUA SAMPEL

NO	Komposisi gliserol (g)	Nilai Kapasitansi (F/g)	
		Tegangan sel 1V	Tegangan sel 1,8V
1	0	7,11	9,96
2	0,2	7,62	9,6

3	0,4	8,45	10,79
4	0,6	6,15	5,6
5	0,8	5,91	7,11
6	1	6,64	7,51



GAMBAR 3.3.
GRAFIK NILAI KAPASITANSI SEMUA
SAMPEL

C. Hubungan Konduktivitas terhadap Kapasitansi

Dari data grafik diatas dapat dilihat trend kenaikan yang sama antara konduktivitas ionic dan kapasitansi. Diperoleh massa optimal gliserol sebesar 0,4g dengan konduktivitas $3,472 \times 10^{-5}$ mS/cm ionik dan kapasitansi maksimum sebesar 8,45 F/g pada tegangan 1V dan 10,79 F/g pada tegangan 1,8V.

IV. KESIMPULAN

Pembuatan gel elektrolit menggunakan larutan Na_2SO_4 1 M yang telah divariasikan 0g, 0,2g; 0,4g; 0,6g; 0,8g; dan 1g gliserol, proses pencampuran dilakukan dengan metode blending. Dari hasil pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini didapatkan kesimpulan :

1. Hasil pembuatan gel elektrolit dengan penambahan gliserol sebagai plastisizer terbukti mampu menghasilkan elektrolit yang baik dalam kelarutan kimianya dan tidak mengalami pengendapan.
2. Hasil karakterisasi cyclic voltammetry dan pengukuran nilai konduktivitas menggunakan LCR menunjukkan bahwa pemberian gliserol dapat membuat larutan gel elektrolit

memiliki nilai kapasitansi dan nilai konduktivitas yang baik. Larutan gel elektrolit yang mengalami penambahan gliserol sebanyak 0.4g memiliki nilai kapasitansi dan nilai konduktivitas terbesar jika dibandingkan dengan larutan gel elektrolit dengan penambahan gliserol lainnya, dengan nilai kapasitansi optimal pada tegangan 1V berada di 8,45 F/g dan 10,79 F/g pada tegangan 1,8V, dan nilai konduktivitas optimal berada di $3,472 \times 10^{-5}$ mS/cm

3. Hasil pengukuran ini membuktikan bahwa penambahan gliserol sebagai plastisizer sebesar 0,4g dapat meningkatkan nilai kapasitansi dan nilai konduktivitas pada larutan gel elektrolit.

REFERENSI

[1] Riyanto, Agus. Superkapasitor Sebagai Piranti Penyimpan Energi Listrik Masa Depan

[2] Zaharaddeen S. Iro, C. Subramani, S.S. Dash (2016). A Brief Review on Electrode Materials for Supercapacitor.

[3] PENGARUH STRUKTUR PORI TERHADAP KAPASITANSI ELEKTRODA SUPERKAPASITOR YANG DIBUAT DARI KARBON NANOPORI Teguh Ariyanto*), Imam Prasetyo, dan Rochmadi

[4] S. Pohlmann, C. Ramirez-Castro, and A. Balducci (2015). The Influence of Conductive Salt Ion Selection on EDLC Electrolyte Characteristics and Carbon-Electrolyte Interaction

[5] REVIEW: SUPERKAPASITOR BERBAHAN DASAR KARBON AKTIF DAN LARUTAN IONIK SEBAGAI ELEKTROLIT Olly Norita Tetra, Hermansyah Aziz, Emriadi, Sanusi Ibrahim, Admin Alif

[6] Dhony aldi prakoso, PENGARUH VARIASI MASSA HEC PADA GEL ELEKTROLIT TERHADAP KAPASITANSI SUPERKAPASITOR

[7] Shikha Gupta¹, Pradeep K. Varshney¹” Effect of plasticizer concentration on structural and electrical properties of hydroxyethyl cellulose (HEC)-based polymer

electrolyte” International Journal of Ionics The Science and Technology of Ionic Motion,2017

[8] Christina N. & Sungadi, E. (2003). Elektoda Karbon Untuk Electrochemical Double – Layer Capacitors Dari Kulit Durian Kapasitas 1.800 Ton/Tahun

[9] Zhong, C., Deng, Y., Hu, W., Qiao, J., Zhang, L., & Zhang, J. (2015). A Review Of Electrolyte Materials and Compositions for Electrochemical Supercapacitors.

[10] Vidhya Selvanathan¹ & Muhammad Nasir Abdul Halim¹(2018) ” Effect of polar aprotic solvents on hydroxyethyl cellulose-based gel polymer electrolyte”

[11] Erman Taer¹) dan Rika²), Studi Interaksi Elektrolit Cair dan Gel dalam Elektroda Karbon Aktif Mesopori pada Sebuah Sel Superkapasitor

[12] Luzi Lovita.NK¹), Syakbaniah²) , Evi Yulianti³),OPTIMALISASI KONDUKTIVITAS IONIK DAN SIFAT MEKANIK BAHAN POLIMER ELEKTROLIT PADAT BATERAI BERBASIS KITOSAN DENGAN PENAMBAHAN PLASTICIZER (ETILEN GLIKOL DAN GLISEROL)

[13] Irzaman, A Maddu, H Syafutra, dan A Ismangil UJI KONDUKTIVITAS LISTRIK DAN DIELEKTRIK FILM TIPIS LITHIUMTANTALATE (LiTaO₃) YANG DIDADAH NIOBIUM PENTAOKSIDA (Nb₂O₅) MENGGUNAKAN METODE CHEMICAL SOLUTION DEPOSITION

[14]Pawlicka,A.,Marins Danczuk.,Wladystaw Wieczorek.,dan Ewa Zygadlo-Monikowska.2008.Influence of Type on the Properties of Polymer Electrolytes Based on Chitosan. J. Phys. Chem. A. 2008, 112, 8888-8895.

[15]Sudaryanto.,E.Yulianti.,A.Dimayanti.,dan H.Jodi.2012.Pengembangan Elektrolit Padat Berbasis Kitosan Untuk

Baterai Kendaraan Listrik.Prosiding InSINas 2012.

[16]Sequeira,Cesar dan Diogo Santos.2010.Polymer Elektrolites Fundamentals and Applications.New Delhi: Woodhead Publishing.