

**STUDI PREPARASI KARBON TERMODIFIKASI KIMIA DARI  
CANGKANG KELAPA SAWIT (*Palm Kernel Shell*) UNTUK MENYERAP  
GELOMBANG MIKRO**

**SKRIPSI**

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



**OLEH  
RIO ALDO SYAHPUTRA  
08031281419058**

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

**2019**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**STUDI PREPARASI KARBON TERMODIFIKASI KIMIA DARI  
CANGKANG KELAPA SAWIT (*Palm Kernel Shell*) UNTUK MENYERAP  
GELOMBANG MIKRO**

**SKRIPSI**

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

Oleh :

**RIO ALDO SYAHPUTRA**

**08031281419058**

Indralaya, 7 Oktober 2019

**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**



**Prof. Dr. Iskhak Iskandar, M.Sc**  
**NIP. 197210041997021001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Studi Preparasi Karbon Termodifikasi Kimia dari Cangkang Kelapa Sawit (*Palm Kernel Shell*) Untuk Menyerap Gelombang Mikro” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 2 Oktober 2019 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

### Ketua :

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

NIP. 197010011999031003

(  )

### Anggota :

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

NIP. 196704191993031001

(  )

3. **Drs. H. Dasril Basir, M.Si.**

NIP. 195810091986031005

(  )

3. **Fahma Riyanti, M.Si.**

NIP. 197202052000032001

(  )

4. **Nova Yuliasari, M.Si.**

NIP. 197307261999032001

(  )

Indralaya, 7 Oktober 2019

Mengetahui,

**Dekan FMIPA**  
  
**Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc**  
NIP. 197210041997021001

**Ketua Jurusan Kimia**  
  
**Dr. Dedi Rohendi, M.T**  
NIP. 196704191993031001

## ABSTRACT

### STUDY ON PREPARATION OF CHEMICAL MODIFIED CARBON FORM PALM SHELL FOR ABSORBING MICROWAVE

Scientific Paper Form Script, August 2019

xii + 64 pages, 4 tables, 20 pictures, 13 attachments

Rio Aldo Syahputra, Guided By Dr. Nirwan Syarif, M.Sc. and Dr. Dedi Rohendi, MT

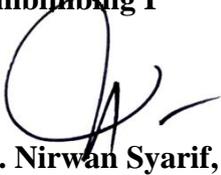
Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Sriwijaya

Research on the development of microwave material based on carbon from palm kernel shells has been done. Experimental method were mixing palm kernel shells and binchotan in pyrolysis reactor, followed by mixing the carbon and melamine or acrylic binder to form pasta. The pasta was then shaped into slabs with a thickness, i.e., 0.02 to 0.03 cm and width 4.5 cm. The slabs were the sample, characterized to determine the morphology, functional group and crystallography using SEM, FTIR and XRD, and were tested on electric conductivity and impedance instrumentation. XRD analysis showed the crystal growth in which the crystals formed turbostratic growth and depending on the angle that is  $24,5^\circ$  and  $44,26^\circ$  which indicates crystal growth in the basal plane ( $L_a$ ) and field end ( $L_c$ ). SEM analysis indicated that the surface of the carbon from palm shell powder has a shape that pore and cavities, where in the pore size of around 0.9 to 1.8  $\mu\text{m}$ . FTIR analysis Chemically modified carbon from oil palm shells shows that there are 3 areas with the same absorption peaks in chemically modified carbon samples from palm shells and on activated carbon which is in the absorption area of  $1100\text{-}1200\text{ cm}^{-1}$  (C-O group functions in carboxylic acids, aldehydes, ketones and esters), in the absorption area of  $1475\text{-}1600\text{ cm}^{-1}$  (C=C aromatic ring function group) and double peaks in the absorption area of  $1900\text{-}2100\text{ cm}^{-1}$  which is an indication of conjugated C-C bonds possessed in both blends are chemically modified palm shell carbon and commercially activated carbon. The highest conductivity values obtained in from the mixing of carbon material 70% and 30% acrylic binder was  $2.21 \times 10^{-3}\text{ Scm}^{-1}$ .

**Keywords** : *Palm shells, SEM, XRD, FTIR, Electric Conductivity, Impedance Spectroscopy*

**Quote** : 70 (1987-2018)

**Pembimbing I**



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

**NIP. 197010011999031003**

**Pembimbing II**



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

**NIP. 196704191993031001**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Kimia**



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

**NIP. 196704191993031001**

## ABSTRAK

### STUDI PREPARASI KARBON TERMODIFIKASI KIMIA DARI CANGKANG KELAPA SAWIT (*Palm Kernel Shell*) UNTUK MENYERAP GELOMBANG MIKRO

Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi, Agustus 2019

xii + 64 Halaman, 4 Tabel, 20 Gambar, 13 lampiran

Rio Aldo Syahputra, Dibimbing Oleh Dr. Nirwan Syarif, M.Si. dan Dr. Dedi Rohendi, M.T.

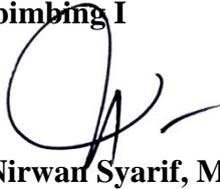
Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

Telah dilakukan penelitian tentang pengembangan material gelombang mikro dengan berbahan dasar karbon cangkang kelapa sawit. Metode yang digunakan dalam studi ini adalah dengan membuat terlebih dahulu serbuk karbon dengan metode pirolisis dan dilanjutkan pencampuran karbon dengan bahan pengikat melamin atau akrilik untuk membentuk pasta. Pasta kemudian dibentuk menjadi lempengan dengan ketebalan 0,02-0,03 cm dengan lebar 4,5 cm. Lempengan yaitu sampel kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan peralatan SEM, FTIR dan XRD untuk mengetahui morfologi, gugus fungsi dan kristalografi serta diuji kinerjanya dengan metode konduktivitas listrik dan impedansi. Hasil analisis XRD menunjukkan adanya pertumbuhan kristal dimana pertumbuhan kristalnya turbostratik dan berada pada sudut yaitu  $24,5^\circ$  dan  $44,26^\circ$  yang mengindikasikan pertumbuhan kristal pada bidang basal ( $L_a$ ) dan bidang ujung ( $L_c$ ). Hasil analisa SEM menunjukkan bahwa permukaan karbon dari serbuk cangkang kelapa sawit memiliki bentuk yang pori dan rongga, dimana ukuran pori-pori yakni sekitar  $0,9 - 1,8 \mu\text{m}$ . Analisis FTIR karbon termodifikasi kimia dari cangkang kelapa sawit menunjukkan adanya 3 daerah puncak serapan yang sama pada sampel karbon termodifikasi kimia dari cangkang kelapa sawit dan karbon aktif komersial yaitu pada daerah serapan  $1100-1200 \text{ cm}^{-1}$  (gugus fungsi C-O pada asam karboksilat, aldehida, keton dan ester), pada daerah serapan  $1475-1600 \text{ cm}^{-1}$  (gugus fungsi C=C cincin aromatik) dan pada daerah serapan  $1900-2100 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya puncak ganda yang merupakan indikasi dari keberadaan ikatan C-C terkonjugasi yang dimiliki pada kedua campuran yaitu karbon termodifikasi kimia dari cangkang kelapa sawit maupun dari karbon aktif komersial. Nilai konduktivitas listrik tertinggi didapatkan dari campuran karbon termodifikasi kimia karbon material 70% dan 30% binder akrilik yaitu sebesar  $2,21 \times 10^{-3} \text{ Scm}^{-1}$ .

**Kata Kunci :** Cangkang kelapa sawit, SEM, XRD, FTIR, Konduktivitas Listrik, Spektroskopi Impedansi

**Kutipan :** 70 (1987-2018)

**Pembimbing I**



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

**NIP. 197010011999031003**

**Pembimbing II**



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

**NIP. 196704191993031001**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Kimia**



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

**NIP. 196704191993031001**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Karbon termodifikasi kimia merupakan salah satu material maju yang digunakan dalam berbagai bidang saat ini. Ada kebutuhan konstan untuk mengembangkan bahan yang menguntungkan untuk mengurangi limbah dari cangkang kelapa sawit. Oleh karena itu banyak pendekatan modifikasi secara fisika maupun kimia yang dieksploitasi untuk dispersi homogen dalam pelarut umum untuk meningkatkan kelarutannya (Pandurangappa and Raghu 2011), disini mengusulkan bahan yang berbasis karbon baru yang disiapkan dan dapat dimodifikasi secara fisika atau termal dengan cara oksidasi dari berbagai sumber karbon alami (Khannanov *et al.*, 2017), salah satu modifikasi secara kimia yang dapat diterapkan yaitu modifikasi kimia dari karbon binchotan (karbon putih).

Binchotan (karbon putih) merupakan hasil sintesis dari pirolisis kayu keras, seperti pohon oak dengan temperatur awal 200-900 °C. Karbon dengan kualitas terbaik proses pembakarannya dilakukan selama 14 hari pada suhu yang tinggi dan ketika proses pendinginannya tidak menggunakan air, namun menggunakan bara (arang) yang telah dikeluarkan dari tungku kemudian ditutup dengan menggunakan abu dari kulit kayu dan pasir halus sehingga menyebabkan permukaan arang tersebut berwarna putih. Karakteristik binchotan memiliki kandungan karbon yang tinggi (> 95% berat) dengan ~ 82% karbon dalam bentuk cincin aromatik dengan alifatik dengan stuktur bermikro (Chia *et al.*, 2014).

Binchotan juga dikenal sebagai shiro-zumi, dimana shiro-zumi ini merupakan salah satu bahan tradisional yang banyak diproduksi masyarakat Jepang dalam berbagai macam aplikasi seperti sebagai persiapan bahan makanan, sebagai bahan bakar *barbeque* bebas asap dan merupakan salah satu karbon konduktif dari binchotan yang juga dapat diaplikasikan sebagai bahan utama untuk menyerap gelombang mikro karena binchotan dari gelombang mikro ini memiliki sifat konduktivitas yang sangat besar.

Karbon termodifikasi kimia hasil dari binchotan ini selain dapat digunakan sebagai bahan bakar, namun bisa juga digunakan sebagai pemurni air dan shampoo.

Sedangkan untuk beberapa aplikasi lainnya dapat digunakan di stasiun radio frekuensi (RF) perisai, sebagai penyerap gelombang elektromagnetik dan sebagai pewangi kamar mandi yang menunjukkan bahwa binchotan memiliki berbagai sifat baru. Binchotan (karbon putih) pada penelitian ini disebut dengan karbon termodifikasi kimia.

Chia *et al.*, (2014) memeriksa partikel binchotan (karbon putih) dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan menunjukkan bahwa binchotan (karbon putih) yang terbuat dari kulit kayu oak memiliki kerapatan pori-pori yang tinggi biasanya berdiameter 10  $\mu\text{m}$  dan diselingi dengan pori-pori besar yang berukuran diameter 50  $\mu\text{m}$ . Luas permukaan binchotan (karbon putih) adalah 270  $\text{m}^2/\text{g}$ .

Beberapa hasil penelitian mengarahkan alat penyerap gelombang mikro digunakan untuk mengurangi kebisingan dari telepon seluler (Neo dan Vijay 2004). Menurut Jiun *et al.*, (2012) menyatakan bahwa menyerap gelombang mikro dapat digunakan dalam berbagai aplikasi di kehidupan sehari-hari maupun industri. Menyerap gelombang mikro diaplikasikan sebagai radar, GPS, pemanas oven, komunikasi televisi, radio *wireless*, dan komunikasi satelit. Sedangkan dalam pengaplikasian di dalam laboratorium penyerap gelombang mikro digunakan untuk meningkatkan temperatur puncak tanur gelombang mikro sehingga oven dapat ditingkatkan fungsinya dalam melakukan pemanasan seperti karbonisasi, kalsinasi, *annealing*, pirolisis, dan *sintering* (Syarif dan Marini 2014).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Hendra, 2006) kondisi optimum untuk membuat karbon termodifikasi kimia dengan kualitas terbaik dari bahan baku cangkang kelapa sawit yaitu pada suhu 850°C, di lihat dari karakterisasi cangkang kelapa sawit, jumlah karbon yang dimiliki oleh cangkang kelapa sawit sangat besar dan bisa digunakan sebagai karbon. Hal serupa yang telah dilakukan oleh Faradina dan Setiawati (2010) karbon termodifikasi kimia dilakukan dengan menggunakan senyawa kimia.

Ramadhan (2016) melaporkan bahwa CKS dapat memenuhi persyaratan untuk menghasilkan karbon yang memiliki sifat konduktivitas listrik karena memiliki susunan pori-pori dengan kerapatan tinggi. Cangkang sawit termasuk bahan berlignoselulosa berkadar karbon tinggi dan memiliki massa jenis lebih daripada

kayu bengkirai yaitu sebesar 1,4 g/mL. Semakin besar massa jenis bahan baku maka daya serap karbon aktif yang dihasilkan akan semakin besar sehingga baik untuk dijadikan karbon aktif. Sedangkan massa jenis kayu bengkirai sebesar 0,62-0,92 g/mL dan memiliki luas permukaan berkisar antara 300-3500 m<sup>2</sup>/gram. Hal ini menunjukkan bahwa kayu tersebut memiliki potensi untuk diolah menjadi karbon aktif (Alif, dkk, 2018). Beberapa kelebihan yang dapat diperoleh dari penggunaan CKS diantaranya sangat mudah diperoleh di wilayah pabrik karena ketersediaannya yang cukup besar, akan tetapi cara ini sangat baik namun kelemahannya adalah tumpukan cangkang kelapa sawit menjadi tempat berkembangnya hama sawit seperti kumbang sawit, penggunaannya dapat mengurangi limbah produksi pabrik kelapa sawit, harga jauh lebih ekonomis dibandingkan dengan batubara. Nilai kalor dari CKS memenuhi persyaratan untuk mencukupi kebutuhan panas yang diperlukan dan sisa dari pembakaran CKS dapat dimanfaatkan kembali sebagai pupuk untuk tanaman kelapa sawit ataupun tanaman lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari potensi CKS sebagai material penyerap gelombang mikro, sehingga dapat mengurangi dampak lingkungan dan memberi nilai ekonomis yang lebih dari CKS.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Indonesia merupakan negara yang paling luas area perkebunan kelapa sawitnya dan juga merupakan penghasil terbesar produk kelapa sawit. Semakin meluasnya area perkebunan kelapa sawit dan meningkatnya kegiatan industri pengolahan minyak sawit maka potensi limbah padat kelapa sawit juga akan semakin besar. Selama ini limbah padat cangkang kelapa sawit hanya ditimbun atau digunakan sebagai penyubur tanaman sawit muda dengan cara menyebarkan disekitar pohon sawit muda tersebut. Namun apabila dikelola limbah padat cangkang kelapa sawit ini juga dapat dijadikan sebagai binchotan (karbon putih).

Penggunaan karbon termodifikasi kimia dari cangkang kelapa sawit sebelumnya menunjukkan nilai konduktivitas listrik sebesar 0,1-1,0 Scm<sup>-1</sup> (Syarif *et al.*, 2013). Dengan nilai konduktivitas listrik tersebut, maka karbon termodifikasi kima dari cangkang kelapa sawit berpotensi sebagai bahan untuk menyerap gelombang mikro. Penelitian tentang pemanfaatan cangkang kelapa sawit (CKS)

sebagai aplikasi karbon termodifikasi untuk menyerap gelombang mikro saat ini belum pernah dilakukan sebelumnya.

Menurut Ramadhan (2016) menyatakan bahwa cangkang kelapa sawit (CKS) dapat memenuhi persyaratan untuk menghasilkan karbon karena cangkang kelapa sawit memiliki kristalin grafit dengan kerapatan tinggi dan memiliki sifat konduktivitas listrik.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan utama dari penelitian ini adalah:

1. Mempelajari sifat morfologi dan gugus fungsi dari CKS dengan menggunakan instrumen SEM, FTIR dan XRD
2. Menghasilkan karbon termodifikasi kimia dari CKS yang konduktivitasnya di atas  $0,001 \text{ Scm}^{-1}$ .
3. Menentukan kinerja material penyerap gelombang mikro dari karbon CKS termodifikasi kimia yang meliputi nilai konduktivitas dan impedansi.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan teknologi dengan cara memanfaatkan cangkang kelapa sawit untuk dijadikan sebagai material teknologi yang terbarukan. Selain itu hasil dari pemanfaatan cangkang kelapa sawit juga dapat dipasarkan sehingga mampu memberikan nilai ekonomis yang lebih dari cangkang kelapa sawit dan penggunaan cangkang kelapa sawit juga merupakan salah satu cara untuk mengurangi limbah dari kelapa sawit terhadap lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Anggraeni, N. D. 2008. Analisa SEM (*Scanning Electron Microscopy*) Dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetite Menjadi Hematite. *Seminar Nasional - VII Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri*. 2(1): 50–56.
- Ariyanto, T., Imam, P., dan Rochmadi. 2012. Pengaruh Struktur Pori Terhadap Kapasitansi Elektroda Superkapasitor Yang Dibuat Dari Karbon Nanopori. *Reaktor*. 14(1): 25–32.
- Astuti, A. 2005. Aktivitas Proses Dekomposisi Berbagai Bahan Organik Dengan Aktivator Alami Dan Buatan. *Prodi Agronomi, Fak. Pertanian*. 2(1): 1–13.
- Awitdrus, D. M., Talib, I. A., Omar, R., Jumaili, M. H., Taer, E., dan Saman, M. M. 2010. Microcrystallite Dimension and Total Active Surface Area of Carbon Electrode from Mixtures of Pre-Carbonized Oil Palm Empty Fruit Bunches and Green Petroleum Cokes. *Sains Malaysiana*. 39(1): 83-86.
- 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.
- Bachmid, A., Vecky, C. P., dan Janny, O. W. 2017. Osiloskop Portable Digital Berbasis AVR AT mega644. *E-journal Teknik Elektro dan Komputer*. 6(1): 15–26.
- Callister, W. D., dan G. R David. 2007. *Materials Science and Engineering Materials Science And Engineering*. New York: An Introduction. 7th ed.
- Cheremisinoff, N. P. 1993. *Carbon Adsorption of pollutant Control*. Canada: John Wiley & Sons.
- Chia, C. H., Joseph, S. D., Rawal, A., Linser, R., Hook, J. M., dan Monroe, P. 2014. Microstructural Characterization Cf White Charcoal. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 109(1): 215–221.
- Das, S., Mukhopadhyay, A. K., Datta, S., dan Basu, D. 2009. Prospects of Microwave Processing: An Overview. *Bulletin of Materials Science*. 32(1): 1–13.
- Destyorini, F., Andi, S., Achmad, S., dan Nanik, I. 2010. Pengaruh Suhu Karbonisasi Terhadap Struktur dan Konduktivitas Listrik Arang Serabut Kelapa. *Jurnal Fisika*. 10(2): 122-132.

- Faradina, E., dan Setiawati, N. 2010. Regenerasi Minyak Jelantah Dengan Proses *Bleaching* Menggunakan Adsorben Arang Aktif. *Laporan Penelitian*. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat.
- Harsanti, D. 2010. Sintesis Dan Karakterisasi Boron Karbida Dari Asam Borat, Asam Sitrat Dan Karbon Aktif. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*. 11(1): 29–40.
- Hartati, I. 2010. Isolasi Alkaloid Dari Tepung Gadung (*Dioscorea Hispida Dennst*) Dengan Teknik Ekstraksi Berbantu Gelombang Mikro. *Tesis*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Hendra, D. 2006. Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa Sawit Dan Serbuk Kayu Gergajian Campuran (The Manufacture of Activated Charcoal from Oil Palm Shells and Mixture of Wood Sawdust). *Penelitian Hasil Hutan*. 24(2): 1–22.
- Hermansyah, A., Olly, N.T., Admin, A. S., dan Yola, A. P. 2017. Performance karbon aktif dari limbah cangkang kelapa sawit sebagai bahan elektroda superkapasitor. *Jurnal Zarah*. 5(2) : 1-6.
- Hirsch, A. 2010. The Era of Carbon Allotropes. *Nature Materials*. 9(1) :868-871.
- Hugh, O. P. (1993). *Handbook of Carbon, Graphite, Diamond and Fullerenes*. Amerika: Noyes Publication.
- Jankowska, H., Swiatskowsk, A., and Comma, J. (1991). *Activated Carbons*. London: Horwood.
- Jiun, Y. L., Sahrim, H. A., Kong, I., dan Mouad, A. T. 2012. Microwave Absorbing Properties of Nickel-Zinc Ferrite/Multiwalled Nanotube Thermoplastic Natural Rubber Composites. *Advanced Materials Research*. 50(1): 24–28.
- Karthik, P. S., Himaja, A. L., dan Surya, P. S. 2014. Carbon-Allotropes : Synthesis Methods , Applications and Future Perspectives. *Review Articles Carbon Letters*. 15(4): 219–37.
- Khannanov, A., Nekljudov, V. V., Gareb, B., Kiiamov, A., Tour, J. M., dan Dimiev, A. M., 2017. Oxidatively Modified Carbon as Efficient Material for Removing Radionuclides from Water. *Carbon*. 115(1): 394–401.
- Kim, H. J., Jonathan, R., dan Yeonjon, P. 2012. *Nasa System to Measure Thermal Conductivity and Seebeck Coefficient for Thermoelectrics Hall*. ed. NASA Center for AeroSpace Information : Virginia.
- Kurniati, E. 2008. Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Arang Aktif. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*. 8(2): 96–103.

- Kurniawan, O., dan Marsono. 2008. *Superkarbon, Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Tanah dan Gas*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Lee, B. K., dan Je Cho, Y. 2004. *The Principal of Microwave and Microwave Heating*. In Departement of Electrical and Electronik Engineering, Yonsei University, 1–5.
- Mandal, V., Yogesh, M and S Hemalatha. 2007. Microwave Assisted Extraction - An Innovative and Promising Extraction Tool for Medicinal Plant Research. *Pharmacognosy Review*. 1(1): 7–18.
- Maryani, I. 2014. Pemanfaatan Rumput Gajah (*Pennisetum Purpureum Schumach*) Sebagai Elektroda Karbon Berpori. *Skripsi*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Miao, H.-Y., Chen, G. R., Chen, D, Y., Lue, J. T., dan Yu, M. S. 2010. Hydrogen Storage: A Comparison Of Hydrogen Uptake Values In Carbon Nanotubes And Modified Charcoals. *The European Physical Journal Applied Physics*. 52(2): 1-6.
- Mihardi, I. (2008). Karakterisasi optik dan listrik polianilin yang di-depod HCl. *Skripsi*. Bogor: Jurusan Fisika FMIPA IPB.
- Miura, I. 1931. Manufacture of Charcoal in Japan. *Industrial and Engineering Chemistry*. 23(6) : 631–34.
- Mochida, I., Seong-ho, Y, dan Wenming, Q. 2006. Catalysts in Syntheses of Carbon and Carbon Precursors. *J. Braz. Chem. Soc.* 17(6) : 1059–73.
- Nasution, Z. A., dan Siti, M. R. 2011. Pengaruh Temperatur Terhadap Pembentukan Pori Arang Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Adsorbansi. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 22(1) : 41-47.
- Nasrullah, M., dan Darminto. (2013). Analisa Fasa dan Lebar Celah Pita Energi Karbon Pada Hasil Pemanasan Tempurung Kelapa. *Jurnal Seni dan POM ITS*. 2(1) : 1-5.
- Neo, C. P., dan Vijay, K. V 2004. Optimization of Carbon Fiber Composite for Microwave Absorber. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*. 46(1) : 102–6.
- Nur, A. 2007. Pertumbuhan Karbon Nanotube Metode Chemical Vapor Deposition Sebagai Fungsi Waktu. *Ekulibrium*. 6(2): 75–80.
- Pandurangappa, M, G. K Raghu. 2011. *Chemically Modified Carbon Nanotubes: Derivatization and Their Applications*. India: Bangalore University.
- Priyotomo, G. 2007. Perubahan Struktur Kristal Material Berbasis Karbon terhadap Sifat Konduktifitas. *Jurnal Metalurgi*. 22(1): 1-5.

- Pollak, E., Genish, I., Salitra, G., Soffer, A. and Aurbach, D. 2006. The Dependence of the Electronic Conductivity of Carbon Molecular Sieve Electrodes on Their Charging States. *J. Phys. Chem.* 110(1): 740-744.
- Purnomo S.E. 2010. Pembuatan Arang Aktif Dari Kulit Biji Kopi dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Zat Warna Methylene Blue (Kation dan Naphthol Yellow (Anion)). *Skripsi*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.
- Purwanto, D. 2011. Arang Dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 29(1) : 57–66.
- Prananta, J. 2005. Pemanfaatan Sabut dan Tempurung Kelapa serta Cangkang Sawit Untuk Pembuatan Asap Cair Sebagai Pengawet Makanan Alami. *Karya Ilmiah*. Aceh: Universitas Malikussaleh Lhokseumawe.
- Qadariyah, L, Mahfud., Novita, D., dan Cempaka, D. S. 2009. Konversi Gliserol Dengan Gelombang Mikro Secara Batch Degradasi Gliserol, Gelombang mikro. *Jurnal Teknik Kimia*. 4(1): 281–86.
- Qureshi, K., Inamullah, B., Rafique, K., dan Abdul, K. A. 2008. Physical and Chemical Analysis of Activated Carbon Prepared from Sugarcane Bagasse and Use for Sugar Decolorisation. *International Journal of Chemical and Biomolecular Engineering*. 1(3): 145–49.
- Rahmawati, E. 2006. Adsorpsi Senyawa Residu Klorin Pada Karbon Aktif Termodifikasi Zink Klorida. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Ramadhan. 2016. Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit Untuk Penyerap Gelombang Mikro. *Skripsi*. Padang: Universitas Andalas.
- Ria Sari, P. A. 2017. Pengembangan Elektroda Berpori Dari Karbon Kulit Durian Untuk Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia. *Skripsi*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Safri, S. 2018. Preparasi dan Karakterisasi Grafena Oksida Tereduksi Dari Grafit Serbuk Dengan Pembanding Karbon Aktif Serbuk Menggunakan Metode Hummer. *Skripsi*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Samsiah, R. 2009. Karakterisasi Biokomposit Apatik-Kitosan Dengan XRD (*X-Ray Diffraction*), FTIR (*Fourier Transform Infrared*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan Uji Mekanik. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sandi, A. P., dan Astuti. 2014. Pengaruh Aktivasi Menggunakan  $H_3PO_4$  Terhadap Struktur dan Ukuran Pori Karbon Berbasis Arang Tempurung Kemiri (*Aleurites Moluccana*). *Jurnal Fisika Unand*. 3(2): 115-120.
- Saputro, S, dan Dina. F. 2016. Aplikasi Karbon Aktif Dari Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandis L . f .*) Sebagai Adsorben Ion Logam Pb (II) Dan

- Analisisnya Menggunakan Solid-Phase Spectrophotometry (SPS). *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia (JKPK)*. 1(2): 23–32.
- Sembiring, M. T., dan Tuti, S. S. 2003. Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). *Karya Ilmiah*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Sharma, S., Rajeshwari, S., dan Radhakrishna, A. 2014. Analysis and Quantification of melamine in Cow milk collected from different Milk Diaries using cation-exchange based liquid chromatography and tandem mass spectrometry. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 5(8): 816-821.
- Soendoro, Y. R. 2003. Osiloskop Penyimpan Digital Menggunakan Komputer. Tugas Akhir teknik Elektro Fakultas Teknologi Industr. *Skripsi*. Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata.
- Solechah, L. 2015. Kajian Spektroskopi Impedansi Listrik Pada Udang Galah (*Macrobracium Rosenbergii*) Berformalin. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Subagio. A., Pardoyo, Ngurah, A.K., Gunawan, V.K., Rowi dan Sony. 2008. Optimasi Sintesis Carbon Nanotubes Yang Difabrikasi Dengan Menggunakan Metode Spray Pyrolysis. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 1(2): 215-220
- Suseno, J. E., dan Sofjan, K. F. 2008. Rancang Bangun Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) Untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi. *Berkala Fisika*. 11(1) : 23–28.
- Srivastava, D, dan Chenyu Wei. 2003. Nanomechanics of Carbon Nanotubes and Composites. *Computational Nanotechnology*. 56(2):15–30.
- Syarif, N. 2012. Pengembangan Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia dari Karbon Aktif Kayu Gelam. *Disertasi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Syarif, N., I, Tribidasari. A., dan Widayanti. 2013. Binder-Less Activated Carbon Electrode from Gelam Wood for Use in Supercapacitors. *J. Electrochem*. 3(2): 37–45.
- Syarif, N., dan Marini, C. P. 2014. Hydrothermal Assisted Microwave Pyrolysis of Water Hyacinth for Electrochemical Capacitors Electrodes. *International Transaction Journal of Engineering, Management & Applied*. 5(2): 95–101.
- Taer, E., Oktaviani, T., Taslim, R., dan Farma, R. 2015. Karakterisasi Sifat Fisika Karbon Aktif Tempurung Kelapa Dengan Variasi Konsentrasi Aktivator Sebagai Kontrol Kelembaban. *Jurnal Seminar Nasional Fisika*. 4(1): 97-100.

- Taylor, M. S., Bhuwan. A., dan Minhas. I. 2005. *Developments in Microwave Chemistry*. In *Evalueserve: Developments in Microwave Chemistry*.
- Wachid, F. M., dan Darminto. 2012. Analisis Fasa Karbon Pada Proses Pemanasan Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknik Pomits*. 1(1): 1–4.
- Widiarsi, S. W. 2008. Pengaruh Bahan Baku Terhadap Senyawa Fenol Pembuatan Asap Cair (*Liquid Smoke*) dari Limbah Kelapa Sawit Di Kabupaten Pasir, Kalimantan Timur. *Tesis*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Yudiana, D. 2000. Pengaruh Pemanasan Gelombang Mikro Terhadap Ketahanan Kayu Kemiri (*Aleurites moluccana Willd*) dari Serangan Jamur Pelapuk Kayu (*Schizophyllum commune FR*). *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Yuningsih, L. M., Dikdik, M., Kurnia, A. J. 2016. Pengaruh Aktivasi Karbon Aktif Dari Tongkol Jagung dan Tempurung Terhadap Nilai Konduktivitas. *Jurnal Santika*. 6(2): 531-536.
- Zhang, X, dan David, O. H. 2006. Applications of Microwave Dielectric Heating In Environment-Related Heterogeneous Gas-Phase Catalytic Systems. *Inorganica Chimica Acta*. 359 (11) : 3421–33.