

STUDI ELEKTRODA BERBAHAN DASAR JAHE (*ZINGIBER OFFICINALE*) UNTUK APLIKASI SUPERKAPASITOR ELEKTROKIMIA

Study of Electrode for Electrochemical Supercapacitor Application with Ginger (Zingiber Officinale)

Gede Ananta Wikrana Putra¹, Indra Wahyudin Fathona¹, Abrar²

^{1,2}Program Studi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University

¹anantawikrana@gmail.com, indrafathonah@gmail.com

²Abrarselah@gmail.com

Abstrak

Electrochemical supercapacitor merupakan suatu perangkat penyimpanan energi yang sangat berpengaruh pada teknologi masa depan. Perangkat penyimpan energi listrik ini memiliki keunggulan dibandingkan baterai, *fuel cell*, dan kapasitor konvensional karena dapat menyimpan energi yang besar dan 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]. 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 jahe (*zingiber officinale*) merupakan sumber dari bahan mangan yang dapat digunakan untuk membuat elektroda superkapasitor. Proses sederhana yang telah dilakukan seperti mengambil endapan jahe dan menghasilkan lapisan tipis elektroda kerja dengan ketebalan yang berukuran mikrometer. Kemudian kinerja dari lapisan tipis elektroda tersebut akan dievaluasi menggunakan *Cyclic Voltammetry* [1].

Kata Kunci : Superkapasitor, mangan, elektroda, kapasitansi.

Abstract

*Electrochemical supercapacitor is an energy storage device that is very influential on future technology. This electrical energy storage device has advantages over conventional batteries, fuel cells and capacitors because it can store large energy and high power. 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]. 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]. Ginger plant (*zingiber officinale*) is a source of manganese material which can be used to make supercapacitor electrodes. A simple process that carried out such as taking a ginger deposit will be carried out and produce a thin layer of working electrode with a thickness measuring micrometer. Then the performance of the thin layer of electrode will be evaluated using *Cyclic Voltammetry*[1].*

Keynote : *Supercapacitor, manganese, electrode, capacitance.*

1. Pendahuluan

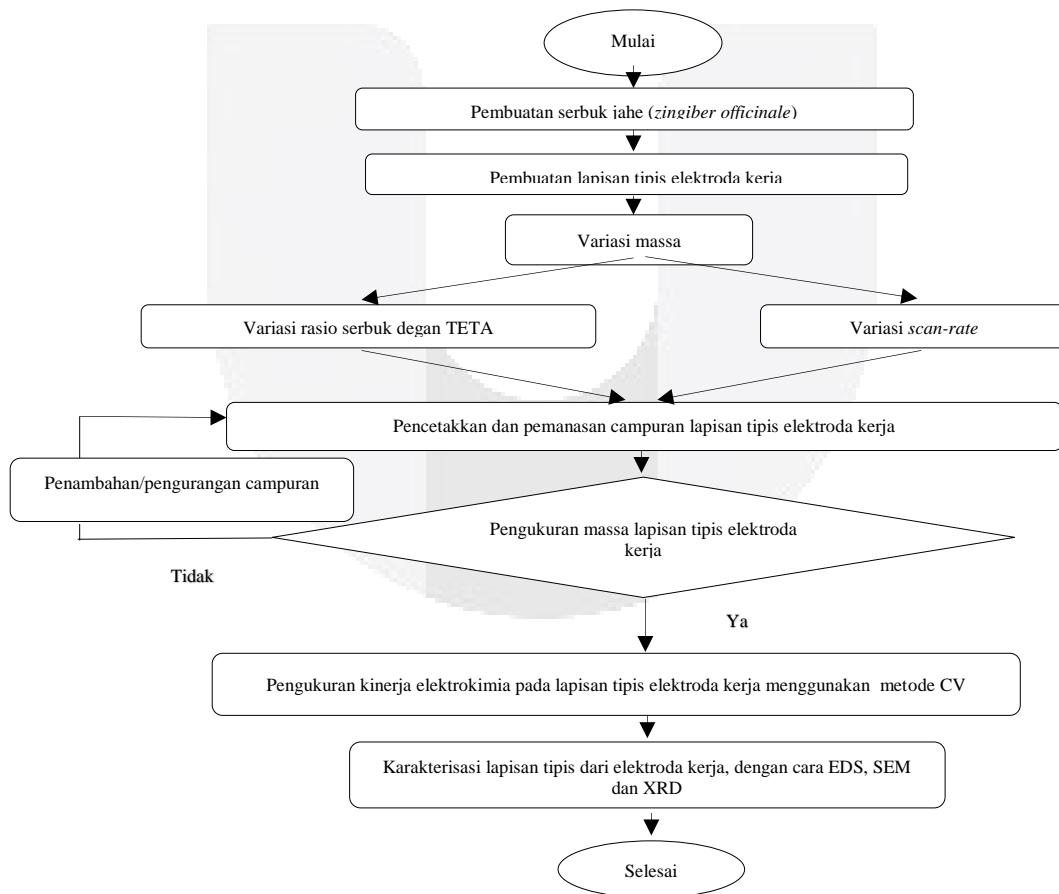
Electrochemical supercapacitor merupakan suatu perangkat penyimpanan energi yang sangat berpengaruh pada teknologi masa depan. Perangkat penyimpan energi listrik ini memiliki keunggulan dibandingkan baterai, *fuel cell*, dan kapasitor konvensional karena dapat menyimpan energi yang besar dan daya yang tinggi. *Electrochemical supercapacitor* memiliki beberapa keunggulan diantaranya memiliki spesifik kapasitansi yang tinggi, modelnya sederhana dan aman dalam penggunaannya.

Pada saat ini bahan yang digunakan pada superkapasitor adalah bahan yang tidak mudah untuk didapatkan dan juga memerlukan biaya yang tidak murah. Oleh karena itu, dibutuhkan proses dan bahan untuk superkapasitor dengan biaya yang murah. *Electrochemical supercapacitor* ini menggunakan bahan yang terdapat di alam dan juga dapat dikembangkan dengan mudah, diantaranya adalah tanaman jahe (*zingiber officinale*), putri malu (*mimosa pudica*), kapulaga (*amomum compactum*) dan lain sebagainya. Beberapa 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 diantaranya adalah jahe, putri malu, kapulaga dan sebagainya. Para peneliti tersebut mendapatkan beberapa kandungan mineral yang terdapat didalam tanaman jahe (*zingiber officinale*) diantaranya seng, mangan, besi, dan tembaga. Dimana nilai-nilai kandungan yang terdapat pada jahe (*zingiber officinale*) yaitu seng sebesar $> 50\mu\text{g g}^{-1}$, mangan sebesar $> 200\mu\text{g g}^{-1}$, tembaga sebesar $> 50\mu\text{g g}^{-1}$, dan besi sebesar $> 400\mu\text{g g}^{-1}$ [3].

Unsur mangan cukup banyak terdapat pada tumbuhan jahe dimana pada jahe atau *zingiber officinale* kandungan unsur mangannya adalah $1014 \pm 52 \mu\text{g/g}$ kemudian tanaman jahe cukup banyak terdapat di alam dan mudah didapatkan. Dengan memanfaatkan mineral yang terkandung dalam tanaman jahe (*zingiber officinale*), diharapkan dapat membuat *electrochemical supercapacitor* yang mempunyai kapasitansi tinggi.

2. Metode Penelitian

Metode yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1 Diagram alur penelitian

Diagram pada gambar 2.1 tersebut menjelaskan terkait metode penelitian yang akan dilaksanakan dengan proses awal yaitu pembuatan serbuk dari bahan alami jahe proses selanjutnya pembuatan lapisan tipis elektroda yang berbasis bahan alami jahe dengan merubah beberapa variabel pada proses pembuatan dan pengujiannya.

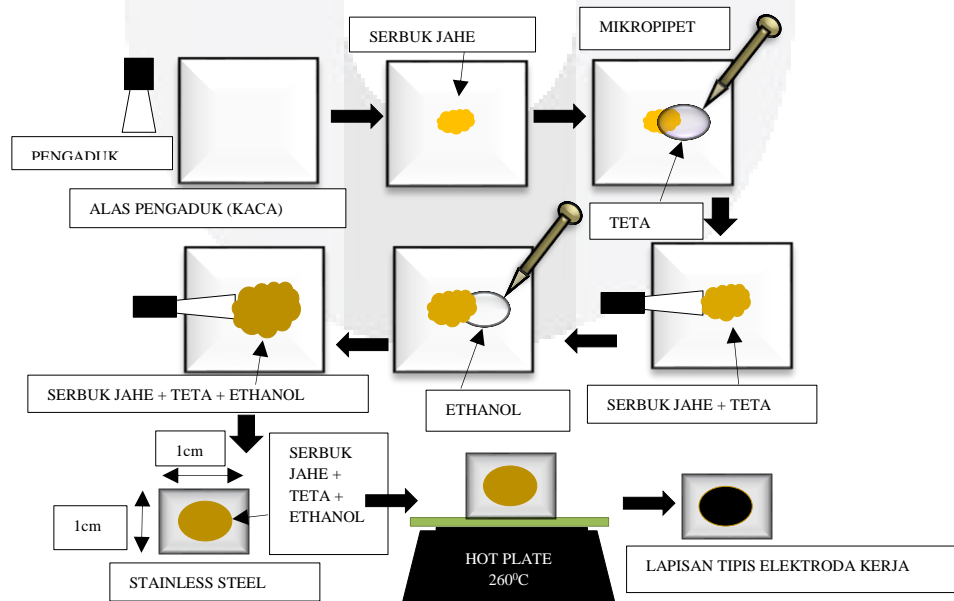
3. Pembahasan

3.1 Pembuatan serbuk dari bahan alami jahe (*zingiber officinale*)

Proses pembuatan serbuk jahe (*zingiber officinale*) dilakukan melalui empat tahap yaitu: Pertama, membersihkan jahe. Membersihkan jahe dilakukan dengan cara menyikat bagian luar permukaan jahe dengan sikat halus hingga kotoran hilang. Kedua, memarut jahe. Setelah jahe dibersihkan tanpa mengupas kulitnya, selanjutnya memarutnya hingga halus dengan menggunakan alat parut. Ketiga, menyaring jahe. Hasil parutan jahe ditambahkan dengan aquades, untuk satu kilogram jahe perbandingan air yang digunakan adalah empat liter. Setelah tercampur, kemudian menyaringnya hingga terpisah antara sari pati jahe dengan ampasnya. Selanjutnya mengendapkan sari pati jahe. Sari pati jahe yang telah didapatkan kemudian diendapkan selama beberapa jam agar pati jahe mengendap. Selanjutnya endapan pati jahe diambil dengan membuang terlebih dahulu cairan jahe pada permukaan dengan menggunakan pipet. Endapan yang dihasilkan berbentuk seperti lumpur (*mud*). Keempat, memanaskan endapan pati jahe. Endapan yang telah dihasilkan kemudian dipanaskan pada suhu 100°C sampai cairan menguap dan selanjutnya diperoleh sampel serbuk jahe (*zingiber officinale*).

3.2 Pembuatan lapisan tipis elektroda kerja

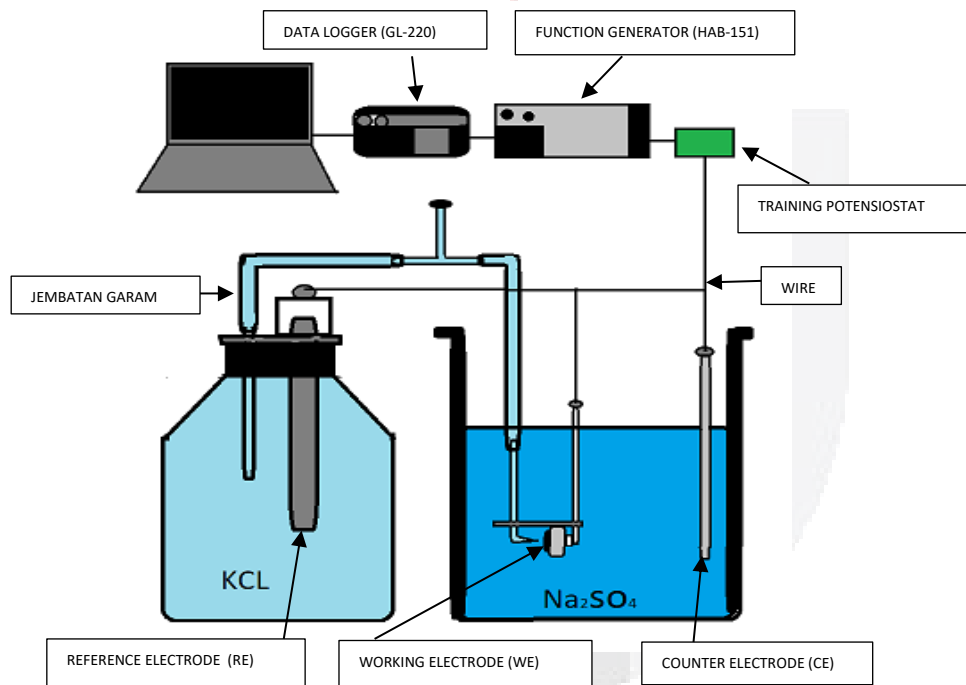
Pada proses ini serbuk jahe (*zingiber officinale*) yang telah dihaluskan akan ditambahkan *Triethylenetetramine* (TETA) yang merupakan bahan pengikat unsur. Pada pembuatannya serbuk halus dengan massa 0.03 mg yang diukur menggunakan timbangan (kern 440-21A, max : 60 g, d : 0.001 g) diletakkan pada alas kaca kemudian ditambahkan TETA menggunakan mikropipet (toppette pipettor 20-200 µl) dengan variasi yang sudah ditentukan campuran tersebut diaduk sampai tercampur merata menggunakan spatula. Campuran tersebut akan ditambahkan ethanol dan diaduk kembali sampai tercampur merata 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°C 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 ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Pembentukan lapisan tipis elektroda kerja.

3.3 Uji elektrokimia

Proses ini bertujuan untuk mengetahui perilaku elektrokimia dari lapisan tipis elektroda kerja yang disintesis, dengan metode *cyclic voltammetry* (CV). Gambar 3.2 merupakan skema pengukuran kinerja elektrokimia dengan menggunakan *cyclic voltammetry*. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan konfigurasi sel standar tiga elektroda yaitu *counter electrode* (CE) dari *platina wire*, *reference electrode* (RE) Ag/AgCl sebagai jembatan garam dan *working electrode* (WE) dengan Na_2SO_4 sebagai larutan elektrolit. Lapisan tipis elektroda yang disintesis pada substrat *stainless steel* dengan diameter sampel $0,5 \text{ cm}^2$ digunakan sebagai elektroda kerja. Pengukuran *cyclic voltammetry* dilakukan menggunakan alat yang telah dirangkai dan terhubung dengan jembatan garam. Rangkaian alat tersebut terdiri dari *potentiostat* (HAB-151) sebagai *function generator*, data logger (*graphthec GL-220*) dan *training potentiostat-kit* (1-1 EC Frontier, Inc.) yang terhubung dengan laptop untuk menampilkan data dalam bentuk siklus. Pengujian dilakukan dengan rentang potensial dari nol volt sampai satu volt pada tingkat pemindaian dari 10, 50 dan 100 mV/s. Tes menggunakan metode *cyclic voltammetry* digunakan untuk memeriksa apakah elektroda tersebut menunjukkan sifat pseudokapasitif (penyimpanan muatan listrik secara elektrokimia). *Cyclic voltammetry* dilakukan selama 100 siklus, dimana 1 siklus akan dilakukan dari tegangan 0-1 V secara berulang, proses perhitungan kapasitansi seperti pada persamaan (4) dilakukan dengan cara memilih bagian kurva yang stabil dan nilainya tidak berubah. Kurva akan stabil setelah dilakukan pengukuran sebanyak 20-30 siklus.



Gambar 3. 2 Skema pengukuran kinerja elektroda menggunakan *cyclic voltammetry*.

3.4 Hasil pembuatan serbuk jahe sebagai lapisan tipis elektroda kerja

Pada tahap awal dilakukan pembuatan serbuk halus dari bahan dasar jahe (*zingiber officinale*). Pembuatan serbuk halus ini dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu, pertama, memilih jahe alami untuk dijadikan sampel sebanyak dua kilogram. Kedua, membersihkan jahe yang sudah dipilih menggunakan aquades, dibersihkan dengan cara disikat dan membiarkan kulitnya tidak dikupas. Ketiga, memarut jahe tersebut sampai halus. Keempat, memeras hasil parutan dengan menggunakan kain putih sehingga dihasilkan cairan jahe dan menyisakan ampas serat jahe. Kelima, mengendapkan cairan jahe selama kurang lebih lima jam sampai terlihat lapisan paling dasar berupa padatan berwarna putih pekat,

lapisan ditengah padatan berwarna kuning pekat dan lapisan paling atas cairan berwarna kuning. Keenam, mengambil endapan lapisan ditengah berwarna kuning pekat dan memanaskannya pada suhu seratus derajat celcius selama kurang lebih tiga puluh menit, dipanaskan sampai tersisa serbuk halus berwarna kuning dan sudah kering. Gambar 3.3 merupakan hasil pembuatan serbuk halus dari bahan alami jahe.

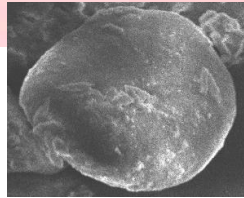


Gambar 3.3 Serbuk halus dari bahan alami jahe (*zingiber officinale*)



Gambar 3.4 Serbuk jahe dengan perbesaran 50 kali menggunakan *digital microscope*

Sebelum serbuk digunakan, serbuk tersebut diuji menggunakan SEM untuk melihat struktur morfologi bahan sebelum digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan elektroda kerja. Gambar 3.5 berikut merupakan hasil pengujian SEM pada serbuk halus jahe.

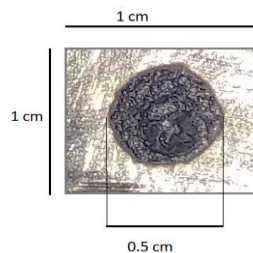


Gambar 3.5 Hasil pengujian SEM pada serbuk jahe.

Gambar 3.5 merupakan hasil pengujian SEM pada serbuk jahe sebelum digunakan pada proses pembuatan elektroda kerja. Hasil pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui struktur morfologi dari serbuk jahe sebelum dilakukan pencampuran dengan bahan bahan lain dan nantinya akan dibandingkan dengan hasil pengujian SEM pada elektroda kerja yang telah dibuat.

3.5 Hasil pembuatan lapisan tipis elektroda kerja

Pembuatan lapisan tipis elektroda kerja dilakukan melalui beberapa tahap. Gambar 3.6 merupakan hasil elektroda kerja yang telah dibuat dengan bahan utamanya yaitu serbuk jahe yang telah dicampurkan dengan TETA dan etanol dengan konsentrasi yang telah ditentukan. Kemudian diaplikasikan ke sebuah substrat yang terbuat dari *stainless steel* dengan ukuran 1 x 1 cm dan diameter elektroda kerja yaitu 0.5 cm. Elektroda kerja dibuat dengan variasi yang telah ditentukan untuk melihat pengaruh variasi tersebut pada hasil kapasitansi spesifik. Variasi pertama yaitu variasi massa elektroda kerja dengan massa yang ditentukan yaitu 1 mg, 5 mg dan 10 mg, variasi kedua yaitu pada proses pencampuran serbuk dengan TETA dengan variasi yang ditentukan yaitu (1 : 0.5), (1 : 1), (1 : 2), (1 : 4) dan (1 : 6) (serbuk jahe : TETA). Kemudian elektroda kerja tersebut diuji menggunakan metode *cyclic voltammetry* untuk mengetahui nilai kapasitansi spesifik.



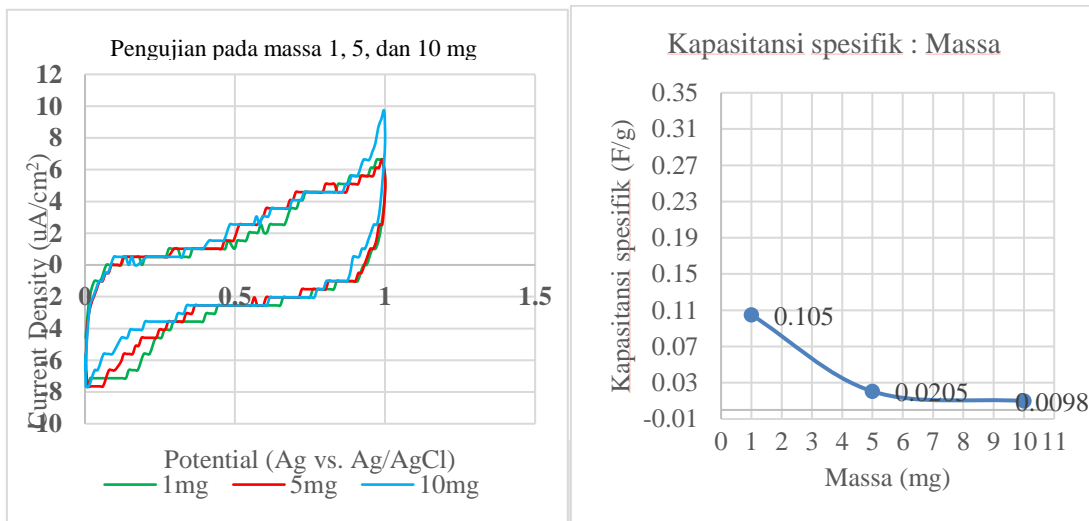
Gambar 3.6 Lapisan tipis elektroda kerja.

3.6 Hasil pengujian elektroda kerja dengan metode cyclic voltammetry

Pengujian lapisan tipis elektroda kerja dilakukan dengan metode *cyclic voltammetry*. Lapisan tipis elektroda kerja yang telah dibuat dilakukan pengujian elektrokimia. Pada alat yang telah dibuat lapisan tipis elektroda kerja diletakkan di bagian dalam elektroda kerja, setelah alat tersetting dengan baik maka pengujian siap dilakukan. Pengambilan data pada setiap pengujian yaitu dengan seratus siklus. Data yang telah diambil akan tersimpan pada data logger. Data logger tersebut tersambung pada laptop dan proses pengolahan data dapat dilakukan pada laptop. Data yang terekam sebanyak seratus siklus tersebut dicuplik sebanyak satu data di siklus ke-seratus menggunakan aplikasi bawaan data logger GL220. Hasil cuplikan tersebut selanjutnya dilakukan pengolahan data pada *Microsoft excel*, pada *Microsoft excel* data akan diubah satuannya. Setelah rapih data yang diperoleh akan dilakukan perhitungan kapasitansi spesifik pada aplikasi *Scilab*. Pada aplikasi *Scilab* akan didapatkan nilai kapasitansi spesifik dan nilai kapasitansi spesifik tersebut akan dibandingkan dengan pengujian lainnya. Pengujian dilakukan melalui tiga tahap, pada setiap tahap dilakukan pengujian terhadap satu variabel bebas dan variabel lain tetap. Tahap pertama pengujian dilakukan dengan mengetahui pengaruh massa lapisan tipis elektroda kerja, variabel bebas pada pengujian ini adalah massa dan variabel tetapnya adalah rasio serbuk jahe, TETA, dan ethanol, variabel tetap lainnya yaitu scan rate yaitu 10mV/s.

3.6.1 Pengaruh massa terhadap kapasitansi spesifik

Pengujian pengaruh massa terhadap kapasitansi spesifik yaitu dengan mengubah variable bebas massa pada lapisan tipis elektroda. Massa yang diuji yaitu 1mg, 5mg dan 10mg. Variabel tetap yaitu rasio (1 : 1 : 0.5) serbuk-TETA-ethanol dan scan-rate 10 mV/s pada siklus ke 100. Gambar 3.7 berikut merupakan kurva hasil dan nilai kapasitansi spesifik dari pengujian.

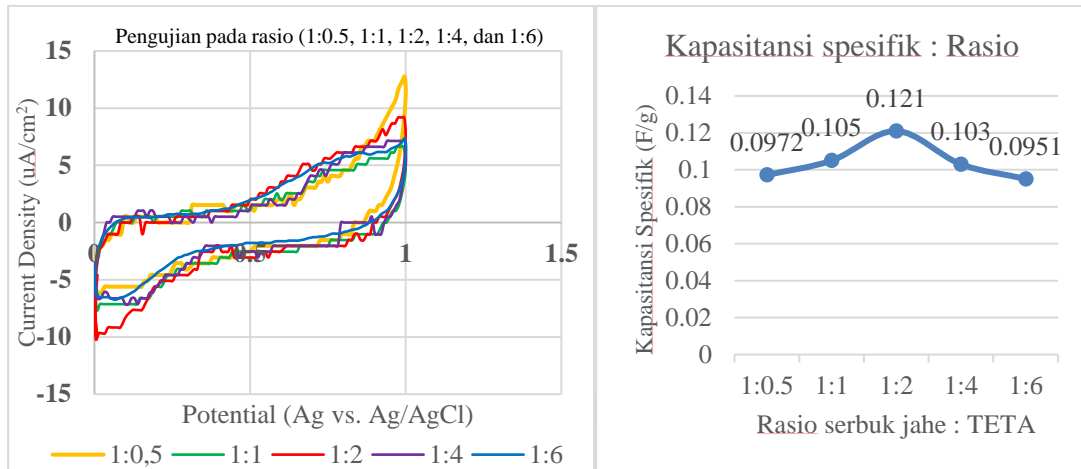


Gambar 3.7 Kurva pengujian perbandingan massa 1mg, 5mg, dan 10mg dan Kurva perbandingan nilai kapasitansi spesifik terhadap massa

Dari gambar 3.7 menunjukkan kurva yang berbentuk kuasi-persegi panjang yang mendekati simetris dan didapatkan bahwa kurva pada sampel dengan massa 1 mg menunjukkan kurva dengan luas area yang paling besar. Dari data gambar 3.7 didapatkan bahwa lapisan tipis elektroda dengan massa 1 mg memiliki nilai kapasitansi spesifik yang paling besar yaitu 0.10 F/g.

3.6.2 Pengaruh rasio serbuk-TETA terhadap kapasitansi spesifik

Pada pengujian ini dilakukan variasi pada rasio serbuk jahe dan TETA yaitu dengan rasio (1:0.5, 1:1, 1:2, 1:4, dan 1:6) dengan variabel tetap yaitu massa 1 mg dan scan-rate 10 mV/s pada siklus ke 100. Gambar 3.8 berikut merupakan kurva dari hasil dan nilai kapasitansi spesifik dari pengujian.

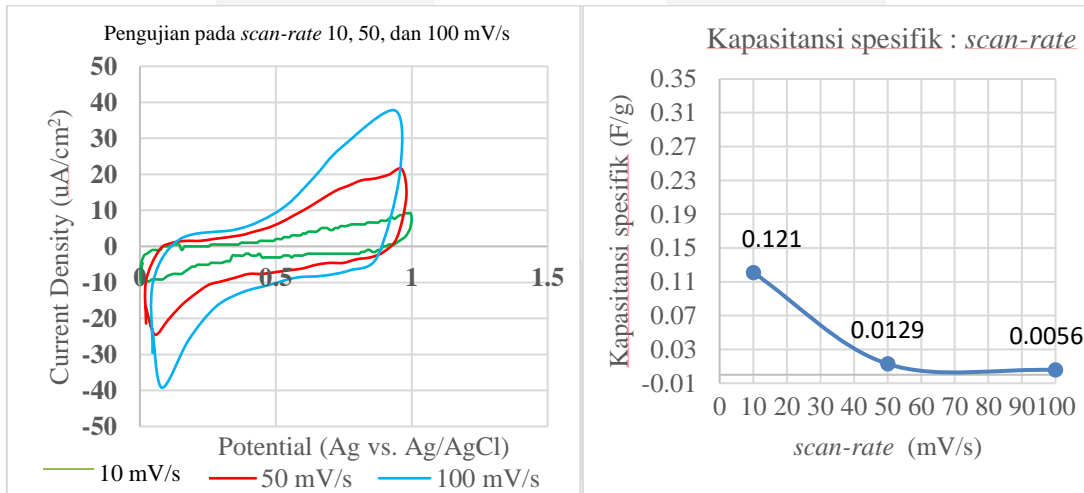


Gambar 3.8 Kurva pengujian hasil pengujian pada pengaruh rasio serbuk jahe terhadap TETA dan kurva perbandingan nilai kapasitansi spesifik rasio jahe dengan TETA

Berdasarkan data pada gambar 3.8 menunjukkan kurva yang berbentuk kuasi-persegi panjang yang mendekati simetris. Sampel dengan rasio 1 : 2 memiliki luas area yang paling besar dan lapisan tipis elektroda dengan rasio 1 : 2 memiliki nilai kapasitansi spesifik yang paling besar yaitu 0.12 F/g.

3.6.3 Pengaruh scan-rate terhadap kapasitansi spesifik

Pada pengujian ini dilakukan variasi pada scan-rate dengan variabel tetap yaitu massa 1 mg dan rasio 1 : 1 pada siklus ke 100. Gambar 3.9 berikut merupakan kurva hasil dan nilai kapasitansi spesifik hasil dari pengujian,



Gambar 3.9 Kurva hasil pengujian terhadap rasio scan-rate dan kurva perbandingan nilai kapasitansi spesifik terhadap scan-rate

Dari gambar 3.9 didapatkan bahwa kurva dari hasil pengujian dengan scan-rate 50 dan 100 mV/s hasilnya lebih halus dan tidak terdapat puncak pada kurva, sedangkan pada scan-rate 10 mV/s memiliki nilai puncak. Kemudian gambar 3.9 menunjukkan bahwa nilai kapasitansi spesifik pada scan-rate 10 mV/s memiliki nilai kapasitansi spesifik paling besar yaitu 0.12 F/g.

4. Kesimpulan

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

1. Penelitian ini berhasil membuat lapisan tipis elektroda kerja berbahan dasar alami jahe.
2. Penelitian ini berhasil mengetahui nilai kapasitansi spesifik dari lapisan tipis elektroda kerja yang berupa sampel berbahan dasar alami jjahe, Nilai kapasitansi spesifik paling besar pada spesifikasi massa 1 mg, rasio serbuk jahe terhadap TETA (1 : 2) dan scan-rate 10 mV/s yaitu 0.12 F/g.

Daftar Pustaka

1. I. W. Fathona and A. Yabukib, "Multi-plate, thin-film electrodes of manganese oxide synthesized via," *Electrochimica Acta*, pp. 693-700, 2016.
2. J. R. Miller and P. Simon, "FUNDAMENTAL OF ELECTROCHEMICAL CAPASITOR DESIGN AND OPERATION," pp. 31-32, 2008.
3. T. M. Ansari, "Essential Trace Metal (Zinc, Manganese, Copper and Iron) Levels in Plants of Medicinal Importance," *Journal of Biological Sciences*, pp. 95-99, February 2004.
4. P. Simon, Y. Gogotsi and B. Dunn, "Where Do Batteries End and Supercapacitors Begins," *Material Science*, October 2016.