PEMBUATAN ELEKTRODA BERBAHAN DASAR BIJI TANAMAN PUTRI MALU(MIMOSA PUDICA) UNTUK APLIKASI SUPERKAPASITOR ELEKTROKIMIA

fabrication of Electrode for Electrochemical Supercapasitor Aplication with Sensitive Seed Plant(Mimosa pudica)

Rudi Adi Setiawan[1], Indra Wahyudin fathona[2], Abrar[3]

Program Studi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University

[1]adisetiawanrudi46@gmail.com, [2]indrafathonah@gmail.com, [3]Abrarselah@gmail.com

Abstrak

Electrochemical supercapacitor merupakan sebuah alat yang menjanjikan dalam penyimpanan energi listrik dengan kapasitansi dan densitas daya yang tinggi. *Electrochemical supercapacitor* memiliki beberapa keunggulan diantaranya memiliki kapasitansi spesifik yang tinggi, modelnya sederhana dan aman dalam penggunaannya. Mekanisme penyimpanan energi pada *electrochemical supercapacitor* menggunakan *double layer* yang terdapat pada pori elektroda [1]. Elektroda berpori yang memiliki permukaan spesifik yang besar menjadi perhatian yang serius dalam penelitian saat ini. Selain itu, unsur material dari penyusun elektroda tersebut juga menjadi aspek yang mempengaruhi kapasitansi. Mangan secara teoritis memiliki kapasitansi yang tinggi yaitu 1,370 F/g. Beberapa peneliti telah menggunakan *electrodeposition* untuk membuat film oksida mangan berpori yang digunakan sebagai elektroda superkapasitor. Metode ini menghasilkan kapasitansi spesifik elektroda berkisar antara 377 F/g sampai dengan 445 F/g [1]. Tumbuhan seperti putri malu merupakan sumber dari bahan yang dapat digunakan untuk membuat elektroda superkapasitor. Proses sederhana yang dilakukan seperti penumbukan telah dilakukan pada biji putri malu dan menghasilkan lapisan tipis elektroda dengan ketebalan yang berukuran mikrometer. Kemudian kinerja dari lapisan tipis elektroda tersebut dievaluasi menggunakan *cyclic voltammetry* dan didapatkan nilai kapasitansi spesifik maksimum yaitu 0.113 F/g.

Kata kunci : superkapasitor, mangan, elektroda, kapasitansi

Abstract

Electrochemical supercapacitor is a promising tool in storing electrical energy with high capacitance and power density. Electrochemical supercapacitor has several advantages including having a high specific capacitance, a simple and safe model of its use. The energy storage mechanism in electrochemical supercapacitor uses a double layer found in the pore electrode[1]. Porous electrodes that have large specific surface are in serious concern on research nowadays. In addition, the material elements of those electrode constituents are also an aspect that affects the capacitance. Mangan theoretically has a high capacitance of 1,370 F / g. Some researchers have used the electrodeposition to make porous manganese oxide films which are used as supercapacitor electrodes. This method produces electrode specific capacitance ranging from 377 F / g to 445 F / g [1].plants such as sensitive seed plant are a source of material that can be used to make supercapacitor electrodes. The simple process that is carried out such as pulverization is carried out on sensitive seed plant and produces a thin layer of electrode with the thickness needed by the micrometer. Then using a thin layer of electrode was evaluated using cyclic voltammetry and obtained a specific capacitance value of 0.113 F/g.

Keywords : supercapacitor, manganese, electrode, capacitance

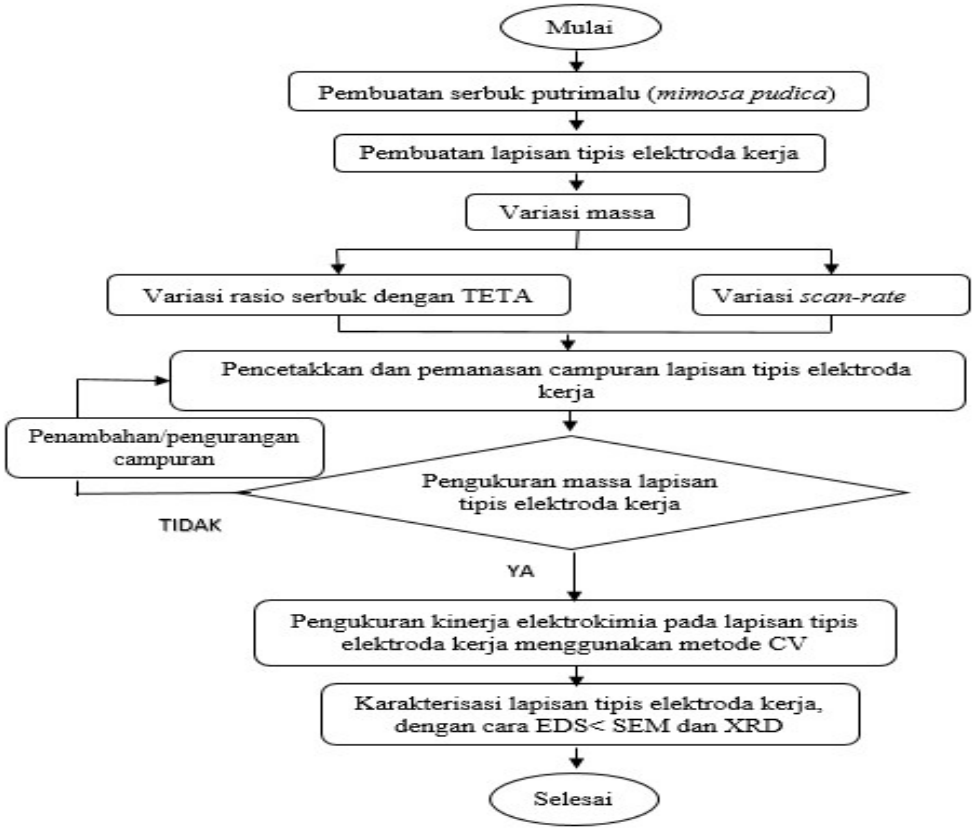
1. Pendahuluan

Electrochemical supercapasitors merupakan suatu perangkat penyimpan energi yang menjanjikan penggunaannya untuk teknologi dimasa yang akan datang dikarenakan *electrochemical supercapasitor* memiliki keunggulan lebih baik dari perangkat penyimpanan energi yang digunakan pada saat ini yaitu kapasitansi spesifik yang tinggi, kepadatan daya spesifik yang tinggi, dan umur siklus yang panjang. *Electrochemical supercapacitor* juga dikenal sebagai ultrakapasitor, mekanisme penyimpanan muatan *electrochemical supercapasitor* memanfaatkan prinsip *electrical double-layer* dan pseudokapasitif untuk mencapai kapasitansi beberapa kali lipat lebih besar dibandingkan dengan kapasitor konvensional. Namun, pada saat ini bahan yang digunakan pada superkapasitor adalah bahan yang tidak mudah untuk didapat dan juga memerlukan biaya yang tidaklah murah. Oleh karena itu, dibutuhkan proses dan bahan untuk supercapasitor dengan biaya yang murah. Pada *electrochemical supercapasitor* ini menggunakan bahan yang terdapat di alam dan juga dapat dikembang-biakkan diantaranya tanaman putri malu(*mimosa piduca*), jahe(*zingiber officinale*), kapulaga(*amomum compactum*) dan

lain sebagainya. Para peneliti dari pakistan telah meneliti pada tiga puluh lima jenis tanaman yang berbeda untuk mengecek kandungan mineral yang terdapat pada tanaman tersebut. Tanaman-tanaman tersebut diantanya adalah jahe, putri malu, kapulaga, ketumbar, cengkeh dan sebagainya. Para peneliti tersebut mendapatkan beberapa kandungan mineral yang terdapat didalam biji tanaman putri malu (*mimosa pudica*) diantaranya seng, mangan, besi, dan tembaga. Dimana nilai-nilai kandungan yang terdapat pada biji tanaman putri malu(*mimosa pudica*) yaitu seng sebesar > 50µg g^{-1}, mangan sebesar > 200µg g^{-1}, tembaga sebesar > 50µg g^{-1}, dan besi sebesar > 400µg g^{-1}. Dengan memanfaatkan mineral-mineral yang terkandung dalam tanaman putri malu(*mimosa pudica*), penelitian ini diharapkan dapat membuat e*lectrochemical supercapasitor* yang mempunyai kapasitansi yang tinggi.

2. Metode penelitian

Metode yang akan di gunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Diagram alur penelitian

Gambar 3.1 menjelaskan terkait metode penelitian yang akan dilaksanakan dengan proses awal yaitu pembuatan serbuk dari bahan alami biji putri malu proses pembuatan selanjutnya lapisan tipis elektroda, pada proses ini serbuk sebagai bahan utama dicampurkan dengan beberapa bahan lain dengan merubah beberapa variabel seperti variabel massa, rasio serbuk dengan TETA dan *scan-rate* untuk pengujiannya.

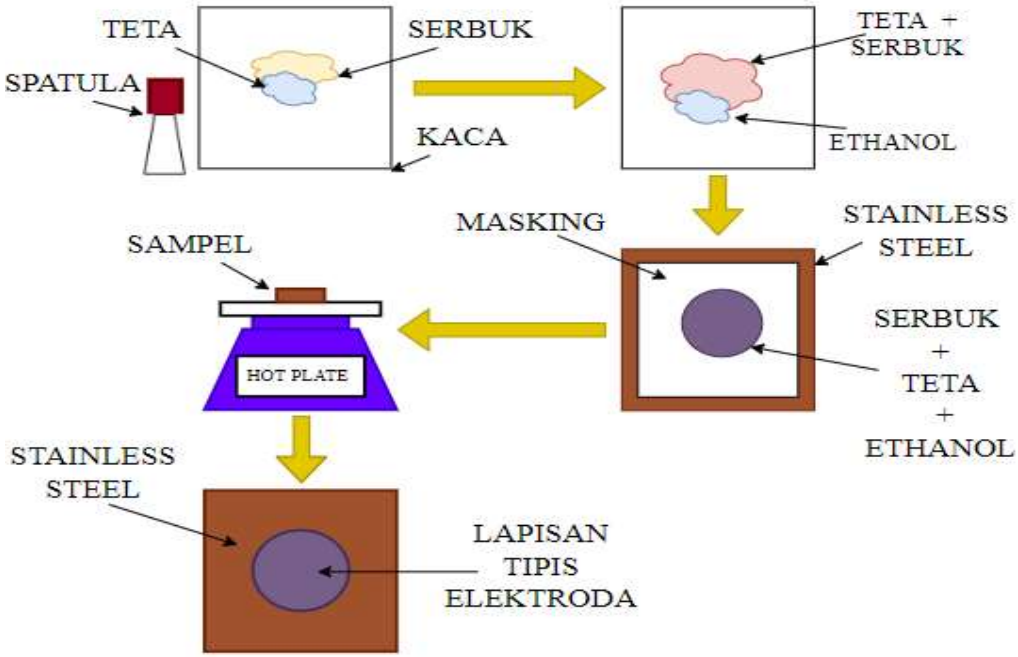
3. Pembahasan

3.1 Pembuatan serbuk dari bahan alami biji putri malu

proses pembuatan serbuk biji putri malu dilakukan melalui empat tahap yaitu : pertama, proses pemisahan biji dari tanaman. Proses pemisahan biji putri malu ini dilakukan dengan cara memeras-meras tanaman hingga biji terpisah dengan tanaman,setelah itu disaring agar biji terpisah dari tanamannya. Proses penyaringan ini dilakukan hingga 2 kali agar biji benar-benar bersih. Kedua, memblender biji putri malu. Prosesnya yaitu biji putri putri diblender hingga benar-benar halus,setelah dirasa cukup halus serbuk disaring agar serbuk biji terpisah dari cangkang. Ketiga, mengendapkan serbuk biji putri mlau dengan menambahkan aquadest. Hasil endapan dan air endapan kemudian dipisahkan. Keempat yaitu memanaskan endapan. Prosesnya yaitu endapan dipanaskan pada suhu 100^{o} sampai sisa air benar-benar habis. Selanjutnya hasil endapan yang telah dipanaskan ditumbuk menggunakan mortar sampai halus. Barulah didapatkan serbuk yang akan digunakan untuk proses selanjutnya.

3.2 Pembuatan lapisan tipis elektroda kerja

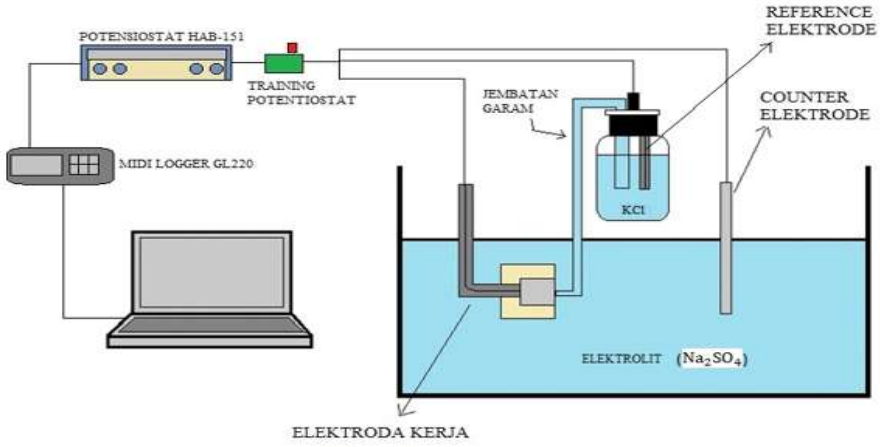
Pada proses ini serbuk biji putri malu yang telah dihaluskan akan ditambahkan *Triethylenetetramine* (TETA) yang merupakan bahan pengikat unsur. Pada pembuatannya serbuk halus dengan massa 0.03 mg yang diukur menggunakan timbangan (kern 440-21A, max :60 g, d: 0.001 g) diletakkan pada alas kaca kemudian ditambahkan TETA , menggunkan mikropipet (toppette pipettor 20-200 µl) dengan variasi yang sudah ditentukan campuran tersebut kemudian diaduk sampai tercampur merata menggunakan spatula. Campuran tersebut kemudian ditambahkan ethanol dan diaduk kembali sampai tercampur merta kemudian campuran bahan tersebut dilapiskan pada sebuah substrat yang terbuat dari bahan *stainless steel* dengan panjang dan lebar 1 cm x 1 cm dan akan dikalsinasi menggunakan *digital hotplate* (HP-2SA) dengan rentang temperatur 25 – 260℃ selama 40 menit, dimana nantinya akan menghasilkan lapisan tipis elektroda kerja dengan bagian halus pada permukaannya terdiri dari nanopartikel dengan diameter elektroda kerja yaitu 0.5 cm seperti ditunjukan pada gambar 3.1



Gambar3.1 proses pembuatan lapisan tipis elektroda

3.3 Test Elektrokimia

Proses ini bertujuan untuk mengetahui perilaku elektrokimia dari lapisan tipis elektroda yang disintesis, dengan menggunakan metode cyclic voltammetry (CV). Gambar 3.2 merupakan skema pengukuran kinerja elektrokimia dengan menggunakan cyclic voltammetry. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan konfigurasi sel tiga elektroda dengan 0.5 M Na_2SO_4 sebagai elektrolit. Ketiga elektroda tersebut adalah *counter electrode*, *reference electrode*, dan *working electrode*. Bahan yang digunakan pada *counter electrode* adalah KCl. Sedangkan bahan yang digunakan pada *reference electrode* adalah platinum. Pada *working electrode* menggunakan substrat dari campuran bahan TETA, Hexanol dan serbuk dari biji tanaman putri malu yang kemudian diletakkan pada stainless steel. Pada *working electrode* terdapat kandungan unsur logam dan mineral yang dapat mempengaruhi kinerja superkapasitor. Unsur mangan dapat meningkatkan nilai spesifik kapasitansi, sedangkan mineral lain yang terdapat pada substrat dapat menpengaruhi bentuk fisik pada *working electrode*. Pengukuran CV dilakukan dengan rentang potensial dari 0 hingga 1 V dengan tingkat pemindaian 10 hingga 100 mV/s.



Gambar 3.2 skema pengukuran kinerja elektroda menggunakan cyclic voltammetry

3.4 Hasil pembuatan serbuk biji putri malu sebagai lapisan tipis elektroda kerja

Proses awal yang dilaksanakan pada penelitian ini adalah dengan pembuatan sampel dan proses pertama yang harus dilakukan adalah membuat serbuk dari bahan biji putri malu. Gambar 3.3 merupakan serbuk yang telah berhasil dibuat dari bahan biji putri malu, biji yang sudah di blender ditambahkan aquadest kemudian diendapkan. Setelah terdapat endapan, endapat tersebut dipanaskan pada suhu 100^0C hingga kandungan airnya benar-benar habis. Selanjutnya endapan yang sudah dipanaskan dihaluskan kembali dengan mortar sampai halus. Dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.3 dibawah.

Gambar 3.3 serbuk halus dari bahan biji putri malu

3.5 Hasil pembuatan lapisan tipis elektroda kerja

Pembuatan lapisan elektroda kerja yang akan digunakan untuk pengujian dilakukan melalui beberapa tahap. Gambar 3.4 merupakan hasil elektroda kerja yang telah dibuat dari bahan serbuk biji putri malu yang juga telah dicampurkan dengan TETA dan ethanol dengan konsentrasi yang telah ditentukan yang kemudian dipanaskan pada suhu 260^{o}C selama 30 menit. Elektroda kerja dibuat dengan variasi yang telah ditentukan untuk melihat pengaruh dari variasi tersebut terhadap nilai kapasitansi spesifik. Variasi pertama yaitu variasi massa elektroda kerja dengan massa yang telah ditentukan yaitu sebesar 1 mg, 5 mg dan 10 mg, variasi kedua yaitu pada proses percampuran serbuk biji putri malu dengan TETA yang memiliki perbandingan sebesar (1 : 0.5), (1 : 1), (1 :2), (1 : 4) dan (1 : 6). Elektroda kerja tersebut kemudian diaplikasikan ke sebuah substrat yang terbuat dari stainless steel dengan ukuran 1 x 1 cm dan diameter elektroda kerja yaitu 0.5 cm. Kemudian elektroda kerja tersebut diuji menggunakan metode *cyclic voltammetry* untuk mengetahui nilai kapasitansi spesifik.

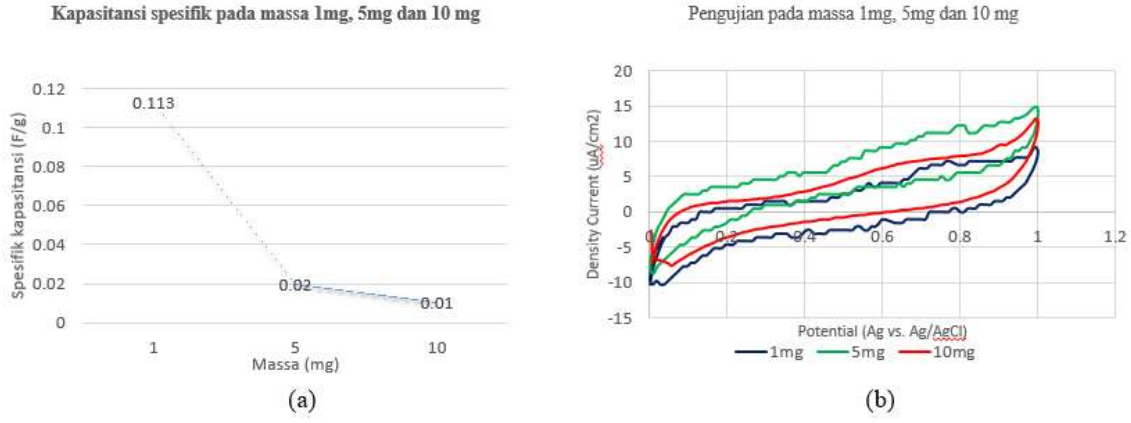
Gambar 3.4 elektroda kerja di stainless steel

3.6 Hasil pengujian elektroda kerja dengan metode *cyclic voltammetry*

Pengujian dilakukan melalui tiga tahap, tahap pertama pengujian dilakukan dengan tujuan mengetahui pengaruh massa lapisan tipis elektroda kerja, dimana pada pengujian ini massa elektroda kerja diubah-ubah sedangkan rasio serbuk biji putri malu, TETA, ethanol, dan *scan-rate* memiliki nilai yang tetap. Tahap kedua pengujian dilakukan dengan tujuan mengetahui pengaruh rasio serbuk biji putri malu dengan TETA, dimana pada pengujian ini perbandingan TETA diubah-ubah sedangkan massa elektroda kerja, massa serbuk biji putri malu dan ethanol serta *scan-rate* nilainya tetap. Tahap ketiga adalah untuk mengetahui pengaruh *scan-rate* terhadap nilai kapsitansi spesifik, dimana pada pengujian ini nilai yang diubah-ubah adalah *scan-rate* sedangkan massa elektroda kerja, rasio serbuk biji putri malu, TETA, dan ethanol nilainya tetap. Setelah pengujian dilakukan proses selanjutnya adalah pengolahan data dimana data yang digunakan adalah data pada siklus ke 100, dikarekan pada siklus ke 100 pengujian sudah dalam keadaan tunak. Data yang telah didapat kemudian diolah menggunakan *microsoft excel*, pada *microsoft excel* data akan diubah satuannya. Setelah data tersebut rapih kemudian dilakukan perhitungan spesifik kapasitansi pada aplikasi *scilab*. Pada aplikasi *scilab* akan didapatkan nilai kapasitansi spesifik dan nilai kapasitansi spesifik tersebut akan dibandingkan dengan pengujian lainya dengan variasi yang sama.

3.6.1 Pengaruh massa terhadap kapasitansi spesifik

Pengujian pengaruh massa terhadap nilai kapasitansi spesifik yaitu dengan mengubah massa pada lapisan tipis elektroda. Massa yang akan diuji yaitu sebesar 1mg, 5mg dan 10mg. Pada pengujian ini rasio serbuk biji putri malu-TETA-ethanol (1:1:0.5) dan *scan-rate* 10 mV/s nilainya tetap dan diuji selama 100 siklus.

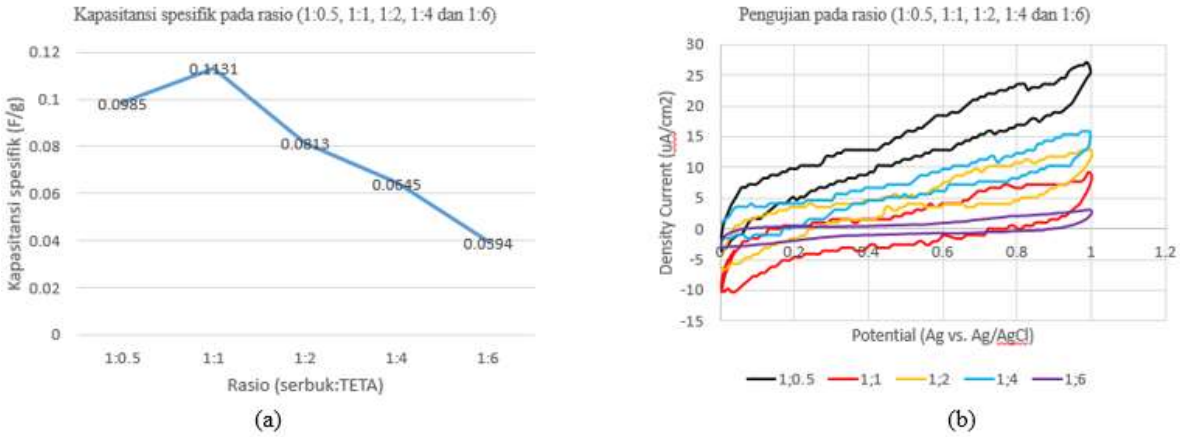


Gambar 3.5 (a) kurva perbandingan nilai kapasitansi spesifik terhadap massa.dan (b) kurva perbandingan potential (Ag/AgCl) terhadap current density

Gambar 3.5 (a) menunjukan nilai kapasitansi spesifik pada elektroda kerja, didapatkan bahwa lapisan tipis elektroda kerja dengan massa 1 mg memiliki nilai kapasitansi spesifik sebesar 0.113 F/g, kemudian setelah massa dinaikkan menjadi 5 mg nilai kapasitansi spesifik yang didapat sebesar 0.02 F/g dan pada massa 10 mg nilai kapasitansi spesifik yang didapat sebesar 0.010 F/g.Gambar 3.5 (b) menunjukan kurva yang berbentuk kuasi persegi panjang yang mendekati simetris. Dari bentuk tersebut terdapat adanya kapasitansi spesifik pada elektroda kerja.

3.6.2 Pengaruh rasio serbuk-TETA terhadap kapasitansi spesifik

Pada pengujian pengaruh rasio serbuk:TETA lapisan tipis elektroda kerja menggunakan metode *cyclic voltammetry* dilakukan sampai 100 siklus dengan *scan-rate* 10 mV/s. Pengujian tersebut menghasilkan grafik perbandingan potential (Ag vs Ag/AgCl) dan *current density* dengan tiga data berbeda yiatu lapisan tipis elektroda kerja dengan rasio serbuk:TETA (1:0.5, 1:1, 1:2, 1:4 dan 1:6).

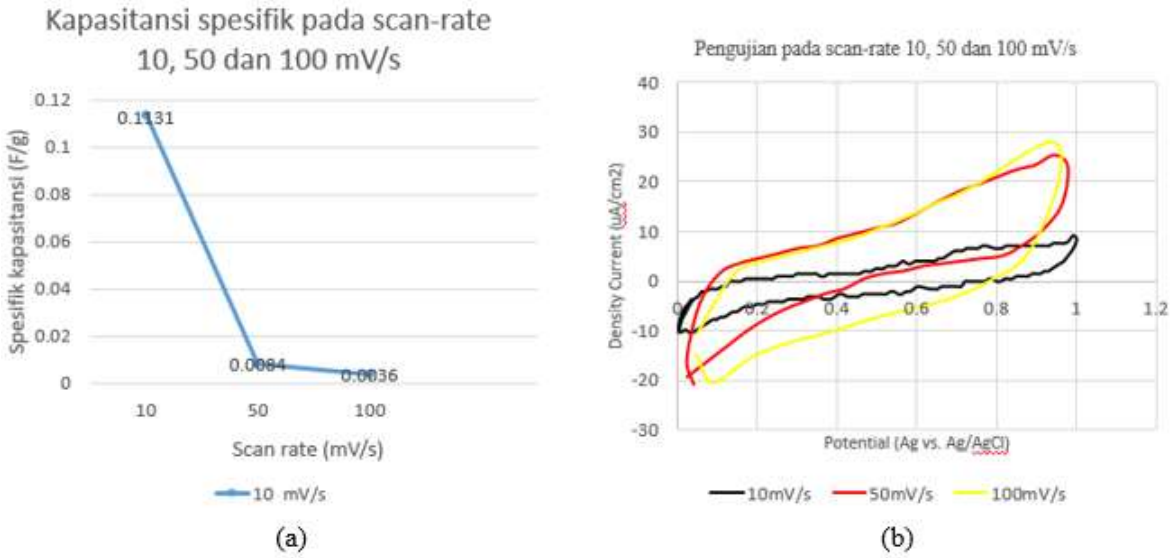


Gambar 3.6 (a) kurva perbandingan nilai kapasitansi spesifik rasio serbuk biji putri malu dengan TETA dan (b) kurva hasil pengujian pada pengaruh rasio serbuk biji putri malu terhadap TETA

Gambar 3.6 (a) menunjukan nilai kapasitansi spesifik pada elektroda kerja dan didapatkan lapisan tipis elektroda kerja dengan rasio 1:0.5 memiliki nilai kapasitansi spesifik sebesar 0.098 F/g, pada rasio 1:1 sebesar 0.113 F/g, pada rasio 1:2 sebesar 0.081 F/g, pada rasio 1:4 sebesar 0.064 F/g dan pada rasio 1:6 sebesar 0.039 F/g. Gambar 3.6 (b) menunjukan kurva yang berbentuk kuasi persegi panjang yang mendekati simetris dan dari bentuk tersebut terdapat adanya kapasitansi spesifik pada elektroda kerja.

3.6.3 Pengaruh *scan-rate* terhadap kapasitansi spesifik

Pada pengujian ini dilakukan variasi pada *scan-rate* dengan menggunakan massa 1 mg dan rasio 1:1 . variasi *scan-rate* dilakukan pada *scan-rate* 10, 50 dan 100 mV/s. Pengujian dilakukan selama 100 siklus, dan data yang diambil untuk diproses adalah data pada siklus ke 100. Gambar 3.8 berikut merupakan kurva hasil dari pengujian,



Gambar 3.7 (a) kurva perbandinngan nilai kapasitansi spesifik terhadap scan-rate dan (b) kurva hasil pengujian pada pengaruh scan-rate terhadapat kapasitansi spesifik

Gambar 3.7 (a) merupakan nilai kapasitansi spesifik dari hasil pengujian dengan scan-rate 10 mV/s sebesar 0.113 F/g. Ketika dinaikkan menjadi 50 mV/s sebesar 0.008 F/g dan pada *scan-rate* 100 mV/s sebesar 0.003 F/g. Gambar 3.7 (b) merupakan kurva rapat arus ($\mu A/cm^2$) terhadap potential (Ag vs. Ag/AgCl) dan terdapat kurva

perbandingan scan-rate 10, 50 dan 100 mV/s. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa kurva berbentuk kuasi-persegi panjang yang mendekati simetris dari bentuk tersebut menandakan adanya kapasitansi spesifik pada elektroda kerja.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan sebagai berikut,

1. Penelitian ini berhasil membuat lapisan tipis elektroda kerja berbahan dasar biji putri malu.
2. Pada penelitian ini diperoleh nilai kapasitansi spesifik dari lapisan tipis elektroda kerja yang berupa sampel berbahan dasar biji putri malu (*mimosa pudica*), nilai kapasitansi spesifik yang paling besar dari hasil penelitian ini adalah dengan spesifikasi massa 1 mg, rasio serbuk biji putri malu terhadap TETA (1:1) dan *scan-rate* 10 mV/s yaitu sebesar 0.113 F/g. Massa elektroda kerja yang semakin besar mengakibatkan nilai kapasitansi spesifik yang semakin kecil dan perbandingan serbuk biji putri malu terhadap TETA yang semakin besar juga mengakibatkan nilai kapasitansi spsesifik yang semakin kecil.

Daftar Pustaka

[1]. Z. Yu, L. Tetard, L. Zhai and J. Thomas, "Supercapacitor electrode materials: nanostructures from 0 to 3 dimensions," *Energy & Environmental Science,* vol. 8, pp. 677-1048, march 2015.

[2]. I. W. Fathona and A. Yabuki, *Multi-plate, thin-film electrodes of manganeze oxide synthesized via the thermal decomposition of a manganeze-amine complex for use as electrochemical supercapasitors,* pp. 693-694, 2016.

[3]. A. Riyanto, *SUPERKAPASITOR SEBAGAI PIRANTI PENYIMPAN ENERGI LISTRIK MASA DEPAN.*

[4]. P. Simon, Y. Gogotsi and B. Dunn, Where Do Batteries End Supercapasitor Begin?, 14 March 2014.

[5]. T. A. N, N. I. M, N.-u.-H. I, Q. F. I, G. and N. Khalid, "journal of biological sciences 4," *Essential Trace Metal (zinc, manganese,copper and Iron) levels in plants of medicinal importance,* vol. 2, pp. 95-99, 2004.

[6]. J. R. Miller and P. Simon, "FUNDAMENTAL OF ELECTROCHEMICAL CAPASITOR DESIGN AND OPERATION," pp. 31-32, 2008.

[7]. g. wang, l. zhang and j. zhang, *A review of electrode materials for electrochemical supercapacitor,* pp. 798-800, 2011.

[8]. B. Conway, Electrochemical supercapasitors, New york: Scientific, Kluwer Academic Plenum Publishers, 1996.

[9]. G. Wang, L. Zhang and J. Zhang, "A review of electrode materials for electrochemical supercapacitors," p. 798, 2011.

[10]. M. Toupin, T. Brousse and D. Belanger, "Charge Storage Mechanism of MnO2 Electrode Used in Aqueous Electrochemical Capacito," pp. 3184-3190, 2004.