

SKRIPSI

PENGEMBANGAN ELEKTRODA KARBON KULIT BATANG KAYU GELAM (*Melaleuca cajuputi* Powell) UNTUK APLIKASI KAPASITOR LAPIS GANDA ELEKTROKIMIA

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Kimia



OLEH
Miswar Prasagi
08101003006

JURUSAN KIMIA
PAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2014

R 27054/27625

S

541.370 7

MIS

P

2014

C1 - 144148

SKRIPSI

PENGEMBANGAN ELEKTRODA KARBON KULIT BATANG KAYU GELAM (*Melaleuca cajuputi* Powell) UNTUK APLIKASI KAPASITOR LAPIS GANDA ELEKTROKIMIA

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**



OLEH
Miswar Prasagi
08101003006

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2014

HALAMAN PENGESAHAN

PENGEMBANGAN ELEKTRODA KARBON KULIT BATANG KAYU GELAM (Melaleuca cajuputi Powell) UNTUK APLIKASI KAPASITOR LAPIS GANDA ELEKTROKIMIA

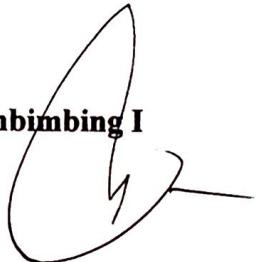
SKRIPSI

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**

Oleh:

**MISWAR PRASAGI
08101003006**

Pembimbing I



**Dr. Nirwan Syarif, M.Si.
NIP. 197010011999031003**

Inderalaya, September 2014

Pembimbing II



**Fahma Riyanti, M.Si.
NIP. 197202052000032001**

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Drs. Muhammad Irfan, M.T
NIP. 19640913 199003 1 003**

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul "Pengembangan Elektroda Karbon Kulit Batang Kayu Gelam (*Melaleuca cajuputi* Powell) Untuk Aplikasi Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia" telah dipertahankan di hadapan Tim Pengaji Karya Ilmiah Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 September 2014.

Indralaya, 15 September 2014

Tim Pengaji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. Dr.Nirwan Syarif, M.Si.
NIP. 197010011999031003

()

Anggota:

2. Fahma Riyanti, M.Si.
NIP. 197202052000032001

()

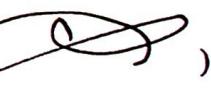
3. Zainal Fanani, M.Si.
NIP. 196708211995121001

()

4. Dr.rer.nat. Risfidian Mohadi, M.Si.
NIP. 197711272005011003

()

5. Drs. Almunady T.Panagan, M.Si.
NIP. 196011081994021001

()

Mengetahui,
Dekan FMIPA



Ehs. Muhammad Irfan, M.T
NIP. 196409131990031003

Rector, jurusan,



Dr. Suneryanto M.Si
NIP. 196006251989031006

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Miswar Prasagi
NIM : 08101003006
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Palembang, 15 September 2014
Penulis,

Miswar Prasagi
NIM. 08101003006

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Miswar Prasagi
NIM : 08101003006
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-ekslusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Pengembangan Elektroda Karbon Kulit Batang Kayu Gelam (*Melaleuca cajuputi* Powell) untuk Aplikasi Kapasitor Lapis Ganda Elektrokima”. Dengan hak bebas royalti non-ekslusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Palembang, 15 September 2014

Yang menyatakan,

Miswar Prasagi
NIM. 08101003006

MOTTO:

"Hari ini adalah orang yang sama dengan anda lima tahun mendatang, kecuali dua hal: orang-orang disekeliling anda dan buku-buku yang anda abaca"

"Apa yang anda pikirkan mengenai diri anda, akan mempengaruhi diri anda sendiri"

"Akhlak yang buruk itu ibarat tembikar yang pecah. Tidak dapat dilekatkan lagi dan tidak dapat dikembalikan lagi menjadi tanah"

Skripsi ini kupersembahkan kepada :

- ❖ Allah SWT
- ❖ Nabi besar Muhammad SAW
- ❖ Ebak dan Emakku yang tercinta yang senantiasa mendoakanaku dan memberi kasih sayang kepadaku
- ❖ Saudara-saudaraku tersayang yang selalu membantuku selama ini.
- ❖ Almamaterku

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT semata, kita memujinya, memohon pertolongan dan ampunan hanya kepada-Nya dan pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul : “Pengembangan Elektroda Karbon Kulit Batang Kayu Gelam (*Melaleuca cajuputi* Powell) untuk Aplikasi Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia ”

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya Palembang.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak Dr. Nirwan Syarif, M.Si dan Ibu Fahma Riyanti, M.Si yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Muhammad Irfan, M.T. selaku Dekan MIPA, Universitas Sriwijaya
2. Bapak Dr. Suheryanto, M.Si, selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
3. DIKTI dalam bantuan dana HIBAH untuk penelitian yang telah saya laksanakan.
4. Bapak Hermansyah Ph.d selaku dosen Pembimbing Akademik
5. Bapak Dr.rer.nat. Risfidian Mohadi M.Si, Bapak Zainal Fanani M.Si dan bapak Drs. Almunady T. Panagan M.Si selaku penguji siding sarjana
6. Kedua orang tuaku (Suparmi Hendra dan Lilis Suryani), Adik-adikku Laili Amelia yang paling gendut, Jun Triansyah yang Hobi bohongi kedua orang tua dan Nur Ainun Nazirah si kecil yang kreatif, nakal, gigi ompong dan tidak pernah dapat piala
7. Patnerku Josen Antonius S.Si, Marini Pardede S.Si, Ida maryani S.Si, Ria Sari, Cristy dan Nur Ida
8. Staf Dosen dan Analis FMIPA Kimia yang telah memberikan Ilmu yang bermanfaat bagi penulis.

9. Teman-teman angkatan tua 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 dan 2009, bang will, kak vellan,kak deni,kak opunk,kak rijal,kak ajeb,da rido,da aan,kak andre,kak jaded,kak rison,kak adi,kak fadil,kak bambang,kak Erwin,kak yooka,kak faisal,kak pras,kak gandi,kak ustadi,kak abi,kak itok,kak daus,kak mochi,kak frengki,kak edo dan tim acakadul
10. Mbak NOVI dan RONI yang membantu dalam menyelesaikan administrasi.
11. Orang-orang yang pernah dekat dengan aku si Ncitt, si Eneng dan si Canting.
12. Teman Seperjuangan di bangku kuliah seluruh angkatan 2010. Tim Kimia Organik (eva dan yogi yang selalu bersama,wak aji,fatun,ulya,umi). Tim Anorganik (Mina,metha,duo hesty,winda,randi). Tim MeOR (sara,citok,feti,cintia). Tim Bakteri (anamaria,harian,cocom,sakdiah,fani). Kawan satu kosan (Atul dan angga, kawan seperjuangan tapi tidak setia dan teman satu kamar), odi sang maestro kosan A16, Ari, Rizan dan Tori sang bocah-bocah petualang, Febi dan Depi yang selalu bersama walau badai menghadang, Mamat,Ongki,Karem,Eiffel kawan maen sesuatu dikantin emak, Riandi, Madon dan Adi yang sering menghilang.
13. Teman-teman yang sangat berjasa membantu jika ada barang yang tinggal di rumah (andi,tias dan bon-bon) dan kawan seperjuangan adi wk, dayat, haidir.zastraa.abrar.boem.alem.areh dan lain-lain.
14. Adik-adik tingkat 2011, 2012, 2013

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari para pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Inderalaya, September 2014

Penulis

SUMMARY

THE DEVELOPMENT OF CARBON BASED-GELAM WOOD'S BARK (*Melaleuca cajuputi* Powell) ELECTRODE FOR THE APPLICATION IN ELECTROCHEMICAL DOUBLE LAYER CAPACITORS

Scientific Paper in the of Skripsi, 15 September 2014

Miswar Prasagi, Supervised By: Dr. Nirwan Syarif, M.Si. and Fahma Riyanti,
M.Si.

Xiv + 60 Page, 6 Table, 13 Pictures, 8 Attachement

Penembangan Elektroda Karbon Kulit Batang Kayu Gelam (*Melaleuca cajuputi* Powell) Untuk Aplikasi Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia

The research about electrochemical double layer capacitors based on gelam wood's bark carbon has been conducted. The aim of this research is to produce nanostructure carbon which could be used for electrochemical double layer capacitor and make electrode pellet and to examine the electrochemical properties as well. Gelam wood's bark was pyrolysed for 16 hours and then heated in the microwave oven in 700°C with various times such 15, 20, 25, and 30 minute until the carbon material has been produced. Carbon was characterized using FTIR, XRD, and SEM-EDX. Carbon was processed to become electrode and then the electrochemical property was examined using cyclic voltammetry method. FTIR analysis showed the existence of aromatic C=C bound, C=O, C=N, and carboxyl group. XRD analysis showed the forming of relatively small structure of crystal in Θ 22,3°. SEM-EDX analysis showed the presence of nano bond structure with 20-30 nm of thickness. The determined parameters included conductivity, micro pore volume, and also pore surface area which then the highest result from all parameter was used in the fabrication of carbon electrode. The examination of electrochemical properties was conducted to gain the capacitance value. Carbon with 20 minutes processing has the highest value with $0,039 \text{ S.cm}^{-1}$ for conductivity, $0,542 \text{ cm}^3\text{g}^{-1}$ for micro pores volumes, $0,798 \text{ cm}^3\text{g}^{-1}$ for total pores volumes, and $558,87 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ for pore surface area. The highest capacitance was electrode with sample: graphite (3:7) in electrolyte $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 2M with TEA addition in 5 mV scan rate.

Keywords: gelam wood's bark, electrochemical double layer capacitors, pore Carbon.

Citation : 44(1981-2013)

RINGKASAN

PENGEMBANGAN ELEKTRODA KARBON KULIT BATANG KAYU GELAM (*Melaleuca Cajuputi* Powell) UNTUK APLIKASI KAPASITOR LAPIS GANDA ELEKTROKIMIA.

Karya tulis Ilmiah berupa Skripsi, 15 September 2014.

Miswar Prasagi, Dibimbing Oleh : Dr.Nirwan Syarif, M.Si. dan Fahma Riyanti, M.Si.

xiv + 60 Halaman, 6 Tabel, 13 Gambar, 8 Lampiran

The Development of Carbon Based-Gelam Wood's Bark (*Melaleuca Cajuputi* Powell) Electrode For The Application In Electrochemical Double Layer Capacitors.

RINGKASAN

Telah dilakukan penelitian kapasitor lapis ganda elektrokimia dari karbon kulit batang kayu gelam. Tujuan dari penelitian ini membuat karbon berstruktur nano yang dapat dipakai untuk kapasitor lapis ganda elektrokimia dan membuat pelet elektroda serta menguji sifat elektrokimianya. Kulit batang kayu gelam dipirolysis selama 16 jam dan dipanaskan pada oven gelombang mikro pada suhu 700°C dengan variasi waktu 15, 20, 25, dan 30 menit sehingga dihasilkan material karbon. Karbon dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD, dan SEM-EDX. Karbon diolah menjadi elektroda kemudian diuji sifat elektrokimianya dengan metode voltammetri siklik. Hasil analisa FTIR menunjukkan keberadaan ikatan C=C aromatik, ikatan C=O, C=N dan gugus karboksil. Hasil analisa XRD menunjukkan bahwa pada sudut Θ 22,3° struktur yang terbentuk yaitu kristal berukuran relatif kecil. Hasil analisa SEM-EDX menunjukkan keberadaan struktur pita nano yang memiliki ketebalan 20-30 nm. Parameter yang ditentukan dari karbon yaitu nilai konduktivitas, volum pori mikro, total volum pori, dan luas permukaan kemudian dari beberapa variasi waktu untuk nilai karbon yang paling tinggi digunakan sebagai bahan awal elektroda. Elektroda tersebut diuji sifat elektrokimia untuk mengetahui nilai kapasitansinya. Karbon yang diolah selama 20 menit memiliki nilai tertinggi yaitu masing-masing untuk konduktivitas $0,039 \text{ S.cm}^{-1}$, volume pori mikro $0,542 \text{ cm}^3\text{g}^{-1}$, total volum pori $0,798 \text{ cm}^3\text{g}^{-1}$, dan luas permukaan $558,87 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$. Nilai kapasitansi pelet elektroda tertinggi yaitu elektroda yang perbandingan sampel : grafit (3:7) dalam elektrolit $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 2M dan TEA serta scan rate 5 mV.

Kata kunci : Kulit kayu gelam, Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia, Karbon Berpori.

Kepustakaan : 44(1981 – 2013)

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY.....	ix
RINGKASAN.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Kulit Kayu.....	4
2.1.1. Struktur Kulit Kayu.....	4
2.1.2. Komponen Kimia Kulit Kayu.....	5
2.2. Alotrop Karbon	6
2.3. Proses Pembuatan Karbon.....	7
2.4. Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia (KLGE)	8
2.5. <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	10
2.6. <i>Fourier Transform InfraRed (FT-IR)</i>	12
2.7. <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	12
2.8. Bilangan Metilen Biru	13

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan..... 36

5.2. Saran..... 36

DAFTAR PUSTAKA..... 37**LAMPIRAN..... 41**



2.9.	Voltametri Siklik.....	14
2.10	Pirolisis Gelombang <i>Microwave</i>	15

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2.	Alat dan Bahan	17
3.2.1.	Alat	17
3.2.2.	Bahan	17
3.3.	Prosedur Penelitian	17
3.3.1.	Preparasi Karbon	17
3.3.2.	Karakterisasi Morfologi dan Kristalografi.....	18
3.3.2.1.	Karakterisasi menggunakan FTIR....	18
3.3.2.2.	Karakterisasi menggunakan XRD....	18
3.3.2.3.	Karakterisasi menggunakan SEM....	18
3.3.3.	karakterisasi Pori Karbon.....	19
3.3.3.1.	Penentuan Bilangan Iodin.....	19
3.3.3.2.	Penentuan Bilangan Metilen Biru....	19
3.3.3.3.	Pengukuran Luas, Total dan Volum..	20
3.3.4.	Pengukuran Resistansi Listrik	20
3.3.5.	Pembuatan Elektroda Karbon.....	21
3.3.6.	Pengujian Sifat Elektrokimia Elektroda	21

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.	Karbonisasi.....	23
4.2.	Identifikasi gugus fungsi menggunakan FTIR.....	24
4.3.	Identifikasi struktur menggunakan XRD.....	25
4.4.	Identifikasi morfologi menggunakan SEM EDX.....	26
4.5.	Hasil pengukuran Bilangan Iodin.....	28
4.6.	Hasil pengukuran Bilangan Metilen Biru.....	28
4.7.	Hasil pengukuran luas, total dan volum pori.....	30
4.8.	Hasil pengukuran resistansi listrik.....	31
4.9.	Hasil pengujian sifat elektrokimia karbon.....	31

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.....	36
5.2. Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA.....	37
LAMPIRAN.....	41

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Perbandingan kandungan kimia kulit kayu dab beberapa jenis kayu	5
Tabel 2. Degradasi termal material organic (biomassa) menjadi material karbon	7
Tabel 3. Nilai bilangan iodin dari karbon kulit kayu gelam (melaleuca cajuputi Powell)	28
Tabel 4. Nilai bilangan metilen biru dari karbon kulit kayu gelam (Melaleuca cajuputi Powell)	29
Tabel 5. Nilai volum mikropori, total pori dan luas permukaan karbon kulit kayu gelam	30
Tabel 6. Nilai konduktivitas karbon kulit kayu gelam.....	31

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Plot ragone vs rapat daya.....	9
Gambar 2. Diagram skematik fungsi dasar dan cara kerja SEM.....	11
Gambar 3. Kurva voltammogram elektroda kimia reversible yang memiliki puncak arus karoda dan anoda.....	14
Gambar 4. Perbandingan kualitas gradient temperatur sampel yang dipanaskan dengan pemanasan konvensional dan pemanasan gelombang mikro	16
Gambar 5. Karbon hasil hidrotermal dan karbon hasil gelombang Mikro	23
Gambar 6. Spektrum IR karbon kulit kayu gelam (<i>Melaleuca cajuputi</i> Powell).....	24
Gambar 7. Difraktogram untuk karbon kulit kayu gelam (<i>Melalekuca cajuputi</i> Powell)..	26
Gambar 8. Mikrograf SEM dari karbon kulit kayu gelam (<i>Melalekuca cajuputi</i> Powell).....	27
Gambar 9. Hasil analisis EDX.....	27
Gambar 10. Grafik metilen biru beberapa variasi waktu.....	29
Gambar 11. Plot kapasitansi elektroda karbon perbandingan 3:7....	32
Gambar 12. Plot kapasitansi elektroda karbon perbandingan 7:3....	33
Gambar 13. Plot pengaruh faktor-faktor terhadap kapasitansi yang dihitung berdasarkan metode DOE (<i>Design Of Experiment</i>). .	35

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Perhitungan Konduktivitas Karbon Kulit Kayu Gelam....	42
Lampiran 2 Perhitungan Bilangan Iodin (IN) dari Karbon Kulit Kayu Gelam.....	44
Lampiran 3 Perhitungan Bilangan Metilen Biru (MBN) dari Karbon Kulit Kayu Gelam.....	46
Lampiran 4 Perhitungan Nilai Mikropori, Total Pori, dan Luas Area Karbon Kulit Kayu Gelam... ..	51
Lampiran 5 Data SEM EDX Karbon dari Kulit Kayu Gelam.....	55
Lampiran 6 Data XRD Karbon Kulit Kayu Gelam.....	56
Lampiran 7 Data perhitungan kapasitansi elektroda karbon berpori da ri kulit kayu gelam	57
Lampiran 8 Gambar Alat dan Bahan Penelitian.....	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kayu gelam (*Melaleuca Cajuputi Powell*) merupakan kayu yang berpotensi untuk dikembangkan lanjut menjadi produk komersial. Kayu gelam dapat dikenali dengan mudah karena memiliki kulit batang berwarna putih yang kasar dan mudah sekali dikelupas sehingga menyerupai kertas. Kayu gelam dikenal sebagai kayu yang memiliki densitas yang tinggi (Lim and Mildon, 2001) dan banyak dimanfaatkan sebagai bahan dasar karbon aktif. Pemanfaatan kayu sudah tidak asing lagi bagi kita, namun pemanfaatan kulit kayu merupakan hal yang belum banyak diketahui secara luas. Pada penelitian ini yang digunakan bukanlah batang kayu gelam tetapi kulit kayu gelam. Telah dilakukan penelitian sebelumnya dengan menggunakan batang kayu gelam yang memiliki kerapatan yang tinggi untuk memenuhi persyaratan konduktivitas dan pori-porinya kecil. Diharapkan penelitian dengan menggunakan kulit kayu gelam dihasilkan karbon yang berstruktur nano dan mempunyai nilai kapasitansi yang tinggi.

Karbon aktif adalah suatu bahan karbon amorf bercampur fase kristal yang mempunyai luas permukaan yaitu 300 sampai 2000 m²/g. (Srinivasakannan, 2004). Di Indonesia banyak dilakukan pengembangan karbon aktif untuk aplikasi elektroda dalam piranti elektronik. Di negara berkembang elektroda karbon dibuat dari bahan alam yang memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia. Sedangkan, di negara maju elektroda karbon dibuat dengan bahan sintetik seperti polimer, hidrokarbon, dan gula serta dibuat dengan alat produksi yang kompleks. Salah satu piranti listrik yang memanfaatkan sifat atau karakterisasi dari karbon aktif adalah Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia (KLGE).

KLGE adalah perangkat energi atau daya yang memiliki densitas energi lebih tinggi daripada kapasitor elektrostatik konvensional serta kerapatan daya yang lebih tinggi daripada baterai (Jayalakshmi and Balasubramanian, 2008). KLGE memiliki siklus hidup sampai dengan 10⁶ kali pengisian-pengosongan muatan listrik (Schneuwly and Gallay, 2000). Kemampuan rapat daya yang tinggi

pada KLGE disebabkan oleh luas permukaan yang besar dari material elektroda. Kapasitansi bergantung pada akses ion yang mengisi pori-pori internal terutama pori mikro sehingga ukuran ion dan ukuran pori harus seimbang pada elektroda (Liu., 2008). Salah satu elektroda yang banyak digunakan pada KLGE adalah karbon pori mikro yang merupakan karbon aktif yang memiliki pori dalam skala mikrometer. Distribusi pori yang besar pada karbon pori mikro menyebabkan elektroda ini memiliki luas permukaan yang besar (Frackowiak and Beguin, 2001).

1.2.Rumusan Masalah

Elektroda karbon untuk kapasitor lapis ganda elektrokimia harus memenuhi syarat jumlah pori dan konduktivitas listrik untuk bekerja dengan baik. Kinerja dari kapasitor lapis ganda elektrokimia diketahui dapat ditingkatkan oleh karbon yang ada dalam elektroda yang memiliki struktur nano. Agar didapatkan karbon berstruktur nano maka bahan awal karbon harus cukup tipis (berkisar 0,01 – 0,1 mm) seperti kulit kayu gelam. Kulit kayu gelam dipirolysis untuk mendapatkan karbon berstruktur nano. Untuk menguji hasil yang didapat dari proses pirolysis maka karbon dikarakterisasi dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR), dan *X-Ray Diffraction* (XRD). SEM digunakan untuk mengkarakterisasi morfologi karbon sedangkan FT-IR digunakan untuk mengkarakterisasi gugus fungsi yang terkandung pada sampel karbon dan XRD digunakan untuk mengkarakterisasi kristal karbon. Daya hantar listrik diukur dengan metode kelvin, volume pori dan luas permukaan diukur dengan metode titrasi iodometri dan spetroskopis UV-VIS serta kinerja elektroda pada kapasitor lapis ganda elektrokimia diukur dengan metode voltametri siklik.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Membuat karbon berstruktur nano yang memenuhi syarat yang dapat digunakan untuk kapasitor lapis ganda elektrokimia.

2. Membuat pelet elektroda serta menguji sifat elektrokimianya dengan metode voltammetri siklik, dimana elektroda yang dibuat memenuhi syarat.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dengan berhasil dibuatnya kapasitor lapis ganda elektrokimia berbasis elektroda karbon kulit kayu gelam dapat meningkatkan nilai ekonomis dari biomasssa yang banyak tersedia di Sumatera Selatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, N.D. (2008). *Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy) dalam Pemantuan Proses Oksidasi Magnetic Menjadi Hematic*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional: Bandung.
- Assefa, A.T. (2010). Speciation of chromium in Algeciras Bay. *Master's Thesis*. The University off Cadiz. Spain.
- Cheremisinoff, N.P.(1993). *Carbon Adsorption of pollutant Control*. John Willey & Sons. Canada.
- Dominguez, A, Menendez, J.A, Fernandez, Y, Pis, J.J, Valente Nabais, J.M, Carrot, P.J.M. and Ribeiro Carrot, M.M.L. (2007). Conventional and microwave induced pyrolysis of coffee hulls for the production of a hydrogen rich fuel gas. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Vol. 79, No. 1-2, 8 (128-135), 0165-2370.
- Fic, K., G. Lota, M. Meller and E. Frackowiak (2012). Novel insight into neutral medium as electrolyte for high-voltage supercapacitors. *Energy & Environmental Science*, Vol.5 (2): 5842-5850.
- Frackowiak, F. And Beguin, F. (2001). Carbon material for the Electrochemical Storage of Energy in Capacitors. *Carbon* 39,937-950.
- Hardjono, Sastrohamidjojo. (1991). *Dasar-Dasar Spektroskopi*. Penerbit Liberty. Yogyakarta.
- Hashim, M. A. (2008). Performance Characterization of Carbon Based Electrical Double Layer Capacitors with PVA and PVA-Cellulose Hybrid Electrolytes. *Master's Thesis*. University of Malaya, Kuala Lumpur.
- Hawley. (1981). *Concise Chemical Dictionary*, Eleventh ed. Van Nortrand Reinhold, New York.
- Horowitz, P. And Hill, W. (1989). *The Art of Electronics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jabit, N. (2007). The production and Characterization of Activated Carbon Using Local Agricultural Waste Through Chemical Activation Process. *Master's Thesis*. University Sains Malaysia.
- Jankowska, H. Swiatkowski, A. and Choma, J. (1991). *Active Carbon*. Ellis Hardwood. Canada.
- Jayalakshmi, M. and K. Balasubramanian. (2008). "Simple Capacitors to Supercapacitors-An Overview." *International Journal of Electrochemical Science*. 3:1196 – 1217.

- Keeley, G.P. and Lyons, M. (2009). The Effect of Thin Layer Diffusion at Glassy Carbon Electrodes Modified with Porous Film of Single-Walled Carbon Nanotubes. *International Journal of Electrochemical science*. 4:794-809.
- Kim, C. and Yang, K.S. (2003). Electrochemical Properties of Carbon Nanofiber Web as an Electrode for Supercapacitor Prepared by Electrospinning. *Journal of Applied phsics*. Lett. 83, 1216-1218
- Lee, S.J., Pyun, S.I., and Jeong, H.K. 2009. Transport Behaviour of Electroactive Species in Ionic Compounds. *Journal of the Korean Electrochemical Society*. Vol. 12(1)1-10
- Lehmann, C. M. B. (1996). Activated Carbon Adsorbents from Waste Tires for Air Quality Application. *Master's Thesis*. Valparaiso University, Illinois.
- Leofanti, G, Tazzola,G, Padovan,M, Petrini,G, Bordiga,S dan Zecchina.A. (1997). Catalyst characterization: applications. *Catalis. Today*. 34: 329-352
- Lim, S. C. and M. S. Mildon. (2001). "Timber of Gelam (Melaleuca Cajuputi Powell)." *Timber* 23: 1-4.
- Linares-Solano, A.,D. Lozano-Castello, M.A.Lillo-Rodenas and D,Cazorla-Amoros. (2008). Controlling Porosity to Improve Activated Carbon Applications. *Recent Advances in Adsorption Processes for Environmental Protection and Security* : 97-106.
- Liu, Y. (2008). Surface Modification and Performance of Activated Carbon Electrode Material. *Acta Physico-chimica sinica*. 24, 1143-1148.
- Lodewyckx, P. (2008). Adsorption on Activated Carbon : One Underlying Mechanism. *Recent Advances in Adsorption Processes for Environmental Protection and Security* : 19-28
- Masripatin. (2003). *Teknik Persemaian dan Informasi Benih Gelam*. Departemen Kehutanan Badan Peneliti dan Pengembangan Kehutanan : Yogyakarta.
- Menendez, J.A. Dominguez, A. Inguanzo, M. & Pis, J.J. (2004). Microwave pyrolysis of sewage sludge: analysis of the gas fraction. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Vol. 71, No.2, (June 2004) 11 (657-667), 0165-2370.
- Menendez, J.A. Dominguez, A. Fernandez, Y. & Piss, J.J. (2007). Evidence of self-gasification during the microwave-induced pyrolysis of coffe hulls. *Energy & Fuels*, Vol.21, No.1, (January 2007) 6 (373-376), 0887-0624.
- Mochida, I.,S.-H. Yoon and W. Qiao. (2006). "Catalyst in Syntheses of Carbon and Carbon Precursor. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 17(6): 1059 – 1073

- Nunez, C.A., and Guerreiro, M. (2011). Estimation of Surface Area and Pore Volume of Activated Carbons by Methylene Blue and Iodine Numbers. *Quim Nova*, Vol.34(3)472-476
- Panda, R.D. (2012). *Modifikasi Bentonit Terpilar Al dengan Kitosan untuk Adsorpsi Ion Logam*. Skripsi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Indonesia: Depok.
- Pierson, H.O. (1993). *Handbook of Carbon Graphite, Diamond, and Fullerenes*. Noyes.
- Puranto, P. dan Imawan, C. (2010). Pengembangan Instrumen Pengkarakterisasi Sensor Elektrokimia Menggunakan Metode Voltammetri Siklik. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Telaah*. Vol. 28.
- Ridwanti, S.Hut., M.P. (2008). *Kimia Kulit Kayu, Potensi dan Peluang Pemanfaatanya*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Roy, G.M. (1985). *Activated Carbon Application in the Food and Pharmaceutical Industries*. Lancaster: Tachnomic.
- Schneuly, A. and R. Gallay. (2000). *Properties Applications of SupercapacitorsFrom the State-of-the-art to Future Trends*. Proceeding PCIM.
- Selverston, S.M. 2011. Supercapacitor Electrodes Based on Graphene Materials. *Master's Thesis*. San Jose State University. California.
- Sevilla, M., C. Sanchis, T. Valdes-Sollis, E. Morallon and A.B. Fuertes. (2007)."Synthesis of Graphitic Nanostructures from Sawdust and Their Application as Electrocatalyst Supports." *The Journal of Physical Chemistry C*. 111 (27): 9749-9756.
- Sjostrom, E. (1993). *Wood Chemistry: Fundamentals and Applications*. California, USA, Academic Press.
- Soesanto, H. (2007). *Pembuatan Isoeugenol dari Eugenol Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro*. Skripsi Departemen Teknologi Industri Pertanian IPB.
- Srinivasakannan, C. (2004). High Surface Area Activated Carbon from Waste Biomass. *Proceeding of the 2nd Regional Conference on Energy Technology Toward a Clean Environtment*.
- Srinivasan, S. And T. Bommaraju. (2006). Electrochemical Technologies and Applications. *Fuel Cells*: 93-186.
- Syarif, N., Anggraningrum, I.T., and Wibowa, W. (2013). Blinder-Less Activated Carbon Electrode from Gelam Wood for Use in Supercapacitors. *International Journal of Electrochemical Science*. Eng 3 (2): 37-45

- Taer, E.M. Deraman, I.A. Talib, S.A. Hashmi and A. A. Umar. (2011). "Preparation of a highly Porous Binderless Activated Carbon Monolith from Rubber Wood Sawdust by a Multi-Step Activation Process for Application in Supercapacitor." *Int.J. Electrochem. Sci.* 6:3301-3315.
- Trung, N.Q. (2008). Melaleuca Timber-Resource Potential and its current use in kien Giang Province. *Conservation and Development of the Biosphere Reserve of kien Giang Province Project*. N.T.V. Phoung. Rach Gia City, Vietnam Deutsche Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- Wulan, R.R. (2012). *Modifikasi Bentonit Terpilar Al Menggunakan Poli(Dialidimetilamonium) dan Polistiren Sulfonat sebagai Adsorben Ion Co(II) Dalam Limbah Cair*. Skripsi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Indonesia: Depok.
- Zhang, X. & Hayward, D.O. (2006). Application of microwave dielectric heating in environment-related heterogeneous gas-phase catalytic systems. *Inorganic Chimica Acta*, Vol.359, No. 11, (August 2006) 13 (3421-3433), 0020-1693.