

**DISERTASI**

**SINTESIS KOMPOSIT KARBON AKTIF/ $MnFe_2O_4$ ,  
KARBON AKTIF/ $Fe_3O_4$  DAN KARBON AKTIF/ $NiFe_2O_4$   
UNTUK PENGOLAHAN AIR SUNGAI LEMATANG  
SEBAGAI BAHAN BAKU AIR MINUM**



**SUBROTO**

**20013682227004**

**PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2025**

**DISERTASI**

**SINTESIS KOMPOSIT KARBON AKTIF/MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>,  
KARBON AKTIF/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> DAN KARBON AKTIF/NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>  
UNTUK PENGOLAHAN AIR SUNGAI LEMATANG  
SEBAGAI BAHAN BAKU AIR MINUM**



**SUBROTO**

**20013682227004**

**PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2025**

**DISERTASI**

**SINTESIS KOMPOSIT KARBON AKTIF/MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>,  
KARBON AKTIF/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> DAN KARBON AKTIF/NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>  
UNTUK PENGOLAHAN AIR SUNGAI LEMATANG  
SEBAGAI BAHAN BAKU AIR MINUM**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Doktor Ilmu Lingkungan**



**SUBROTO**

**20013682227004**

**PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2025**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SINTESIS KOMPOSIT KARBON AKTIF/  $MnFe_2O_4$ , KARBON  
AKTIF/  $Fe_3O_4$  DAN KARBON AKTIF/  $NiFe_2O_4$  UNTUK  
PENGOLAHAN AIR SUNGAI LEMATANG SEBAGAI  
BAHAN BAKU AIR MINUM**

**DISERTASI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Doktor**

**Oleh:**

**SUBROTO  
20013682227004**

**Palembang, Februari 2025**

**Promotor**



**Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si.  
NIP. 196808271994022001**

**Co-Promotor I**



**Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S., CP., IPU. ASEAN Eng.  
NIP. 196211221991021001**

**Co-Promotor II,**



**Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc.  
NIP. 196108121987031003**

**Mengetahui,**

**Direktur Program Pascasarjana  
Universitas Sriwijaya**



**Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc.  
NIP. 196108121987031003**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Desertasi ini dengan judul “Sintesis Komposit Karbon Aktif/  $MnFe_2O_4$ , Karbon Aktif/  $Fe_3O_4$  dan Karbon Aktif/  $NiFe_2O_4$  untuk Pengolahan Air Sungai Lematang sebagai Bahan Baku Air Minum.” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya pada Tanggal 27 Februari 2025.

Palembang, 27 Februari 2025

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Disertasi

Ketua :

1. Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si.  
NIP. 196808271994022001

(  )

Anggota :

2. Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S., CP., IPU., ASEAN Eng  
NIP. 196211221991021001

(  )

3. Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc.  
NIP. 196108121987031003

(  )

4. Prof. Dr. Ir. Muhammad Faizal, DEA, Dipl. Expert.  
NIP. 195805141984031001

(  )

5. Prof. Drs. Dedi Rohendi, M.T., Ph.D.  
NIP. 196704191993031001

(  )

6. Prof. Dr. Buhani, S.Pd., M.Si.  
NIP. 196904161994032003

(  )

Mengetahui,  
Direktur Program Pascasarjana  
Universitas Sriwijaya

  
Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc.  
NIP. 196108121987031003



## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Subroto

NIM : 20013682227004

Judul : Sintesis Komposit Karbon Aktif/MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Karbon Aktif/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan Karbon Aktif/NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> untuk Pengolahan Air Sungai Lematang Sebagai Bahan Baku Air Minum

Menyatakan bahwa Disertasi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi oleh Tim Promotor dan Co – Promotor serta bukan hasil dari penjiplakan / plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Disertasi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai peraturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.

Palembang, 27 Februari 2025



(Subroto)

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Subroto

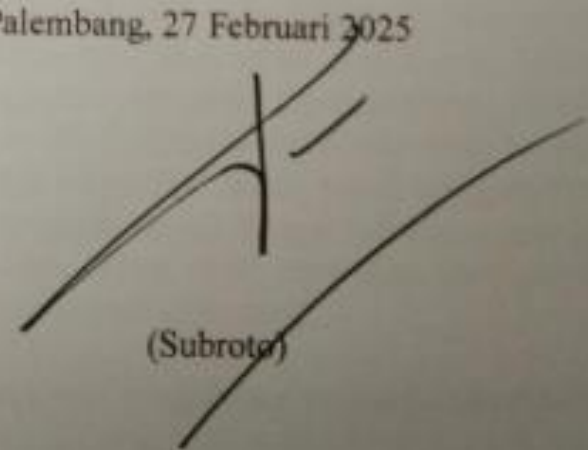
NIM : 20013682227004

Judul : Sintesis Komposit Karbon Aktif/MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Karbon Aktif/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan Karbon Aktif/NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> untuk Pengolahan Air Sungai Lematang Sebagai Bahan Baku Air Minum

Memberi izin kepada Promotor dan Co-Promotor serta Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik. Apabila dalam waktu satu tahun tidak mempublikasikan karya hasil penelitian saya, dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Promotor sebagai penulis korespodensi (Corresponding Author).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.

Palembang, 27 Februari 2025



(Subroto)

## RINGKASAN

### SINTESIS KOMPOSIT KARBON AKTIF/ $MnFe_2O_4$ , KARBON AKTIF/ $Fe_3O_4$ DAN KARBON AKTIF/ $NiFe_2O_4$ UNTUK PENGOLAHAN AIR SUNGAI LEMATANG SEBAGAI BAHAN BAKU AIR MINUM

Karya tulis ilmiah berupa Disertasi, 27 Februari 2025

Subroto; Dibimbing oleh Poedji Loekitowati Hariani, Eddy Ibrahim dan Muhammad Said.

Performance of coal-based activated carbon modified with  $MnFe_2O_4$ ,  $Fe_3O_4$  and  $NiFe_2O_4$  for Lematang River Water Treatment.

Xv + 188 halaman, 11 tabel, 24 gambar, 14 lampiran

## RINGKASAN

Pencemaran air sungai akibat limbah industri dan domestik menjadi tantangan dalam pengolahan air minum. Sungai Lematang mengalami penurunan kualitas akibat tingginya tingkat kekeruhan, Total Suspended Solid (TSS), serta keberadaan ion logam berat seperti Fe dan Mn. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis komposit karbon aktif/ $MnFe_2O_4$ , karbon aktif/ $Fe_3O_4$ , dan karbon aktif/ $NiFe_2O_4$  guna meningkatkan efisiensi pengolahan air sungai. Sintesis komposit dilakukan dengan metode kopresipitasi, menghasilkan serbuk magnetik berwarna coklat kehitaman dengan nilai magnetisasi saturasi masing-masing 18,56, 77,62, dan 21,12 emu/g. Hasil karakterisasi menunjukkan menggunakan FTIR menunjukkan keberadaan gugus Mn-O, Fe-O, dan Ni-O (FTIR), serta kandungan oksida MnO (18,26%), FeO (37,90%), dan NiO (4%) berdasarkan analisis SEM-EDS. Luas permukaan yang diperoleh masing-masing adalah 265,44 m<sup>2</sup>/g (KA- $MnFe_2O_4$ ), 155,02 m<sup>2</sup>/g (KA- $Fe_3O_4$ ), dan 293,99 m<sup>2</sup>/g (KA- $NiFe_2O_4$ ) berdasarkan analisis BET. Ukuran kristal yang diperoleh melalui analisis XRD adalah 19,53 nm, 19,22 nm, dan 29,07 nm. Kondisi optimum untuk reduksi TSS bervariasi tergantung pada jenis komposit, dengan dosis berkisar antara 0,02-0,06 g, waktu kontak 60-180 menit, dan kecepatan pengadukan 200-350 rpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif/ $NiFe_2O_4$  memiliki efektivitas tertinggi dalam menurunkan kekeruhan (87,01%), TSS (210 mg/L), pH (7,3), serta ion Fe (96,08%) dibandingkan dengan karbon aktif/ $MnFe_2O_4$ , karbon aktif/Fe, karbon aktif biasa dan tawas. Model kinetika adsorpsi mengikuti pola orde dua semu. Regenerasi komposit melalui proses pencucian, pemanasan, dan reaktivasi meningkatkan efisiensi adsorpsi, mengurangi biaya, serta memperpanjang umur pemakaian komposit. Modifikasi karbon aktif dengan material magnetik terbukti meningkatkan efektivitas pengolahan air Sungai. Oleh karena itu, karbon aktif/ $NiFe_2O_4$  direkomendasikan sebagai adsorben terbaik dalam aplikasi ini. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk mengoptimalkan proses regenerasi untuk meningkatkan efektivitas pengolahan air Sungai Lematang agar sesuai dengan standar baku mutu serta melakukan uji coba dalam skala pilot atau lapangan untuk menguji efektivitas adsorben dalam kondisi nyata di Sungai Lematang.

**Kata Kunci:** Karbon aktif, komposit magnetik, adsorpsi, pengolahan air sungai, kualitas air.



## SUMMARY

PERFORMANCE OF COAL-BASED ACTIVATED CARBON MODIFIED WITH  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  AND  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  for LEMATANG RIVER WATER TREATMENT.

Scientific Paper in the form of Dissertation, 27 Februari 2025

Subroto; supervised by Poedji Loekitowati Hariani, Eddy Ibrahim and Muhammad Said.

Sintesis Komposit Karbon Aktif/ $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ , Karbon Aktif/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan Karbon Aktif/ $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  untuk Pengolahan Air Sungai Lematang Sebagai Bahan Baku Air Minum

xv + 188 pages, 11 table, 24 Pictures, 14 Attachment

River water pollution caused by industrial and domestic waste poses a significant challenge in drinking water treatment. The Lematang River has experienced a decline in water quality due to high turbidity levels, Total Suspended Solids (TSS), and the presence of heavy metal ions such as Fe and Mn. This study aims to synthesize activated carbon/ $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ , activated carbon/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , and activated carbon/ $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  composites to enhance the efficiency of river water treatment. The composites were synthesized using the coprecipitation method, yielding blackish-brown magnetic powders with saturation magnetization values of 18.56, 77.62, and 21.12 emu/g, respectively. Characterization using FTIR confirmed the presence of Mn-O, Fe-O, and Ni-O functional groups, while SEM-EDS analysis revealed oxide compositions of MnO (18.26%), FeO (37.90%), and NiO (4%). The specific surface areas, as determined by BET analysis, were 265.44  $\text{m}^2/\text{g}$  for KA- $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ , 155.02  $\text{m}^2/\text{g}$  for KA- $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , and 293.99  $\text{m}^2/\text{g}$  for KA- $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ . The crystallite sizes obtained through XRD analysis were 19.53 nm, 19.22 nm, and 29.07 nm, respectively. The optimal conditions for TSS reduction varied depending on the composite type, with dosage ranging from 0.02 to 0.06 g, contact time between 60 and 180 minutes, and stirring speed between 200 and 350 rpm. The results indicated that activated carbon/ $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  composite exhibited the highest effectiveness in reducing turbidity (87.01%), TSS (210 mg/L), pH (7.3), and Fe ions (96.08%) compared to activated carbon/ $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  composite, activated carbon/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$  composite, unmodified activated carbon, and alum. The adsorption kinetics followed a pseudo-second-order model. Composite regeneration through washing, heating, and reactivation improved adsorption efficiency, reduced costs, and extended the composite's lifespan. The modification of activated carbon with magnetic materials was proven to enhance river water treatment efficiency. Therefore, activated carbon/ $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  is recommended as the most effective adsorbent for this application. Further research is suggested to optimize the regeneration process to improve the effectiveness of Lematang River water treatment in accordance with quality standards. Additionally, pilot-scale or field trials should be conducted to assess the adsorbent's effectiveness under actual conditions in the Lematang River.

**keywords:** Activated carbon, magnetic composite, adsorption, river water treatment, water quality.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi dengan judul *Sintesis Komposit Karbon Aktif/MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Karbon Aktif/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, dan Karbon Aktif/NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> untuk Pengolahan Air Sungai Lematang sebagai Bahan Baku Air Minum*.

Disertasi ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Sriwijaya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam pengembangan teknologi pengolahan air sungai yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Dalam penyusunan disertasi ini, penulis telah mendapatkan banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Direktur Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya di Palembang
2. Promotor dan Co-Promotor, yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta dukungan selama proses penelitian dan penyusunan disertasi ini.
3. Dosen-dosen penguji, yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta dukungan selama proses penelitian dan penyusunan disertasi ini.
4. Pimpinan dan Staf Universitas Sriwijaya, khususnya Program Studi S3 Ilmu Lingkungan, yang telah memberikan fasilitas dan kesempatan untuk melaksanakan penelitian ini.
5. Rekan-rekan sejawat dan teman-teman penelitian, yang telah memberikan motivasi, diskusi, serta masukan yang sangat berharga.
6. Keluarga tercinta, yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan tanpa henti sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa disertasi ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan dan pengembangan lebih lanjut.

Akhir kata, semoga disertasi ini dapat memberikan manfaat bagi dunia akademik, industri pengolahan air, serta masyarakat luas dalam usaha menjaga kualitas sumber daya air yang lebih baik.

Palembang, Februari 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	<b>v</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Kebaruan penelitian .....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
1.6 Hipotesis Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>8</b>
2.1 Sungai Lematang.....	8
2.2 PDAM (Perusahaan Air Minum Daerah) Lematang Enim .....	9
2.3 Karbon Aktif .....	9
2.4 Batu Bara.....	10
2.5 Kekeruhan.....	11
2.6 Turbidimeter.....	11
2.7 <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i> .....	12
2.8 <i>Potential Hydrogen (pH)</i> .....	12

2.9 Total Suspended Solid (TSS) .....	13
2.10 Adsorpsi .....	13
2.11 Kinetika Reaksi Adsorpsi .....	15
2.12 Sifat Kemagnetan Bahan .....	16
2.13 NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	17
2.14 MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	18
2.15 Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	19
2.16 <i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i> .....	20
2.17 Scanning Electron Microscope (SEM) .....	20
2.18 Difraksi sinar-X (XRD) .....	20
2.19 Brauner-Emmet-Teller (BET) .....	21
2.20 <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i> .....	22
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	33
3.2 Alat dan Bahan .....	33
3.2.1 Alat .....	33
3.2.2 Bahan .....	33
3.3 Prosedur Penelitian .....	34
3.3.1 Pengambilan Sampel Batu Bara .....	34
3.3.2 Pembuatan Karbon Aktif Batu Bara (Sinaga <i>et al.</i> , 2023) ..	34
3.3.3 Pengujian Kualitas Karbon Aktif Batu Bara .....	35
3.3.4 Pengambilan Air Sungai .....	36
3.3.5 Sintesis Komposit Karbon Aktif/Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	37
3.3.6 Sintesis Komposit Karbon Aktif/MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (Riyanti dkk, 2018) .....	37
3.3.7 Sintesis Komposit Karbon Aktif/NiFe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (Zaharieva <i>et</i> <i>al.</i> , 2016) .....	37

3.4	Karakterisasi Material.....	38
3.4.1	<i>Fourier Transform-Infrared</i> (FT-IR).....	38
3.4.2	<i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	38
3.4.3	<i>Scanning Electron Microscopy-Energi Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (SEM-EDS).....	38
3.4.4	<i>Braunanear, Emmelt dan Teller</i> (BET).....	38
3.4.5	<i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....	38
3.5	Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi.....	38
3.5.1	Pengaruh Dosis .....	38
3.5.2	Pengaruh Waktu Kontak.....	39
3.5.3	Pengaruh Kecepatan Pengadukan .....	39
3.6	Metode Pengolahan Data .....	39
3.6.1	<i>Fourier Transform-Infrared</i> (FT-IR).....	40
3.6.2	<i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	40
3.6.3	<i>Scanning Electron Microscopy-Energi Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (SEM-EDS).....	40
3.6.4	<i>Braunanear, Emmelt dan Teller</i> (BET).....	40
3.6.5	<i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....	40
3.6.6	Model Kinetika Reaksi.....	40
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>43</b>
4.1	Hasil Sintesis Karbon Aktif .....	43
4.2	Pengujian Kualitas Karbon Aktif .....	43
4.2.1	Kadar Air.....	43
4.2.2	Kadar Abu .....	44
4.2.3	Daya Serap Karbon Aktif Terhadap Iodium.....	44
4.2.4	Daya Serap Karbon Aktif Terhadap Larutan Zat Warna Metilen Biru .....	45
4.3	Hasil Analisis Kualitas Air Sungai .....	45

4.3.1 Analisis Total Suspended Solid (TSS) .....	45
4.3.2 Analisis Kekeruhan, pH, ion Fe dan COD .....	46
4.4 Hasil Sintesis Komposit Karbon Aktif/MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	47
4.5 Hasil Sintesis Komposit Karbon Aktif/Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	47
4.6 Hasil Sintesis Komposit Karbon Aktif/NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	48
4.7 Hasil Karakterisasi Material .....	48
4.7.1 Fourier Transform-Infrared (FT-IR) .....	48
4.7.2 X-Ray Diffraction (XRD) .....	50
4.7.3 Scanning Electron Microscopy-Energi Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX) .....	52
4.7.4 Brunauer Emmelt dan Teller (BET) .....	54
4.7.5 Vibrating Sample Magnetometer (VSM) .....	56
4.8 Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi .....	57
4.7.6 Pengaruh Dosis Karbon Aktif .....	57
4.7.7 Pengaruh Waktu Kontak .....	61
4.7.8 Pengaruh Kecepatan Pengadukan .....	65
4.9 Model kinetika reaksi .....	71
4.10 Pengaruh Regenerasi terhadap Adsorpsi Ion Fe, Ion Mn, dan Kekeruhan Air Sungai .....	74
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>77</b>
5.1 Kesimpulan .....	77
5.2 Saran .....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>79</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>91</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Hasil Sintesis Karbon Aktif .....	43
<b>Gambar 2.</b> (a) Karbon Aktif dan (b) Komposit Karbon Aktif/MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	47
<b>Gambar 3.</b> Komposit Karbon Aktif/Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	47
<b>Gambar 4.</b> Komposit Karbon Aktif/NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	48
<b>Gambar 5.</b> Spektra FT-IR Karbon Aktif, Karbon Aktif/Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , Karbon Aktif/MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , Karbon Aktif/ NiFe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	49
<b>Gambar 6.</b> Difraktogram dari Karbon aktif, Karbon Aktif/ MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , Karbon Aktif/ Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , dan Karbon Aktif/NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	50
<b>Gambar 7.</b> Morfologi SEM perbesaran 30.000x permukaan (a) Karbon Aktif, (b) Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -Karbon Aktif, (c) MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /Karbon Aktif dan (d) NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /Karbon Aktif .....	53
<b>Gambar 8.</b> Kurva Histeresis dari Karbon aktif /MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , Karbon aktif /Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , dan Karbon aktif/NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	57
<b>Gambar 9.</b> Pengaruh Variasi Dosis terhadap TSS.....	58
<b>Gambar 10.</b> Pengaruh Variasi Dosis Karbon Aktif terhadap pH .....	58
<b>Gambar 11.</b> Pengaruh Variasi Dosis Karbon Aktif terhadap Kekeruhan.....	59
<b>Gambar 12.</b> Pengaruh Variasi Dosis terhadap Adsorpsi Fe .....	60
<b>Gambar 13.</b> Pengaruh Waktu Kontak Terhadap pH.....	62
<b>Gambar 14.</b> Pengaruh Waktu Kontak Terhadap TSS.....	64
<b>Gambar 15.</b> Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kekeruhan.....	65
<b>Gambar 16.</b> Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Fe .....	65
<b>Gambar 17.</b> Pengaruh kecepatan pengadukan % Adsorpsi Fe .....	66
<b>Gambar 18.</b> Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap TSS .....	68
<b>Gambar 19.</b> Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap pH .....	69
<b>Gambar 20.</b> Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap kekeruhan.....	71
<b>Gambar 21.</b> Grafik kinetika reaksi .....	73
<b>Gambar 22.</b> Efektifitas Komposit Setelah Regenerasi terhadap penurunan Ion Fe <sup>74</sup>	
<b>Gambar 23.</b> Efektifitas Komposit Setelah Regenerasi terhadap adsorpsi ion Mn <sup>75</sup>	
<b>Gambar 24.</b> Efektifitas Komposit Setelah Regenerasi terhadap penurunan kekeruhan .....	75

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Syarat Mutu Karbon Aktif (SNI, 06-3730-1995) .....	10
<b>Tabel 2.</b> Beberapa Nilai Magnetik Logam/Oksida Logam pada Temperatur Ruang ..	17
<b>Tabel 3.</b> Hasil Analisis Kadar Air .....	44
<b>Tabel 4.</b> Hasil Analisis Kadar Abu.....	44
<b>Tabel 5.</b> Hasil Analisis Air Sungai Lematang.....	46
<b>Tabel 6.</b> Data Gugus Fungsi Karbon Aktif, Karbon Aktif/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , Karbon Aktif/ $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ , Karbon Aktif/ $\text{NiFe}_3\text{O}_4$ .....	49
<b>Tabel 7.</b> Sudut $2\theta$ dengan JCPDS dan ukuran kristal .....	51
<b>Tabel 8.</b> Data EDS Karbon Aktif, Karbon Aktif/ $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ , Karbon Aktif/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , dan Karbon Aktif/ $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ .....	53
<b>Tabel 9.</b> Data luas permukaan Karbon Aktif, Karbon Aktif/ $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ , Karbon Aktif/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , dan Karbon Aktif/ $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ .....	55
<b>Tabel 10.</b> Data VSM Karbon aktif / $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ , Karbon aktif / $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , dan Karbon aktif/ $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ .....	56
<b>Tabel 11.</b> Data perhitungan kinetika adsorpsi.....	71



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Diagram Alir Penelitian .....	91
<b>Lampiran 2.</b> Prosedur Penelitian .....	92
<b>Lampiran 3.</b> Reaksi Pembentukan Komposit .....	98
<b>Lampiran 4.</b> Syarat mutu karbon aktif menurut SNI No. 06-3730-1995 .....	101
<b>Lampiran 5.</b> Pengujian Kualitas Karbon Aktif .....	102
<b>Lampiran 6.</b> Hasil Karkaterisasi Komposit Menggunakan FTIR .....	106
<b>Lampiran 7.</b> Hasil Karakterisasi Komposit Menggunakan XRD .....	107
<b>Lampiran 8.</b> Hasil Karakterisasi Menggunakan SEM-EDS .....	116
<b>Lampiran 9.</b> Hasil Karakterisasi Komposit Menggunakan BET .....	124
<b>Lampiran 10.</b> Hasil Karakterisasi Menggunakan VSM .....	128
<b>Lampiran 11.</b> Penentuan Kondisi Optimum .....	129
<b>Lampiran 12.</b> Model kinetika reaksi .....	158
<b>Lampiran 13.</b> Pengaruh Regenerasi terhadap Adosrpsi Ion Fe, Ion Mn, dan Kekeruhan Air Sungai .....	168
<b>Lampiran 14.</b> Lampiran Kegiatan .....	174

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kebutuhan air bersih semakin meningkat seiring dengan pesatnya pertumbuhan penduduk dan pembangunan di segala sektor. Perkembangan peradaban, serta bertambahnya jumlah penduduk di dunia, akan meningkatkan aktivitas kehidupan, yang mau tidak mau akan menambah pencemaran atau pencemaran air. Selain itu, kualitas air telah memburuk dan tidak layak untuk digunakan sebagai akibat dari perubahan aspek lingkungan hidup. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan ketersediaan air bersih yang dapat membantu meningkatkan kesejahteraan masyarakat (Meldha *et al.*, 2023).

Air mencakup sekitar 70% dari permukaan bumi, namun demikian air tawar hanya menempati 2,5% dari air permukaan bumi. Air minum yang aman sangat penting bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Diperkirakan pada tahun 2025 lebih dari separuh populasi dunia akan menghadapi air kerentanan berbasis bersih (Erabee *et al.*, 2018). Air baku merupakan proses dalam pengolahan dan penyediaan air bersih. Air yang berasal dari sumber permukaan, cekungan air tanah dan air hujan yang memenuhi ketentuan baku mutu yang dapat digunakan untuk air minum.

Sungai Lematang terletak di kabupaten Muara Enim dikenal sebagai salah satu Sungai terbesar di wilayah Sumatera Selatan. Muara sungai Lematang terletak di Sungai Musi, tepatnya di Kecamatan Sungai Rotan, Kabupaten Muara Enim. Air sungai Lematang biasanya digunakan secara langsung oleh masyarakat untuk kebutuhan rumah tangga. Selain itu, Sungai Lematang digunakan sebagai sumber air baku untuk memenuhi kebutuhan air bersih Masyarakat kabupaten Muaran Enim yang dikelola PDAM kabupaten Muara Enim yaitu Badan Usaha Milik Daerah (BUMD). Kualitas Sungai sebagai sumber air baku dapat dipengaruhi oleh faktor alam dan aktivitas manusia (WHO, 2016). Dalam penyediaan air bersih tersebut kuantitas dan kualitas air sungai Lematang seringkali tidak memenuhi yang disebabkan beberapa hal diantaranya pembuangan limbah rumah tangga, industri yang terletak di sekitar sungai, sedimentasi yang tinggi sehingga air menjadi dangkal dan keruh. Selain itu juga

kualitas air sungai Lematang juga dipengaruhi akibat aktifitas Galian C dan aktifitas perusahaan energi di bagian hulu sungai.

Menurut Camara *et al* (2019), pola penggunaan lahan untuk kegiatan pertanian dapat melepaskan sedimen, unsur hara, senyawa organik, logam berat, dan patogen melalui limpasan atau irigasi dapat mempengaruhi kualitas fisikokimia air. Selain itu, kejadian cuaca ekstrem seperti kekeringan dan banjir mempengaruhi debit atau kapasitas pengenceran sungai, dan jumlah zat yang mencapai sungai (Pena-Guerreroa *et al*, 2020). Perubahan kualitas air tanah juga dapat disebabkan oleh komposisi akuifer, reaksi kimia dan biologi yang terjadi, perubahan iklim dan aktivitas antropogenik (Ellah 2020; Su *et al.*, 2020).

Air Sungai Lematang ditetapkan sebagai sumber air baku air minum sesuai Peraturan Gubernur Sumatera Sealatan No 16 tahun 2005. Menurut peraturan tersebut maka baku mutu air Sungai diantaranya *Total Dissolve Solid* (TDS) maksimal 500 mg/L, *Total Suspended Solid* (TSS) maksimal adalah 50 mg/L, pH 6,0-9,0, *Dissolved Oxygen* (DO) minimal 6 mg/L, *Biological Oxygen Demand* (BOD) maksimal 2 mg/L dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) maksimal 10 mg/L. WHO memberikan persyaratan yang hampir sama yaitu TSS maksimal adalah 50 mg/L, DO antara 4-6 mg/L, BOD maksimal 4 mg/L dan COD maksimal 10 mg/L. Peningkatan TSS dan kekeruhan mungkin disebabkan oleh peningkatan tersebut banyak lumpur dan tanah liat yang terbawa oleh limpasan permukaan ke air tanah dangkal (Ekere *et al.*, 2019). Mikroorganisme patogen, senyawa organik tertentu dan logam berat cenderung berasosiasi dengan padatan tersuspensi dalam air (Muoio *et al.*, 2020). Mikroorganisme pathogen yang terbawa dalam air telah menyebabkan kematian satu anak setiap 17 detik (Rockstrom *et al.*, 2023), berkontribusi terhadap total lebih dari 800.000 kematian per tahun (Wen *et al*, 2023).

Di beberapa negara proses koagulasi-flokulasi dan klorinasi digunakan untuk pengolahan air baku untuk air minum (Ventresque *et al*, 2000). Koagulasi adalah proses penambahan koagulan ke dalam air untuk menetralkan muatan partikel koloid dalam air sehingga memungkinkan terbentuknya flok, kemudian flok yang terbentuk menggumpal menjadi partikel yang lebih besar untuk membentuk partikel yang dapat mengendap dan/atau dapat disaring (Kumari *et al*,

2021). Proses ini efektif untuk menurunkan kekeruhan tetapi untuk bahan organik dan produk samping hasil desinfeksi masih menjadi masalah (Meyn and Leikness, 2010; Lou *et al.*, 2010). Berbagai metode telah dilakukan peneliti untuk meningkatkan kualitas air sungai diantaranya menggunakan resin penukar kation dan anion untuk menurunkan ion logam berat (Chauhan *et al.*, 2023), flokulasi-koagulasi menggunakan poli aluminium klorida (PAC), Poli aluminium klorida sulfat (PACS) dan  $\text{FeCl}_3$  (Chiavola *et al.*, 2023), karbon aktif untuk mengurangi polutan organik (Erabbe *et al.*, 2018), dan fitoremediasi untuk mengurangi ion logam berat (Hanafiah *et al.*, 2021).

PDAM menggunakan tawas sebagai koagulan untuk mengurangi kekeruhan dan warna air baku. Penggunaan tawas  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  memiliki kelemahan yaitu menambah jumlah ion-ion  $\text{Al}^{3+}$  ke dalam air (Postolachi *et al.*, 2016), sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran dan memberikan dampak buruk pada kesehatan manusia jika terjadi paparan berlebihan. Selain itu masalah yang lain adalah menghasilkan sludge yang perlu penanganan lebih lanjut.

Secara global, diperkirakan 10.000 ton sludge kering dari pengolahan air minum diproduksi setiap harinya (Nguyen *et al.*, 2022). Sludge ini dihasilkan selama pengolahan air, sekitar 4–7% dari total air minum yang diproduksi (Xu *et al.*, 2017). Sludge terdiri dari flok mengendap dan tertahan dalam proses sedimentasi dan filtrasi. Sludge mengandung seperti tanah, bahan organik terlarut (DOM), bakteri, dan logam anorganik (misalnya Fe, Mn, dan Al) (McCormick *et al.*, 2010).

Metode adsorpsi dianggap salah satu metode yang efektif untuk penjernihan air dan pengolahan limbah cair. Berbagai adsorben telah digunakan untuk menghilangkan polutan. Salah satu adsorben yang paling banyak digunakan adalah karbon aktif. Karbon aktif merupakan adsorben yang memiliki kelebihan yaitu luas permukaannya yang besar, distribusi ukuran pori, stabilitas kimia yang tinggi dan ramah lingkungan (Jiang *et al.*, 2019). Karbon aktif telah digunakan untuk penghilang bau, penghilangan zat beracun dan radioaktif, banyak digunakan dalam industri kimia, makanan, farmasi, dan untuk penyaringan dan pemurnian air (Alves *et al.*, 2021). Hami *et al.* (2007) menggunakan karbon aktif untuk menurunkan COD dan BOD dari limbah minyak dengan efisiensi 76–94% untuk

BOD dan 72–92.5% untuk COD. Mohammad-pajooch *et al* (2018) telah menggunakan karbon aktif untuk menurunkan COD dan ion logam berat dari air lindi pengolahan sampah dengan efisiensi penurunan 40–56%. Shukla *et al* (2020) berhasil mereduksi COD bervariasi 48-99% dengan jenis karbon aktif yang berbeda, pengurangan TSS bervariasi 43-100%.

Kemampuan adsorpsi karbon aktif dapat ditingkatkan dengan mengkombinasikan dengan material lain. Proses pemisahan karbon aktif setelah digunakan merupakan permasalahan dalam penggunaan karbon aktif saat ini. Modifikasi membentuk komposit dapat meningkatkan proses adsorpsi yang efisien (Mondol *et al.*, 2022). Modifikasi dengan senyawa magnetik tidak hanya modifikasi permukaan, tetapi juga membuat proses adsorpsi lebih mudah dan cepat (Salman *et al.*, 2021). Bahan komposit yang bersifat magnetik dapat dengan mudah diisolasi dari larutan melalui penerapan medan magnet (Zhang *et al.*, 2023).

Bahan ferit spinel merupakan oksida logam berstruktur spinel yang mempunyai rumus kimia umum  $AB_2O_4$ , dimana A dan B mewakili berbagai kation logam yang masing-masing terletak pada posisi tetrahedral (situs A) dan oktahedral (situs B). Jenis-jenisnya, jumlah, dan penempatan kation logam dalam struktur kristal mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap sifat fisikokimia ferit (Reddy and Yun, 2016; Kefeni and Mamba, 2020). Magnetik  $Fe_3O_4$ ,  $CoFe_2O_4$ ,  $MnFe_2O_4$ ,  $CuFe_2O_4$ ,  $ZnFe_2O_4$ , dan  $NiFe_2O_4$  telah mendapat banyak perhatian karena stabilitas termal dan kimianya, serta daya tahannya, sifat struktural, magnetik, optik, listrik, dan dielektrik yang khas, dan beragam aplikasi teknologinya termasuk fotokatalisis, fotoluminesensi, biosensor, sensor kelembaban, katalisis, magnet permanen, magnetic drug delivery, magnetic (hyperthermia) (Anjana *et al.*, 2018; Ahmad *et al.*, 2018).

Komposit karbon aktif dari cangkang kelapa sawit dan  $Fe_3O_4$  telah berhasil disintesis oleh Hariani *et al* (2018), dimana kemampuan komposit karbon aktif- $Fe_3O_4$  lebih besar dibandingkan karbon aktif dalam mereduksi zat warna procion red. Demikian juga penelitian Moussa *et al* (2021) dimana kapasitas adsorpsi karbon aktif- $NiFe_2O_4$  terhadap ion  $Cu(II)$  dan  $Zn(II)$  lebih besar dibandingkan karbon aktif.

Berdasarkan uraian tersebut maka dalam penelitian ini disintesis karbon aktif yang dikompositkan dengan nanomagnetik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  dan  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ . Karbon aktif disintesis dari batubara dengan aktivasi fisika dan kimia. Komposit yang dihasilkan dianalisis menggunakan XRD, BET-surface area, SEM-EDS, VSM dan FTIR. Selanjutnya komposit karbon aktif- $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , karbon aktif- $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  dan karbon aktif- $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  digunakan untuk menurunkan turbiditas, TSS, COD dan memperbaiki pH dari air Sungai Lematang. Sebagai pembandingan digunakan tawas. Kajian adsorpsi juga dilakukan untuk mengetahui kestabilan komposit dan *reusability* digunakan kembali.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana keberhasilan sintesis komposit karbon aktif/ $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ , karbon aktif/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , karbon aktif/ $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  berdasarkan karakterisasi FTIR, SEM-EDX, BET, VSM, dan XRD?
2. Bagaimana kemampuan karbon aktif/ $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ , karbon aktif/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , karbon aktif/ $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  dalam menurunkan parameter kekeruhan, TSS, pH, COD dan Fe pada air Sungai Lematang, dengan membandingkan dengan tawas?
3. Bagaimana model kinetika yang terjadi, untuk mendapatkan laju reaksi dan energi adsorpsi sehingga diketahui jenis reaksi yang terlibat apakah kimia, fisika atau keduanya?
4. Bagaimana kestabilan dan efektivitas komposit karbon aktif karbon aktif/ $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ , karbon aktif/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , karbon aktif/ $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  melalui efektivitas Adsorpsi dengan memvariasikan dosis, waktu kontak, dan kecepatan pengadukan?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mensintesis dan mengkarakterisasi komposit karbon aktif/ $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ , karbon aktif/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan karbon aktif/ $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  menggunakan XRD, BET-surface area, SEM-EDS, VSM, dan FTIR.
2. Mengkaji kemampuan karbon aktif/ $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ , karbon aktif/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan karbon aktif/ $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  dalam menurunkan kekeruhan, TSS, COD, Fe dan memperbaiki pH dengan variabel dosis, waktu kontak dan kecepatan pengadukan.

3. Menentukan kinetika adsorpsi terhadap kekeruhan, TSS, COD, Fe dan memperbaiki pH.
4. Membandingkan kemampuan karbon aktif/ $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ , karbon aktif/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , karbon aktif/ $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  dalam menurunkan kekeruhan, TSS, COD, Fe dan memperbaiki pH dengan tawas.
5. Menentukan efektivitas komposit karbon aktif karbon aktif/ $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ , karbon aktif/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , karbon aktif/ $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  melalui efektivitas Adsorpsi dengan memvariasikan dosis, waktu kontak, dan kecepatan pengadukan.

#### **1.4 Kebaruan penelitian**

Karbon aktif telah digunakan dalam pengolahan limbah dan penjernihan air, masalah sekunder adalah timbulnya *sludge* yang perlu penanganan lebih lanjut. Modifikasi karbon aktif dengan senyawa ferit diharapkan akan meningkatkan kemampuan adsorpsi dan efisiensi proses pemisahan, karena dengan cepat dapat dipisahkan dari larutan menggunakan magnet permanen.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Mendapatkan komposit terbaik untuk pengolahan air sungai Lematang berdasarkan parameter kekeruhan, TSS, COD, Fe dan pH
2. Menghasilkan suatu kondisi optimum pengolahan air sungai lematang menggunakan komposit terbaik dengan berat/dosis komposit, waktu kontak dan kecepatan pengadukan
3. Memberi solusi pengolahan air sungai sebagai bahan baku air minum

#### **1.6 Hipotesis Penelitian**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka disusun beberapa hipotesis, sebagai berikut:

1. Komposit karbon aktif/ $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ , karbon aktif/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , karbon aktif/ $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  lebih baik dalam menurunkan kekeruhan, TSS, COD, Fe dan memperbaiki pH dibandingkan tawas

2. Parameter berat komposit, waktu dan temperatur berpengaruh terhadap penurunan kekeruhan, TSS, COD, Fe dan memperbaiki pH dibandingkan tawas
3. Dugaan kinetika adalah mengikuti orde satu, interaksi yang terjadi antara zat warna dan komposit dikarenakan interaksi fisika



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullahi, S. S., Güner, S., Koseoglu, Y., Musa, I. M., Adamu, B. I., and Abdulhamid, M. I. 2016. Simple Method For The Determination of  $\tau$  and Gap of a Nanopowdered Sample Using Kubelka Munk Theory. *Journal of the Nigerian Association of Mathematical Physics*, 35(August), 241–246.
- Ahmad, M., Khan, M.A., Mahmood, A., Liu, S.S., Chughtai, a.h., Cheong, w.C., Akram, B., Nasar, G. 2018. Role of ytterbium on structural and magnetic properties of NiCr<sub>0.1</sub>Fe<sub>1.9</sub>O<sub>4</sub> co-precipitated ferrites. *Ceramics International* 44 (95), 5433-5439. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.12.173>
- Ali, A., Chiang, Y. W., and Santos, R. M. 2022. X-Ray Diffraction Techniques for Mineral Characterization: A Review for Engineers of the Fundamentals, Applications, and Research Directions. *Minerals*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/min12020205>
- Alves, A.T., Lasmar, D.J., Miranda, I.P.A. 2021. Jamal da Silva Char1, Jardson dos Santos Reis1 The Potential of Activated Carbon in the Treatment of Water for Human Consumption, a Study of the State of the Art and Its Techniques Used for Its Development. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 12, 143-153. <https://doi.org/10.4236/abb.2021.126010>
- Ammari, S., Wildian, W., and Harmadi, H. 2019. Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Banjir Berdasarkan Tingkat Kekeruhan Air Hulu Sungai dengan Turbidity Sensor SEN0189 dan Transceiver nRF24L01+. *Jurnal Fisika Unand*, 8(3), 240–244. <https://doi.org/10.25077/jfu.8.3.240-244.2019>
- Anjana, V., John, S., Prakash, P., Nair, A.M., Nair, A.r., Sambhudevan, S., Shankar, B. 2018. Magnetic properties of copper doped nickel ferrite nanoparticles synthesized by Co precipitation method, in: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing, 2018.
- Anthony, D. B., and Howard, J. B. (1976). Coal devolatilization and hydrogastification. *AIChE Journal*, 22(4), 625–656. <https://doi.org/10.1002/aic.690220403>
- Asghar, K., Qasim, M., and Das, D. 2018. Preparation and characterization of mesoporous magnetic MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>@mSiO<sub>2</sub> nanocomposite for drug delivery application. *Materials Today: Proceedings*, 26, 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.05.380>
- Atiyah, Z. Y., Muallah, S. K., & Abbar, A. H. (2024). Removal of COD from Petroleum Refinery Wastewater by Adsorption using Activated Carbon Derived from Avocado Plant. *South African Journal of Chemical Engineering*, 48, 467-483.
- Bahri, Z., and Oemiati, N. 2020. Studi Gerusan Tanah Pada Lereng Sungai Lematang Desa Muara Lawai Kabupaten Muara Enim. *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*, 6(4), 259–267. <https://doi.org/10.32502/jbearing.3221202064>

- Baig, M. M., Yousuf, M. A., Agboola, P. O., Khan, M. A., Shakir, I., and Warsi, M. F. 2019. Optimization of different wet chemical routes and phase evolution studies of MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles. *Ceramics International*, 45(10), 12682–12690. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.03.114>
- Barzegar, B., Peighambaroust, S. J., Aghdasinia, H., and Foroutan, R. (2023). MultiCharacteristic Optimization And Modeling Analysis of Cu<sup>2+</sup> Removal From Wastewater Using Activated Coke/MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Magnetic Composite. *Journal of Water Process Engineering*, 53, 1-14.
- Bohra, M., Agarwal, N., and Singh, V. 2019. A Short Review on Verwey Transition in Nanostructured Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Materials. *Journal of Nanomaterials*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/8457383>
- Budianto. 2016. Basic Design Kapal Pengangkut Batubara 200 Ton Sebagai Jalur Alternatif Rute Sungai Lematang. *Kapal*, 13(2), 84–91.
- Camara, M., Jamil, N.r., Abdullah, A.F.B. 2019. Impact of land uses on water quality in Malaysia: a review. *Ecological Process*, 8(10), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s13717-019-0164-x>.
- Cash Mc. E.M. (2001). *Surface Chemistry*. Oxford University Press, Oxford, USA.
- Chauhan, M.S., Rahul, A.T., Shekhar, S., Kumar, S. 2023. Removal of heavy metal from wastewater using ion exchange with membrane filtration from Swarnamukhi river in Tirupati. *Materials Today: Proceedings*, 78, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.08.280>
- Chena, X. L., Lia, H., Laia, H., Zhang, Y., Chena, Y., Lia, X., Liub, B., and Wangc, H. (2023). Peroxymonosulfate Activation Using MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Modified Biochar for Organic Pollutants Degradation: Performance and Mechanisms. *Separation and Purification Technology*, 308, 1-12.
- Chiavola, ., Marcantonio, C.D., D' gostini, M., Leoni, M., Lazzazzara, M. combined experimental-modeling approach for turbidity removal optimization in a coagulation–flocculation unit of a drinking water treatment plant. *Journal of Process Control*, 130, 103068. <https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2023.103068>
- Chikazumi, Soshin. (2009). *Physics of Ferromagnetism*. Oxford: Oxford University Press.
- Cruz, M. M., Ferreira, L. P., Ramos, J., Mendo, S. G., Alves, A. F., Godinho, M., and Carvalho, M. D. 2017. Enhanced magnetic hyperthermia of CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles. *Journal of Alloys and Compounds*, 703, 370–380. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.01.297>
- Ekere, N. R., Agbazue, V. E., Ngang, B. U., & Ihedioha, J. N. 2019. Hydrochemistry and Water Quality Index of groundwater resources in Enugu north district, Enugu, Nigeria. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(3), 1–15. <https://10.9734/jalsi/2019/v21i330106>
- Ellah, R.A.G. 2020. Water resources in Egypt and their challenges, Lake Nasser

- case study. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46(1), 1-12.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.03.001>
- Erabee, I.K., Ethaib, S.M. 2018. Performane of Activated Carbon Adsorption in Removing of Organic Pollutants from River Water. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(2), 356-358
- Ernest, E., Onyeka, O., David, N., and Blessing, O. (2017). Effects of pH, Dosage, Temperature and Mixing Speed on The Efficiency of Water Melon Seed in Removing the Turbidity and Colour of Atabong River, Awka-Ibom State, Nigeria. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*, 3(5), 427-434.
- Faisal, & Arsad, J. H. (2022). Efektivitas Peraturan Daerah Kota Ternate Nomor 6 Tahun 2018 Tentang Pengelolaan Air Limbah Industri (Studi Dinas Lingkungan Hidup Kota Ternate). *Jurnal Pendidikan Kesehatan Suara Forikes*, 13(1), 140-146.
- Faisal, M., Harmadi, H., and Puryanti, D. 2016. Perancangan Sistem Monitoring Tingkat Kekeruhan Air Secara Realtime Menggunakan Sensor TSD-10. *Jurnal Ilmu Fisika / Universitas Andalas*, 8(1), 9–16.  
<https://doi.org/10.25077/jif.8.1.9-16.2016>
- Fisli, A., Ariyani, A., Wardiyati, S., dan Yusuf, S. (2018). Adsorben Magnetik Nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Karbon Aktif untuk Menyerap Thorium. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 13(3): 192-197.
- Foroutana, R., Mohammadi, R., Razeghib, J., and Ramavandi, B. (2019). Performance of Algal Activated Carbon/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Magnetic Composite for Cationic Dyes Removal from Aqueous Solutions. *Algal Research*, 40, 1-12.
- Geo, Y. and D.A. Rockstraw. 2007. Physicochemical Properties of Carbon Prepared from Pekan Shell by Phosporic Acid Activation. *Bioresource Technology* 98(8): 1513-1521
- Guo, W., Zhu, H., Ren, Q., Chen, S., Ding, Y., Xiong, C., Chen, J., & Jia, X. (2023). MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/ZnO/diatomite composites with electromagnetic wave absorption and antibacterial bifunctions. *Solid State Sciences*, 138, 107152.
- Gusril, H. 2010. Studi Kualitas Air Minum PDAM di Kota Duri Riau. *Jurnal Geografi*, 8(8), 1–7.
- Haerani, A. 2017. Krim Pemutih dan Penyimpanannya. *Farmasetika.com (Online)*, 2(2), 1. <https://doi.org/10.24198/farmasetika.v2i2.15880>
- Hami, M.L., Al-Hashimi, M.A., Al-Dooric, M.M. 2007. Effect of activated carbon on BOD and COD removal in a dissolved air flotation unit treating refinery wastewater. *Desalination*, 216 116–122.  
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.01.003>
- Hanafiah, M.M., Hasan, R.M., Nizam, U.M., Aziz, N.H.A. 2012. water quality of the klang river, selangor, malaysia and heavy metal removal using phytoremediation. *APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL*

RESEARCH, 19(5), 3655-3677.  
[http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1905\\_36553677](http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1905_36553677)

- Hariani, P. L., Said, M., Salni., Rachmat, A., Aprianti, N., and Stephanie, E. A. (2022). Synthesis of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/NiO magnetic composite: Evaluation of its catalytic activity for methylene blue degradation. *Global NEST Journal*, 25(2): 36-43.
- Hariani, P.L., Faizal, M., Ridwan, Marsi, Setiabudidaya, D. 2018. Removal of Procion Red MX-5B from songket's industrial wastewater in South Sumatra Indonesia using activated carbon-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> composite. *Sustainable Environment Research*, 28(4), 158-164.  
<https://doi.org/10.1016/j.serj.2018.01.004>
- Hemalatha, J., Senthil, M., Madhan, D., Al-Mohaimed, A. M., and Al-onazi, W. A. (2024). Fabrication of NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles Loaded on Activated Carbon as Novel Composites for High Efficient Ultra Violet-Light Photocatalysis for Degradation of Aqueous Organic Pollutants. *Diamond & Related Materials*, 144, 1-11.
- Hendrawan, I. G., Uniluha, D., and Maharta, I. P. R. F. 2016. Karakteristik Total Padatan Tersuspensi (Total Suspended Solid) Dan Kekeruhan (Turbidity) Secara Vertikal Di Perairan Teluk Benoa, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 2(1), 29. <https://doi.org/10.24843/jmas.2016.v2.i01.29-33>
- Idris, S., Iyaka, Y. A., Ndamitso, M. M., Mohammed, E. B., & Umar, M. T. (2012). Evaluation of Kinetic Models of Copper and Lead Uptake from Dye Wastewater by Activated Pride of Barbados Shell. *American Journal of Chemistry*, 1(2), 47–51. <https://doi.org/10.5923/j.chemistry.20110102.10>
- Jamilatun, S. (2008). Sifat-Sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa. *Jurnal Rekayasa Proses*, 2(2), 37–40.
- Jewlaika, Lady, Mubarak, and Nurrachmi, I. 2014. Studi Padatan Tersuspensi Di Perairan Pulau Topang Kabupaten Kepulauan Meranti Provinsi Riau. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 19(2), 53–66.
- Jiang, L., Gonzalez-Diaz, A., Jing-Chin, L., Roskilly, A.P. Smallbone, A.J. 2019. Postcombustion CO<sub>2</sub> capture from a natural gas combined cycle power plant using activated carbon adsorption, *Appl. Energy*. 245, 1–15, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.04.006>
- Jordán, D., González-Chávez, D., Laura, D., León Hilario, L. M., Montebancho, E., Gutarra, A., and Avilés-Félix, L. 2018. Detection of magnetic moment in thin films with a home-made vibrating sample magnetometer. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 456, 56–61. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2018.01.088>
- Kang, X., Kang, Y., Hong, X., Sun, Z., Zhen, C., Hu, C., Liu, G., and Cheng, H. 2018. Improving the photocatalytic activity of graphitic carbon nitride by thermal treatment in a high-pressure hydrogen atmosphere. *Progress in Natural Science: Materials International*, 28(2), 183–188. <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2018.02.006>

- Kannan, L., M, G., Gurusamy, R., Selvam, R., & Palaniswamy, R. (2022). Analysis Of Heavy Metals Contamination In Water : A Review. *International Journal of Research and Analytical Reviews*, 8(4), 201–213.
- Kefeni, K.K. Mamba, B.B. 2020. Photocatalytic application of spinel ferrite nanoparticles and nanocomposites in wastewater treatment. *Sustainable Materials and Technologies* 23(4):e00140. [Htpps://doi.org/10.1016/j.susmat.2019.e00140](https://doi.org/10.1016/j.susmat.2019.e00140)
- Kooti, M., and Sedeh, A. N. 2013. Synthesis and Characterization of NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Magnetic Nanoparticles by Combustion Method. *Journal of Materials Science and Technology*, 29(1), 34–38. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2012.11.016>
- Kristianto, H. 2017. Review: Sintesis Karbon Aktif Dengan Menggunakan Aktivasi Kimia ZnCl<sub>2</sub>. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(3), 104–111. <https://doi.org/10.36055/jip.v6i3.1031>
- Kumari, S., Kumar, R.N. 2021. River water treatment using electrocoagulation for removal of acetaminophen and natural organic matter. *Chemosphere*, 273, 128571. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128571>
- Kurtan, U., Güngüneş, H., Sözeri, H., and aykal, . 2016. Synthesis and characterization of monodisperse NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles. *Ceramics International*, 42(7), 7987–7992. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.01.200>
- Laos, L. E., and Selan, A. 2016. Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*, 1(1), 32–36. <https://doi.org/10.29103/jtku.v4i2.69>
- Lensoni., Karma, T., & Wilianda, I. (2023). The Effect of Bamboo Charcoal on pH and Hardware in Dailed Well Water. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(3), 1129-1134.
- Lestari, R. S. D., Sari, D. K., Rosmadiana, A., & Dwipermata, B. (2016). Pembuatan Dan Karaktersasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Dengan Aktivator Asam Fosfat Serta Aplikasinya Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Teknik*, 12(3), 419-430.
- Li, C., Kong, D., Yao, X., Ma, X., Wei, C., & Wang, H. (2022). Resource Recycling Utilization of Distillers Grains for Preparing Cationic Quaternary Ammonium — Ammonium Material and Adsorption of Acid Yellow 11. *Sustainability*, 14, 1–24.
- Lin, J., & Wang, L. (2009). Comparison between linear and non-linear forms of pseudo-first-order and pseudo-second-order adsorption kinetic models for the removal of methylene blue by activated carbon. *Frontiers of Environmental Science and Engineering in China*, 3(3), 320–324. <https://doi.org/10.1007/s11783-009-0030-7>
- Loniza, E., and Syabani, I. 2019. Portable Turbidimeter Dilengkapi Penyimpanan

- Data Berbasis Arduino. *Medika Teknika : Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia*, 1(1). <https://doi.org/10.18196/mt.010103>
- Lopez-Dominguez, V., Quesada, A., Guzmán-Mínguez, J. C., Moreno, L., Lere, M., Spottorno, J., Giacomone, F., Fernández, J. F., Hernando, A., and García, M. A. 2018. A simple vibrating sample magnetometer for macroscopic samples. *Review of Scientific Instruments*, 89(3). <https://doi.org/10.1063/1.5017708>
- Lou J.C, Huang C.E, Han J.Y, Huang, Y. 2010. Generation of disinfection by-products (DBPs) at two advanced water treatment plants. 2010. *Environmental Monitoring Assessment*, 162, 365-375. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0802-3>
- Lourat, M., Enaime, G., Baçaoui1, A., Yaacoubi, A., Blin, J., and Martin, L. (2019). Optimization of Conditions for the Preparation of Activated Carbon from Olive Stones for Application in Gold Recovery. *The Journal of the Southem African Insitut of Mining and Metalurgy*, 119, 297-306.
- Lu, H.M., W.T. Zheng and Q. Jiang. 2007. Saturation Magnetization of Ferromagnetic and Ferrymagnetic Nanocrystal at Room Temperature. *Journal of Appied Physics* 40: 320-325.
- Maulinda, L., Nasrul, Z., and Sari, D. N. 2015. Jurnal Teknologi Kimia Unimal Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 11–19.
- Mayo, J.T., C. Yavuz, S. Yean, Cong, H., Shipley, W. Yu, J. Falkner, A. Kan, M. Thomson and V.L. Colvin. 2008. The Effect of Nanocrystalline Magnetite Size on Arsenic Removal. *Journal of Science and Technology Materials* 8: 71-75
- McCormick, N.J., Porter, M., Walsh, M.E., 2010. Disinfection by-products in filter backwash water: implications to water quality in recycle designs. *Water Res.* 44 (15), 4581–4589. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.05.042>.
- Meldha., Amri, I., Angkoso, M.D.T., Jumaga, Y., Drastinawati. 2023. The utilization of silica sand and clay with the addition of sawdust as raw material for manufacturing ceramic membranes to reduce TSS and TDS levels of peat water. *Materials Today: Proceedings*, 87, 415–419. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.147>
- Meyn, T, Leiknes, T. 2010. Comparison of optional process configurations and operating conditions for ceramic membrane MF coupled with coagulation/flocculation pre-treatment for the removal of NOM in drinking water production. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 59 (2-3), 81–91. <https://doi.org/10.2166/aqua.2010.044>
- Miarti, A., & Iskandar, I. (2022). The Effect of Utilization of Activated Carbon from Rubber Seed Shells and Coagulants from Kepok Banana Peels in Well Water of Kenten Laut Residence Towards Parameter Ph, Tss, Tds and Turbidity. *International Journal of Social Science*, 2(4), 2798-4079.

- Mohammad-pajooa, E., Turcios, A.E., Cuffa, G., Weichgrebea, D., Rosenwinkela, K., Vedenyapinac, M.D., Sharifullina, R.L. 2018. Removal of inert COD and trace metals from stabilized landfill leachate by granular activated carbon (GAC) adsorption. *Journal of Environmental Management*, 228, 15,189-196. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.020>
- Mondal, D. K., Borgohain, C., Paul, N., and Borah, J. P. 2019. Tuning hyperthermia efficiency of MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/ZnS nanocomposites by controlled ZnS concentration. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(6), 5659–5670. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.09.034>
- Mondol, Md.M.H., Yoo, D.K., Jhung, S.H. 2022. Adsorptive removal of carbamazepine and ibuprofen from aqueous solution using a defective Zr-based metal-organic framework. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10, 108560. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.108560>
- Moussa, S.I., Ali, M.M.S., Sheha, R.R. 2021. The performance of activated carbon/NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> magnetic composite to retain heavy metal ions from aqueous solution. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 29, 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2020.07.036>
- Muflihatun, Shofiah, S., dan Suharyadi, E. (2015). Sintesis Nanopartikel Nickel Ferrite (NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Jurnal Fisika Indonesia*. 19(55): 20-25.
- Munajad, A., Subroto, C., and Suwarno. 2018. Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy analysis of transformer paper in mineral oil-paper composite insulation under accelerated thermal aging. *Energies*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/en11020364>
- Muoio, R., Caretti, C., Rossi, L., Santianni, D., Lubello, C. 2020. Water safety plans and risk assessment: A novel procedure applied to treated water turbidity and gastrointestinal diseases. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 223(1), 281–288. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.07.008>
- Mustofa, A. 2018. Pengaruh total padatan tersuspensi terhadap biodiversitas makrozoobentos di Pantai Telukaur Kabupaten Jepara. *Disprotek*, 9(1), 37–45.
- Nguyen, M. D., Tran, H.-V., Xu, S., and Lee, T. R. 2021. Structures , Synthesis , Magnetic Properties , Surface Functionalization , and. *Applied Sciences*.
- Nguyen, M.D., Thomas, M., Surapaneni, A., Moon, E.M., Milne, N.A., 2022. Beneficial reuse of water treatment sludge in the context of circular economy. *Environ. Technol. Innov.* 28, 102651 <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102651>.
- Ningsih, D. A., Said, I., and Ningsih, P. 2017. Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dari Larutannya dengan Menggunakan Adsorben dari Tongkol Jagung. *Jurnal Akademika Kimia*, 5(2), 55. <https://doi.org/10.22487/j24775185.2016.v5.i2.8002>

- Ningsih, W., Fitriani, H., and Hadinata, F. 2023. Analysis of technical evaluation and customer satisfaction of clean water services (case study: PDAM Lematang Enim at Muara Enim Regency, South Sumatra, Indonesia). *Journal Pre-proof*, 32. <https://doi.org/10.22630/srees.4>
- Niu, J., Zhang, H., Li, L., and Guo, Y. (2021). Cost-Effective Activated Carbon (AC) Production From Partial Substitution of Coal With Red Mud (RM) as Additive for SO<sub>2</sub> And Nox Abatement at Low Temperature. *Fuel*, 293, 1-11.
- Nofyat, Ibrahim, A., and Ambarita, A. 2018. Sistem Informasi Pengaduan Pelanggan Air Berbasis Website Pada Pdam Kota Ternate. *IJIS - Indonesian Journal On Information System*, 3(1), 10. <https://doi.org/10.36549/ijis.v3i1.37>
- Nurfarizha, H., Wirawan, T., & Widodo, N. T. (2022). Adsorpsi Fenol oleh Arang Aktif Ampas Kopi Teraktivasi Fisik dan Kimia. *Jurnal Atomik*, 6(2), 111-118.
- O'Keefe, J. M. K., Bechtel, A., Christanis, K., Dai, S., DiMichele, W. A., Eble, C. F., Esterle, J. S., Mastalerz, M., Raymond, A. L., Valentim, B. V., Wagner, N. J., Ward, C. R., and Hower, J. C. 2013. On the fundamental difference between coal rank and coal type. *International Journal of Coal Geology*, 118, 58–87. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2013.08.007>
- Peña-Guerreroa, M.D., Nauditta, A., Muñoz-Roblesb, C., Ribbeaand, L., Meza, F. 2020. Drought impacts on water quality and potential implications for agricultural production in the Maipo River Basin, Central Chile. *Hydrological Sciences Journal*, 65(6), 1005-1020. <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1711911>
- Petit, S., and Madejova, J. 2013. Fourier Transform Infrared Spectroscopy. In *Developments in Clay Science* (2 ed., Vol. 5, Nomor C). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-098259-5.00009-3>
- Peyrovi, M. H., and Parizi, M. A. (2022). The Modification of the BET Surface Area by Considering the Excluded Area of Adsorbed Molecules. *Physical Chemistry Research*, 10(2), 173-177.
- Postolachi, L., Rusu, V., Lupascu, T. 2016. Effect Of Aluminium Sulphate Aging On Coagulation Process For The Prut River Water Treatment. *Chemistry Journal of Moldova. General, Industrial and Ecological Chemistry*, 11(1), 27-32.
- Raposo, F., De La Rubia, M. A., & Borja, R. (2009). Methylene blue number as useful indicator to evaluate the adsorptive capacity of granular activated carbon in batch mode: Influence of adsorbate/adsorbent mass ratio and particle size. *Journal of Hazardous Materials*, 165(1–3), 291–299. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.09.106>
- Reddy, D.H.K., Yun, Y.S. 2016. Spinel ferrite magnetic adsorbents: alternative future materials for water purification. *Coordination Chemistry Reviews*, 315, 90-111. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2016.01.012>
- Rehman, A., Daud, A., Warsi, M. F., Shakir, I., Agboola, P. O., Sarwar, M. I., and



- Zulfiqar, S. 2020. Nanostructured maghemite and magnetite and their nanocomposites with graphene oxide for photocatalytic degradation of methylene blue. *Materials Chemistry and Physics*, 256(July), 123752. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.123752>
- Rockstrom, J., Mazzucato, M., Andersen, L.S., Fahrlander, S.F., Gerten, D. 2023. Why we need a new economics of water as a common good, *Nature*, 615, 794–797.
- Romanos, J., Beckner, M., Rash, T., Firlej, T., Kuchta, B., Yu, P., Suppes, G., Wexler, C., & Pfeifer, P. (2012). Nanospace Engineering of KOH Activated Carbon. *Nanotechnology*, 23, 1-7.
- Sa'diyah, K., & Lusiani, C. E. 2022 . Kualitas Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok Menggunakan Aktivator Kimia dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Aktivasi. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 6(1), 9-19.
- Sagala, P. E. 2012. Komposisi dan keanekaragaman benthos dalam menilai kualitas air Sungai Lematang, di Desa Tanjung Muning, Kecamatan Gunung Megang Kabupaten Muara Enim. *Jurnal Penelitian Sains*, 15(2), 83–87.
- Salman, A.D., Juzsakova, T., Akos, ´ R., Ibrahim, R.I., Al-Mayyahi, M.A., Mohsen, S., Abdullah, T.A., Domokos, E., 2021. Synthesis and surface modification of magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub> core-shell nanoparticles and its application in uptake of scandium (III) ions from aqueous media. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 28, 28428–28443. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-12170-4>
- Sampedro, Ó., and Salgueiro, J. R. 2015. Turbidimeter and RGB sensor for remote measurements in an aquatic medium. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 68, 128–134. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2015.02.049>
- Satriani, D., Ningsih, P., & Ratman. (2016). Serbuk dari Limbah Cangkang Telur Ayam Ras sebagai Adsorben Terhadap Logam Timbal (Pb). *Jurnal Akademika Kimia*, 5(3), 103-108.
- Sayid, S. A., Dadan-Garba, A., Eneche, D. E., and Ikyo, B. A. 2020. Scanning Electron Microscopy (SEM) of the Bug Eye and Sand Coral. *Microscopy Research*, 08(01), 1–7. <https://doi.org/10.4236/mr.2020.81001>
- Scott, L.K. 1965. *Physical Chemistry*. Publishers Book Sellers. Barner and Noble, Inc., New York.
- Sharma, G., Sharma, S., Kumar, A., Lai, C. W., Naushad, M., Shehnaz, Iqbal, J., & Stadler, F. J. (2022). Activated Carbon as Superadsorbent and Sustainable Material for Diverse Applications. *Adsorption Science and Technology*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/4184809>
- Sheikhmohammadi, H., Asgari, E., and Yeganeh, J. (2021). Application of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@Activated Carbon Magnetic Nanoparticles for the Adsorption Of

- Metronidazole From Wastewater: Optimization, Kinetics, Thermodynamics and Equilibrium Studies. *Desalination and Water Treatment*, 222, 354-365.
- Shukla, S.K., Mushaiqri, N.R.S., Al Subhi, H.M., Yoo, K., Al Sadeq, H. 2020. Low-cost activated carbon production from organic waste and its utilization for wastewater treatment. *Applied Water Science*, 10(62), 1-9. <https://doi.org/10.1007/s13201-020-1145-z>
- Simbolon, L. A., Widarti, B. N., and Sarwono, E. (2022). Penurunan Konsentrasi Besi (Fe) dan Kromium (Cr) Air Lindi Dengan Variasi Waktu Kontak dan Kecepatan Pengadukan Menggunakan Sistem Batch. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, 6(1), 12-24.
- Sivakumar and P.N. Palanisamy. 2009. Adsorption Studies Of Basic Red 29 By A Non-Conventional Activated Carbon Prepared from Euphorbia Anti Quorum L. *International Journal of Chem. Tech Research CODEN USA 3*: 502-510
- Su, H., Geng, D., Zhang, Z., Luo, Q., Wang, J. Assessment of the impact of natural and anthropogenic activities on the groundwater chemistry in Baotou City (North China) using geochemical equilibrium and multivariate statistical techniques. *Environmental Science and Pollution*, 27, 27651–27662. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09117-0>
- Supattarasakda, K., Petcharoen, K., Permpool, T., Sirivat, A., and Lerdwijitjarud, W. 2013. Control of hematite nanoparticle size and shape by the chemical precipitation method. *Powder Technology*, 249, 353–359. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2013.08.042>
- Syauqiah I., Amalia M., and Kertini H. A. 2011. Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.
- Tadic, M., Panjan, M., Damjanovic, V., and Milosevic, I. 2014. Magnetic properties of hematite ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) nanoparticles prepared by hydrothermal synthesis method. *Applied Surface Science*, 320, 183–187. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.08.193>
- Tandiarrang, J., Devy, S. D., & Trides, T. (2016). Studi Perbandingan Penggunaan Tawas ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) Dan Kapur Padam ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) Pada Pengolahan Air Asam Tambang Di Pt Kaltim Diamond Coal Kecamatan Loa Kulu Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Mineral*, 4(1), 23-30.
- Tipsawat, P., Wongpratad, U., Phumying, S., Chanlek, N., Chokprasombat, K., and Maensiri, S. 2018. Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) nanoparticles: Synthesis, characterization and electrochemical properties. *Applied Surface Science*, 446, 287–292. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.11.053>
- Tiwari, R., De, M., Tewari, H. S., and Ghoshal, S. K. (2019). Structural and Magnetic Properties of Tailored  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  Nanostructures Synthesized Using Auto-Combustion Method. *Results in Physics*, 16(102916), 1-8.
- Vakili, M., Deng, S., Cagnetta, G., Wang, W., & Meng, P. (2019). Separation And

- Purification Technology Regeneration Of Chitosan-Based Adsorbents Used In Heavy Metal Adsorption : A Review. *Separation and Purification Technology*, 224(February), 373–387. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.05.040>
- Vamvakidis, K., Katsikini, M., Sakellari, D., Paloura, E. C., Kalogirou, O., and Dendrinou-Samara, C. 2014. Reducing the inversion degree of MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles through synthesis to enhance magnetization: Evaluation of their <sup>1</sup>H NMR relaxation and heating efficiency. *Dalton Transactions*, 43(33), 12754–12765. <https://doi.org/10.1039/c4dt00162a>
- Ventresque C, Gisclon V, Bablon G, Chagneau G. 2000. An outstanding feat of modern technology: the Mery-sur-Oise nanofiltration treatment plant (340 000m<sup>3</sup>d<sup>-1</sup>). *Desalination*, 131, 1–16. [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(00\)90001-8](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(00)90001-8)
- Wati, L., Pratami, D., Ariswati, H. G., & Titisari, D. (2020). Effect of Temperature on pH Meter Based on Arduino Uno With Internal Calibration. *Journal of Electronics, Electromedical, and Medical Informatics*, 2(1), 23–27. <https://doi.org/10.35882/jeeemi.v2i1.5>
- Wen, X., Zhang, X., Wang, M., Yuan, C., Lang, J., Li, X., Wei, H. 2023. Daniel Mandler d, Mingce Long Efficient electrocatalytic H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> activation over nitrogen-doped carbon encapsulated Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> for drinking water disinfection. *Applied Catalysis B: Environmental*, 342, 123437. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2023.123437>.
- WHO, in: Protecting Surface Water for Health, World Health Organization, Geneva, 2016. [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/pswh-160830.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/pswh-160830.pdf)
- Wibisana, H., Soekotjo, B. M., & Lasminto, U. (2018). Preliminary Study of Total Suspended Solid Distribution in Coastal Ujung Pangkah Gresik Based Reflectance Value of Landsat Satellite Imagery. *Indonesian Journal of Geography*, 50(1), 42-48.
- Widayatno, T., Yuliawati, T., Susilo, A. A., Studi, P., Kimia, T., Teknik, F., and Muhammadiyah, U. 2017. Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17–23.
- Widjajanti, E., P, R. T., and Utomo, M. P. 2011. Pola Adsorpsi Zeolit Terhadap Pewarna Azo Metil Merah dan Metil Jingga. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*, 115–122.
- Wijayanti, M. S., Agustina, T. E., Dahlan, M. H., and Teguh, D. (2022). Determination of Coagulant Dosage and Stirring Time in Laboratory Wastewater Pretreatment. *Indonesian Journal of Environmental Management and Sustainability*, 6, 137-142.
- Wulandari, L., Yanti, L. S. D., Nurhidayati, L., Fakhridani, M. S., Farid, M., Wijaya, M. A., and Sayuti, M. 2014. Instrumentasi Alat Laboratorium

Turbidimeter dan Densitometer. *Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Banjarmasin*. <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>

- Xu, H., Pei, H., Jin, Y., Xiao, H., Ma, C., Sun, J., Li, H., 2017. Characteristics of water obtained by dewatering cyanobacteria-containing sludge formed during drinking water treatment, including C-, N-disinfection byproduct formation. *Water Res.* 111, 382–392. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.01.021>
- Yustinah, Hudzaifah, Aprilia, M., and Syamsudin, A. 2019. Kesetimbangan Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dengan Adsorben Tanah Diatomit Secara Batch. *Jurnal Konveksi*, 8(2), 37–43.
- Zhang, Y., Hu, X., Wang, H., Li, J., Fang, S., Li, G. 2023. Magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/bamboo-based activated carbon/UiO-66 composite as an environmentally friendly and effective adsorbent for removal of Bisphenol A. *Chemosphere*, 340, 139696, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139696>