

# Peluang Nanopori Karbon Moringa Oleifera mengurangi residu besi efluen fenton air limbah organik tinggi

*by Perpustakaan USB2*

---

**Submission date:** 13-Jan-2025 04:08PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2563307078

**File name:** Template\_JIL\_-DRAF\_FENTON-MO-rev\_MOCA-final-130125.docx (507.04K)

**Word count:** 5354

**Character count:** 33642

## PELUANG NANOPORI KARBON *MORINGA OLEIFERA* MENGURANGI RESIDU BESI EFLUEN FENTON AIR LIMBAH ORGANIK TINGGI

Peni Pujiastuti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Analisis Kimia Fakultas Teknik Universitas Setia Budi; e-mail: [penipujiastuti@setiabudi.ac.id](mailto:penipujiastuti@setiabudi.ac.id)

### ABSTRAK

Polutan organik konsentrasi tinggi dari limbah industri mendominasi pencemaran air permukaan. Menimbulkan ancaman signifikan terhadap ekosistem perairan dan kesehatan manusia. Polutan ini sulit mengalami biodegradasi, menyebabkan mengurangi kualitas air dan mengganggu kehidupan biota air. Reagen Fenton sangat efektif mengurangi konsentrasi polutan organik tinggi hingga lebih dari 90%. Namun efluen proses fenton mengandung residu Fe sangat tinggi melebihi baku mutu, berakibat menimbulkan pencemaran air. Diperlukan upaya pengolahan lanjutan yang ramah lingkungan. *Moringa oleifera* mempunyai peluang besar untuk mengurangi residu Fe setelah pengolahan fenton. Proses ini menjanjikan keamanan bagi biota air. Penelitian ini bertujuan memberikan solusi ramah lingkungan dalam pengolahan limbah organik tinggi pada efluen fenton menggunakan nanopori karbon *Moringa oleifera* (MOC dan MOCA) untuk mengurangi residu Fe. Metode penelitian deskriptif laboratoris. Sampel penelitian adalah air limbah industri tahu. Pengolahan menggunakan reagen fenton ( $H_2O_2$  0,3M dan  $FeSO_4$  0,8M). Efluen dari proses fenton ditambahkan serbuk MOC dan MOCA 100 mesh. Variabel bebas konsentrasi (ppm) MOC dan MOCA: 100, 200, 300 dan 400. Selanjutnya diuji waktu kontak (menit) 15, 30, 45 dan 60 terhadap konsentrasi paling optimal mengurangi residu Fe. Sampel sebelum dan sesudah pengolahan diuji kadar Fe. Uji karakteristik partikel MOC dan MOCA menggunakan SEM-EDX dan BET-BJH. Uji karakteristik kimia meliputi kadar air, kadar abu, protein, lemak, karbohidrat, daya serap terhadap iod menggunakan metode terstandar sesuai SNI. Hasil penelitian menunjukkan MOC dan MOCA memiliki peluang besar sebagai biokoagulan ramah lingkungan. MOCA 400 mg/l dengan waktu kontak 30 menit berpeluang besar menjadi biokoagulan untuk mengurangi residu Fe, dengan efisiensi sebesar 76,39%.

**Kata kunci:** Polutan organik, Fenton, Residu Fe, *Moringa oleifera*, biokoagulasi

### ABSTRACT

High concentrations of organic pollutants from industrial waste dominate surface water pollution. Poses significant threats to aquatic ecosystems and human health. This pollutant is difficult to biodegradable, causing water quality to decrease and disrupting the life of aquatic biota. Reagen Fenton sangat efektif mengurangi konsentrasi polutan organik tinggi hingga lebih dari 90%. However, the Fenton process effluent contains very high Fe residues that exceed quality standards, resulting in water pollution. Further environmentally friendly processing efforts are needed. *Moringa oleifera* has a great opportunity to reduce Fe residue after Fenton processing. This process promises safety for aquatic biota. This research aims to provide an environmentally friendly solution for processing high organic waste in Fenton effluent using *Moringa oleifera* carbon nanopores (MOC and MOCA) to reduce Fe residue. Laboratory descriptive research method. The research sample was tofu industry wastewater. Laboratory descriptive research method. The research sample was tofu industry wastewater. Processing uses Fenton's reagent ( $H_2O_2$  0.3M and  $FeSO_4$  0.8M). The effluent from the Fenton process was added with 100 mesh MOC and MOCA powder. The independent variables were concentration (ppm) of MOC and MOCA: 100, 200, 300 and 400. Next, contact times (minutes) of 15, 30, 45 and 60 were tested for the most optimal concentration to reduce Fe residue. Samples before and after processing were tested for Fe content. Test the characteristics of MOC and MOCA particles using SEM-EDX and BET-BJH. Chemical characteristic tests include water content, ash content, protein, fat, carbohydrates, iodine absorption using standardized methods according to SNI. The research results show that MOC and MOCA have great opportunities as environmentally friendly biokoagulants. MOCA 400 mg/l with a contact time of 30 minutes has a great opportunity to become a biokoagulant to reduce Fe residues, with an efficiency of 76.39%.

**Keywords:** Organic pollutants, Fenton, Fe residue, *Moringa oleifera*, biocoagulation

**Citation:** Pujiastuti, P. (2025). Peluang Nanopori Karbon *Moringa Oleifera* Mengurangi Residu Besi Effluent Fenton Air Limbah Organik Tinggi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, xx(x), xx-xx, doi:10.14710/jil.xx.x.xxx-xx  
42

## 1. Pendahuluan

Air sungai merupakan salah satu air permukaan yang menerima buangan limbah industri, seperti industri batik, industri makanan, industri tahu, industri laundry, dan sebagainya. Air limbah industri yang dibuang tanpa dilakukan pengolahan akan meningkatkan beban pencemaran air permukaan (Tugiyono et al., 2023) (Iloms et al., 2020). Industri menjadi sumber utama pencemaran air, kandungan logam berat yang tinggi (Xu et al., 2022) (Iloms et al., 2020). Hal ini dapat menyebabkan resiko pencemaran pada lingkungan air sungai tersebut dan kesehatan manusia. Sebagian besar air limbah industri mengandung polutan organik dengan angka BOD dan atau COD (Pujiastuti Peni, 2024). Air limbah industri tahu, mengandung polutan organik tinggi dengan angka COD sebesar 7482,30 mg/L (Aji et al., 2016), industri tekstil sebesar  $1268 \pm 121$  mg/L (Kishor et al., 2021). Polutan organik mengandung material organik yang bersifat *biodegradable* dan *non biodegradable* (Pujiastuti Peni, 2024). Mikroorganisme dalam perairan tersebut mampu menguraikan material organik *biodegradable* menjadi senyawa yang lebih sederhana tidak berbahaya terhadap lingkungan air. Namun material organik *non-biodegradable* akan sulit diuraikan oleh mikroorganisme secara alami (Pujiastuti Peni, 2024). Diperlukan pengolahan air limbah untuk mengurangi kandungan polutan organik (Fang et al., 2024) (Wijayanti et al., 2023). Fenton merupakan reagen kimia yang terdiri dari Hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) dan Ferro Sulfat ( $FeSO_4$ ) (Fang et al., 2024) (Lima et al., 2023) (Liu et al., 2021).

Meminimalkan produksi lumpur yang mengandung besi setelah proses fenton (Wijayanti et al., 2023). mengintegrasikan fenton dengan adsorpsi karbon aktif mampu mengurangi residu besi. Lima et al., (2023) mengkombinasikan fenton dengan asam galat hasil ekstraksi kulit kayu. Namun, penelitian tentang kombinasi fenton dengan koagulan alami, seperti biji Moringa oleifera (Mo), masih terbatas, sehingga eksplorasi bahan alami ini menjadi area penelitian yang menjanjikan. Mo terbukti mampu mengurangi kandungan besi dalam air limbah laboratorium dengan efisiensi 89% (Pujiastuti et al., 2022). Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi peluang Mo dalam mengurangi residu besi pada air limbah organik tinggi setelah pengolahan Fenton.

## 2. Literature review

### 2.1. Polutan organik tinggi air limbah industri

Air limbah industri tahu mempunyai masalah lingkungan yang signifikan, karena tingginya polutan organik yang ditandai angka COD yang tinggi. COD air limbah tahu dapat melebihi 14.000 mg/l, jauh melebihi baku mutu perub 5 tahun 2012 sebesar 200 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa air limbah tahu memiliki potensi menimbulkan pencemaran air apabila tidak dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke badan air (Ismawati et al., 2022) (Septriani et al.,

Fenton berperan sebagai pereaksi oksidasi tingkat tinggi (Fang et al., 2024) (Wijayanti et al., 2023). Fenton mampu mengurangi polutan organik tinggi dalam air limbah industri (Wang et al., 2022) (Zhang et al., 2021a). Efektifitasnya pada pengolahan air limbah tahu mencapai lebih dari 90% (Aji et al., 2016), pengolahan limbah laboratorium kimia mencapai 99,98% (Wijayanti et al., 2023), industri tekstil (Zhang et al., 2021b). Fenton terbukti efektif mengurangi polutan organik tinggi. Namun dalam proses pengolahan ini menyisakan residu besi dalam efluennya (Tamas Isna Nufussilma, 2017) (Lyu et al., 2020). Keberadaan besi dalam limbah industri dapat menimbulkan masalah pencemaran air, mengganggu kehidupan biota pada lingkungan air tersebut, yang juga akan berdampak pada kesehatan manusia (Kahlon et al., 2018). Pengolahan polutan organik tinggi dengan menggunakan Fenton sudah banyak dilakukan (Aji et al., 2016) (Jain et al., 2018) (Fang et al., 2024), namun residu besi yang dihasilkan dari proses fenton tersebut belum banyak menjadi perhatian. Residu besi dapat menimbulkan pencemaran baru. Jadi pengolahan polutan organik tinggi menggunakan satu metode fenton saja tidak menyelesaikan masalah pencemaran air. Beberapa penelitian telah mencoba melakukan kombinasi fenton dengan Biochar dapat mengurangi residu besi dalam lumpur.

2021). Komposisi organik air limbah ini terutama berasal dari kandungan protein (40-60%), karbohidrat (25-50%), dan lemak (10%) yang terdapat dalam proses produksi tahu, yang berkontribusi terhadap tingginya angka COD dan BOD (Isnati et al., 2022) (Andrio et al., n.d.).

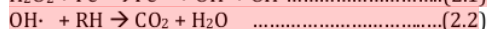
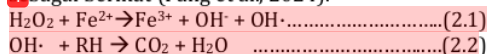
Pembuangan air limbah tahu ke badan air tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu akan menimbulkan dampak ekologis yang merugikan, termasuk menipisnya kandungan oksigen terlarut dalam air, sehingga membahayakan kehidupan akuatik (Sumiyati et al., 2023) (Anugraheni & Isworo, 2021). Penelitian telah menunjukkan bahwa kandungan organik tinggi dari air limbah tahu dapat menyebabkan pencemaran yang signifikan pada badan air penerima, yang menyebabkan penurunan kualitas air dan potensi pertumbuhan alga yang berbahaya karena kelebihan nutrisi (Hardyanti et al., 2024). Situasi ini diperburuk di daerah-daerah yang banyak memproduksi tahu dalam skala kecil, karena banyak dari operasi ini tidak memiliki fasilitas pengolahan air limbah yang memadai, sehingga mengakibatkan pembuangan langsung ke saluran air setempat. (Mulyadi & Safrudin, 2020).

Namun, ada peluang untuk mengolah air limbah tahu secara efektif, khususnya melalui metode biologis seperti pencernaan anaerobik, yang dapat mengurangi tingkat COD secara signifikan sekaligus

menghasilkan biogas sebagai sumber energi terbarukan (Setyowati Rahayu et al., 2018). Selain itu, penggunaan koagulan seperti Poli Aluminium Klorida (PAC) dan bahan alami seperti kitosan telah dieksplorasi untuk meningkatkan penghilangan COD dan polutan lainnya dari air limbah tahu (Fauziah et al., 2022) (Seroja et al., 2018). Metode-metode ini tidak hanya mengurangi potensi pencemaran air limbah tahu namun juga berkontribusi pada pemulihan sumber daya, sehingga membuat proses produksi tahu lebih berkelanjutan. (Fauziah et al., 2022) (Setyowati Rahayu et al., 2018).

## 2.2. Proses Fenton

Proses fenton merupakan <sup>1</sup> reaksi oksidasi tingkat tinggi. Termasuk dalam Teknologi oksidasi kimia lanjut (*Advanced Oxidation Process-AOPs*). Oksidator  $H_2O_2$  mampu mendegradasi polutan Organik tinggi (Zhang et al., 2021b) (Wijayanti et al., 2023). Reaksi ini akan berlangsung cepat dengan bantuan katalisator Fero sulfat ( $FeSO_4$ ). Reaksi berlangsung efektif dalam suasana asam <sup>1</sup> (Tamas Isna Nufussilma, 2017) (Aji et al., 2016). Proses Fenton didasarkan pada perpindahan elektron  $H_2O_2$  dan aktivitas  $Fe^{2+}$  sebagai katalis homogen. Proses oksidasinya didasarkan pada campuran hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) dan garam besi ( $Fe[II]$ ) untuk menghasilkan radikal hidroksil ( $OH\cdot$ ) pada pH asam, selanjutnya radikal hidroksil ini bereaksi dengan cepat terhadap polutan organik dalam lingkungan air. Kondisi air limbah, perbandingan  $H_2O_2$  dengan  $FeSO_4$  yang tepat akan menghasilkan reaksi fenton optimal (Tamas Isna Nufussilma, 2017). Mekanisme reaksi fenton adalah <sup>1</sup> bagai berikut (Fang et al., 2024).



## 2.3 Residu Besi (Fe)

Proses fenton memang terbukti efektif mengurangi polutan organik yang terdegradasi menjadi  $CO_2$  dan  $H_2O$ . Dibuktikan dengan mengukur angka COD influen dan effluen. Namun proses fenton menghasilkan residu di dalam endapan dan effluennya (Tamas Isna Nufussilma, 2017) (Feng et al., 2021), yang membahayakan lingkungan air. Residu fenton berisi senyawa besi dalam bentuk Fero,  $H_2O_2$  dan pH asam. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengurangi residu besi. Tamas Isna Nufussilma, (2017) menambahkan NaCl pada pengolahan air lindi. Feng et al. (2021) melakukan kombinasi fenton dengan biochar, mampu mengurangi residu besi pada effluen. Soltani et al., (2022) menyebutkan bahwa sistem bio-elektro-fenton (BEF) mampu menghasilkan produksi bersih. Namun demikian penggunaan moringa oleifera (MO) belum dieksplorasi.

## 2.4 Serbuk biji Moringa oleifera aktif sebagai Biokoagulan

Moringa oleifera telah lama digunakan sebagai alternatif alami untuk pengolahan air, karena mengandung protein kationik yang berfungsi sebagai koagulan alami. Protein ini menginduksi pembentukan flok melalui interaksi elektrostatis dengan partikel tersuspensi dalam air, menyebabkan partikel-partikel tersebut mengumpul dan mengendap (Shah et al., 2024) (Olabanji et al., 2021). Senyawa aktif dalam biji Moringa terutama adalah *4-alpha-rhamnosyloxy-benzyl isothiocyanate*, yang memiliki muatan positif kuat sehingga menarik partikel bermuatan negatif seperti tanah liat, bakteri, dan bahan organik lainnya yang terdapat dalam air (Pujiastuti et al., 2022) (Prajapati et al., 2022)

Mekanisme utama dari koagulasi ini mencakup dua tahap: 1) adsorpsi dan netralisasi muatan oleh protein yang mengikat partikel tersuspensi dan, 2) pembentukan jembatan flokulasi yang menyebabkan partikel-partikel saling mengikat menjadi agregat lebih besar yang dapat mengendap dengan mudah (Shan et al., 2017). Dengan mekanisme ini, protein dalam Moringa oleifera berfungsi mirip dengan polielektrolit kationik sintetis seperti PAC yang sering digunakan dalam pengolahan air, namun dengan keuntungan tambahan berupa keamanan dan biodegradabilitas tinggi.

## 3. Research Method

### 3.1. Materials

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah:  $H_2O_2$  pa Merck,  $FeSO_4$  pa Merck, NaOH pa Merck, HCl pa Meck,  $HNO_3$  pa Merck, Acetylene gas ( $C_2H_2$ ), larutan standar logam besi Fe.

Alat utama yang digunakan Spektrofotometer UV-Vis dan AAS.

15

### 3.2 Parameter penelitian

Parameter utama yang diukur dalam penelitian ini adalah zat besi terlarut (Fe). Parameter pendukung adalah COD. Besi terlarut diukur menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) dan spektrofotometri UV-Vis, sesuai dengan SNI 6989.4:2009). Parameter tersebut digunakan untuk menilai efektivitas proses Fenton yang dikombinasikan dengan nanopori karbon biji kelor (MOC) dan karbon aktif biji kelor (MOCA) dengan ukuran 100 mesh. Pengaruh konsentrasi dan waktu kontak MOC dan MOCA menjadi variabel berubah.

### 3.3 Sample Preparation

Pengambilan sa <sup>14</sup> el air limbah industri dilakukan sesuai dengan SNI nomor 6989.59:2008 tentang metode pengambilan contoh air limbah. Selanjutnya dilakukan pengaturan derajat keasaman sampai mencapai pH 3 sebelum proses fenton dilakukan (Aji et al., 2016).

### 3.4 Proses Fenton.

Prosedur proses fenton pada limbah industri berdasarkan penelitian (Aji et al., 2016) Aji et al (2016), sebagai berikut: Ke dalam 1 L air limbah industri tahu pH 3 ditambahkan 4 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0,8 M dan 4 mL FeSO<sub>4</sub> 0,3 M, selanjutnya dilakukan pengadukan diatas hot magnetic stirer selama 1 jam. Kemudian dibiarkan mengendap, filtratnya dipisahkan disebut effluen proses fenton, selanjutnya digunakan untuk analisis residu Fe dan proses biokoagulasi dengan MOC dan MOCA.

### 3.5 Persiapan MOC dan MOCA

Biji kelor (*Moringa oleifera*/Mo) kering kupas kulit kotiledon dilakukan pengarangan di dalam muffle furnace pada suhu 400°C selama 15 menit. Arang yang dihasilkan ditumbuk halus dan disaring menggunakan saringan 100 mesh, selanjutnya disebut MOC. Arang Mo diaktifkan di dalam larutan HCl 2% dengan waktu kontak 3 jam, dikeringkan, ditumbuk dan disaring dengan saringan 100 mesh, selanjutnya disebut MOCA.

#### 5.1 Uji karakteristik MOC dan MOCA

Uji karakteristik Kimia meliputi kadar air, kadar abu, protein, lemak, karbohidrat, daya serap terhadap iod menggunakan metode standar nasional Indonesia (SNI). Karakteristik untuk mengetahui topografi permukaan dan kandungan unsur adsorben MOC dan MOCA dilakukan dengan uji scanning electron microscopy-energy dispersive X-Ray (SEM-EDX). Karakterisasi luas permukaan total, ukuran pori dan volume pori dari adsorben MOC dan MOCA dengan metode Brunauer-Emmett-Teller dan Barrett-Joyner-Halenda (BET-BJH).

#### 3.5.2 Proses biokoagulasi dengan MOC dan MOCA.

Proses mengurangi residu Fe dilakukan menggunakan metode jarrest. MOC atau MOCA dengan variasi konsentrasi 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm dan 400 ppm ditam<sup>13</sup>kan ke dalam 100 mL effluent Fenton. Dilakukan pengadukan cepat 200 rpm selama 30 menit dan pengadukan lambat 50 rpm selama 15 menit (Pujiastuti et al., 2022). Selanjutnya filtrat dilakukan analisis Fe, menggunakan metode spektrofotometri sesuai SNI 6989.4:2009.

## 4. Result and Discution

### 4.1. COD before and after adding Fenton

Gambar 1 menunjukkan bahwa air limbah tahu sebelum pengolahan fenton mengandung polutan organik tinggi, memiliki<sup>10</sup> angka COD sebesar 778 mg/l sampai dengan 19917 mg/l. Jauh melebihi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 air limbah industri tahu maksimal memiliki angka COD sebesar 300 mg/l. Polutan tersebut efektif dioksidasi dengan reagen fenton. Oksidator kuat H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan katalisator FeSO<sub>4</sub> dengan pH 3 mampu mendegradasi polutan organik menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan angka COD

yang sangat tajam, sejalan dengan penelitian (Liu et al., 2021). Rata-rata angka COD pada influen fenton sebesar 7574 mg/l dan effluen fenton sebesar 404,1667 mg/l.

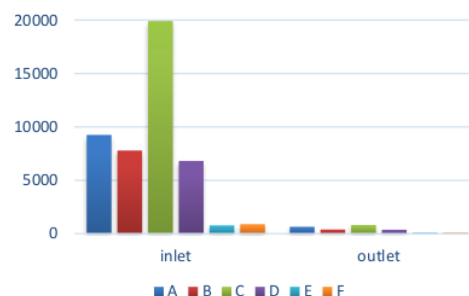
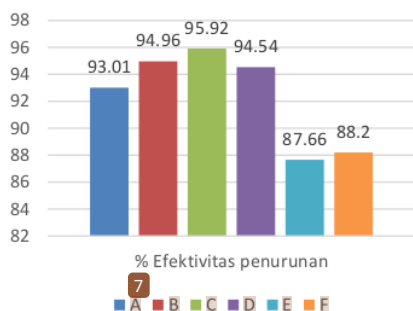


Figure 1. Fenton Reactor inlet and outlet COD levels

Proses Fenton secara efektif mengurangi tingkat COD dalam air limbah industri dengan polutan organik tinggi, seperti pada lindi (Wijayanti et al., 2023), industri tahu (Aji et al., 2016). Angka COD pada inlet reaktor Fenton lebih tinggi dibanding outlet. Menunjukkan proses fenton<sup>19</sup>ktif mengurangi polutan organik, seperti terlihat pada Gambar 1 dan Gambar 2. Hal ini menunjukkan kapasitas proses Fenton dalam mendegradasi polutan organik tinggi, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan kualitas air (Ribeiro & Nunes, 2021) (Wijayanti et al., 2023). Selain itu, kandungan residu besi terjadi perubahan yang signifikan sebelum dan sesudah proses fenton. Proses fenton menghasilkan produksi residu besi sebagai produk sampingan, seperti terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Hasil pengurangan COD dan residu besi menegaskan efektivitas sistem secara keseluruhan dan menggarisbawahi perlunya pengelolaan kontaminan sekunder.

### 4.2. Efektivitas Fenton

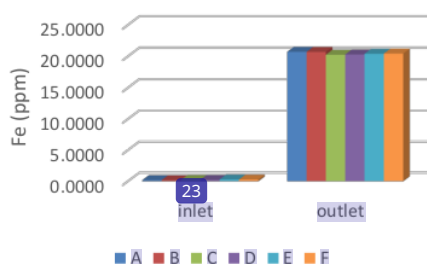
Gambar 2 menjelaskan bahwa reagen fenton sangat efektif dalam mengurangi polutan organik air limbah industri tahu, mampu mengurangi angka COD dengan efektifitas hingga 95,92%. Ini selaras dengan penelitian (Hardyanti et al., 2024) mencapai 95,13% dan (Aji et al., 2016) sebesar 94,48%.



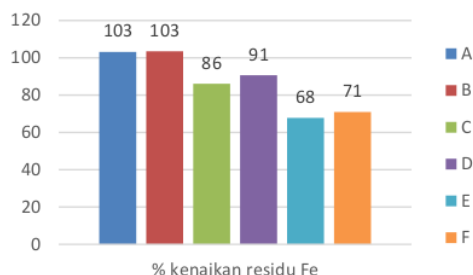
Gambar 2. Efektivitas Fenton terhadap COD

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyoroti kemanjuran proses oksidasi tingkat lanjut, khususnya reaksi Fenton, dalam mengurangi polutan organik dalam air limbah industri. Ji dkk. (2020) menunjukkan kemampuan pengurangan COD serupa dengan menggunakan katalis doping besi, yang mencapai tingkat degradasi polutan lebih dari 90%. Demikian pula, Belote (2022) mencatat keberhasilan komposit  $ZnFe_2O_4/BiOI$  dalam degradasi total polutan di bawah sinar matahari. Studi-studi ini menggarisbawahi penerapan luas sistem berbasis Fenton. Namun, seperti (Wang et al., 2022) Wang dkk. (2018) mencatat, akumulasi residu besi dapat menimbulkan risiko kontaminasi sekunder yang signifikan jika tidak dikelola dengan baik. Eksplorasi Moringa oleifera sebagai koagulan alami untuk menghilangkan residu besi dalam penelitian ini dapat memberikan solusi inovatif untuk masalah ini..

#### 4.2. Residu Fe sebelum dan sesudah proses Fenton



Gambar 3. Residu Fe inlet dan outlet proses fenton



Gambar 4. Peningkatan Fe setelah proses fenton

Proses fenton meninggalkan residu Fe yang tinggi pada efluent dan sludge (Feng et al., 2021)(Fang et al., 2024) (Tamas Isna Nufussilma, 2017). Pada gambar 3 dan 4, terlihat semua sampel air limbah tahu setelah proses fenton meninggalkan residu Fe yang sangat tinggi, dengan rata-rata kenaikan sebesar 87%. Penggunaan  $FeSO_4$  sebagai katalisator dalam reaksi fenton inilah yang menyebabkan peningkatan Fe pada efluen pengolahan fenton. Sehingga dibutuhkan pengolahan pendamping fenton untuk mendapatkan hasil produksi bersih.

#### 4.4 Karakteristik MOC dan MOCA

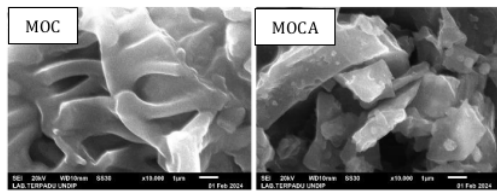
Moringa oleifera merupakan biokoagulan yang baik dalam mengatasi pencemaran air (Pujiastuti et al., 2022) (Neno et al., 2023). MOC dan MOCA memiliki karakteristik kimia disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik MOC dan MOCA

| Parameter uji            | MOC    | MOCA  | SNI |
|--------------------------|--------|-------|-----|
| Kadar air (%)            | 2,20   | 2,46  | 15  |
| Kadar abu (%)            | 11,76  | 9,9   | 10  |
| Protein (%)              | 34,99  | 38,08 | -   |
| Karbohidrat (%)          | 38,08  | 29,78 | -   |
| Lemak (%)                | 32,92  | 19,78 | -   |
| Daya serap Iod (mg/g)    | 555,97 | 624,1 | 750 |
| Lolos ukuran mesh (mesh) | 100    | 100   | 90  |

Pada tabel 1 MOCA memiliki karakteristik yang memenuhi 17 tu mutu sebagai karbon aktif, pada parameter kadar air, kadar abu dan lolos ukuran mesh. Daya serap terhadap iodium belum memenuhi standar sebagai karbon aktif, namun diperoleh angka daya serap yang mendekati baku mutu. MOCA ini memenuhi sebagai karbon aktif sehingga dapat digunakan sebagai biokoagulan.

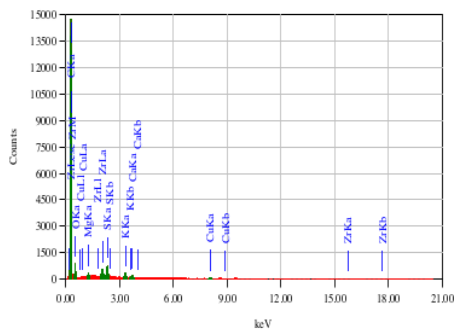
Karakteristik partikel MOC dan MOCA yang diuji dengan SEM-EDX disajikan pada gambar 5 dan ukuran pori partikel yang diuji dengan BET-BJH diperoleh hasil yang disajikan pada tabel 2 gambar 5. MOCA yang mengalami aktivasi dengan HCl 2% menghasilkan gambar topografi permukaan yang berbeda. Gambar topografi permukaan MOC dan MOCA hasil uji SEM pada penelitian ini selaras dengan penelitian (Salmi Abdullah et al., 2017) pada biji moringa oleifera yang diaktivasi dengan  $H_2SO_4$  dan  $ZnCl_2$ .



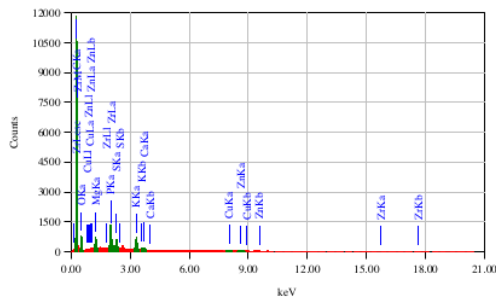
Gambar 5 SEM-EDX MOC dan MOCA

Pada gambar 6 dan 7 menyajikan kandungan unsur adsorben MOC dan MOCA dari hasil uji SEM-EDX. Sebagian besar komponennya adalah molekul carbon mencapai 93,98%. Molekul carbon di dalam MOCA sebesar 88,96%. Jika dibanding dengan MOC, kandungan carbon MOCA mengalami penurunan karena proses aktivasi dengan HCl 2%.

Berdasarkan gambar 6 prosen massa yang terkandung dalam MOC adalah komponen C 99,08% ; MgO 0,36%; SO<sub>3</sub> 2,33%; K<sub>2</sub>O 0,68%; CaO 0,36%; CuO 0,63% dan ZrO<sub>2</sub> 1,67%



Gambar 6 Karakteristik komponen Oksida MOC



Gambar 7. Karakteristik komponen Oksida MOCA

Berdasarkan gambar 7 prosen massa yang terkandung dalam MOCA meliputi komponen C 88,96% ; MgO 1,22%; SO<sub>3</sub> 1,79%; K<sub>2</sub>O 1,61%; CaO 0,22%; CuO 0,27%; ZrO<sub>2</sub> 1,19% dan mengandung juga komponen yang tidak ada di dalam MOC yaitu P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3,68% dan ZnO 0,55%.

MOC dan MOCA memiliki ukuran partikel yang berbeda berdasarkan uji BET-BJH, disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Ukuran partikel MOC dan MOCA

| Ukuran partikel          | Satuan             | MOC      | MOCA     |
|--------------------------|--------------------|----------|----------|
| Total volume pori        | cm <sup>3</sup> /g | 0.0069   | 0.0128   |
| Rerata diameter pori     | nm                 | 5.7702   | 4.1825   |
| Luas permukaan pori      | m <sup>2</sup>     | 4.7687   | 12.2032  |
| Rerata diameter partikel | nm                 | 571.9068 | 223.4886 |

Menurut (Bergna et al., 2022) aktivasi kimia meningkatkan luas permukaan partikel. Sejalan dengan penelitian (Salmi Abdullah et al., 2017) karbon aktif biji Moringa oleifera yang diaktivasi dengan ZnCl<sub>2</sub> memiliki diameter pori sebesar 2,13 nm. Berdasarkan data tabel 2, Material MOC dan MOCA termasuk jenis mesopori. Menurut (Kusumaningtyas, 2017) material dengan diameter pori 2-50 nm termasuk jenis material mesopori. MOCA memiliki 26 data diameter nanopori dan diameter nanopartikel yang lebih kecil dan luas permukaan pori yang lebih besar dibanding MOC. Semakin kecil ukuran partikel maka semakin luas ukuran permukaannya dan semakin baik dalam menyerap polutan logam berat (Imelda et al., 2019). Hal ini disebabkan partikel MOCA teraktivasi larutan HCl 2% selama 3 jam. HCl mampu membuka pori-pori partikel sehingga menjadi lebih luas. Memberikan peluang kepada MOCA untuk menjadi biokoagulan yang baik dalam mengurangi kandungan Fe.

#### 4.5 Optimasi konsentrasi MOC dan MOCA dalam mengurangi residu Fe efluen fenton

Berdasarkan hasil penelitian terhadap air limbah tahu yang dilakukan pengolahan dengan reagen fenton, terdapat residu Fe sebesar 24,2697 mg/l pada efluennya. MOC dan MOCA terbukti mempunyai kemampuan yang baik dalam mengurangi residu Fe tersebut. Hasil selengkapnya disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Optimasi konsentrasi MOC dan MOCA dalam mengurangi residu Fe efluen fenton

| Konsentrasi (mg/l) | MOC       |                 | MOCA      |                 |
|--------------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|
|                    | Fe (mg/l) | Efektivitas (%) | Fe (mg/l) | Efektivitas (%) |
| 100                | 12,4770   | 48,61           | 14,7191   | 39,35           |
| 200                | 10,7866   | 55,56           | 9,1011    | 62,50           |
| 300                | 7,9775    | 67,13           | 6,2921    | 74,07           |
| 400                | 6,2921    | 74,07           | 5,0562    | 79,17           |

MOCA lebih efektif mengurangi kandungan Fe daripada MOC. Hal ini sejalan dengan karakteristik MOCA yang tertera pada tabel 1, tabel 2, gambar 5 dan 6. Proses aktivasi selama 3 jam menggunakan HCl 2% telah menjadikan MOCA sebagai bioadsorben yang sangat baik dalam mengurangi residu Fe. Aktivasi karbon berpengaruh terhadap luas permukaan pori (Santos et al., 2021) (Yu, 2019). Sesuai dengan gambar 5 dan tabel 2 MOCA memiliki permukaan pori lebih luas dari MOC yaitu sebesar 12.2032 m<sup>2</sup> dan ukuran

rata-rata diameter pori dan diameter partikel sebesar 223.4886 nm yang lebih kecil dari MOC. MOCA mampu menyerap residu Fe lebih besar dari MOC, karena memiliki ukuran luas permukaan pori yang besar. Ukuran luas permukaan pori yang lebih besar dari 10 nm mempunyai kemampuan adsorpsi lebih cepat dibandingkan dengan adsorben yang memiliki ukuran pori kecil (Suresh Kumar et al., 2019).

#### 4.6 Optimasi waktu kontak MOCA-400 terhadap penurunan residu Fe

Berdasarkan tabel 3, MOCA dengan konsentrasi 400 mg/l paling optimal dalam mengurangi residu Fe. Selanjutnya perlu ditentukan waktu kontak yang paling optimal dalam mengurangi residu Fe. Hasil penelitian disajikan pada tabel 4.

**Tabel 4.** Optimasi waktu kontak MOCA-400

| Waktu kontak (menit) | Fe (mg/l) | Efektivitas (%) |
|----------------------|-----------|-----------------|
| 0                    | 24,2697   | -               |
| 15                   | 6,2921    | 74,07           |
| 30                   | 5,7303    | 76,39           |
| 45                   | 7,4157    | 69,44           |
| 60                   | 6,8539    | 71,76           |

Lama waktu kontak partikel MOCA berpengaruh terhadap jumlah residu Fe yang diadsorpsi. Waktu kontak memberikan kesempatan partikel untuk bertumbukan dengan Fe. Sesuai tabel 4 MOCA dengan waktu kontak 30 menit mampu mengurangi Fe paling tinggi dengan efektivitas sebesar 76,39 %. Efektivitas MOCA dalam mengurangi Fe dapat dijelaskan melalui mekanisme adsorpsi dan flokulasi yang terjadi pada permukaan biji Moringa. Partikel MOCA dengan kandungan protein tinggi sebesar 38,08% dan memiliki luas permukaan pori yang lebih besar dari MoA yaitu 12.2032 m<sup>2</sup>, memungkinkan peningkatan area kontak antara protein kationik dengan ion Fe, sehingga meningkatkan kemampuan pengikatan dan pengendapan ion logam berat tersebut (Demarco et al., 2023). Selain itu, penelitian oleh (Shan et al., 2017) menunjukkan bahwa protein aktif dalam Moringa berinteraksi dengan ion logam melalui mekanisme pengikatan muatan, yang membuat Fe dapat lebih mudah koagulasi dan diendapkan keluar dari larutan. Hasil ini konsisten dengan temuan yang dilaporkan oleh (Shan et al., 2017), di mana Moringa oleifera memiliki potensi yang lebih tinggi dalam penyerapan logam berat

## 5. Kesimpulan

MOC dan MOCA memiliki peluang besar sebagai biokoagulan ramah lingkungan. Memiliki karakteristik protein tinggi 34,99–38,08 mg/l, kemampuan daya serap iod mendekati 750 mg/g, termasuk material mesopori dengan ukuran diameter pori 4,1825 – 5,7702 nm, luas permukaan pori 12.2032 m<sup>2</sup>. MOCA dengan diameter partikel 223,4886 nm, lebih efektif mengurangi residu Fe effluen fenton.

MOCA 400 mg/l dengan waktu kontak 30 menit berpeluang lebih besar menjadi biokoagulan, lebih efektif dalam mengurangi residu Fe pada effluen fenton.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aji, P. B., Sunarto, W., Eko, D., & Susatyo, B. (2016). Indonesian Journal of Chemical Science. *J. Chem. Sci.*, 5(2). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Andrio, D., Asmura, J., Yenie, E., & Putri, K. (n.d.). *Enhancing BOD 5 /COD ratio co-substrate tofu wastewater and cow dung during ozone pretreatment*. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20192760>
- Anugraheni, N. W., & Isworo, S. (2021). The Study of Impact of Tofu Industrial Waste Treatment Plant on Value of Chemical Oxygen Demand Level in Residents Well of Central Lamper Village, Semarang-Indonesia. *Annual Research & Review in Biology*, 98–107. <https://doi.org/10.9734/arrb/2021/v36i830415>
- Bergna, D., Varila, T., Romar, H., & Lassi, U. (2022). Activated carbon from hydrolysis lignin: Effect of activation method on carbon properties. *Biomass and Bioenergy*, 159. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106387>
- Demarco, C. F., Quadro, M. S., Selau Carlos, F., Pieniz, S., Morselli, L. B. G. A., & Andreazza, R. (2023). Bioremediation of Aquatic Environments Contaminated with Heavy Metals: A Review of Mechanisms, Solutions and Perspectives. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 15, Issue 2). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/su15021411>
- Fang, J., Liu, L., Yang, H., & Du, H. (2024). Applications of Fenton/Fenton-like photocatalytic degradation in g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> based composite materials. In *Journal of Environmental Chemical Engineering* (Vol. 12, Issue 6). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.114153>
- Fauziah, N., Ain, M., & Dewati, R. (2022). The Effectiveness of Green Scallop Shell Chitosan as Coagulant in Treatment of Tofu Industrial Liquid Waste. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 5(2), 49. <https://doi.org/10.25273/cheesa.v5i2.13019.49-58>
- Feng, D., Lü, J., Guo, S., & Li, J. (2021). Biochar enhanced the degradation of organic pollutants through a Fenton process using trace aqueous iron. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(1). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104677>
- Hardyanti, N., Susanto, H., & Budihardjo, M. A. (2024). Removal of organic matter from tofu wastewater using a combination of adsorption, Fenton oxidation, and ultrafiltration membranes. *Desalination and Water Treatment*, 318. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100255>
- Iloms, E., Ololade, O. O., Ogola, H. J. O., & Selvarajan, R. (2020). Investigating industrial effluent impact on municipal wastewater treatment plant in vaal, South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph17031096>
- Imelda, D., Khanza, A., & Wulandari, D. (2019). *Pengaruh Ukuran Partikel Dan Suhu Terhadap Penyerapan Logam Tembaga (Cu) Dengan Arang Aktif Dari Kulit Pisang Kepok (Musa Paradisiaca Formattypica)*. Online.

- Ismawati, R., Rahayu, R., Puspitarini, R., Muhlisin, A., & Tawang, A. (2022). Poly Aluminum Chloride (PAC) as Coagulant in Liquid Waste Treatment of Tofu. *Walisongo Journal of Chemistry*, 5(1), 53-58. <https://doi.org/10.21580/wjcv5i1.9417>
- Jain, B., Singh, A. K., Kim, H., Lichtfouse, E., & Sharma, V. K. (2018). Treatment of organic pollutants by homogeneous and heterogeneous Fenton reaction processes. In *Environmental Chemistry Letters* (Vol. 16, Issue 3, pp. 947-967). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0738-3>
- Kahlon, S. K., Sharma, G., Julka, J. M., Kumar, A., Sharma, S., & Stadler, F. J. (2018). Impact of heavy metals and nanoparticles on aquatic biota. In *Environmental Chemistry Letters* (Vol. 16, Issue 3, pp. 919-946). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0737-4>
- Kishor, R., Purchase, D., Saratale, G. D., Saratale, R. G., Ferreira, L. F. R., Bilal, M., Chandra, R., & Bhargava, R. N. (2021). Ecotoxicological and health concerns of persistent coloring pollutants of textile industry wastewater and treatment approaches for environmental safety. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(2), 105012. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.105012>
- Kusumaningtyas, M. P. (2017). *ANALISIS STRUKTUR NANO BATU APUNG LOMBOK MENGGUNAKAN METODE BET (BRUNAUER-EMMETT-TELLER)* [Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. <https://repository.its.ac.id/3253/7/1112100035-Undergraduate-Theses.pdf>
- Lima, J. P. P., Tabelini, C. H. B., & Aguiar, A. (2023). A Review of Gallic Acid-Mediated Fenton Processes for Degrading Emerging Pollutants and Dyes. In *Molecules* (Vol. 28, Issue 3). MDPI. <https://doi.org/10.3390/molecules28031166>
- Liu, H., Xu, T., Li, C., Liu, W., & Lichtfouse, E. (2021). High increase in biodegradability of coking wastewater enhanced by Mn ore tailings in Fenton/O<sub>3</sub> combined processes. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18(1), 173-184. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02816-8>
- Lyu, L., Deng, K., Liang, J., Lu, C., Gao, T., Cao, W., & Hu, C. (2020). The interaction of surface electron distribution-polarized Fe/polyimide hybrid nanosheets with organic pollutants driving a sustainable Fenton-like process. *Materials Advances*, 1(5), 1083-1091. <https://doi.org/10.1039/d0ma00374c>
- Muliyadi, M., & Safrudin, D. J. (2020). Pollutant Levels Comparison in Tofu Industrial and Domestic Wastewater in Ternate City. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 15(3), 366-371. <https://doi.org/10.15294/kemas.v15i3.20748>
- Nenohai, J. A., Minata, Z. S., Ronggopuro, B., Sanjaya, E. H., & Utomo, Y. (2023). Penggunaan Karbon Aktif dari Biji Kelor dan Berbagai Biomassa Lainnya dalam Mengatasi Pencemaran Air: Analisis Review. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(1), 29-35. <https://doi.org/10.14710/jil.21.1.29-35>
- Olabanji, T. O., Ojo, O. M., Williams, C. G., & Adewuyi, A. S. (2021). Assessment of Moringa oleifera Seeds as a Natural Coagulant in Treating Low Turbid Water. *FUOYE Journal of Engineering and Technology*, 6(4). <https://doi.org/10.46792/fuoyejt.v6i4.702>
- Prajapati, C., Ankola, M., Upadhyay, T. K., Sharangi, A. B., Alabdallah, N. M., Al-Saeed, F. A., Muzammil, K., & Saeed, M. (2022). Moringa oleifera: Miracle Plant with a Plethora of Medicinal, Therapeutic, and Economic Importance. In *Horticulturae* (Vol. 8, Issue 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8060492>
- Pujiastuti, P., Wibowo, Y. M., & Narimo. (2022). Moringa Seed Powder Biocoagulant (Moringa oleifera) for Improving Laboratory Wastewater Quality. *Molekul*, 17(3), 301-310. <https://doi.org/10.20884/1.jm.2022.17.3.5461>
- Pujiastuti, Peni. (2024). *Pujiastuti 2024\_PO-Monograf\_Polutan Organik dalam Air\_v2.0\_Full ISBN* (Azhari Tiara, Ed.; 1st ed., Vol. 1). Deepublish.
- Ribeiro, J. P., & Nunes, M. I. (2021). Recent trends and developments in Fenton processes for industrial wastewater treatment - A critical review. In *Environmental Research* (Vol. 197). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110957>
- Salmi Abdullah, N., Hazwan Hussin, M., Syima Sharifuddin, S., & Azroie Mohamed Yusoff, M. (2017). PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF ACTIVATED CARBON FROM Moringa Oleifera SEED POD. In *Special Issue Sci.Int.(Lahore)* (Vol. 29, Issue 1). Santos, T. M., da Silva, J. V., da Silva, G. F., & Pontes, L. A. M. (2021). Development of a low-cost adsorbent obtained from moringa oleifera and functionalized with iron nanoparticles for removal of oil from produced water. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(5), 13214-13231. <https://doi.org/10.33263/BRIAC115.1321413231>
- Septiani, S., Prayogo, N. A., Sahri, A., & Brown, C. L. (2021). Efficiency of suspended solid removal from tofu production using Rotating Biological Contractor (RBC). *E3S Web of Conferences*, 322. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132201034>
- Seroja, R., Effendi, H., & Hariyadi, S. (2018). Tofu wastewater treatment using vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) and zeliac. *Applied Water Science*, 8(1). <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0640-y>
- Setyowati Rahayu, S., Prasetyo, T., Purwanto, P., & Budiyo, B. (2018). Biogas Productivity as Renewable Energy and Performance of Waste Water Treatment in Tofu Small Scale Industry using an AnSBR Reactor. *MATEC Web of Conferences*, 156. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815603049>
- Shah, A., Manning, G., Zakharova, J., Arjunan, A., Batool, M., & Hawkins, A. J. (2024). Particle size effect of Moringa oleifera Lam. seeds on the turbidity removal and antibacterial activity for drinking water treatment. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 6, 370-379. <https://doi.org/10.1016/j.enceco.2024.07.008>
- Shan, T. C., Matar, M. Al, Makky, E. A., & Ali, E. N. (2017). The use of Moringa oleifera seed as a natural coagulant for wastewater treatment and heavy metals removal. *Applied Water Science*, 7(3), 1369-1376. <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0499-8>
- Soltani, F., Navidjoui, N., & Rahimnejad, M. (2022). A review on bio-electro-Fenton systems as environmentally friendly methods for degradation of environmental organic pollutants in wastewater. In *RSC Advances* (Vol. 12, Issue 9, pp. 5184-5213). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/d1ra08825d>
- Sumiyati, S., Syafrudin, Nugraha, M. F. D., Hartini, S., Sudarno, Ramadan, B. S., & Budihardjo, M. A. (2023). An Overview of Wastewater from Traditional Tofu Industries in Sugihmanik Village, Grobogan Regency and its Appropriate Treatment Alternative. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*,

- 1169(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1169/1/012038>
- Suresh Kumar, P., Korving, L., Keesman, K. J., van Loosdrecht, M. C. M., & Witkamp, G. J. (2019). Effect of pore size distribution and particle size of porous metal oxides on phosphate adsorption capacity and kinetics. *Chemical Engineering Journal*, 358, 160–169. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.09.202>
- Tamas Isna Nufussilma. (2017). *TAMAS 2017\_FENTON*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Tugiyono, T., Setiawan, A., Suharto, S., Risgianto, A., Huda, M. N., & Hadi, S. (2023). Evaluation of the Water Quality Status and Pollution Load Carrying Capacity of Way Umpu River, Way Kanan District, Lampung Province, Indonesia, Based on Land Use. *International Journal of Ecology*, 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/2689879>
- Wang, C., Jiang, R., Yang, J., & Wang, P. (2022). Enhanced Heterogeneous Fenton Degradation of Organic Pollutants by CRC/Fe3O4 Catalyst at Neutral pH. *Frontiers in Chemistry*, 10. <https://doi.org/10.3389/fchem.2022.892424>
- Wijayanti, M. S., Agustina, T. E., Dahlan, M. H., & Teguh, D. (2023). Pengolahan Air Limbah Laboratorium Menggunakan AOPs Secara Terintegrasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(1), 142–149. <https://doi.org/10.14710/jil.22.1.142-149>
- Xu, H., Gao, Q., & Yuan, B. (2022). Analysis and identification of pollution sources of comprehensive river water quality: Evidence from two river basins in China. *Ecological Indicators*, 135. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108561>
- Yu, Z. (2019). Research on absorbing performance of activated carbon. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 563(2). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/563/2/022023>
- Zhang, Y., Shaad, K., Vollmer, D., & Ma, C. (2021a). Treatment of textile wastewater using advanced oxidation processes—a critical review. In *Water (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 24). MDPI. <https://doi.org/10.3390/w13243515>
- Zhang, Y., Shaad, K., Vollmer, D., & Ma, C. (2021b). Treatment of textile wastewater using advanced oxidation processes—a critical review. In *Water (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 24). MDPI. <https://doi.org/10.3390/w13243515>

# Peluang Nanopori Karbon Moringa Oleifera mengurangi residu besi efluen fenton air limbah organik tinggi

## ORIGINALITY REPORT

12%

SIMILARITY INDEX

12%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

|   |                                         |                 |     |
|---|-----------------------------------------|-----------------|-----|
| 1 | repository.its.ac.id                    | Internet Source | 2%  |
| 2 | ejournal.undip.ac.id                    | Internet Source | 1%  |
| 3 | Submitted to Universitas Diponegoro     | Student Paper   | 1%  |
| 4 | repository.unair.ac.id                  | Internet Source | 1%  |
| 5 | Submitted to Universitas Negeri Jakarta | Student Paper   | 1%  |
| 6 | id.123dok.com                           | Internet Source | 1%  |
| 7 | adoc.pub                                | Internet Source | 1%  |
| 8 | eprints.upnyk.ac.id                     | Internet Source | <1% |
| 9 | edoc.tips                               | Internet Source | <1% |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                           |      |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 10 | media.neliti.com<br>Internet Source                                                                                                                                                                                                                       | <1 % |
| 11 | doaj.org<br>Internet Source                                                                                                                                                                                                                               | <1 % |
| 12 | ejournal.lapad.id<br>Internet Source                                                                                                                                                                                                                      | <1 % |
| 13 | journal.ar-raniry.ac.id<br>Internet Source                                                                                                                                                                                                                | <1 % |
| 14 | repository.ar-raniry.ac.id<br>Internet Source                                                                                                                                                                                                             | <1 % |
| 15 | tr.scribd.com<br>Internet Source                                                                                                                                                                                                                          | <1 % |
| 16 | docplayer.info<br>Internet Source                                                                                                                                                                                                                         | <1 % |
| 17 | Anita Dewi Moelyaningrum. "Pemanfaatan Arang Aktif Ampas Kopi Sebagai Adsorben Kadmium Pada Air Sumur (The Usage of Coffee Waste Activated Charcoal as Adsorbent of Cadmium in Well Water)", Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah, 2019<br>Publication | <1 % |
| 18 | Dewi Baderan, Priwanti Junita Ekwanto, Marini Susanti Hamidun. "Efisiensi Pengolahan Air Limbah Domestik pada IPAL                                                                                                                                        | <1 % |

# Komunal Di Kabupaten Bone Bolango", Jurnal Teknik, 2023

Publication

|    |                                                 |      |
|----|-------------------------------------------------|------|
| 19 | ar.scribd.com<br>Internet Source                | <1 % |
| 20 | es.scribd.com<br>Internet Source                | <1 % |
| 21 | repository.unhas.ac.id<br>Internet Source       | <1 % |
| 22 | www.bspublications.com<br>Internet Source       | <1 % |
| 23 | www.hebeifilters.com<br>Internet Source         | <1 % |
| 24 | chemistryeducation.uii.ac.id<br>Internet Source | <1 % |
| 25 | docobook.com<br>Internet Source                 | <1 % |
| 26 | doku.pub<br>Internet Source                     | <1 % |
| 27 | www.researchgate.net<br>Internet Source         | <1 % |

Exclude quotes Off  
Exclude bibliography On

Exclude matches Off

# Peluang Nanopori Karbon Moringa Oleifera mengurangi residu besi efluen fenton air limbah organik tinggi

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

GENERAL COMMENTS

/100

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9