

PEMBUATAN KARBON DARI DAGING BUAH TIMUN SURI (*Curcumis lativus L.*) DAN APLIKASINYA SEBAGAI ELEKTRODA KAPASITOR LAPIS GANDA ELEKTROKIMIA (KLGE)

SKRIPSI

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



**OLEH :
IRWAN TUA PARSAULIAN SIMARMATA
08031381621082**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

PEMBUATAN KARBON DARI DAGING BUAH TIMUN SURI (*Curcumis lativus L.*) DAN APLIKASINYA SEBAGAI ELEKTRODA KAPASITOR LAPIS GANDA ELEKTROKIMIA (KLGE)

SKRIPSI

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

Oleh :

IRWAN TUA PARSAULIAN SIMARMATA

08031381621082

Indralaya, 05 November 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

NIP. 197111191997021001

ii

Universitas Sriwijaya

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul "Pembuatan Karbon dari Daging Buah Timun Suri (*Curcumis lativus* L.) dan Aplikasinya Sebagai Elektroda pada Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia" telah dipertanyakan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 11 Oktober 2021 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 28 Oktober 2021

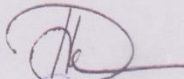
Ketua :

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

()

Anggota:

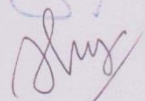
1. **Dr. Dedi Rohendi. M.T**
NIP. 196704191993031001

()

2. **Dr. rer.net. Risfidian Mohadi, M.Si**
NIP. 197711272005011003

()

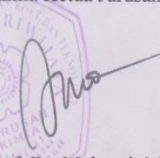
3. **Dr. Suheryanto, M.Si**
NIP. 196006251989031006

()

Mengetahui,

Dekan FMIPA

Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197111191997021001

Kimia Ketua Jurusan Kimia

Prof. Dr. Muharni, M. Si
NIP. 1969030419941221001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Irwan Tua Parsaulian Simarmata
NIM : 08031381621082
Fakultas/ Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

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 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, 28 Oktober 2021

Penulis,



Irwan Tua Parsaulian Simarmata

Nim. 008031381621082

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

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

Nama Mahasiswa : Irwan Tua Parsaulian Simarmata
NIM : 08031381621082
Fakultas/ Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "Pembuatan Karbon dari Daging Buah Timun Suri (*Curcumis lativus* L.) dan Aplikasinya Sebagai Elektroda pada Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia". Dengan hak bebas royalti non-eksklusive ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasi tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 28 Oktober 2021

Penulis,



Irwan Tua Parsaulian Simarmata

Nim. 008031381621082

v

Universitas Sriwijaya

v

Universitas Sriwijaya

ABSTRACT

MANUFACTURE OF CARBON CURCUMBER PULP (CURCUMIS LATIVUS L.) AND ITS APPLICATION AS AN ELECTROCHEMICAL DOUBLE-LAYER CAPACITORS

Irwan Tua Parsaulian Simarmata, Supervised By: Dr. Nirwan Syarif, M.Si. and Dr. Dedi Rohendi, M.T. Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University.

xvii+ 70 pages, 5 tables, 19 figures, 12 attachments.

Research has been conducted on the manufacture of carbon cucumber pulp (Curcumis lativus L.) and its application as an electrochemical double-layer capacitors. This study aims to electrochemically product carbon from cucumber pulp (DTS) with variations in the type of electrolyte concentration NaNO₃ (sodium nitrate). Carbon DTS was made by the carbonization process for 16 hours and mircowave dipyrolysis for 25 minutes. (DTS) carbon pore characterization results in a pore surface area of 821,532 m²g⁻¹, pore volume of 55.227,3 cm³g⁻¹, total pore volume of 97 cm³g⁻¹, and conductivity value of 2,42 × 10⁻⁶ S.cm⁻¹. Carbon was characatherized using XRD, SEM-EDX, and FTIR. The SEM-XRD diffractogram result showed that the peak highest at 2θ=28,37° graphite crystal structure is formed. SEM-EDX result showed that the morphology of DTS carbon has a microporous at 20 μm is amorphous crystalline. The FTIR spectrum pattern had a carbonyl group at 1680 cm⁻¹. The highest cyclic voltammetry (CV) measurement results in NaNO₃ electrolytes, 1 M used carbon:graphite (3:7) comparison electrodes with power value 0,94 mW, energy reaching 19,14 mW.h and a capacitance value at scanrate of 50 mW of 9,4 F. The result of the galvanostatic measurement of charging-discharging the best stability result of electrolyzed DTS carbon using NaNO₃ with a concentration of 1 M with ratio of carbon:graphite (3:7).

Keywords: Electrochemistry Double Layer Capacitor (KLGE), Electrode, Carbon Cucumber Pulp (DTS), Cyclic Voltammetry (CV)

Cititations : 56 (1991 - 2020)

ABSTRAK

PEMBUATAN KARBON DARI DAGING BUAH TIMUN SURI (*Curcumis lativus L.*) DAN APLIKASINYA SEBAGAI ELEKTRODA KAPASITOR LAPIS GANDA ELEKTROKIMIA (KLGE)

Irwan Tua Parsaulian Simarmata, Dibimbing oleh Dr. Nirwan Syarif, M. Si dan Dr. Dedi Rohendi, M. T. Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

xvii+ 70 Halaman, 5 Tabel, 19 Gambar, 12 Lampiran

Telah dilakukan penelitian tentang pembuatan karbon daging buah timun suri (*Curcumis lativus L.*) dan aplikasinya sebagai elektroda kapasitor lapis ganda elektrokimia. Penelitian ini bertujuan untuk mempreparasi karbon dari daging buah timun suri (DTS) secara elektrokimia dengan variasi jenis konsentrasi elektrolit NaNO₃ (natrium nitrat). Karbon DTS dibuat dengan proses karbonisasi selama 16 jam dan dipirolisis *microwave* selama 25 menit. Karakterisasi pori karbon DTS menghasilkan luas permukaan pori 821.523 m²g⁻¹, volume pori 55.227,3 cm³g⁻¹, volume total pori 97 cm³g⁻¹, dan nilai konduktivitas 2,42×10⁻⁶ S.cm⁻¹. Karbon dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM-EDX dan FTIR. Hasil difraktogram XRD menunjukkan puncak tertinggi pada 2θ=28,37° terbentuk struktur kristal grafit. Hasil SEM-EDX menunjukkan bahwa morfologi karbon DTS memiliki rongga makropori sebesar 20 μm adalah amorf. Pola spektrum FTIR memiliki gugus karbonil pada 1680 cm⁻¹. Hasil pengukuran voltametri siklik (CV) tertinggi pada elektrolit NaNO₃ 1M menggunakan elektroda perbandingan karbon:grafit (3:7) dengan nilai daya sebesar 0,94 mW, energi mencapai 19,14 mW.h dan nilai kapasitansi pada *scanrate* 50 mW sebesar 9,4 F. Hasil pengukuran galvanostatis pengisian pengosongan mendapatkan hasil kestabilan terbaik karbon DTS yang dielektrolisis menggunakan NaNO₃ dengan konsentrasi 1 M dengan perbandingan karbon:grafit (3:7).

Kata Kunci : Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia (KLGE), Elektroda, Karbon Daging Buah Timun Suri (DTS), Voltametri Siklik (CV)

Kutipan : 56 (1991 – 2020)

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Bersukacitalah dalam pengharapan, sabarlah dalam kesesakan, dan bertekunlah dalam doa” (Roma 12:12)

“Hidup tidak akan menjadi lebih mudah saat kamu ingin menjadi yang lebih baik”

Skripsi ini sebagai tanda syukurku dan kupersembahkan kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus
2. Ayahku Porman Simarmata dan Ibuku Juniar Yusni Br. Siregar tercinta dan tersayang yang tidak henti-hentinya mendoakan, memberikan dukuan baik moral dan material
3. Seluruh keluarga besarku
4. Pembimbing dan semua orang yang aku cintai
5. Almamaterku (Universitas Sriwijaya)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yesus Kristus, karena berkat rahmat, karunia dan anugerah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pembuatan Karbon dari Daging Buah Timun Suri (*Curcumis lativus L.*) dan Aplikasinya Sebagai Elektroda pada Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program sarjana (S1) Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan yang dilalui, mulai dari pencarian judul, pengumpulan literatur, penelitian, pengumpulan data, pengolahan data dan dalam tahap penulisan. Namun, dengan kesabaran dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab sebagai mahasiswa dan juga bantuan dari berbagai pihak baik moral maupun material, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak **Dr. Nirwan Syarif, M.Si** dan **Dr. Dedi Rohendi, M.T** yang telah banyak membantu penulis, memberikan bimbingan, bantuan, saran, nasehat dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan berkat, rahmat, karunia dan anugerah-Nya kepada penulis yang sangat tidak terhingga dan memberikan kasih sayang-Nya kepada penulis.
2. Bapak dan Ibu yang selalu menjadi alasan utama Irwan masih bertahan sampai sejauh ini. Terima kasih atas kesabaran, motivasinya yang selalu menguatkan Irwan dalam keadaan apapun, selalu mendoakan Irwan, selalu memberikan dukungan baik moral maupun material. Terima kasih atas segala kasih sayang yang begitu tulus yang Bapak dan Ibu berikan kepada Irwan. Irwan tidak akan mampu membalas semua jasa yang Bapak dan Ibu berikan kepada Irwan. Percayalah Irwan akan berusaha semampu Irwan untuk membahagiakan kalian.
3. Untuk diriku sendiri (Irwan Tua Parsaulian Simarmata) terimakasih sudah mampu bertahan sampai sejauh ini, jangan mudah menyerah, tetap berusaha

menjadi orang baik dengan siapapun itu, selalu ingat Bapak dan Ibu sebelum melakukan sesuatu.

4. Abang Jades Purwanto Simarmata, adek Andrean Prayoga Simarmata yang selalu mendoakan Irwan. Terimakasih atas dukuannya.
5. Keluarga besarku semuanya baik keluarga dari Bapak maupun keluarga Ibu terima kasih atas dukuan maupun doanya.
6. Bapak Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D selaku dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
7. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
8. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
9. Bapak Dr. Rer. Nat. Risfidian Mohadi, M.Si dan Bapak Dr. Suheryanto, M.Si selaku dosen pembahas dan penguji sidang skripsi. Serta seluruh dosen FMIPA Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
10. Kak iin dan Mbak Novi selaku Admin Jurusan Kimia yang selalu sabar dalam membantu selama proses perkuliahan ini.
11. Kak Reka, S.Si., M., Si., Kak Dea S.Si., M.Si dan Kak Wulandari selaku kak yang mambantu selama penelitian. Serta seluruh warga Laboratorium PUR Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing. Semoga kita diberikan kesehatan, kelapangan rejeki dan di permudahkan segala urusannya.
12. Rekan-rekan seperjuangan Kimia Angkatan 2016 yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Terima kasih untuk segala kenangannya, semangatnya bantuannya dan motivasinya selama menimba ilmu di Fakultas MIPA ini. Semoga kita semua sukses dan bisa bertemu di kemudian hari.

Semoga bimbingan, ilmu, bantuan dan masukkan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal dan ladang pahala yang setimpal dari Tuhan Yesus Kristus dan semoga Tuhan Yesus Kristus membalas segala kebaikan para pihak yang telah membantu penulis. Dengan kerendahan hati, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih ajuh dari kata sempurna. Dengan kerendahan hati, penulis

menerima berbagai kritik serta saran dari pembaca yang dapat membangun untuk menyempurnakan skripsi ini. Semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat dan berguna dimasa yang akan datang. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak.

Indralaya, 14 November 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK	v
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Timun Suri	4
2.2 Karbonisasi	5
2.2.1 Grafit	7
2.2.2 Karbon Glassy.....	7
2.2.3 Karbon Nanotube	7
2.3 Karakterisasi Pori Karbon	8
2.3.1 Daya Serap terhadap Metil Biru	8
2.3.2 Daya Serap terhadap Iodin	9
2.4 Elektroda Karbon untuk Kapasitor Lapis Ganda	
Elektrokimia (KLGE)	10
2.5 Pemanasan Gelombang Mikro	10

2.6 Voltametri Siklik	11
2.7 Potensiostat	12
2.8 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	
terhadap Karbon	13
2.9 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) terhadap Karbon	14
2.10 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) terhadap Karbon ...	15
2.11 Kapasitor	16
2.12 Kapasitansi	16
2.13 Galvanostatis	17
2.14 Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia (KLGE)	18
2.14.1 Separator (Pemisah)	19
2.14.2 Elektrolit	19

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.2.1 Alat	20
3.2.2 Bahan	20
3.3 Prosedur Percobaan	20
3.3.1 Preparasi Karbon DTS	20
3.3.2 Karakterisasi Pori Karbon DTS	21
3.3.2.1 Struktur karbon DTS (ASTM, 2006)	21
3.3.2.2 Karakterisasi menggunakan XRD	24
3.3.2.3 Karakterisasi menggunakan SEM	24
3.3.2.4 Karakterisasi menggunakan FTIR	24
3.3.2.5 Pengukuran konduktivitas serbuk karbon	
DTS	25
3.3.3 Pengujian KLGE	26
3.3.3.1 Pengujian kinerja KLGE dengan voltametri	
siklik	26
3.3.3.2 Pengujian kinerja KLGE dengan	
galvanostatik	26
3.4 Analisa Data	27

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Preparasi Karbon Daging Buah Timun Suri	29
4.2 Karakterisasi Karbon DTS	30
4.2.1 Karakterisasi struktur pori karbon DTS	30
4.2.2 Karakterisasi Kristalografi Menggunakan XRD	31
4.2.3 Karakterisasi Morfologi Menggunakan SEM-EDX....	32
4.2.4 Karakterisasi Gugus Fungsi Menggunakan FTIR	34
4.2.5 Pengukuran konduktivitas serbuk Karbon DTS	35
4.3 Pengujian KLGE	37
4.3.1 Pengujian Kinerja KLGE dengan Voltamteri Siklik	37
4.3.2 Pengujian Kinerja KLGE dengan Galvanostatik	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA ISI	44
LAMPIRAN	52

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Timun suri (<i>Curcumis lativus</i>)	4
Gambar 2. Degradasi termal material organik (biomassa) menjadi material karbon (Mochida <i>et al.</i> , 2006)	6
Gambar 3. Struktur karbon nanotube dalam 3 dimensi (Mu'minin, 2010)	8
Gambar 4. Bentuk dan bagian alat penghasil gelombang mikro	11
Gambar 5. Voltammogram dari elektroda kimia reversibel yang memiliki puncak (Puranto dan Imawan, 2010)	12
Gambar 6. Alat <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	15
Gambar 7. Perbandingan diagram konstruksi dari tiga jenis kapasitor berdasarkan bahan (Volkovich <i>et al.</i> , 2002)	16
Gambar 8. Struktur penyimpanan energi pada KLGE	18
Gambar 9. (a) Karbon hasil proses hidrothermal dan (b) karbon hasil proses pirolisis gelombang mikro	29
Gambar 10. Grafil plot XM versus C untuk penentuan bilangan iodin	31
Gambar 11. Difraktogram serbuk karbon DTS	32
Gambar 12. Mikrograf serbuk karbon DTS diperbesar 2000× ketebalan pori 20 μm	33
Gambar 13. Difraktogram SEM-EDX serbuk karbon DTS	34
Gambar 14. Spektrum FTIR serbuk karbon DTS	35
Gambar 15. Elektroda Karbon DTS	36
Gambar 16. KLGE Karbon DTS	36
Gambar 17. Kurva CV pada voltammogram elektrolit NaNO_3 konsentrasi elektrolit 1M, 2M dan 4M (a) KLGE Karbon – Grafit (7:3) (b) KLGE Karbon – Grafit (3:7)	37
Gambar 18. Kurva galvanogram dengan berbagai variasi elektrolit, konsentrasi elektrolit dan perbandingan	

elektroda karbon:grafit (7:3); (a) NaNO_3 1 M
(b) NaNO_3 2 M (c) NaNO_3 4 M..... 40

Gambar 19. Kurva galvanogram dengan berbagai variasi
elektrolit, konsentrasi elektrolit dan perbandingan
elektroda karbon:grafit (7:3); (a) NaNO_3 1 M
(b) NaNO_3 2 M (c) NaNO_3 4 M..... 41

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi Kimia Timun Suri	5
Tabel 3.1 Analisis Data Hasil Daya, Energi, dan Kapasitansi Pengujian Elektrokimia KLGE	28
Tabel 4.1 Analisis Data Hasil Nilai Daya dan Energi Pengujian Sifat Elektrokimia Elektroda	38
Tabel 4.2 Analisis Data Hasil Nilai Kapasitansi	39
Tabel 4.3 Nilai Slope Pengisian dan Pengosongan KLGE	39

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman yang sangat pesat tentu berdampak pada kebutuhan energi di dunia yang akan menghasilkan berbagai macam limbah. Limbah tersebut dapat mengancam kesehatan manusia dan merusak lingkungan. Salah satu cara penanggulangan dan mengurangi limbah tersebut yaitu limbah berbasis biomassa dari pertanian karena berharga murah, material tersedia dalam jumlah besar, ramah lingkungan, dapat diperbarui, dan memiliki struktur berpori, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif (Awitdrus dkk, 2018). Bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku karbon aktif berbasis limbah pertanian salah satu yaitu buah daging timun suri (*Cucumis lativus*). Daging buah timun suri merupakan buah komoditas unggulan yang banyak tumbuh di daerah tropis maupun subtropis. Ketersediaan daging buah timun suri di Sumatera Selatan sangat berlimpah. Akan tetapi, daging buah timun suri yang sangat cepat mengalami kebusukan atau sisa ampas pengolahan buah daging timun suri kurang dimanfaatkan sehingga dibuang begitu saja akibatnya bertambahnya limbah. Pada penelitian (Manalu, 2016) menyatakan bahwa buah timun suri memiliki kadar pektin 0,66%. Timun suri tergolong buah yang mudah rusak dalam keadaan busuk karena dalam 100 gram daging buah timun suri memiliki kandungan fraksi bahan organik yaitu kadar air 96,31 %; 22,71% hemiselulosa; 8,26% lignin (basis kering); 17,22% pati terlarut; 30,42% gula total; 6,91% lemak dan 0,89% total N (Nurkholis dkk,2016). Selulosa sebagian besar memiliki tiga komponen utama yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Umumnya hemiselulosa mengandung 15% bagian amorf dan 85% bagian kristal. Berdasarkan karakteristik kandungan fraksi bahan organik tersebut, daging buah timun suri dapat berpotensi digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan karbon berpori (Yuniar, 2013).

Karbon merupakan bahan elektroda KLGE, terutama mengacu pada karbon aktif yang umumnya metode karbonisasi. Dari sejumlah penelitian yang telah dilakukan berupa karbon biasanya dibuat dari tempurung kelapa, ampas tebu dan serbuk gergaji (Dewi, Nurrahman and Permana, 2009). Belum ada penelitian yang

mengkarakteristik terionisasi dan mensintesis karbon dari bahan daging buah timun suri yang dibuat dengan gelombang mikro dengan aktivasi kimia senyawa KOH dan untuk proses adsorpsi zat warna metilen biru (Liem dkk, 2015). Menurut (Zhou, 2006) bahan karbon berpori umumnya memiliki luas permukaan pori diantara 1000-2000 m²/g, maka hasil luas permukaan pori karbon dan untuk mengetahui karakteristik gugus fungsi kristalinitas morfologi lewat pengukuran FTIR, XRD dan SEM terlebih dahulu. Karbon aktif yang telah disintesis kemudian diuji untuk mengadsorpsi larutan zat warna metilen biru. Hal ini diperlukan untuk memperlihatkan bahwa karbon daging buah timun suri dapat digunakan sebagai material karbon pada pembuatan elektroda berpori kapasitor lapis ganda elektrokimia (KLGE).

Karbon berbentuk serbuk dapat dimanfaatkan sebagai elektroda KLGE jika karbon memiliki konduktivitas dan kapasitansi. Untuk dapat mempreparasikan maka dilakukan pirolisis gelombang mikro pada temperatur diatas 700°C dengan tujuan untuk dapat menghasilkan pori-pori dari daging timun suri sehingga menghasilkan nilai kapasitansi yang besar dan luas permukaan pori karbon yang besar pula sehingga, didapatkan daya serap karbon tinggi maka dimanfaatkan sebagai elektroda (Pujiono and Mulyati, 2017). Pirolisis gelombang mikro dapat membentuk kristal karbon dengan demikian pirolisis gelombang mikro maka karbon daging buah timun suri dapat untuk digunakan sebagai elektroda berpori. Salah satu fungsi elektroda adalah sebagai tempat penyimpanan energi. Pembuatan alat penyimpan energi antara lain baterai dan super kapasitor yang dikenal sebagai KLGE. Penelitian sebelumnya yang menggunakan kayu gelam untuk bahan elektroda yang dilakukan (Syarif, no date) hasil penelitian tersebut melaporkan bahwa elektrokimia memiliki nilai kapasitansi spesifik berkisar antara 0,01 28 Fg⁻¹ dan 00,001 2,8 Fg⁻¹ lalu dipasangkan ke dalam prototipe kapasitor yang menghasilkan nilai kapasitansi terpakai sebesar 0,203 F. KLGE dari karbon daging buah timun suri diharapkan menghasilkan pori yang mampu menyimpan lebih banyak energi karbon yang ukurannya lebih besar, maka cocok untuk perkembangan perangkat elektronik berukuran kecil dari karbon biomassa.

1.2 Rumusan Masalah

Daging buah timun suri memiliki kandungan fraksi bahan organik hemiselulosa dan lignin yang berpotensi sebagai sumber karbon untuk elektroda dan dapat diaplikasikan pada KLGE. Pembuatan karbon timun suri dan aplikasinya pada kapasitor elektrokimia belum pernah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan karbon dari daging timun suri serta menghitung luas permukaan dan konduktivitas listriknya. Pengukuran nilai kapasitansi dan pengujian sifat elektrokimia elektroda karbon dari daging timun suri dilakukan menggunakan metode voltametri siklik. Kemudian, elektroda diaplikasikan pada pembuatan KLGE. Selanjutnya, dari KLGE diukur secara voltametri siklik.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Preparasi karbon pori dan mengkarakterisasi sifat struktur pori-pori karbon kristalinitas, morfologi dan gugus fungsi dengan menggunakan alat XRD, SEM, dan FTIR. Preparasi elektroda karbon berpori daging buah timun suri dan mengkarakterisasi luas permukaan, volume mikropori, volume total pori dengan metilen biru dan bilangan iodin serta menentukan sifat elektrokimia untuk menentukan nilai kapasitansi (C).
2. Preparasi KLGE dan karakterisasi kinerja KLGE dengan metode voltametri siklik untuk menentukan kondisi optimum daya, energi serta galvanostatik untuk menentukan pengisian dan pengosongan elektroda pada alat potensiostat.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi tentang alternatif pemanfaatan daging timun suri untuk bahan baku pembuatan karbon sebagai bahan penyusun elektroda kapasitor atau keperluan lainnya.
2. Memberikan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi meterial terbarukan dalam perangkat penyimpan energi yang ramah lingkungan.
3. Mengurangi dampak lingkungan dan memberikan nilai ekonomis berbahan terbarukan lokal dalam upaya penghematan energi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, Q., Gollas, B. and Presser, V. 2019. Reduced Faradaic Contributions and Fast Charging of Nanoporous Carbon Electrodes in a Concentrated Sodium Nitrate Aqueous Electrolyte for Supercapacitors. *Energy Technology*. 7(9): 1–9.
- Agustiani, W. 2007. Modifikasi Membran Elektroda Selektif Ion Nitrat Tipe Kawat Platina Terlapis dengan Polietilena Glikol Sebagai Porogen. *Skripsi*. Bogor: Universitas IPB.
- Anam, C., Sirojudin., dan K. Sofjan, F. 2007. Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin Dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*. 10(1): 79–85.
- Ariyanto, T., Iman, P., dan Rochmadi. 2012. Pengaruh Struktur Pori Terhadap Kapasitansi Elektroda Superkapsitor yang Dibuat dari Karbon Nanopori. *Reaktor*. 14(1): 25-32.
- Arora et al., 2010. Electrochemical Double Layer Capacitors Including Improved Nanofiber Separators. *Yeast*. 1(12): 4–6.
- ASTM. 2006. Standard Test Method for Determination of Iodine Number of Activated Carbon 1. *ASTM International*. (94). 1–5.
- Awitdrus., Dewi, M., Rakhmawati, F., Saktioto., dan Iwantono. 2018. Pengaktifan Kimia Berbantuan Gelombang Mikro Karbon Aktif dari Kulit Kacang dengan Waktu Pra-karbonisasi yang Berbeda. *Jurnal Fisika*. 8(2): 43-50.
- Best, S. et al. 2020. Evidence for Glass Behavior in Amorphous Carbon. *C — Journal of Carbon Research*. 6(50): 1-50.
- Bisman, P.M. 2003. Rancangan Kapasitansi Meter Digital. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Fisika Universitas Sumatera Utara.
- Callister, W.D. 2003. *Materials Science and Engineering*. John Wiley & Sons. New York.
- Carlstedt, D. and Asp, Lief, E. 2019. Thermal and diffusion induced stresses in a structural battery under galvanostatic cycling. *Composites Science and Technology*. 179: 69–78.
- Cheremisinoff, N.P. 1993. *Carbon Adsorption of pollutant Control*. John Willey & Sons. Canada.
- Choi, D. W. and Choy, K. L. 2020. Spider silk binder for Si-based anode in lithium-ion batteries. *Materials and Design*. 191(1):108669.

- Darmawan, S. *et al.* 2015. Kajian Struktur Arang-Pirolisis, Arang-Hidro dan Karbon Aktif dari Kayu Acacia mangium Willd. Menggunakan Difraksi Sinar-X. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(2): 81–92.
- Destyorini, F. 2010. Pengaruh suhu karbonisasi. 10(242). 122–132.
- Dewi, T. K., Nurrahman, A., dan Permana, E. 2009. Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Ubi Kayu (*Mannihot esculenta*). *Jurnal Teknik Kimia*. 6(1): 24-30.
- Dien, S.A. 2011. Modifikasi Permukaan Plastik Menggunakan Nano Partikel Au dan Studi Sebagai Sensor Oksigen. *Skripsi*. Jakarta: UI.
- Erawati, E. and Ardiansyah, F. 2018. Effect of Activator Types and Active Carbon Size on the Making of Adsorbents from Sengon Wood Sawdust (*Paraserianthes falcataria*). *Jurnal Integrasi Proses*. 7(2): 58–66.
- Farikhin, F. 2016. Analisa Scanning Electron Microscope Komposit Polyester Dengan Filler Karbon Aktif Dan Karbon Non Aktif. *Publikasi Ilmiah*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah.
- Francke, R. *et al.* 2012. Novel electrolytes for electrochemical double layer capacitors based on 1,1,1,3,3,3-hexafluoropropan-2-ol. *Electrochimica Acta*. Elsevier. 62(1): 372–380.
- Fiana, R.M., Murtius, W.S dan Asben, A., 2014. Pengaruh Konsentrasi Maltodestrin Terhadap Mutu Minuman Instan dari Teh Kombucha. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 20(2): 65-73.
- Galal, A. *et al.* 2017. Enhancing the specific capacitance of SrRuO₃ and reduced graphene oxide in NaNO₃, H₃PO₄ and KOH electrolytes', *Electrochimica Acta*. 260(1): 738–747.
- Giuseppe sdanghi, Rafael L.S. Canevesi, Alain Celzard, Marrhiass Thommes, and V. F. 2020. Characterization of Carbon Material for Hydrogen Storage and Compression. *Journal of Carbon Research*. 46(6): 1–28.
- Goldstain, J. 2003. *Scanning Electron Microscope and X-ray Microanalysis*. New York: Springer US.
- Gopalakrishnan, A. and Badhulika, S. 2018. Ultrathin graphene-like 2D porous carbon nanosheets and its excellent capacitance retention for supercapacitor', *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 68(1): 257–266.
- Hayati, A., Lidiasari, E., dan Parwiyanti. 2008. Karakteristik Timun Suri. *Laporan Penelitian*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.

- Hedyanti, ayu D. 2020. Study Preparasi Elektroda Karbon Dots dari Binchotan dan Aplikasinya Sebagai Superkapasitor. *Journal of Chemical Information and Modeling*. 53(9): 1689–1699.
- Herawaty, H., dan Moulina, M.A. 2015. Kajian Variasi Konsentrasi Sukrosa Terhadap Karakteristik Nata Timun Suri (*Cucumis sativus L.*). *Agritepa*. 11(1): 89-104.
- Horowitz, P., and W. H. 1980. The Art of Electronics Second Edition. in *Cambridge University Press*. 1-1125.
- Hu, Z., Liangfei, X., Yiyuan, H., Jianqui, L., Mingguo, O., Xiaoli, D., Jiang, H. 2018. Comprehensive analysis of galvanostatic charge method for fuel cell degradation diagnosis. *Applied Energy*. 212(2018): 1321–1332.
- Hugh, O.P. 1993. *Handbook of Carbon, Graphite, Diamond and Fullerenes*. Noyes Publication. Amerika.
- Hutapea, E. M., Iwantono., Farma, R. S. A., Awitdrus. 2017. Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Gelombang Mikro. *Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia*. 14(02): 1061–1066.
- Jankowska, H., Swiatskowsk, A., and Comma, J. 1991. *Activated Carbons*. London: Horwood.
- Jaya, F. T., Wahab, A. W., Maming. 2014. Adsorpsi Emisi Gas CO, NO dan NOx Menggunakan Karbon Aktif dari Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao L.*) pada Kendaraan Bermotor Roda Empat. *Jurnal Kimia FMIPA*. 1-17.
- Javed, M. S. *et al.* 2020. Insights to pseudocapacitive charge storage of binary metal-oxide nanobelts decorated activated carbon cloth for highly-flexible hybrid-supercapacitors. *Journal of Energy Storage*. Elsevier, 31(1): 101602.
- Jolantje Latupeirissa, Matheis F.J.D.P. Tanasale, S. H. M. 2018. Kinetika Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru oleh Karbon Aktif dari Kulit Kemiri (*Aleurites moluccana (L) Willd) Kinetics of Blue Methylene Dyes Adsorption Substances By Actived Carbon From Hazelnut Shell (Aleurites moluccana (L) Willd). Chemical Journal*. 6(1): 12–21.
- Keeley, G. P. and Lyons, M. E. G. 2009. The effects of thin layer diffusion at glassy carbon electrodes modified with porous films of single-walled carbon nanotubes. *International Journal of Electrochemical Science*. 4(6): 794–809.
- Kusbandari, A., dan Susanti, H. 2016. Kandungan Beta Karoten dan Aktivitas Penangkapan Radikal Bebas Terhadap DHHP (1,1-difenil 2-pikrilhidrazil) Ekstrak Buah Blewah (*Curcumis melo var. Cantalupensis L*) Secara Spektrofotometri UV-Visibel. *Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas*. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan.

- Kusdarini, E., Budianto, A. and Ghafarunnisa, D. 2017. Produksi Karbon Aktif Dari Batubara Bituminus Dengan Aktivasi Tunggal H_3PO_4 , Kombinasi $H_3PO_4-NH_4HCO_3$, Dan Termal. *Reaktor*. 17(2): 74–80.
- Lei, C. *et al.* 2016. Phenolic carbon cloth-based electric double-layer capacitors with conductive interlayers and graphene coating. *Journal of Applied Electrochemistry*. Springer Netherlands, 46(2): 251–258.
- Leofanti, G., Tozzola, G., Padoyan, M., Petrini, G., Bordiga, S., Zecchina, A. 1997. Catalyst Characterization: Applications. *Elsevier*. 34(1997):329–352.
- Liem, V., Aditya, P., Arenst, A. 2015. Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Salak Aktivasi Kimia-Senyawa KOH sebagai Adsorben Proses Adosprsi Zat Warna Metilen Biru. *Seminar Nasioanl Tenik Kimia*. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- Lim, R. T. Y. *et al.* 2017. Amorphization of crystalline active pharmaceutical ingredients via formulation technologies', *Powder Technology*, 311(1) 175–184.
- Namasivayam, C. and Kavitha, D. 2006. IR , XRD and SEM studies on the mechanism of adsorption of dyes and phenols by coir pith carbon from aqueous phase. 82(1): 43–48.
- Nur, A. 2007. Pertumbuhan Karbon Nanotube Metode Chemical Vapor Deposition Sebagai Fungsi Waktu. *Ekulibrium*. 6(2): 75–80.
- Kumar, Y., Pandey, G. P. and Hashmi, S. A. 2012. Gel polymer electrolyte based electrical double layer capacitors: Comparative study with multiwalled carbon nanotubes and activated carbon electrodes', *Journal of Physical Chemistry C*. 116(50): 26118–26127.
- Manalu, W. 2016. Pengaruh Penambahan Pektin dan Gelatin Terhadap Karakteristik Selai Lembar Timun Suri. *Skripsi*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Mianowski, A., Owczarek, M. and Marecka, A. 2007. Surface area of activated carbon determined by the iodine adsorption number. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*. 29(9). 839–850.
- Mohapatra, S., Acharya, A., dan Roy, G.S. 2012. The role of Nanomaterial for the design of Supercapitor. *Lat.Am. J. Phys. Educ*. 6(3): 380-384.
- 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.

- Mu'minin, A. 2010. Pembuatan Pelet Karbon Nanotube. *Skripsi Fakultas Teknologi Industri*. Bandung: ITB.
- Mumpuni, I. D., Maslahat, M. and Susanty, D. 2021. Activation of oil palm empty bunches with hydrochloride acid & phosphoric acid and characterization based SNI No. 06-3730-1995. *Jurnal Sains Natural*. 11(1): 16.
- Pari, G. 2002. Teknologi Alternatif Pengolahan Limbah kayu. *Makalah falsafah Science*. Bogor: IPB.
- Pawluk, K. and Fronczyk, J. 2015. Removal of dissolved metals by activated carbon from road runoff in batch systems – equilibrium and kinetic. *Annals of Warsaw University of Life Sciences, Land Reclamation*, 47(1): 31–42.
- Pierson, H. O. 1993. Handbook of Carbon, Graphite, Diamonds and Fullerenes. *Handbook of Carbon, Graphite, Diamonds and Fullerenes*. 43–69.
- Priyaa, V. S., Saravanathamizhan, R. and Balasubramanian, N. 2019. Preparation of biomass based carbon for electrochemical energy storage application. *Journal of Electrochemical Science and Technology*, 10(2): 159–169.
- Portet, C., Taberna, P., Simon, P.L., Flahaut, E. 2005. Influence of carbon nanotubes addition on carbon-carbon supercapacitor performances in organic electrolyte. *Journal of Power Sources*. 139(1): 371–378.
- Pujiono, F. E., and Mulyati, T. A. 2017. Preparation and Characterization Carbon from "Blotong" Waste in Sugar Industry with Variation in Carbonation Temperature. *Jurnal Wiyata*. 4(2): 173–179.
- Puranto, P., dan Imawan, C. 2010. Pengembangan Instrumen Pengkarakterisasi Sensor Elektrokimia Menggunakan Metode Voltammetri Siklik. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Telaah*. 28(2): 127-131.
- Purnomo, S. E. 2010. Pembuatan Arang Aktif dari Kulit Biji Kopi dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Zat Warna Methylene Blue (Kation) dan Naphtol Yellow (Anion).
- Putra, P., dan Puspita, H. 2014. Pembuatan Alat Uji Kapasitor dan Pengukuran Kapasitansi yang Menggunakan Multimeter. *INDEPT*. 9(4):38-44.
- Puwanto, S., Wisnu, A.A., Salim, M., dan Tjipto, S. 2007. Pengaruh Energi Ion Terhadap Perubahan Fasa Karbon pada Droplet Karbon Glassy setelah Proses Implantasi ion. *Journal of Materials Science*. 538: 118-122.
- Raja, P. M. 2019. Karakterisasi Komposit Poliuretan dengan Pengisian (Filler) Mikro Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa. *Jurnal Teknik Pengolahan Hasil Perkebunan Kelapa Sawit dan Karet*. 1(2): 7–15.
- Ramadhani, L. F., Nurjannah, I.M., Yulistiani, R., Saputo, E.A. 2020. Review :

teknologi aktivasi fisika pada pembuatan karbon aktif dari limbah tempurung kelapa. *Jurnal Teknik Kimia*. 26(2): 42–53.

- Riapanitra, A., Setyaningtyas, T. dan Riyani, K. 2006. Penentuan Waktu Kontak dan pH Optimum Penyerapan Metilen Biru Menggunakan Abu Sekam Padi. *Molekul*. 1(1): 41-44.
- Ridhuan, K. and Suranto, J. 2016. Perbandingan Pembakaran Pirolisis Dan Karbonisasi Pada Biomassa Kulit Durian Terhadap Nilai Kalori', *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*. 5(1): 50–56.
- Rubatzky, V.E., dan Yamaguchi, M. 1999. Sayuran Dunia: Prinsip, Produksi dan Gizi Jilid 3. Diterjemahkan oleh Catur Herison. Bandung: ITB.
- Samsiah, R. 2009. Karakterisasi Biokomposit Apatit-Kitosan dengan XRD (*X-Ray Diffraction*), FTIR (*Fourier Transform Infrared*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan Uji Mekanik. *Skripsi Jurusan FMIPA*. Bogor: IPB.
- Sandi, A. P. and Astuti. 2014. Pengaruh Waktu Aktivasi Menggunakan H_3PO_4 Terhadap Struktur dan Ukuran Pori Karbon Berbasis Arang Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*). *Jurnal Fisika Unand*, 3(2): 118.
- Sari, R. I. A. and Ayu, P. 2017. Pengembangan elektroda berpori dari karbon kulit durian untuk kapasitor lapis ganda elektrokimia. *Skripsi FMIPA*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Shaaban, A., Se, S., Ibrahim, I.M, Ahsan, Q. 2015. Preparation of rubber wood sawdust-based activated carbon and its use as a filler of polyurethane matrix composites for microwave absorption. *Xinxing Tan Cailiao/New Carbon Materials*. 30 (2): 167–175.
- Shao, L. and Griffiths, P. R. 2007. Automatic baseline correction by wavelet transform for quantitative open-path fourier transform infrared spectroscopy. *Environmental Science and Technology*. 41(20): 7054–7059.
- Smith, C.K., Webber, N., Anderson, A.P., Chafin, K., Zong, J.R., Reynolda, J. 2002. *Electronchem*. 149(8): 973.
- Sujatno, A., Salam, R., Dimiyati, A., Bandriyana., Dimiyati, A. 2015. Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*. 9(2): 44–50.
- Srivastava, D, dan Chenyu Wei. 2003. Nanomechanics of Carbon Nanotubes and Composites. *Computational Nanotechnology*. 56(2):15–30.
- Sulistiyanti, S.R. 2007. Optimasi Penumbuhan Apatit pada Mucoza Ampela Ayam: Hamburan Difraksi Sinar-X dan Scanning Electron Microscopy. *Skripsi FMIPA*. Bogor: IPB.

- Syafutri, M. I., Lidiasari, E., dan Indawan, H. 2010. Karakteristik Permen Jelly Timun Suri (*Curcumis melo L.*) Dengan Ekstrak Kunyit (*Curcuma domestik Val.*). *Jurnal Gizi dan pangan*. 5(2): 78-86.
- Syarif, N. 2012. *Pengembangan Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia dari Karbon Aktif Kayu Gelam*. Disertasi Kimia Fmipa. Jakarta: UI.
- Syarif, N. *et al.*, 2016. *Carbon – Science and Technology*. 4(1): 35–42.
- Takagi, H. *et al.* 2004. XRD analysis of carbon stacking structure in coal during heat treatment. *Fuel*, 83(17–18): 2427–2433.
- Taira, S. *et al.* 2019. TEMPO-oxidized cellulose nanofiber-reinforced lignin based polyester films as a separator for electric double-layer capacitor. *Cellulose*. Springer Netherlands. 26(1): 569–580.
- Tayebbe, R. *et al.* 2015. A novel inorganic-organic nanohybrid material H4SiW12O40/pyridino-MCM-41 as efficient catalyst for the preparation of 1-amidoalkyl-2-naphthols under solvent-free conditions. *Dalton Transactions*. 44(20): 9596–9609.
- Tetra, O. N. 2018. Superkapasitor Berbahan Dasar Karbon Aktif Dan Larutan Ionik Sebagai Elektrolit. *Jurnal Zarah*, 6(1): 39–46.
- Trisnawati, T. 2008. Studi Adsorpsi Karbon Mesopori Sintetik Terhadap Methylene Blue. *Skripsi FMIPA*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Volkovich, Y.M., and Serdyuk, T.M. 2002. Electrochemical Capacitors. *Russian Journal of Electrochemistry*. 38(9): 935-959.
- Wachid, F. M, dan Darminto. 2012. Analisis Fasa Karbon Pada Proses Pemanasan Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknik Pomits*. 1(1): 1–4.
- Wijaya, L. 2008. Modifikasi Elektroda Karbon dengan Nano Partikel Emas dan Aplikasinya Sebagai Sensor Arsen (III). *Karya Sarjana Kimia*. Jakarta: UI.
- Winter, M., and R.J. Brodd. 2004. What Are Batteries, Fuel Cells, and Supercapacitors?. *Chem. Rev.* 104: 4245-4269.
- Wilhelm, F. G., Vegt, V.D., Wessling, M., Strathmann, H. 2001. Chronopotentiometry for the advanced current-voltage characterisation of bipolar membranes. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 502(1): 152–166.
- Yang, J. and Qiu, K. Q. 2009. Preparation of activated carbon by chemical activation under vacuum. *Environmental Science and Technology*. 43(9): 3385–3390.

- Yudiana, D. 2000. Pengaruh Pemanasan Gelombang Mikro Terhadap Ketahanan Kayu Kemiri (*Aleurites moluccana Wild*) dari Serangan Jamur Pelapuk Kayu *Schizophyllum commun* FR. *Skripsi Fakultas Kehutanan*. Bogor: IPB.
- Yuningsih, Lela Mukmilah .2016. Pengaruh Aktivasi Karbon Aktif Dari Tongkol Jagung dan Tempurung Terhadap Nilai Konduktivitas. *Jurnal SANTIKA : Jurnal Ilmiah Sains dan Teknolog*. 6(2): 531–536.
- Zhou, C. 2006. *Carbon Nanotube Based Electrochemical Supercapacitors*. Georgia Institute of Technology.