

**SKRIPSI**

**ADSORBSI-FOTOKATALITIK  $ZnFe_2O_4/OXIDIZED$   
*ACTIVATED CARBON (OAC)* PADA LIMBAH RHODAMINE-B**



**Laporan ini Disusun Untuk Memenuhi Kurikulum Sarjana  
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Palembang**

**Oleh :**

**DESSY DWI CAHYANI (122020020P)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG  
2022**



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

Jl. Jendral A. Yani 13 Ulu Palembang 30623, Telp (0711) 518764 Fax (0711) 519408  
Terakreditasi B dengan SK No. 396/SK/BAN-PT/Akred/S/X/2014

Nama : DESSY DWI CAHYANI

NRP : 122020020P

Judul Tugas : ADSORPSI-FOTOKATALITIK  $ZnFe_2O_4$ / OXIDIZED  
ACTIVATED CARBON (OAC) PADA LIMBAH RHODAMINE-B

Telah Mengikuti Ujian Sidang Sarjana Teknik Kimia Pada Tanggal Tiga Puluh Bulan Agustus Tahun  
Dua Ribu Dua Puluh Dua

Dinyatakan Lulus Dengan Nilai : A

Palembang, 30 Agustus 2022

Ketua Pengudi

Ketua Panitia Ujian Tugas Akhir

Prodi Teknik Kimia

Dian Kharismadewi, S.T., M.T., Ph.D.  
NIDN: 0222048201

Ir. Erna Yuliwati, M.T., Ph.D, IPM  
NBM/NIDN: 1290662/0228076701

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

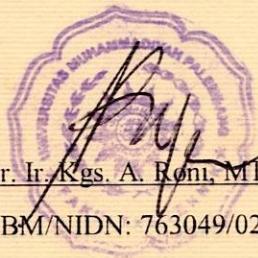
Dian Kharismadewi, S.T., M.T., Ph.D.  
NIDN: 0222048201

Sri Martini, S.T., M.T., Ph.D.  
NIDN: 0001117901

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik UMP

Ketua Prodi Teknik Kimia UMP



Dr. Ir. Rgs. A. Roni, MT., IPM  
NBM/NIDN: 763049/0227077004



Ir. Erna Yuliwati, M.T., Ph.D, IPM  
NBM/NIDN: 1290662/0228076701

LEMBAR PERSETUJUAN

ADSORPSI-FOTOKATALITIK ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/OXIDIZED ACTIVATED  
CARBON (OAC) PADA LIMBAH RHODAMINE-B

Oleh:

DESSY DWI CAHYANI (122020020P)

Disetujui Oleh:

Pembimbing I



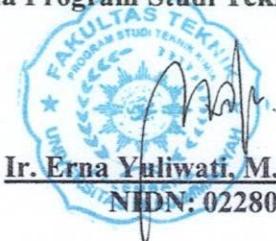
Dian Kharismadewi, S.T., M.T., Ph.D.  
NIDN: 0222048201

Pembimbing II



Sri Martini, S.T., M.T., Ph.D.  
NIDN: 0001117901

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Kimia FT UMP



Ir. Erna Yuliwati, M.T., Ph.D. IPM  
NIDN: 0228076701

## LEMBAR PENGESAHAN

### ADSORPSI-FOTOKATALITIK ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/OXIDIZED ACTIVATED CARBON (OAC) PADA LIMBAH RHODAMINE-B

Disusun Oleh:  
DESSY DWI CAHYANI (122020020P)

Telah diuji dihadapan tim penguji pada tanggal 30 Agustus 2022  
Di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Palembang

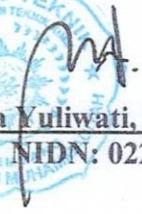
#### Tim Pengujii:

Ketua	: Dian Kharismadewi, S.T., M.T., Ph.D./ 0222048201	( 
Anggota	: Sri Martini, S.T., M.T., Ph.D./ 0001117901	( 
Anggota	: Ir. Dewi Fernianti, M.T./ 0025026501	( 
Anggota	: Atikah, S.T., M.T./ 0023127401	( 

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik UMP

  
Dr. Ir. Kgs. A. Roni, M.T., IPM  
NIDN: 0227077004

Menyetujui,  
Ketua Prodi Teknik Kimia

  
Ir. Erna Yuliwati, M.T., Ph.D., IPM  
NIDN: 0228076701

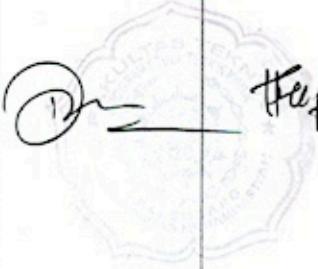
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**



Nama : Dassy Dwi Cahyani  
 NIM : 122020020P  
 Judul : Adsorpsi Fotokatalitik Aktivaben ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> / Oxidized Activated Carbon terhadap Limbah Fluksin. B

Dosen Pembimbing : 1. Dian Kharismadewi, S.T., M.T., Ph.D.  
 : 2. Sri Martini, S.T., M.T., Ph.D.

No	Pokok Bahasan	Catatan/Komentar	Tanggal Bimbingan	Paraf	
				Pembimbing I	Pembimbing II
1.	Tema penelitian	Cari artikel terkait ZnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> / Activated carbon sbg material adsorbent.	9/4 '22		AM
2.	Bab 1-3	Siapkan bahan baku, dan prosedur detail proses sintesa	26/5 '22		AM
3.	Bab 1-3	Pemantapan & revisi isi bab dan prosedur penelitian	4/6 '22		AM
4.	Matrix penelitian . bab 1-3.	Revisi yg diperlukan. Acc sidang proposal.	12/6 '22		AM
5.	Bab 4	Revisi hasil pembahasan dan cek ulang u/ UVlight.	14/8 '22		Beef.
6.	Hasil penelitian	Analisa ulang sample tya pa pengimaran / tpa <sup>2</sup> konsentrasi	17/8 '22		Beef.
7.	Pembahasan .	Revisi dan lengkapi pembahasan dari hasil analisa UV, XRD. Sosialisasi kesimpulan dg tya pa yg ingin dicapai.	20/8 '22		Beef.
	Acc Semhas.		20/8 '22		Beef.

No	Pokok Bahasan	Catatan/Komentar	Tanggal Bimbingan	Paraf	
				Pembimbing I	Pembimbing II
8.	Pembahasan Saran Pengaji.	Tambahkan ukuran partikel & perbaiki kalimat perbahasan sem.	26/8/22		Haf.
9.	Keseluruhan Bab.	Sdh ok.	27/8/22		Haf.
	Acc Kompre.		27/8/22	 	Haf.

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dessy Dwi Cahyani  
Tempat / Tanggal Lahir : Palembang, 07 Desember 1998  
NIM : 122020020P  
Program Studi : Teknik Kimia  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Palembang

Menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah hasil karya saya dan disusun sendiri dengan sungguh-sungguh serta bukan merupakan penjiplakan karya orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, maka saya sanggup menerima sanksi berupa pembatalan skripsi ini dan segala konsekuensinya.
2. Saya bersedia untuk menanggung segala bentuk tuntutan hukum yang mungkin timbul jika terdapat pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.
3. Memberikan hak kepada Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Palembang untuk menyimpan, alih media, mengelola dan menampilkan/mempublikasikannya di media secara full teks untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dana atau penerbit yang bersangkutan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Palembang, 1 September 2022



Dessy Dwi Cahyani

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyusun Hasil Penelitian yang berjudul **“ADSORBSI-FOTOKATALITIK ZNFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/OXIDIZED ACTIVATED CARBON (OAC) PADA LIMBAH RHODAMINE-B”**. Tujuan dari penyusunan hasil penelitian ini adalah sebagai salah satu persyaratan akademik dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan selama pelaksanaan penelitian, terutama kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kgs. A. Roni, MT, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Ibu Ir. Erna Yuliwati M.T., Ph.D, selaku Ketua Prodi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah.
3. Ibu Dr. Mardwita, S.T, M.T, sebagai Sekretaris Prodi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
4. Ibu Dian Kharismadewi, S.T., M.T., Ph.D., sebagai Pembimbing I.
5. Ibu Sri Martini, S.T., M.T., Ph.D., sebagai Pembimbing II.
6. Staf Pengajar dan Karyawan di Prodi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
7. Kedua orang tua, kakak dan adik kandung, serta keluarga besar yang selalu memberikan motivasi dan dukungan baik dari segi moril, materil serta do'a yang tulus demi kelancaran pada saat penelitian dan penyelesaian laporan ini.
8. Rekan-rekan Mahasiswa di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang khususnya ampulan Tahun 2020.

Palembang, Agustus 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Komposit .....	4
2.2. Karbon Aktif.....	5
2.3. Zinc Ferrite .....	8
2.4. Metode Sintesis Nanopartikel.....	9
2.5. Adsorpsi.....	13
2.6. Fotokatalisis.....	15
2.7. Limbah Rhodamine-B .....	19
2.8. Spektfotometri Uv-Vis .....	20
2.8. <i>Scanning Elektron Microscopy (SEM)</i> .....	22
2.9. <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	23
2.10. <i>Fourier Transform Infra Red (FT-IR)</i> .....	23
2.11. Penelitian Terdahulu.....	25
<b>BAB III METODELOGI PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	29
3.2. Bahan dan Alat yang Digunakan.....	29
3.3. Matriks Penelitian .....	29
3.4. Prosedur Penelitian.....	30

3.4.1. Pembuatan Karbon dari Cangkang Kelapa Sawit .....	30
3.4.2. Pembuatan Material Komposit.....	30
3.4.3. Karakterisasi Komposit.....	31
<b>3.5. Blok Diagram .....</b>	<b>32</b>
3.5.1. Blok Diagram Pembuatan Karbon dari Cangkang Kelapa Sawit.....	32
3.5.2. Blok Diagram Pembuatan Sintesa ZnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /OAC ( <i>Oxidized Activated Carbon</i> ) Komposit.....	33
3.5.2. Blok Diagram Proses Fotokatalisis.....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
4.1. Hasil .....	35
4.2. Pembahasan.....	37
4.2.1. Uji Aktivitas Fotokatalitik .....	39
4.2.2. Analisis Spektrum <i>Fourier Transform-Infrared Spektrometer</i> (FTIR).....	45
4.2.3. Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	46
4.2.3. Analisis <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) .....	47
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>48</b>
5.1. Kesimpulan .....	48
5.2. Saran.....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>50</b>

## **DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2.1. Karakteristik Standar Karbon Aktif Menurut SNI .....	4
Tabel 2.2. Komposisi Abu Sawit (% Berat) .....	8
Tabel 2.3. Sifat Fisika dan Kimia dari Minyak Jelantah .....	8
Tabel 2.4. Daftar Penelitian Terdahulu .....	22
Tabel 3.1. Matriks Penelitian.....	27
Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Kurva Kalibrasi Limbah Rhodamine-B .....	32
Tabel 4.2. Hasil Pengukuran Absorbansi Limbah Rhodamine-B dengan Menggunakan Penyinaran UV.....	33
Tabel 4.3. Hasil Pengukuran Absorbansi Limbah Rhodamine-B dengan Menggunakan Penyinaran LED.....	33
Tabel 4.2. Hasil Pengukuran Absorbansi Limbah Rhodamine-B Tanpa Penyinaran .....	34

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Karbon Aktif Serbuk dan Granular .....	5
Gambar 2.2. Cangkang Kelapa Sawit.....	6
Gambar 2.3. Diagram Klasifikasi Metode Sintesis Nanopartikel .....	10
Gambar 2.4. Mekanisme Fotokatalisis Secara Sederhana.....	17
Gambar 2.5. Ilustrasi Elektron Tereksitasi (a) dan Rekombinasi (b) .....	18
Gambar 2.6. Struktur Kimia Rhodamine-B.....	19
Gambar 2.5. Alat SEM Tescan Vega3 .....	22
Gambar 3.1. Blok Diagram Pembuatan Karbon dari Cangkang Kelapa Sawit....	32
Gambar 3.2. Blok Diagram Pembuatan Komposit ZnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /OAC .....	33
Gambar 3.3. Blok Diagram Proses Fotokatalisis.....	34
Gambar 4.1. Skema Ilustrasi Sintesis ZnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> dengan Proses Hidrotermal .....	35
Gambar 4.2. Kurva Kalibrasi Limbah Rhodamine-B.....	40
Gambar 4.3. Pengaruh Perlakuan Penyinaran terhadap Limbah Rhodamine B dengan Konsentrasi 10 mg/L .....	41
Gambar 4.4. Pengaruh Perlakuan Penyinaran terhadap Limbah Rhodamine B dengan Konsentrasi 20 mg/L .....	42
Gambar 4.5. Pengaruh Perlakuan Penyinaran terhadap Limbah Rhodamine B dengan Konsentrasi 30 mg/L .....	42
Gambar 4.6. Ilustrasi Mekanisme Fotokatalisis dengan Penyinaran UV.....	43
Gambar 4.7. Ilustrasi Mekanisme Fotokatalisis dengan Penyinaran LED.....	44
Gambar 4.8. Spektrum <i>Fourier Transform-Infrared Spektrometer</i> (FTIR) ...	45
Gambar 4.9. Pola <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) Komposit ZnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /OAC dan ZnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	46
Gambar 4.10. Hasil Analisa <i>Scanning Electron Microscopy</i> ZnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	47

## **DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
LAMPIRAN I.....	54
LAMPIRAN II.....	58
LAMPIRAN III .....	70
LAMPIRAN IV .....	76

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Rhodamin B adalah zat warna sintetis yang sering digunakan dalam industri batik. Rhodamin B berbentuk serbuk kristal, tidak berbau, berwarna kehujauan, berwarna merah keunguan pada konsentrasi tinggi dan berwarna merah terang pada konsentrasi rendah. Zat warna sintetis dalam limbah industri sangat beracun bagi kehidupan di air. Oleh karena itu penghilangan zat warna dari limbah menjadi penting (Leksono, 2012). Banyak sekali metode penghilangan zat warna dari limbah yang bisa digunakan, salah satunya adalah adsorpsi. Adsorpsi merupakan salah satu metode pemisahan suatu campuran yang berfasa fluida di mana gas akan terserap pada permukaan adsorben (Mc Cabe et al., 1999). Selain itu adsorpsi juga dapat didefiniskan sebagai proses penggumpalan substansi terlarut dalam larutan oleh permukaan zat penyerap yang membuat dan mengumpul bahan dalam suatu zat penyerap. Proses adsorpsi ada yang disebut sebagai adsorben dan adsorbat. Adsorben adalah zat penyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap (Giyatmi, 2008). Adsorben yang dapat digunakan dalam proses adsorpsi berbagai macam, salah satunya adalah Adsorpsi-Fotokatalitik  $ZnFe_2O_4/OAC$  (*Oxidized Activated Carbon*) pada Limbah Rhodamin-B.

Indonesia adalah penghasil minyak kelapa sawit terbesar kedua di dunia setelah Malaysia. Prospek pasar bagi olahan kelapa sawit cukup menjanjikan karena permintaan setiap tahun mengalami peningkatan tidak hanya di dalam negeri tetapi juga di luar negeri (Anonim, 2009). Dalam industri pengolahan kelapa sawit diperoleh limbah industri. Limbah ini digolongkan menjadi limbah padat, cair dan gas. Limbah padat berupa tandan kosong dan tempurung kelapa sawit (Djoko Purwanto, 2010). Berlimpahnya tempurung kelapa sawit sebagai hasil samping dari industri minyak sawit mendorong keinginan untuk meningkatkan nilai ekonomi bahan tersebut yang selama ini hanya digunakan sebagai bahan bakar. Salah satu upaya yang dilakukan adalah pemrosesan tempurung kelapa sawit menjadi karbon aktif (Singgih Hartarto dan Ratnawati, 2010).

Secara garis besar kelapa sawit (*ElleisGuinensis*) mengandung sekitar 67% daging buah kelapa sawit (brondolan), 23% janjangan kosong (tandan), dan 10% air (Taryana, 2002). Buah kelapa sawit terdiri dari tiga lapisan: *Eksoskarp* yaitu bagian kulit buah berwarna kemerahan dan licin, *Mesoskarp* yaitu serabut buah dan *Endoskarp* yaitu tempurung pelindung inti. Cangkang ini mengandung kadar air 7,8%, kadar abu 2,2%, zat mudah menguap 69,5% dan kadar karbon 20,5% (Kim, Choi, dan Kim, 1996). Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85 % hingga 95 % karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi tanpa oksigen (pirolisis). Arang selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben (penyerap). Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan ini dapat menjadi lebih tinggi jika arang tersebut dilakukan aktivasi (Taryana, 2002).

Keberadaan pasir besi yang terdistribusi secara luas serta jumlahnya melimpah di Indonesia menjadi daya tarik untuk dikembangkan menjadi produk yang lebih bernilai dan berdaya guna (Yulianto dkk., 2010). Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) merupakan ferit spinel yang menarik untuk kajian para ahli karena memiliki aplikasi yang luas seperti pada bidang industri seperti keramik magnet, katalis dan *energy storage*. Penelitian yang lain juga melaporkan bahwa magnetit memiliki kegunaan di bidang biomedis yaitu pembuatan nanopartikel sebagai *drug delivery*, *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), mediasi magnetik hipertermia untuk pengobatan kanker (Zhang dkk., 2013). Bahan magnetik ferit yang bervariasi dapat dihasilkan berdasarkan magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) yang berstruktur spinel. Salah satu variasi ferit spinel dihasilkan dengan mensubstitusi logam divalen Zn menggantikan M sehingga menghasilkan zink ferit ( $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ ) (Cinthia Gestarila dan Dwi Puryanti, 2020).

Beberapa tahun terakhir pengembangan bahan magnetik oleh para ahli lebih diminati dalam ukuran nanometer. Nanopartikel magnetik dipilih untuk dikembangkan karena sifat yang potensial di bidang industri listrik dan elektronik. Nanopartikel zink ferit ( $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ ) merupakan salah satu nanopartikel yang banyak diminati karena sifat kimia dan stabilitas termalnya yang unik yaitu adanya fenomena superparamagnetik, serta ketergantungan sifat magnetiknya pada ukuran partikel (Buschow, 2005). Sifat superparamagnetik merupakan sifat material yang memiliki magnetisasi tinggi ketika diberi medan dari luar, namun ketika tidak ada

medan magnet dari luar maka nilai magnetisasi rata-ratanya nol (Cinthia Gestarila dan Dwi Puryanti, 2020).

## **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kinerja adsorpsi-fotokatalitik adsorben  $ZnFe_2O_4/OAC$  terhadap berbagai jenis konsentrasi limbah rhodamin-B?
2. Bagaimana pengaruh lama waktu penyinaran terhadap penurunan konsentrasi limbah rhodamin-B dengan menggunakan adsorben  $ZnFe_2O_4/OAC$ ?
3. Bagaimana pengaruh perlakuan penyinaran (lampa LED light, UV light dan tanpa penyinaran) terhadap penurunan konsentrasi limbah rhodamin-B dengan menggunakan adsorben  $ZnFe_2O_4/OAC$ ?

## **1.3.Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui kinerja adsorpsi-fotokatalitik  $ZnFe_2O_4/OAC$  terhadap berbagai jenis konsentrasi limbah rhodamin-B.
2. Untuk mengetahui pengaruh lamanya waktu penyinaran terhadap penurunan konsentrasi limbah rhodamin-B.
3. Untuk mengetahui pengaruh penyinaran (lampa LED light, UV light dan tanpa penyinaran) terhadap penurunan konsentrasi limbah rhodamin-B.

## **1.4. Manfaat**

1. Menambah informasi mengenai metode yang digunakan untuk mensintesis nanomaterial adsorben *Zinc Ferrit/Oxidized Activated Carbon*.
2. Sebagai referensi penelitian tentang material komposit yang kemudian dapat dikembangkan lebih lanjut.
3. Menambah informasi mengenai material komposit dalam dunia nanoteknologi yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- AAT Bioquest, Inc. (2022, August 20). *Quest Database™ Extinction Coefficient [Rhodamine B]*. AAT Bioquest. [https://www.aatbio.com/resources/extinction-coefficient/rhodamine\\_b](https://www.aatbio.com/resources/extinction-coefficient/rhodamine_b).
- Agusta, D., 2012. *Uji Adsorpsi Gas CO Pada Asap Kebakaran dengan Menggunakan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa yang Terimpregnasi TiO<sub>2</sub>*. Skripsi: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Andriati Amir Husin, 2003, “Limbah Untuk Bahan Bangunan”.
- Ardiansyah. A. 2015. *Sintesis Nanosilika Dengan Metode Sol-Gel Dan Uji Hidrofobisitasnya Pada Cat Akrilik*. Skripsi: Universitas Negeri Semarang.
- Arief, Syukri., dkk., 2017. *Comparison of Sol-Gel and Hydrothermal Synthesis of Zinc Ferrite (ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) Nanoparticles*. Vol 8, No. 1, pp 499-503. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.
- Asmin, La Ode., dkk., 2015. *Sintesis Nanopartikel Zinc Ferrit (ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya*. Vol 16, No. 3, pp 62-66. Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya.
- Ayu, Ghendis Ekawati. 2017. *Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (Coconut Shell) dengan Proses Pengaktifan Kimia ZnCl<sub>2</sub> menggunakan Microwave*. Skripsi: Universitas Sumatera Utara.
- Buschow, KHJ. 2005. *Concise Encyclopedia of Magnetic and Superconducting Materials*. Plenum: New York.
- Budavari, Susan. 1996. *The Merck Index: An Encyclopedia of chemical Drug, and Biologicals*. pp 312 – 314. Twelfth Edition. Merck & Co. Inc. New Jersey.
- C.Carmen Piras, Susana Fernandez-Prieto dan Wim M. De Borggraeve. 2019. *Ball Milling: a green technology for the preparation and functionalization of nanocellulose derivatives*. pp 937-947. *Nanoscale Advances* 1.
- C. McCullagh, P.K.J. Robertson, M. Adams, P.M. Pollrd, dan A. Mohammed. 2010. *Decelopment of A Slurry Continous Flow Reactor for Photocatalytic Treatment of Industrial Waste Water*. 2010. No. 211:42-46. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*,
- Chung, D. H. L. 2010. *Composite Materials, Science and Applications* 2. Springer: London.
- Degusty, Dian., Rahmayeni dan Syukri Arief. 2013. *Sintesis, Karakterisasi dan Uji Aktifitas Fotokatalitik Nanokomposit TiO<sub>2</sub>-ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>*. Vol 2, No. 3, pp 98-103. *Jurnal Kimia Unand*.

- Devatha, Chella Purushothaman and Arun K. Thalla. 2018. *Synthesis of Inorganic Nanomaterials; Green Synthesis of Nanomaterials*. NITK Surathkal: India.
- Fatimah, Is., Sugiharto, Eko., Wijaya, Karna., Tahir, Iqmal., & Kamalia. 2006. *Titan Dioksida Terdispersi pada Zeolit Alam ( $TiO_2$ /Zeolit) dan Aplikasinya untuk Fotodegradasi Congo Red*. Vol. 6 (1) pp 38 – 42. Indo. J. Chem.,
- Giyatmi, dkk. 2008. *Penurunan Kadar Cu, Cr, dan Ag dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede Setelah Diadsorpsi dengan Tanah Liat dari Daerah Godean*. Yogyakarta.
- Gestarila, Cinthia., dan Dwi Puryanti. 2020. *Sintesis Nanopartikel Zink Ferit ( $ZnF_2O_4$ ) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Struktur Kristalnya*. Vol 9, No. 3, Hal 299-303. Jurnal Fisika Unand.
- Golsefidi, M.A., Abrodi, M., Abbasi, Z., Dashtbozorg, A., Rostami, M.E., Ebadi, M. (2016) Hydrothermal method for synthesizing  $ZnFe_2O_4$  nanoparticles, photo-degradation of rhodamine B by  $ZnFe_2O_4$  and thermal stable PS-based nanocomposite, *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 27, 8654 – 8660.
- Hardi, Amelia Dwika., dkk. 2020. *Pembuatan Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Elektroda Superkapasitor*. Vol 9, No. 4, Hal 479-486. Jurnal Fisika Unand.
- Hayati, R., Astuti. 2015. *Sintesis Nanopartikel Silika dari Pasir Pantai Purus Padang Sumatera Barat Dengan Metode Kopresipitasi*. Vol. 4, No. 3, hal. 282-287. Jurnal Fisika Unand: Fisika UNAND.
- Hutahaean, B. 2007. *Pengujian Sifat Mekanik Beton Yang Dicampur Dengan Abu Cangkang Sawit*. Skripsi: FMIPA UNIMED Medan.
- Hartanto, Singgih dan Ratnawati. 2010. *Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia*. Vol. 12, No. 1, Hal 12-16. Jurnal Sains Materi Indonesia.
- J, Selwyn Babu dan Mahendran N. 2014. *Coconut Shell as A Partial Replacement to Coarse Aggregate in Concrete*. Vol 8 No. 13 Hal 693-697. Australian Journal of Basic and Applied Sciences.
- Jamilatun, Siti, dkk. 2015. *Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivasi Sebelum dan Sesudah Pirolysis*. Hal 1-8. Jurnal FTUMJ.
- K.M. Joshi dan V.S. Shirivasta. 2010. *Removal of Hazardious Textile Dyes from Aqueous Solution by Using Commercial Activated Carbon with  $TiO_2$  and  $ZnO$  as Photocatalyst*. No. 2:427-435. International Journal of Chem Tech Research.

- Kadarisman dan Iis Nurhasanah. 2021. *Pengaruh Energi Aktivasi terhadap Aktivitas Nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> pada Advanced Oxidation Processes (AOPs) sebagai Pengurai Rhodamine B*. Vol 24, No. 1, pp 29-34. Berkala Fisika
- Kipling, J. J. 1965. *Adsorption for Solution of non electrolytes*. London: Academic Press.
- Leksono, A. 2012. *Pengolahan Zat Warna Tekstil Rhodamin B Menggunakan Bentonit Terpilar Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>)*. Skripsi: Universitas Airlangga.
- Maity, D dan Agrawal, D, C. 2007. *Syhtesis of Iron Oxide Nanoparticles Under Oxidizing Environment and Their Stabilization in Aqueous and NonAqueous and NonAqueous Media*. Vol 308, pp 46-55. *Journal of Magnetism and Magnetics*.
- Mc, Cabe, W. L., Smith, J.C., dan Harriot, P. 1999. *Operasi Teknik Kimia*. jilid 2, edisi 4, pp.229-236. Erlangga: Jakarta,
- Meilita Taryana. 2002. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. Skripsi: Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Sumatra Utara.
- Meng, W., Feng, L., David, G.E., and Xue. D. 2004. *Photocatalytic activity of highly porous zinc ferrite prepared from a zinciron (III)-sulfate layered double hydroxide precursor*. Vol. 11, No. 2, pp. 97–105. *Journal of Porous Materials*,
- Nurhasanah, Iis, dkk., 2018. *Fotokatalisis Nanopartikel Magnetis Zinc Ferrite dengan Penyinaran Cahaya UV dan Cahaya Tampak*. Vol 13, No. 1, Hlm 33-39. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan.
- Pahlewi, I. M. 2012. *Pembuatan Komposit Arang Tempurung Kelapa sebagai Filter Penjernih Air*. Skripsi: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Pambayun, Gilar S., dkk., 2013. *Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator ZnCl<sub>2</sub> dan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah*. Vol 2, No. 1, pp 1-5. Jurnal Teknik POMITS.
- Purwanto, Djoko. 2010. *Arang dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq)*. Balai Riset dan Standardisasi Industri: Banjarbaru.
- Reynolds. 1982. *Unit Operation and Processes in Environmental Engineering*, Texas A&M University, Brook/ Cole Engineering Division: California.
- R. E. Smallman and R. J. Bishop, 2000. *Modern physical metallurgy and materials engineering*. Hill International Book Company: New York.
- Sadiq, M.M.J., dan Nesaraj, A.S. (2015) *Soft Chemical Synthesis and Characterization of Bawo4 Nanoparticles for Photocatalytic Removal of*

- Rhodamine B Present In Water Sample*, Vol 5, page 45 – 54, Journal of Nanostructure in Chemistry.
- Sani A, Arfan., Atiek Rostika N., dan Diana Rakhmawaty. 2009. *Pembuatan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>-Zeolit Alam Asal Tasikmalaya untuk Fotodegradasi Methylene Blue*. Vol 8 No. 1. Jurnal Zeolit Indonesia
- Sakthivel, S., Neppolian, B., Shankar, M.V., Arabindoo, B., Palanichamy, M., Murugesan, V. 2002. *Solar Photocatalytic Degradation of Azo Dye: Comparison of Photocatalytic Efficiency of ZnO and TiO<sub>2</sub>*. Vol 77: 65-82. Solar Energy Materials & Solar Cells.
- Setyawan D. 2003. *Aktivitas Katalis Cr/Zeolit dalam Reaksi Konversi Katalitik Fenol dan Metil Isobutil Keton* Vol. 4 No. 2. Jurnal Ilmu Dasar FMIPA: UNEJ, Jember.
- Tamaddon, Fatemeh, dkk., 2020. *Microwave-assisted preparation of ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>@methyl cellulose as a new nano-biomagnetic photocatalyst for photodegradation pf metronidazole*. Vol 154, page 1036-1039. International Journal Biological Macromolecules.
- Wang, J., S. Kaskel, 2012, *KOH Activation of Carbon-Based Materials for Energy Storage*, Vol. 22, 23710–23725, J. Mater. Chem.
- Yulianto, A., Bijaksana, S., Loeksmanto, W., Kurnia, D. 2003. *Produksi Hematite ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dari Pasir Besi: Pemanfaatan Potensi Alam Sebagai Bahan Industri Berbasis Sifat Kemagnetan*. Vol 5. Indonesian Journal of Material Science.
- Yulianto, A., dan Aji, Mahardika Prasetya. 2010. *Fabrikasi Mn-Ferit dari Bahan Alam Pasir Besi Serta Aplikasinya Untuk Core Induktor*. pp 128-133. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV HFI Jateng & DIY
- Zhang., Luxin., dan Yu, H. 2019. *Conversion Of Xylan and Xylose into Furfural in Biorenewable Deep Eutectic Solvent with Trivalent Metal Chloride Add, Bioresources*. Vol 8(4), 6014-6025. Nanocellulose derivatives. Nanoscale Advances 1. pp 937-947. doi:10.1039/c8na00238j