

**STUDI MORFOLOGI, SIFAT OPTIK DAN LISTRIK  
KOMPOSIT  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/KARBON AKTIF DARI BIOMASA  
CANGKANG BIJI KARET**

**SKRIPSI**



**OLEH :**

**NAMA : DWI TYAS STIAWAN  
NIM : HAA 118 004**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA  
PALANGKA RAYA  
TAHUN 2022**

**STUDI MORFOLOGI, SIFAT OPTIK DAN LISTRIK  
KOMPOSIT  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/KARBON AKTIF DARI BIOMASA  
CANGKANG BIJI KARET**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**OLEH :**

**NAMA : DWI TYAS STIAWAN  
NIM : HAA 118 004**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA  
PALANGKA RAYA  
TAHUN 2022**


## PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “*STUDI MORFOLOGI, SIFAT OPTIK DAN LISTRIK KOMPOSIT  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/KARBON AKTIF DARI BIOMASA CANGKANG BIJI KARET*” adalah karya saya sendiri yang dibuat dengan arahan dari dosen pembimbing. Semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk dalam skripsi ini telah saya nyatakan dengan benar. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Universitas Palangka Raya.

Palangka Raya, 1 Oktober 2022

Nama : Dwi Tyas Stiawan

NIM : HAA 118 004

Tanda Tangan : 

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul : *STUDI MORFOLOGI, SIFAT OPTIK DAN LISTRIK  
KOMPOSIT  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/KARBON AKTIF DARI BIOMASA  
CANGKANG BIJI KARET*

Nama : Dwi Tyas Stiawan

NIM : HAA 118 004

Palangka Raya, 30 November 2022

Disetujui Oleh:

Pembimbing I : Neny Kurniawati, S.Si, M.Si

Pembimbing II : Made Dirgantara, S.Si, M.Si

Penguji I : Luqman Hakim, S.Si, M.Si

Penguji II : Jhon Wesly Manik, S.Si, M.Si

Diketahui Oleh :

Dekan FMIPA



Ketua Program Studi

Neny Kurniawati, S.Si, M.Si  
NIP. 19911220 201903 1 016

Nama : Dwi Tyas Stiawan  
Program Studi : Fisika  
Pembimbing 1 : Neny Kurniawati, S.Si, M.Si  
Pembimbing 2 : Made Dirgantara, S.Si, M.Si  
Judul Skripsi : STUDI MORFOLOGI, SIFAT OPTIK DAN LISTRIK  
KOMPOSIT  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/KARBON AKTIF DARI BIOMASA  
CANGKANG BIJI KARET

### ABSTRAK

Penulisan ini berfokus pada studi morfologi, sifat optik dan listrik komposit  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon aktif dari biomasa cangkang biji karet. Serbuk karbon cangkang biji karet diaktivasi secara kimia dan fisika. Aktivasi kimia menggunakan aktivator KOH dan aktivasi fisika yaitu dikalsinasi dengan furnace pada temperatur 700°C selama 1 jam. Sedangkan untuk sintesis komposit  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon aktif yaitu menggunakan 1:1 massa dari sample. Kemudian, komposit  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon aktif dipanaskan pada temperatur 75 °C selama 24 jam. Bahan yang sudah disiapkan dikarakterisasi dengan menggunakan XRD, FTIR, SEM, UV-Vis, dan LCR Meter. FTIR mengkonfirmasi adanya ikatan Fe–O, ikatan C–N, C–H, ikatan C–C, ikatan C–O, ikatan O=C=O, dan ikatan O–H dalam sampel karbon aktif, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon aktif. Morfologi permukaan film pada sampel menunjukkan relatif halus dan homogen, serta mengkonfirmasi interaksi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan karbon aktif. Selanjutnya, hasil UV-Vis menunjukkan nilai absorbansi yang tinggi dengan celah pita optik sebesar ~3,21 eV untuk karbon aktif dan ~3,97 eV untuk Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon aktif. Itu penggabungan film tipis dari material komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon aktif ini dengan metode berbasis optik. Sampel karbon aktif memiliki nilai konduktivitas listrik yang lebih tinggi dibanding dengan sampel Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Sedangkan pada sampel komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon aktif memiliki nilai konduktivitas lebih tinggi yaitu sebesar  $3,88 \times 10^{-2}$  pada frekuensi 50 Hz dan pada frekuensi 5.000 kHz sebesar  $0,34 \times 10^{-2}$ . Ini membuktikan bahwa komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon aktif memiliki sifat yang lebih baik.

Kata kunci: Karbon aktif, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon, XRD, FTIR, SEM, UV-Vis dan LCR Meter

Name : Dwi Tyas Stiawan  
Program Study : Physics  
Supervisor 1 : Neny Kurniawati, S.Si, M.Si  
Supervisor 2 : Made Dirgantara, S.Si, M.Si  
Title of Thesis : STUDY OF MORPHOLOGY, OPTICAL AND ELECTRICAL  
PROPERTIES OF  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ACTIVATED CARBON  
COMPOSITES FROM RUBBER SEED SHELL BIOMAS

## ABSTRACT

This paper focuses on the study of morphology, optical and electrical properties of  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/activated carbon composites from rubber seed shell biomass. Rubber seed shell carbon powder is activated chemically and physically. Chemical activation uses KOH activator and physical activation is calcined in a furnace at 700°C for 1 hour. As for the synthesis of  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/activated carbon composites, it uses 1:1 mass of the sample. Then, the  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/activated carbon composite was heated at 75 °C for 24 hours. The prepared materials were characterized using XRD, FTIR, SEM, UV-Vis, and LCR Meter. FTIR confirmed the presence of Fe–O bonds, C–N bonds, C–H, C–C bonds, C–O bonds, O=C=O bonds, and O–H bonds in activated carbon samples, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/activated carbon. The surface morphology of the film on the sample shows that it is relatively smooth and homogeneous, along confirms the interaction of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> with activated carbon. Furthermore, the UV-Vis results showed high absorbance values with an optical band gap of ~3.21 eV for activated carbon and ~3.81 eV for  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/activated carbon. It is the incorporation of thin films of this  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/activated carbon composite material by an optical-based method. The activated carbon sample has a higher electrical conductivity value than the  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sample. Meanwhile, the  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/activated carbon composite sample has a higher conductivity value of  $3.88 \times 10^{-2}$  at a frequency of 50 Hz and at a frequency of 5,000 kHz at  $0.34 \times 10^{-2}$ . This proves that the  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/activated carbon composite has better properties.

Keywords: Activated carbon, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/carbon, XRD, FTIR, SEM, UV-Vis and LCR Meter

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Proposal Skripsi ini. Penulisan Proposal Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika Universitas Palangka Raya. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan laporan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Ibu Dr. Siti Sunariyati, M.Si selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya;
- (2) Ibu Neny Kurniawati, S.Si, M.Si selaku ketua Program Studi Fisika sekaligus Dosen Penguji I yang telah menyediakan waktunya dan memberi dukungan demi kelancaran proses penyusunan skripsi ini;
- (3) Bapak Made Dirgantara, S.Si, M.Si selaku Dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktunya untuk mengarahkan penulis dalam menyusun serta memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini;
- (4) Bapak Budi Hariyanto, M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan Skripsi ini. Serta membantu penulis dalam hal pendanaan serta memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini;
- (5) Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
- (6) Sahabat yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Proposal Skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Palangka Raya, 1 Mei 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	2
1.5 Batasan Masalah/Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Karbon Aktif .....	4
2.2 Hematit ( $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).....	6
2.3 Komposit $\text{Fe}_2\text{O}_3$ /Karbon Aktif.....	7
2.4 XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ).....	7
2.5 FTIR ( <i>Fourier-Transform Infrared</i> ) .....	9
2.6 SEM ( <i>Scanning Electron Microscopy</i> ) .....	10
2.7 Spektrofotometer UV-Vis ( <i>Ultra Violet-Visible</i> ).....	11
2.8 Morfologi Komposit $\text{Fe}_2\text{O}_3$ /Karbon Aktif .....	11
2.9 Sifat Optik.....	12
2.10 Sifat Listrik .....	13
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>15</b>
3.1 Tempat dan Waktu.....	15
3.2 Jadwal Kegiatan .....	15
3.3 Alat dan Bahan.....	16
3.3.1 Alat.....	16
3.3.2 Bahan .....	16
3.4 Preparasi Bahan .....	16



3.4.1	Arang dari Cangkang Biji Karet .....	16
3.4.2	Preparasi FeCl <sub>3</sub> 0,1 M .....	16
3.5	Preparasi Sampel.....	17
3.5.1	Sintesis karbon aktif .....	17
3.5.2	Sintesis Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	17
3.5.3	Komposit Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Karbon Aktif.....	17
3.6	Karakterisasi Material.....	18
3.6.1	XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	18
3.6.2	FTIR ( <i>Fourier transform Infrared Spectroscopy</i> ).....	18
3.6.3	SEM ( <i>Scanning Electron Microscopy</i> ) .....	19
3.6.4	Spektrofotometer UV-Vis ( <i>Ultra Violet-Visible</i> ).....	19
3.6.5	LCR Meter .....	19
3.7	Diagram Alir .....	20
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>24</b>
4.1	Analisis XRD .....	24
4.2	Analisis FTIR.....	27
4.3	Analisis SEM Komposit Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Karbon Aktif .....	29
4.4	Analisis UV-Vis.....	30
4.5	Analisis LCR Meter .....	31
<b>BAB V</b>	<b>SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>33</b>
5.1	Simpulan .....	33
5.2	Saran .....	34
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>35</b>
	<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>44</b>
	<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>54</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur material karbon aktif. ....	4
Gambar 2.2 Kurva TGA/DTG Karbon Aktif Dari Cangkang Biji Karet.....	6
Gambar 2.3 Struktur Hematit ( $\alpha$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ). ....	7
Gambar 2.4 Skema Difraksi Sinar-X Berdasarkan Hukum Bragg .....	8
Gambar 2.5 Skema alat spektroskopi FTIR .....	9
Gambar 2.6 Skema kerja dari SEM ( <i>Scanning Electron Microscopy</i> ) .....	10
Gambar 2.8 Skematik Kerja Spektrofotometer .....	11
Gambar 2.7 Gambar SEM.....	12
Gambar 3.9 Diagram Alir Preparasi Arang Dari Cangkang Biji Karet. ....	20
Gambar 3.10 Diagram Alir Sintesis Karbon Aktif Dari Cangkang Biji Karet. ....	21
Gambar 3.11 Diagram alir sintesis $\alpha$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . ....	22
Gambar 3.12 Diagram alir sintesis $\alpha$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /karbon aktif .....	23
Gambar 4.13 Pola XRD .....	25
Gambar 4.14 Pola XRD hasil rietveld refinement. ....	26
Gambar 4.15 Analisis gugus fungsional spektra FTIR .....	27
Gambar 4.16 Morfologi SEM-EDX perbesaran 5.000 kali. ....	29
Gambar 4.17 Plot <i>tauc</i> .....	31
Gambar 4.18 Konduktivitas listrik. ....	32

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Jadwal penelitian.....	15
Tabel 4.1 Hasil analisis parameter struktural XRD .....	26
Tabel 4.2 Nilai konduktivitas listrik.....	32

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan.....	44
Lampiran 2 Pola XRD.....	45
Lampiran 3 Pola XRD Hasil Rietveld Refinement .....	46
Lampiran 4 Gambar Hasil Uji Ftir Dari Sampel.....	47
Lampiran 5 Data Hasil Uji LCR Meter.....	49
Lampiran 6 Dokumentasi Penelitian.....	50

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Serbuk karbon cangkang biji karet diaktivasi secara kimia dan fisika. Aktivasi kimia menggunakan aktivator KOH dan aktivasi fisika yaitu dikalsinasi menggunakan *furnace* pada temperatur 700°C selama 1 jam.
2. Sintesis komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon aktif yaitu menggunakan perbandingan 1:1 massa dari sample. Kemudian dilakukan proses pengadukan campuran tersebut selama 1 jam pada temperatur 90 °C. setelah itu, komposit  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon aktif dipanaskan pada temperatur 75 °C selama 24 jam.
3. Hasil dikarakterisasi menggunakan XRD, FTIR, SEM, UV-Vis dan LCR Meter. FTIR mengkonfirmasi adanya ikatan Fe–O, ikatan C–N, C–H, ikatan C–C, ikatan C–O, ikatan O=C=O dan ikatan O–H dalam sampel karbon aktif, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon aktif. Morfologi permukaan sampel menunjukkan relatif halus dan homogen, serta mengkonfirmasi interaksi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan karbon aktif. Hal ini karena komposit memiliki permukaan pori yang seragam dan adanya butiran-butiran pada permukaan yang menandakan adanya Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Selanjutnya, hasil UV-Vis menunjukkan nilai absorbansi yang tinggi dengan energi celah pita optik sebesar ~3,21 eV untuk karbon aktif dan ~3,97 eV untuk Komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon aktif. Sampel karbon aktif memiliki nilai konduktivitas listrik yang lebih tinggi dibanding dengan sampel Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Sedangkan pada sampel komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon aktif memiliki nilai konduktivitas lebih tinggi yaitu sebesar  $3,88 \times 10^{-2}$  pada frekuensi 50 Hz dan pada frekuensi 5.000 kHz sebesar  $0,34 \times 10^{-2}$ . Ini membuktikan bahwa komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon aktif memiliki sifat yang lebih baik bisa digunakan sebagai bahan katalis, elektroda, absoben, dll.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, adapun saran untuk penelitian selanjutnya yaitu pembuatan sampel bisa menggunakan alat dan ruangan yang memadai seperti dalam memanaskan sampel dengan bisa menggunakan MEMMERT Oven Laboratorium karena dalam penelitian ini menggunakan oven biasa yaitu oven kue. Selain itu karbon aktif dengan aktivasi kimia menggunakan KOH harus dicuci menggunakan HCL 5N. Larutan ini berfungsi untuk menghilangkan sisa  $K_2CO_3$  dan zat-zat lain hasil aktivasi agar karbon aktif yang dihasilkan lebih baik. Untuk penelitian selanjutnya perlu juga memperhatikan jenis dan usia dari pohon yang seragam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agus, Agus, Helga Dwi Fahyuan, and Damris M. 2020. "Penentuan Nilai Energy Gap Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub>/C Dengan Menggunakan Metode Touc Plot." *Jurnal Ilmu Fisika dan Pembelajarannya (JIFP)* 3(2):63–67. doi: 10.19109/jifp.v3i2.3914.
- Ahmad, W. R. W., M. H. Mamat, A. S. Zoolfakar, Z. Khusaimi, and M. Rusop. 2016. "A Review on Hematite  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Focusing on Nanostructures, Synthesis Methods and Applications." Pp. 1–6 in *2016 IEEE Student Conference on Research and Development (SCOReD)*. Kuala Lumpur, Malaysia: IEEE.
- Alfarisa, Suhufa, Dwi Ahmad Rifai, and Parmin Lumban Toruan. 2018. "Studi Difraksi Sinar-X Struktur Nano Seng Oksida (ZnO)." *Risalah Fisika* 2(2):53–57. doi: 10.35895/rf.v2i2.114.
- AL-Husseini, A. H., B. T. Sih, and A. M. Al-Araji. 2021. "Green Synthesis of Iron Oxide Nanoparticles (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Using Saffron Extract." *Journal of Physics: Conference Series* 2114(1):012082. doi: 10.1088/1742-6596/2114/1/012082.
- Amelia, Shinta, Witri Rahmadani, Laeli Rizki Amalia, and Zahrul Mufrodi. 2020. "Degradation of Surfactant Waste of Leather Tanning Using Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Activated Carbon Catalyst." *Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik* 35(2):49. doi: 10.20543/mkcp.v35i2.5607.
- Anam, Choirul, and K. Sofjan Firdausi. 2007. "Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji, Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR." 10:7.
- Anon. 2021. "Badan Pusat Statistik." Retrieved June 16, 2022 (<https://www.bps.go.id/indicator/54/131/1/luas-tanaman-perkebunan-menurut-provinsi.html>).
- anonim. 2006. "X-Ray Diffraction Crystallography." *UNIVERSITY OF CALIFORNIA, SANTA BARBARA*.

- Arofah, Siti, M. Naswir, and Yasdi. 2019. "Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet Dengan Aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> Untuk Adsorpsi Logam Besi (III) Dalam Larutan." *Journal of Chemical Information and Modeling* 1(3). doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- Arofah, Siti, M. Naswir, and Yasdi. 2019. "Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet Dengan Aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> Untuk Adsorpsi Logam Besi (III) Dalam Larutan." *Journal Engineering* 1(3).
- Baniamerian, Hamed, Mostafa Teimoori, and Masoud Saberi. 2021. "Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>/Activated Carbon Nanocomposite with Synergistic Effect of Adsorption and Photocatalysis." *Chemical Engineering & Technology* 44(1):130–39. doi: 10.1002/ceat.202000403.
- Bepari, Ruhul A., Palash Bharali, and Birinchi K. Das. 2017. "Controlled Synthesis of  $\alpha$ - and  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanoparticles via Thermolysis of PVA Gels and Studies on  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalyzed Styrene Epoxidation." *Journal of Saudi Chemical Society* 21:S170–78. doi: 10.1016/j.jscs.2013.12.010.
- Borhan, Azry, and Ahmad Frikee Kamil. 2012. "Preparation and Characterization of Activated Carbon from Rubber-Seed Shell by Chemical Activation." *Journal of Applied Sciences* 12(11):1124–29. doi: 10.3923/jas.2012.1124.1129.
- Borhan, Azry, and Suzana Yusuf. 2020. "Activation of Rubber-Seed Shell Waste by Malic Acid as Potential CO<sub>2</sub> Removal: Isotherm and Kinetics Studies." *Materials* 13(21):4970. doi: 10.3390/ma13214970.
- Borhan, Azry, Suzana Yusup, Jun Wei Lim, and Pau Loke Show. 2019. "Characterization and Modelling Studies of Activated Carbon Produced from Rubber-Seed Shell Using KOH for CO<sub>2</sub> Adsorption." *Processes* 7(11):855. doi: 10.3390/pr7110855.
- Chenab, Karim Khanmohammadi, Beheshteh Sohrabi, Amir Jafari, and Seeram Ramakrishna. 2020. "Water Treatment: Functional Nanomaterials and



- Applications from Adsorption to Photodegradation.” *Materials Today Chemistry* 16:100262. doi: 10.1016/j.mtchem.2020.100262.
- Cullity, B. D. 1978. *Elements of X-Ray Diffraction*. 2d ed. Reading, Mass: Addison-Wesley Pub. Co.
- De Caro, Cosimo A., and Haller Claudia. 2015. *UV/VIS Spectrophotometry-Fundamentals and Applications*. METTLER TOLEDO AG.
- Ermanda, Yulia, Surya Lubis, and Muliadi Ramli. 2021a. “Preparation and Characterization Of Activated Carbon/Hematite Composite as Efficient Photocatalyst for Naphthol Blue Black Dye Degradation.” P. 060007 in. Medan, Indonesia.
- Ermanda, Yulia, Surya Lubis, and Muliadi Ramli. 2021b. “Preparation and Characterization of Activated Carbon/Hematite Composite as Efficient Photocatalyst for Naphthol Blue Black Dye Degradation.” P. 060007 in. Medan, Indonesia.
- Ertas, Atila, Christopher T. R. Boyce, and Utku Gulbulak. 2020. “Experimental Measurement of Bulk Thermal Conductivity of Activated Carbon with Adsorbed Natural Gas for ANG Energy Storage Tank Design Application.” *Energies* 13(3):682. doi: 10.3390/en13030682.
- Farahmandjou, Majid, and Farzaneh Soflaee. 2014. “Low Temperature Synthesis of  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nano-Rods Using Simple Chemical Route.” *Journal of Nanostructures* 4. doi: 10.7508/jns.2014.04.002.
- Fiore, Ambra M., Gaspare Varvaro, Elisabetta Agostinelli, Annarosa Mangone, Elvira De Giglio, Roberto Terzano, Ignazio Allegretta, Maria Michela Dell’Anna, Saverio Fiore, and Piero Mastroilli. 2022. “Synthesis and Use in Catalysis of Hematite Nanoparticles Obtained from a Polymer Supported Fe(III) Complex.” *European Journal of Inorganic Chemistry* 2022(7). doi: 10.1002/ejic.202100943.

- Gorbachev, Evgeny, Miroslav Soshnikov, Mingxi Wu, Liudmila Alyabyeva, Dmitrii Myakishev, Ekaterina Kozlyakova, Vasili Lebedev, Evgeny Anokhin, Boris Gorshunov, Oleg Brylev, Pavel Kazin, and Lev Trusov. 2021. "Tuning the Particle Size, Natural Ferromagnetic Resonance Frequency and Magnetic Properties of  $\epsilon$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanoparticles Prepared By A Rapid Sol–Gel Method." *Journal of Materials Chemistry C* 9(19):6173–79. doi: 10.1039/D1TC01242H.
- Hamid, Abd Basith, Nikmatin Sholichah, Vira Rahayu, Ardimas Ardimas, and Ulfa Mahfudli Fadhli. 2021. "Sintesis Komposit Nano PANi/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Konduktif Berbasis Pasir Alam." *Indonesian Physical Review* 4(2):58–66. doi: 10.29303/ipr.v4i2.94.
- Issatayev, Nurbolat, Gulnur Kalimuldina, Arailym Nurpeissova, and Zhumabay Bakenov. 2021. "Biomass-Derived Porous Carbon from Agar as an Anode Material for Lithium-Ion Batteries." *Nanomaterials* 12(1):22. doi: 10.3390/nano12010022.
- Kadirova, Zukhra C., Mirabbos Hojamberdiev, Ken-Ichi Katsumata, Toshihiro Isobe, Nobuhiro Matsushita, Akira Nakajima, and Kiyoshi Okada. 2017. "Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Loaded Activated Carbon Fiber/Polymer Materials and Their Photocatalytic Activity for Methylene Blue Mineralization by Combined Heterogeneous-Homogeneous Photocatalytic Processes." *Applied Surface Science* 402:444–55. doi: 10.1016/j.apsusc.2017.01.131.
- Karade, V. C., S. B. Parit, V. V. Dawkar, R. S. Devan, R. J. Choudhary, V. V. Kedge, N. V. Pawar, J. H. Kim, and A. D. Chougale. 2019. "A Green Approach For The Synthesis Of  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanoparticles From Gardenia Resinifera Plant And It's In Vitro Hyperthermia Application." *Heliyon* 5(7):e02044. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02044.
- Lassoued, Abdelmajid, Mohamed Saber Lassoued, Brahim Dkhil, Salah Ammar, and Abdellatif Gadri. 2018. "Synthesis, Structural, Morphological, Optical and Magnetic Characterization of Iron Oxide ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Nanoparticles by

Precipitation Method: Effect of Varying The Nature of Precursor.” *Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures* 97:328–34. doi: 10.1016/j.physe.2017.12.004.

Lawtae, Panuwat, and Chaiyot Tangsathitkulchai. 2021. “The Use of High Surface Area Mesoporous-Activated Carbon from Longan Seed Biomass for Increasing Capacity and Kinetics of Methylene Blue Adsorption from Aqueous Solution.” *Molecules* 26(21):6521. doi: 10.3390/molecules26216521.

Lestari, Astri. n.d. “Sintesis dan Karakterisasi Komposit Apatit-Kitosan dengan Metode In-Situ dan Ex-Situ.” 49.

Liu, Zhuang, Haiyang Fu, Bo Gao, Yixuan Wang, Kui Li, Yue Sun, Juntai Yin, and Jiawen Kan. 2020. “In-Situ Synthesis Of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/RGO Using Different Hydrothermal Methods as Anode Materials for Lithium-Ion Batteries.” *De Gruyter* 59(1):477–86. doi: 10.1515/rams-2020-0046.

Mahajan, Rashmi, Subramanian Suriyanarayanan, and Ian A. Nicholls. 2021. “Improved Solvothermal Synthesis of  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Magnetic Nanoparticles for SiO<sub>2</sub> Coating.” *Nanomaterials* 11(8):1889. doi: 10.3390/nano11081889.

Mokti, Nawwarah, Azry Borhan, Siti Nur Azella Zaine, and Hayyiratul Fatimah Mohd Zaid. 2021. “Development of Rubber Seed Shell–Activated Carbon Using Impregnated Pyridinium-Based Ionic Liquid for Enhanced CO<sub>2</sub> Adsorption.” *Processes* 9(7):1161. doi: 10.3390/pr9071161.

Mopoung, Sumrit, Russamee Sitthikhankaew, and Nantikan Mingmoon. 2021. “Preparation of Anode Material for Lithium Battery from Activated Carbon.” *International Journal of Renewable Energy Development* 10(1):91–96. doi: 10.14710/ijred.2021.32997.

Mubarok, Fithrul. 2021. “Spektrofotometer Prinsip Dan Cara Kerjanya.”

Muhajir, Muhamad, Poppy Puspitasari, and Jeefferie Abdul Razak. 2019. “Synthesis and Applications of Hematite  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : A Review.” *Journal of*

- Mechanical Engineering Science and Technology* 3(2):51–58. doi: 10.17977/um016v3i22019p051.
- Nandiyanto, Asep Bayu Dani, Rosi Oktiani, and Risti Ragadhita. 2019. “How to Read and Interpret FTIR Spectroscopy of Organic Material.” *Indonesian Journal of Science and Technology* 4(1):97. doi: 10.17509/ijost.v4i1.15806.
- Pratapa, Suminar. 2011. “Analisis Data Difraksi Menggunakan Metode Rietveld.” 28.
- Putro, Permono Adi, and Akhiruddin Maddu. 2019. “Sifat Optik Carbon Dots (C-Dots) Dari Daun Bambu Hasil Sintesis Hijau Berbantuan Gelombang Mikro.” *Wahana Fisika* 4(1).
- Rafi, Mohamad, Widia Citra Anggundari, and Tun Tedja Irawadi. 2016. “Potensi Spektroskopi FT-IR-ATR Dan Kemometrik untuk Membedakan Rambut Babi, Kambing dan Sapi.” 6.
- Saleh, Muh. 2020. “Karakteristik Sifat Optik Dan Sifat Listrik Lapisan Tipis Karbon Amorf Terhidrogenasi (a-C:H) Yang Dipabrikasi Dengan Teknik RF-PECVD.” *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika* 15(3). doi: 10.35580/jspf.v15i3.13503.
- Sarkar, R., C. S. Tiwary, P. Kumbhakar, S. Basu, and A. K. Mitra. 2008. “Yellow-Orange Light Emission from Mn<sup>2+</sup>-Doped ZnS Nanoparticles.” *Elsevier* 40(10):3115–20. doi: 10.1016/j.physe.2008.04.013.
- Sharma, Pratikshya, Peter Heinz Pfromm, Bin Liu, and Viktor Chikan. 2021. “Facile One-Pot Synthesis of  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanoparticles by Inductive.” *Materials Advances* 2(17):5616–21. doi: 10.1039/D1MA00280E.
- Shoba, B., and J. Jeyanthi. 2022. “Performance Analysis of Rubber Seed Shell Activated Carbon Incorporated Polymeric Membrane for the Separation of Oil-in-Water Emulsion.” *Journal of Polymers and the Environment* 30(3):1055–71. doi: 10.1007/s10924-021-02261-9.

- Sidik, Wahid. 2013. "Identifikasi Pemalsuan Susu Kambing Melalui Uji Sifat Listrik."
- Silviah, Siti, Chomsin S. Widodo, and Masruroh. 2014. "Gugus Fungsi Pada Proses Pembaluran Penderita Mioma." *Brawijaya Physics Student Journal* 02(1):28.
- Sulastri, Eko. 2006. "Studi Pengaruh Rasio Laju Alir Gas Argon dan Nitrogen terhadap Sifat Optik Film Tipis Gallium Nitrida yang Ditumbuhkan dengan Metode DC Magnetron Sputtering." 70.
- Sutanto, Heri, and Singgih Wibowo. 2015. *Semikonduktor Fotokatalis Seng Oksida dan Titania (Sintesis, Deposisi dan Aplikasi)*. 1st ed. Smart Materials Research Center (SMARC) Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Diponegoro: Penerbit Telescope.
- Sze, S. M. 2002. *Semiconductor Devices, Physics and Technology*. 2nd ed. New York: Wiley.
- Tadda, M. A., A. Ahsan, A. Shitu, M. ElSergany, T. Arunkumar, Bipin Jose, M. Abdur Razzaque, and N. N. Nik. 2016. "A Review on Activated Carbon: Process, Application and Prospects." 8.
- Tadic, Marin, Djordje Trpkov, Lazar Kopanja, Sandra Vojnovic, and Matjaz Panjan. 2019. "Hydrothermal Synthesis of Hematite ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Nanoparticle Forms: Synthesis Conditions, Structure, Particle Shape Analysis, Cytotoxicity and Magnetic Properties." *Journal of Alloys and Compounds* 792:599–609. doi: 10.1016/j.jallcom.2019.03.414.
- Tahir, Dahlang, Heryanto Heryanto, Sultan Ilyas, Ahmad Nurul Fahri, Roni Rahmat, Mufti Hatur Rahmi, Yana Taryana, and Sulistiyoso Giat Sukaryo. 2021. "Excellent Electromagnetic Wave Absorption of Co/ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Composites by Additional Activated Carbon for Tuning the Optical and the Magnetic Properties." *Journal of Alloys and Compounds* 864:158780. doi: 10.1016/j.jallcom.2021.158780.

- Tahir, Dahlang, Sultan Ilyas, Roni Rahmat, Heryanto Heryanto, Ahmad Nurul Fahri, Mufti Hatur Rahmi, Bualkar Abdullah, Chol Chae Hong, and Hee Jae Kang. 2021. "Enhanced Visible-Light Absorption of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Covered by Activated Carbon for Multifunctional Purposes: Tuning the Structural, Electronic, Optical, and Magnetic Properties." 6.
- Thambiliyagodage, Charitha, Sanduni Nakandala, Binelka Siriwardana, and Buddi Lansakara. 2021. "One Pot Synthesis of  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Turbostratic Carbon Composites and Their Photocatalytic Activity Under Sunlight." *Carbon Trends* 5:100130. doi: 10.1016/j.cartre.2021.100130.
- Upasen, Settakorn. 2018. "Activated Carbon-Doped with Iron Oxide Nanoparticles ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nps) Preparation: Particle Size, Shape, and Impurity." *International Journal of ChemTech Research* 11(10):33–40. doi: 10.20902/IJCTR.2018.111006.
- Vernon-Parry, K. D. 2000. "Scanning Electron Microscopy: An Introduction." *III-Vs Review* 13(4):40–44. doi: 10.1016/S0961-1290(00)80006-X.
- Vinayagam, Ramesh, Shraddha Pai, Gokulakrishnan Murugesan, Thivaharan Varadavenkatesan, Selvaraju Narayanasamy, and Raja Selvaraj. 2022. "Magnetic Activated Charcoal/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanocomposite for the Adsorptive Removal of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D) from Aqueous Solutions: Synthesis, Characterization, Optimization, Kinetic and Isotherm Studies." *Chemosphere* 286:131938. doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.131938.
- Wazir, Arshad Hussain, Izhar Haq, Abdul Manan, and Attaullah Khan. 2020. "Preparation and Characterization of Activated Carbon from Coal by Chemical Activation with KOH." *International Journal of Coal Preparation and Utilization* 00(00):1–12.
- Widodo, R. D., Priyono, Rusiyanto, S. Anis, A. A. Ichwani, B. Setiawan, D. F. Fitriyana, and L. Rochman. 2020. "Synthesis and Characterization of Iron (III) Oxide from Natural Iron Sand of the South Coastal Area, Purworejo

Central Java.” *Journal of Physics: Conference Series* 1444(1):012043. doi: 10.1088/1742-6596/1444/1/012043.

Yan, Koh Zhe, Muhammad Abbas Ahmad Zaini, Agus Arsad, and Noor Shawal Nasri. 2019. “Rubber Seed Shell Based Activated Carbon by Physical Activation for Phenol Removal.” *Chemical Engineering Transactions* 72(August 2018):151–56.

Yasin, Ahmed, Ahmed Mohamed, Donghyun Kim, Sungmin Yoon, Howon Ra, and Kyubock Lee. 2021. “Efficiency Enhancement of Electro-Adsorption Desalination Using Iron Oxide Nanoparticle-Incorporated Activated Carbon Nanocomposite.” *Micromachines* 12(10):1148. doi: 10.3390/mi12101148.

Yuwita, Pelangi Eka, and Roihatur Rohmah. 2022. “Characterization Of Carbon Nanocrystal Structure Based On Corn Cob Charcoal.” *Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya* 15(1):15–21. doi: 10.18860/neu.v15i1.17067.