

**PREPARASI KARBON TUMBUHAN EKOR KUCING (*Typha  
Latifolia*) SEBAGAI ELEKTRODA BERPORI PADA  
KAPASITOR LAPIS GANDA ELEKTROKIMIA (KLGE)**

**SKRIPSI**

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



**RIFALDO ATMA NEGARA PURBA**

**08031181320003**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PREPARASI KARBON TUMBUHAN EKOR KUCING (*Typha Latifolia*)  
SEBAGAI ELEKTRODA BERPORI PADA KAPASITOR LAPIS GANDA  
ELEKTROKIMIA (KLGE)**

**SKRIPSI**

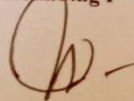
Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh :

**Rifaldo Atma Negara Purba**  
08031181320003

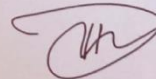
Indralaya, 1 April 2021

Pembimbing I



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

Pembimbing II



**Dr. Dedi Rohendi, M.T**  
NIP. 196704191993031001

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D**

197111191997021001

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul "Preparasi Karbon Tumbuhan Ekor Kucing dan Aplikasi Sebagai Elektroda Berpori pada Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia (KLGE)" telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Elektrokimia (KLGE)" telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 14 Januari 2021 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai dengan masukan yang diberikan.

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Indralaya, 1 April 2021

**Ketua :**

1. **Dr. Nirwan Syarif, M. Si**

NIP. 197010011999031003

**Anggota :**

2. **Dr. Dedi Rohendi, M.T**

NIP. 196704191993031001

3. **Dr. Hasanudin, M. Si**


NIP. 197205151997021001

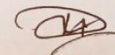
4. **Widia purwaningrum, M. Si**

NIP. 197304031999032001

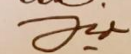
5. **Dr. Eliza, M. Si**

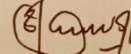
NIP. 196407291991022001

(  )

(  )

(  )

(  )

(  )

Mengetahui

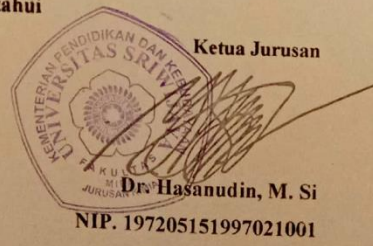
**Dekan FMIPA**



**Hermansyah, S. Si., M. Si., Ph.D**

NIP. 197111191997021001

**Ketua Jurusan**



**Dr. Hasanudin, M. Si**

NIP. 197205151997021001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa: Rifaldo Atma Negara Purba

NIM : 08031181320003

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.

Indralaya, 1 April 2021

Penulis,



Rifaldo Atma Negara Purba

NIM. 08031181320003

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

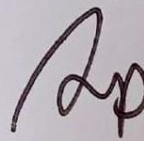
Nama Mahasiswa : Rifaldo Atma Negara Purba  
NIM : 08031181320003  
Fakultas/ Jurusan : MIPA/Kimia  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: "Preparasi Karbon Tumbuhan Ekor Kucing (*Typha Latifolia*) Sebagai Elektroda Berpori pada Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia (KLGE)". Dengan hak bebas royalti non-eksklusif 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 pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 1 April 2021

Yang Menyatakan,



Rifaldo Atma Negara Purba

NIM. 08031181320003

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

**Skripsi ini kupersembahkan untuk:**

- ❖ **Tuhan Yesus Kristus**
- ❖ **Kedua Orang Tuaku (Bapak ku Rajin Purba & Mamak ku Liner Simaremare S. H)**
- ❖ **Abang ku Handi Permana Purba, Nola Vander Purba kakak ku Poppy Purba dan Adek ku Rifaldi Setia Negara Purba**
- ❖ **Sahabat-sahabatku**
- ❖ **Almamaterku**

## **MOTTO**

**"Mintalah, maka akan diberikan kepadamu; carilah, maka kamu akan mendapat; ketoklah, maka pintu akan dibukakan bagimu."  
(Matius 7: 7).**

**“Tapature ma hutanta”**



## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah mengkaruniakan rahmat dan kasih sayang-Nya sehingga atas izin-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul: “Preparasi Karbon Tumbuhan Ekor Kucing (*Typha Latifolia*) Sebagai Elektroda Berpori pada Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia (KLGE)”.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak pembimbing : **Dr. Nirwan Syarif, M. Si** dan **Dr. Dedi Rohendi, M. T** yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Selain itu penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Hermansyah, S. Si., M. Si., Ph.D selaku Dekan MIPA, Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Hasanudin, M. Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Nirwan Syarif, M. Si selaku dosen pembimbing Skripsi I saya dan Bapak Dr. Dedi Rohendi, M. T selaku dosen pembimbing Skripsi II saya..
4. Bapak Dr. Hasanudin, M. Si, Ibu Widia Purwaningrum, M. Si dan Ibu Dr. Eliza, M. Si selaku dosen pembahas dan penguji sidang sarjana yang telah memberikan ilmu pengetahuan serta saran hingga tersusunnya skripsi ini.
5. Bapak Dr. Nirwan Syarif, M. Si selaku dosen Pembimbing Akademik.
6. Seluruh staf Dosen dan Analis Fakultas MIPA Kimia yang telah membimbing selama masa perkuliahan dan memberi ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
7. Mbak Novi, Kak Iin, Kak Teju dan Roni selaku admin jurusan. Terima kasih banyak telah membantu dan memberikan pelayanan administrasi selama perkuliahan hingga penulis menyelesaikan studinya.
8. Kedua orang tuaku tercinta (Bapaku Rajin Purba dan Mamaku Liner Simaremare, S. H) yang senantiasa selalu mendoakanku, membantuku dalam hal materi, yang selalu mendukung anak-anaknya menjadi yang terbaik.

9. Saudara/i ku abang ku Handi Permana Purba, Nola Vander Purba kakak ku Poppy Purba dan adik ku Rifaldi Setia Negara Purba S. Pd.
10. Penghuni bedeng Damaris, yang selalu memberikan semangat, doa, materi, kepada Bang Oslan Sirait, Bang Dean Batubara, Dohol Sitanggang, Rudy Lingga, Ramson Siregar, Metanoia Simarmata, Anjeli Purba, Dessy Simatupang, Anggi Alank Tambunan, Benny Sitorus, Ivan Sianturi, Wina Saragih, Andriani Sihombing, Gilbert Silalahi, Elfrado Sagala, Leader Nainggolan, Kris Sitorus, Rempi Simbolon, Igres Sinaga, Arga Purba, Roy Siagian, Bang Firman Lase.
11. Untuk teman satu kamar ku Bang Dean Batubara, Aparaku Hendra Pebrian Simamora, S. H, dan Benny Agung Sitorus terimakasih atas nasehat-nasehat yang telah kalian berikan, duit kalian yang sudah aku pinjamin.
12. Teman seperjuanganku KIMIA 2013, semoga kalian dalam keadaan sehat selalu.
13. Buat temanku 2013 “JIWA KORSA BUNTU 2013”, Hendra Pebrian Simamora, Budi Nainggolan, Dohol Sitanggang, Pinta Gultom, Grace Nainggolan, Noryta Hutabarat dan Evi Ginting. Terimakasih atas kebersamaannya ya keluargaku.
14. Terimakasih untuk PDO IMMANUEL atas kebersamaan, ibadah serta kekeluargaannya.
15. Terimakasih untuk Sektor Gg. BUNTU yang telah memberikan rasa kebersamaan yang luar biasa di UNSRI yang tidak dapat saya sebutkan satu-satu namanya.
16. Untuk pungan TOGA SIMAMORA INDRALAYA atas kebersamaannya selama ini.
17. Untuk pungan TOGA ARITONANG INDRALAYA atas kebersamaannya selama ini.
18. Untuk para Serigala Terakhir 2013 (spesialis injury time) amparaku Nusa Purba, amparaku Ivan Simamora dan April Love.
19. Adik tingkat (2014-2019) yang telah membuat tugasku saat aku ngulang, Abang dan kakak kimia (2009-2012) atas saran masukannya.
20. Mbak Reka yang telah siap sedia mengajar saya dan penghuni PUR.
21. Kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu persatu.



**PREPARASI KARBON TUMBUHAN EKOR KUCING (*TYPHA LATIFOLLA*)  
SEBAGAI ELEKTRODA BERPORI PADA KAPASITOR LAPIS GANDA  
ELEKTROKIMIA (KLGE)**

**RIFALDO ATMA NEGARA**  
08031181320003

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya  
E-mail : rifaldopurbal3@gmail.com



**ABSTRACT** : Research has been carried out on the manufacture of cat tail carbon as a porous electrode on electrochemical double layer capacitors (KLGE). KLGE is made using electrodes from a cat's tail plant. This study aims to prepare carbonaceous plants electrochemically using a variety of electrolytes of  $\text{NaHCO}_3$  (sodium bicarbonate),  $\text{NaNO}_3$  (sodium nitrate) and  $\text{NaCl}$  (sodium chloride) with various electrolyte concentrations. The carbon from pyrolyzed cat tails was characterized using XRD (X-ray Diffraction) and SEM (Scanning Electron Microscope). XRD diffractogram results showed the two highest peaks at  $2\theta$ , namely  $28.54^\circ$  and  $29.60^\circ$ . SEM results show that the morphology of cat tail carbon is amorphous. The highest cyclic voltammetry (CV) measurement results were found in the  $\text{NaHCO}_3$  2M electrolyte using a 7:3 graphite-carbon ratio electrode with a capacitance value of 8.0067 F, energy reaching 8.4553 mW.h, and power reaching 0.4003 mW. In general, KLGE meets the requirements with a minimum capacitance value of 0.01 F.

**Keywords**: Cat tail plant (*Typha Latifolia*), Porous Carbon, CLCC, Cyclic Voltammetry (CV)

**ABSTRAK** : Telah dilakukan penelitian tentang preparasi karbon tumbuhan ekor kucing sebagai elektroda berpori pada kapasitor lapis ganda elektrokimia (KLGE). KLGE dibuat dengan menggunakan elektroda dari karbon tumbuhan ekor kucing. Penelitian ini bertujuan untuk mempersiapkan karbon tumbuhan ekor kucing secara elektrokimia menggunakan variasi elektrolit  $\text{NaHCO}_3$  (natrium bikarbonat),  $\text{NaNO}_3$  (natrium nitrat) dan  $\text{NaCl}$  (natrium klorida) dengan berbagai konsentrasi elektrolit. Karbon dari tumbuhan ekor kucing yang telah dipirolysis dikarakterisasi menggunakan XRD (X-ray Diffraction) dan SEM (Scanning Electron Microscope). Hasil difraktogram XRD menunjukkan dua puncak tertinggi pada  $2\theta$  yaitu  $28.54^\circ$  dan  $29.60^\circ$ . Hasil SEM menunjukkan bahwa morfologi karbon ekor kucing adalah amorf. Hasil pengukuran voltametri siklik (CV) tertinggi terdapat pada elektrolit  $\text{NaHCO}_3$  2M menggunakan elektroda perbandingan grafit-karbon 7:3 dengan nilai kapasitansi mencapai 8,0067 F, energi mencapai 8,4553 mW.h, dan daya mencapai 0,4003 mW. Secara umum KLGE memenuhi syarat dengan nilai kapasitansi minimal 0,01 F.

**Kata kunci**: Tumbuhan ekor kucing (*Typha Latifolia*), Karbon Berpori, KLGE, Voltametri Siklik (CV)



## RINGKASAN

### **PREPARASI KARBON TUMBUHAN EKOR KUCING (*Typha Latifolia*) SEBAGAI ELEKTRODA BERPORI PADA KAPASITOR LAPIS GANDA ELEKTROKIMIA (KLGE)**

Rifaldo Atma Negara Purba, Dibimbing Oleh Dr. Nirwan Syarif, M. Si dan Dr. Dedi Rohendi. M. T. Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

xi + 49 Halaman, 1 Tabel, 15 Gambar, 5 Lampiran.

Telah dilakukan penelitian tentang preparasi karbon tumbuhan ekor kucing sebagai elektroda berpori pada kapasitor lapis ganda elektrokimia (KLGE). KLGE dibuat dengan menggunakan elektroda dari karbon tumbuhan ekor kucing. Penelitian ini bertujuan untuk mempreparasi karbon tumbuhan ekor kucing secara elektrokimia menggunakan variasi elektrolit  $\text{NaHCO}_3$  (natrium bikarbonat),  $\text{NaNO}_3$  (natrium nitrat) dan  $\text{NaCl}$  (natrium klorida) dengan berbagai konsentrasi elektrolit. Karbon dari tumbuhan ekor kucing yang telah dipirolisis dikarakterisasi menggunakan XRD (*X-ray Diffraction*) dan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Hasil difraktogram XRD menunjukkan dua puncak tertinggi pada  $2\theta$  yaitu  $28,54^\circ$  dan  $29,60^\circ$ . Hasil SEM menunjukkan bahwa morfologi karbon ekor kucing adalah amorf. Hasil pengukuran voltametri siklik (CV) tertinggi terdapat pada elektrolit  $\text{NaHCO}_3$  2M menggunakan elektroda perbandingan grafit-karbon 7:3 dengan nilai kapasitansi mencapai 8,0067 F, energi mencapai 8,4553 mW.h, dan daya mencapai 0,4003 mW. Secara umum KLGE memenuhi syarat dengan nilai kapasitansi minimal 0,01 F.

**Kata Kunci :** Tumbuhan ekor kucing (*Typha Latifolia*), Karbon Berpori, KLGE,  
Voltametri Siklik (CV)

**Kutipan :** 46 (1987-2016)

## DAFTAR ISI

<b>SKRIPSI.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>x</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	2
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>35</b>
<b>LAMPIRRAN.....</b>	<b>39</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Tumbuhan ekor kucing ( <i>Typha Latifolia</i> ).....	3
Gambar 2 Struktur Grafit.....	6
Gambar 3 Struktur Fulleren.....	7
Gambar 4 Perbandingan diagram konstruksi dari tiga jenis kapasitor.....	11
Gambar 5 Jenis – jenis kapasitor .....	12
Gambar 6 Grafik Ragone yang menunjukkan kepadatan energi vs rapat daya untuk berbagai perangkat penyimpanan energi.....	13
Gambar 7 (a) Struktur sel KLGE (supercapacitor) yang menunjukkan komponen – komponen penyusun.....	14
Gambar 7 (b) Skema Kapasitor lapis ganda elektrokimia (KLGE).....	14
Gambar 8 Kurva voltammogram tipikal dari elektroda kimia reversibel, memiliki puncak arus katoda dan puncak arus anoda.....	19
Gambar 9 Rangkaian Potensiostat.....	20
Gambar 10 Karbon Hasil Pirolisis Material Tumbuhan Ekor Kucing.....	27
Gambar 11 Difraktogram dari Karbon Ekor Kucing.....	28
Gambar 12 Hasil Pengujian SEM dari Material Ekor Kucing ( <i>Typha latifolia</i> ) perbesaran 5.000 kali dan 10.000 kali.....	29
Gambar 13 Elektroda karbon ekor kucing.....	30
Gambar 14 Kapasitor dengan elektroda karbon ekor kucing.....	31
Gambar 15 Grafik Voltammogram dengan elektrolit NaHCO <sub>3</sub> , NaNO <sub>3</sub> , NaCl; konsentrasi elektrolit 1M, 2M, 4M dan perbandingan 9 (a,b,c) KLGE Karbon-Grafit (7:3) (d,e,f) KLGE Karbon-Grafit (3:7) pada kecepatan pindai 25 m V/s-1.....	31

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Nilai daya, energi, dan kapasitansi kapasitor.....	32

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN 1. Hasil Analisis XRD Karbon Ekor Kucing.....	40
LAMPIRAN 2. Hasil Analisis XRD Karbon Ekor Kucing.....	41
LAMPIRAN 3. Perhitungan Pengenceran Larutan Elektrolit.....	42
LAMPIRAN 4. Data Pengukuran CV.....	45
LAMPIRAN 5. Gambar Penelitian.....	45



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dewasa ini tumbuhan akuatik atau tumbuhan air telah banyak digunakan orang sebagai bahan dasar karbon berpori. Contohnya seperti tumbuhan apu-apu, kangkung air, dan eceng gondok. Pada penelitian yang dilakukan Syarif *et al.*, (2018) Syarif and Pardede menyatakan bahwa karbon dari tumbuhan akuatik dapat dijadikan sebagai elektroda kapasitor lapis ganda elektrokimia (*supercapacitor*) Syarif and Pardede, (2014).

Tumbuhan ekor kucing (*T. Latifolia*) juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk karbon berpori. Disamping itu, karbon berpori banyak digunakan sebagai kapasitor elektrokimia, baterai dan sebagainya. Kapasitor lapis ganda elektrokimia merupakan piranti penyimpan energi yang dewasa ini banyak dikembangkan. (Waluyo dan Noerochiem, 2014). Kapasitor elektrokimia merupakan jenis superkapasitor yang memiliki keunggulan yaitu densitas daya yang lebih tinggi daripada baterai dan densitas energi yang ribuan kali lebih tinggi daripada kapasitor konvensional (Chang, K.H, *et al.* 2011).

KLGE meningkatkan keamanan karena lebih sedikit mengandung bahan beracun dan tidak ada bahan korosif (Miller and Simon, 2008). Penyusun utama KLGE terdiri dari elektroda, separator, dan larutan elektrolit. Untuk menghasilkan kemampuan penyimpanan energi karbon pada KLGE, maka dilakukan preparasi material karbon berpori secara pirolisis. Hasil dari proses tersebut adalah karbon yang memiliki volume pori dan luas permukaan yang tinggi (Zhu dkk., 2007).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Setiono yang berbahan dasar kayu gelam hasil pengukuran voltametri siklik kapasitansi KLGE mencapai 0,0145 F (Setiono Adi, 2016). Dengan menggunakan pendekatan yang sama seperti penelitian terdahulu, yang menggunakan tumbuhan akuatik sebagai material dasar, maka pada penelitian ini digunakan material dari biomassa tumbuhan air ekor kucing (*T. Latifolia*) sebagai bahan dasar.

## **1.2. Rumusan Masalah**

1. Apakah karbon tumbuhan ekor kucing (*T. Latifolia*) dapat digunakan sebagai kapasitor?
2. Bagaimana hasil dari karakterisasi karbon tumbuhan ekor kucing (*T. Latifolia*)?
3. Bagaimana kinerja KLGE dari karbon tumbuhan ekor kucing (*T. Latifolia*)?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Mempreparasi KLGE dari karbon tumbuhan ekor kucing (*T. Latifolia*).
2. Mengkarakterisasi sifat kristal karbon tumbuhan ekor kucing (*T. Latifolia*).
3. Menguji kinerja dari karbon tumbuhan ekor kucing secara voltametri siklik.

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi pengembangan karbon berpori berbasis tumbuhan ekor kucing dan pengaplikasian karbon ekor kucing sebagai elektroda dalam kapasitor lapis ganda elektrokimia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, N. O. 2008. Analisa SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetit Menjadi Hematite. Makalah Disajikan Pada Seminar Nasional-VII Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri Kampus ITENAS, Bandung.
- Aripin, H.; L. Lestari; D. Ismail and S. Sabchevski. 2010. Sago Waste Based Activated Carbon Film as an Electrode Material for Electric Double Layer Capacitor. *The Open Materials Science Journal* 4: 117-124.
- Boehm, H. P. 1994. Some Aspects of Surface Chemistry of Carbon Black and Other Carbons. *Carbon* 32(5): 759-769.
- Chang, K.H, Hu, C.C, Huang, C.M, Liu, Y.L., Chang, C.I., 2011. Microwave assisted hydrothermal synthesis of crystalline WO<sub>3</sub> - WO<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O mixture for pseudocapacitors of the asymmetric type. *Journal of Power Sources* 196 : 2387–2392.
- Chen, Y.-C.; Y.-K. Hsu; Y.-G. Lin; Y.-K. Lin; Y.-Y. Horng; L.-C. Chen and K.-H. Chen. 2011. Highly flexible Supercapacitors With Manganese Oxide Nanosheet/Carbon Clothelectrode. *Electrochimica Acta* 56: 7124-7130.
- Conway, B. E. and W. G. Pell. 2002. Power Limitations of Supercapacitor Operation Associated with Resistance and Capacitance Distribution in Porous Electrode Devices. *Journal of Power Sources* 105: 169-181.
- Cui, Li-Feng., Liangbing Hu., Jang Wook Choi and Yi Cu. 2010. Light-Weight Free-Standing Carbon Nanotube-Silicon Films for Anodes of Lithium-Ion Batteries. *Journal of American Chemical Society*. (4):3671–3678.
- Deglise, X. and P. Magne. 1987. Pyrolysis and Industrial Charcoal. *Biomass: Renewable Energy*. 221-235.
- Fu, C., Zhao, G., Zhany, H., and Li, S. (2013). Evaluation and Characterization of Reduced Graphene Oxide Nanosheets as Anode Materials for Lithium-Ion Batteries. *Internasional Journal of Science*. 8: 6269-6280.
- Guo, Y.; J. Qi; Y. Jiang; S. Yang; Z. Wang and H. Xu. 2003. Performance of Electrical Double Layer Capacitors with Porous Carbons Derived from Rice Husk. *Materials Chemistry and Physics* 80: 704-709.
- Heyne K., 1987. Tumbuhan Berguna Indonesia. Jilid II. Badan Litbang Kehutanan. Jakarta.

- Hugh, O.P. (1993). Handbook of Carbon, Graphite, Diamond and Fullerenes. Noyes Publication. Amerika.
- Irhamni. 2009. Thesis, Aplikasi Phytore mediasi dalam Penyisihan Ion Logam Kromium (Cr) dengan Menggunakan Tumbuhan Air (Typha Latifolia), Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- 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. *Int. J. Electrochem. Sci.* 3: 1196-1217.
- Juan Pablo Martínez, Miquel Solà and Alexander A. Voityuk.(2016). The Driving Force of Photoinduced Charge Separation in Metal-Cluster-Encapsulated Triphenylamine- [80] fullerenes. *Chemistry – A European Journal*. 22(48): 17305-17310.
- Junaidi, M., dan Diah, S. (2014) Pengaruh Variasi Waktu Ultrasonik dan Waktu Tahan Hidrotermal Terhadap Struktur dan Konduktivitas Listrik Material Graphene. *Jurnal Teknik POM ITS*. 3(1): 1-6.
- 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, H. J., Jonathan R. Skuza, Yeonjoon Park, Glen C. King, Sang H. Choi and Kötzt, R., and Carlen, M. 2000. Principles and Applications of Electrochemical Capacitors. *Electrochimica Acta*. 45(15-16):2483-2498.
- Kroschwitz, J. 1990. Polymer Characterization and Analysis, John Wiley and Sons, Inc., Canada.
- Leofanti, G, Tazzola, G, Padovan, M, Petrini, G, Bordiga, S dan Zecchina.A. 1997. Catalyst characterization: applications. *Catalyst.Today*. 34: 329-352.
- Loye Z.H. 2001. X-Ray Diffraction How It Works What It Can and What It Cannot Tell Us. University of South Carolina: Bicentennial.
- Mariato, L. A., 2001. Tanaman Air. AgroMedia Pustaka. Jakarta.
- Miller, JR, Simon, P. 2008. Electrochemical Capacitors for Energy Management. *Science*.321. (5889): 651-652.
- Nagavalli, A. 2012. System to Measure Thermal Conductivity and Seebeck Coefficient for Thermoelectrics. Virginia: National Aeronautics and Space Administration, Langley Research Center.

- Panda, R.D. 2012. Modifikasi Bentonit Terpillar 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*. Park Ridge: Noyes.
- Prabakaran, K., Balamurunga, A., and Rajeswari, S. 2005. Development of Calcium Phosphate Based Apatite from Hen's Eggshell. *Bull.Matar.Sci.* (28): 115-119.
- Pujiyanto. 2010. Pembuatan Karbon Aktif Super dari Batubara dan Tempurung Kelapa. Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Kimia. Universitas Indonesia: Depok.
- Puranto, P., Imawan, C., 2010. Pengembangan Instrumen Pengkarakterisasi Sensor Elektrokimia Menggunakan Metode Voltametri Siklik. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*.(28).
- Purbo, Cahyo dkk. 2009. X-ray Difraktometer. *Universitas sebelasMaret*: Surakarta.
- Purwanto, Djoko. 2011. Arang dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*: Banjar Baru.
- S. Yue-feng, W. Feng, B. li-ying and Y. Zhao-hui. 2007. RuO<sub>2</sub> Activated Carbon Composites as a Positive electrode in an Alkaline electrochemical Capacitor. *New carbon Material*. 22(1): 53-58.
- Schneuwly, A. and R. Gallay. 2000. Properties and Applications of Supercapacitors: From the State-of-the-Art to Future Trends. *Proceeding PCIM*.
- Setiono, Adi. 2016. Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia dengan Elektroda Komposit Karbon Pitanano-Grafit-Poliuretan dan Elektrolit Berpelarut Dimetil Sulfoksida (DMSO). Skripsi.
- Suharyana. 2012. Dasar-dasar dan Pemanfaatan Metode Difraksi Sinar-X. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Syarif, Nirwan. 2012. *Pengembangan Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia dari Karbon Aktif Kayu Gelam*. Disertasi Kimia FMIPA UI. Jakarta.
- Syarif, N., and Miswar, P. 2016. Preparation of Carbon NanoSheets From Gelam Wood Bark and Its Electrochemical Behavior. *Carbon –Science and Technologi*. (ISSN: 0974-0546): 1-5.
- Syarif, N., and Pardede, M.C. 2014. Hydrothermally Assisted Microwave Pyrolysis of Water Hyacinth for Electrochemical Capacitors Electrodes. *Int Trans J EngManag Sci Tech*. 5(2): 95-104.

- Syarif, N., Anggraningrum, I.T., and Wibowa, W. 2013. Blinder-Less Activated Carbon Electrode from Gelam Wood for Use in Supercapacitors. *International of Electrochemical Science*. Eng 3(2): 37-45.
- Triono, A. 2006. Karakteristik Briket Arang dari Campuran Serbuk Gergajian Kayu Afrika (*Maesopsis eminii* Engl) dan Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dengan Penambahan Tempurung Kelapa (*cocos nucifera*). *Skripsi Jurusan Kehutanan, Institut Pertanian Bogor*.
- Volkovich, Y. M. and T. M. Serdyuk. 2002. Electrochemical Capacitors. *Russian Journal of Electrochemistry*. 38(9): 935-959.
- Waluyo, H dan Noerochim, L. 2014. Pengaruh Temperatur Hidrotermal Terhadap Performa Elektrokimia  $\text{LiFePO}_4$  Sebagai Katoda Baterai Ion Lithium Type Aqueous Elektrolit. *Jurnal Teknik Pomits*. 2(3), 2337-3539.
- Wang, X., Mehandzhiyski, A. Y., Arstad, B., Aken, K. L. Van, Mathis, T. S., Gallegos, A., Tian, Z., Ren, D., Sheridan, E., Grimes, B. A., Jiang, D., Wu, J., Gogotsi, Y. and Chen, D. (2017). Selective Charging Behavior in an Ionic Mixture Electrolyte- Supercapacitor System for Higher Energy and Power. *Journal of American Chemical Society*. 139(1): 18681–18687.
- Winter, M., and R.J. Brodd. 2004. What Are Batteries, Fuel Cells, and Supercapacitors? *Chem. Rev.* 104: 4245-4269.
- Wu, N. L. and S. Y. Wang. 2002. Conductivity Percolation in Carbon-carbon Supercapacitor Electrodes. *Journal of Power Sources*. 110: 233-236.
- Zhu, Z., Hu, H., Li, W., and Zhang, X. (2007). Resorcinol Formaldehyde Based Porous Carbon as an Electrode Material for Supercapacitors. *Carbon*. (45): 160-16

