

## Aktivasi Bioadsorben Pelepah Sawit Untuk Memperbaiki Kualitas Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit

Rafael Remit Winardi <sup>1\*</sup>, Healthy Aldriany Prasetyo <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Vokasi, Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan, Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan, Indonesia

<sup>2</sup> Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri, Universitas Medan Area, Medan, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 30 Mei 2025  
Revisi Akhir: 15 Juni 2025  
Diterbitkan Online: 18 Juni 2025

### KATA KUNCI

Bioadsorben  
Pelepah Sawit  
COD

### KORESPONDENSI (\*)

Phone: +62 858-3064-5367  
E-mail: [rafaelwinardi@gmail.com](mailto:rafaelwinardi@gmail.com)

### A B S T R A K

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperbaiki parameter mutu limbah cair pabrik kelapa sawit (PKS), yaitu *Chemical Oxygen Demand (COD)*. Metode yang digunakan adalah membuat bioadsorben dengan memanfaatkan pelepah kelapa sawit untuk menyerap (adsorpsi) COD. Pelepah sawit dilakukan pengarangan dengan cara pirolisis. Arang yang terbentuk dilakukan aktivasi dengan menggunakan aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Aktivator yang digunakan dibuat dalam berbagai variasi, yaitu; 20%, 25% dan 30% dan tanpa menggunakan aktivator (kontrol). Desain penelitian adalah RAL (rancangan acak lengkap) non faktorial dengan 4 taraf perlakuan. Parameter yang diamati adalah COD, pH dan bentuk fisik bioadsorben dengan menggunakan SEM. Hasil penelitian menunjukkan variasi konsentrasi terbaik untuk aktivasi bioadsorben adalah konsentrasi 30% dengan rata-rata nilai COD limbah 11.735 mg/l dan pH rata-rata 5,9. Sedangkan untuk uji bentuk dan morfologi perlakuan 30% memberi hasil pembentukan pori-pori yang lebih banyak dan lebih besar serta merata dibandingkan dengan bioadsorben yang tidak dilakukan proses aktivasi.

### PENDAHULUAN

Menurut ASTM F726-99, defenisi adsorben adalah bahan tidak larut yang dilapisi oleh cairan pada permukaannya termasuk pori-pori dan kapiler tanpa pembengkakan padat lebih dari 50% dalam cairan berlebih [1]. Adsorpsi merupakan peristiwa molekul, ion dan atom menempel pada permukaan suatu zat. Adsorpsi adalah peristiwa penambatan bahan dari komponen suatu fluida, cairan maupun gas di daerah antar fase di mana bahan yang akan dipisahkan, terikat di permukaan suatu zat padat. Proses ini membentuk suatu lapisan tipis adsorbat (komponen yang terperap) fase cair (pelarut) pada permukaan adsorben (zat yang menjerap) fase padat.

Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan arang aktif ini adalah pelepah kelapa sawit (*Elaeis guenensis Jacq.*). Rata-rata setiap hektar lahan kelapa sawit ditanami ± 130 pohon kelapa sawit dan dapat menghasilkan ± 167 m<sup>3</sup> biomassa per hektar. Pelepah kelapa sawit mengandung komponen lignoselulosa, yaitu selulosa 25,08%, hemiselulosa 24,06% dan lignin 18,46% [2]. Komponen-komponen penyusun yang sangat besar ini dan dengan didukung oleh komponen lignoselulosanya, maka material pelepah sawit ini sangat cocok untuk dikembangkan menjadi material lain yang lebih bermanfaat yaitu arang aktif yang dapat digunakan sebagai adsorben. Kemampuan pelepah kelapa sawit sebagai adsorben dapat meningkatkan kualitas baku mutu air limbah. Peningkatan kualitas mutu ini terutama dalam menurunkan kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*). COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mendegradasi senyawa organik melalui reaksi oksidasi.

Beberapa penelitian terkait pengaruh aktivasi larutan adsorpsi yang telah dilakukan adalah: penelitian penurunan kadar COD dengan arang aktif pelepah kelapa sawit pada industri tahu dengan aktivator HCl 1 N dengan variasi massa adsorben

dan waktu kontak. Persentase penurunan nilai COD yang optimum pada waktu kontak selama 60 menit dimana penurunan COD mencapai 82,13% [3].

Usaha menurunkan COD dengan menggunakan arang aktif kulit buah kakao (*Theobroma cacao l.*) pada limbah cair pabrik kelapa sawit juga telah dilakukan dengan ukuran partikel  $\geq 120$  mesh dan rasio adsorben : HNO<sub>3</sub> (b:v) = 1:4. Penurunan COD terbesar terjadi pada variasi massa adsorben 1 g dan waktu kontak 2 jam sebesar 56,79% [4].

## TINJAUAN PUSTAKA

### *Adsorpsi*

Adsorpsi atau penyerapan adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terikat pada suatu padatan atau cairan (zat penyerap, adsorben) pada permukaannya dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film (zat terserap, adsorbat) pada permukaannya. Secara umum adsorpsi adalah suatu proses penggumpalan substansi terlarut (*soluble*) yang ada di dalam larutan, oleh permukaan zat maupun benda penyerap, yang dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dengan penyerapnya [5].

### *Adsorben*

Adsorben pada dasarnya adalah bahan inert dan tidak larut yang digunakan untuk menghilangkan minyak dan bahan berbahaya dari air melalui adsorpsi. Minyak atau zat berbahaya tertarik ke permukaan sorben kemudian melekat padanya; penyerapan, dimana minyak atau zat berbahaya menembus pori-pori bahan penyerap [1]. Zat yang molekulnya teradsorpsi pada permukaan adsorben (yaitu padat atau cair) dikenal sebagai adsorbat.

### *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD dalam kimia adalah pengukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dalam sampel air dengan menggunakan oksidator kimia yang kuat, seperti kalium dikromat. COD digunakan untuk mengukur kadar bahan organik dan anorganik yang dapat dioksidasi secara kimiawi dalam air [4].

### *Pelepah Kelapa Sawit*

Pelepah sawit adalah jenis limbah padat yang dihasilkan dari perkebunan sawit dan merupakan sumber dari energi biomassa terbesar yang dihasilkan di perkebunan. Kandungan yang terdapat pada pelepah sawit berupa selulosa, lignin, dan hemiselulosa menyebabkan pelepah sawit dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk membuat karbon aktif. Menurut [6] proses pembuatan karbon aktif dengan cara dikarbonisasi menggunakan pirolisis, dimana pemanasan berlangsung pada suhu  $<1000^{\circ}\text{C}$ . Pirolisis sendiri adalah proses konversi termal di mana material diproses dalam kondisi atmosfer inert tanpa adanya udara atau oksigen, cara ini lebih unggul digunakan dalam mengubah biomassa menjadi arang. Arang aktif pelepah kelapa sawit sudah banyak digunakan sebagai adsorben penurunan asam lemak bebas (ALB) [2]; pemurnian biodiesel [7]; pemurnian minyak jelantah [6]; penurunan logam berat [8].

### *Limbah Cair PKS (LCPKS)*

Dalam proses pengolahan kelapa sawit, produk primer yang menghasilkan berbagai jenis limbah seperti tandan kosong kelapa sawit (tankos), cangkang kelapa sawit, dan limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) [9]. Menurut [10] Limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) sebagian besar mengandung bahan organik, minyak, lemak, dan kotoran. Parameter bahan organik seperti *Chemical Oxygen Demand (COD)*, *Biological Oxygen Demand (BOD)* dan parameter kotoran atau Total Suspended Solids (TSS) merupakan komposisi yang sangat pekat sehingga mempengaruhi warna dan bau tidak sedap pada LCPKS.

## METODOLOGI

### *Preparasi Bioadsorben*

Bahan adsorben diperoleh dari preparasi pelepah kelapa sawit dengan tahapan sebagai berikut: pelepah kelapa sawit diparut dan dikeringkan di bawah sinar matahari, kemudian dimasukkan dalam furnace/ tanur untuk diarang pada suhu  $400^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam. Arang yang diperoleh didinginkan dan digiling dengan menggunakan mortar. Partikel arang yang terbentuk diayak dengan menggunakan ayakan ukuran 100 mesh. Partikel arang diaktivasi dengan menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada variasi konsentrasi: 20%; 25% dan 30% dengan cara merendam masing-masing partikel sebanyak 70g dalam

300 ml larutan  $H_2SO_4$  selama 24 jam. Setelah itu dinetralkan dengan menggunakan aquades sampai pH 7 dan dikeringkan dalam oven pada suhu  $120^\circ C$  selama 2 jam. Bioadsorben teraktivasi diuji secara fisik (morfologi) dengan menggunakan Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM). Perlakuan ini dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

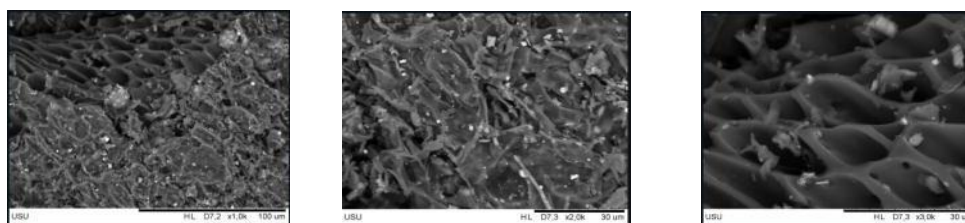
### ***Aplikasi Bioadsorben***

Bahan LCPKS diperoleh dari kolam limbah terakhir *deoiling pond* di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional II Unit Adolina. Sebanyak 7g bioadsorben ditambahkan ke dalam 500 ml LCPKS dalam beaker glass, kemudian diaduk dengan menggunakan magnetic stirrer dengan putaran 60 rpm selama 30 menit lalu didiamkan selama 24 jam. Setelah melewati waktu 24 jam dilakukan analisa COD (*Chemical Oxygen Demand*) SNI 06-6989.15.2019 dan pH (AOAC).

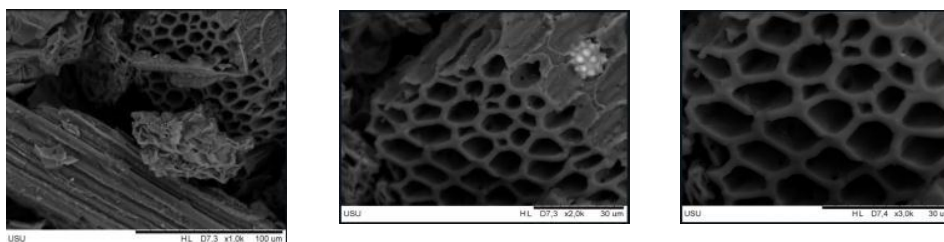
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### ***Analisa Morfologi Bioadsorben***

Hasil uji SEM dengan menggunakan perbesaran 1.000 kali, 2.000 kali dan 3.000 kali terhadap bioadsorben sebelum dan sesudah diaktivasi dengan menggunakan  $H_2SO_4$  seperti tercantum pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Morfologi bioadsorben sebelum diaktivasi  $H_2SO_4$  30%



Gambar 2. Morfologi bioadsorben setelah diaktivasi  $H_2SO_4$  30%

Gambar 1, menunjukkan bahwa morfologi bioadsorben sebelum dilakukan proses aktivasi menggunakan  $H_2SO_4$  mempunyai alur serta lubang seperti pori-pori tetapi belum jelas dan jumlahnya masih sedikit. Penyebab terbentuknya pori-pori tersebut adalah proses karbonasi atau pembakaran pada furnace/tanur menggunakan suhu  $400^\circ C$  selama 1 jam yang menyebabkan terjadinya penguapan senyawa volatil dengan berat molekul yang lebih rendah dari pengotor yang menutupi pori-pori dan terlihatnya bentuk pori-pori seperti saluran kanal pada permukaan bioadsorben yang membuat luas permukaan pada bioadsorben menjadi lebih besar.

Gambar 2 menunjukkan bahwa morfologi bioadsorben yang telah diaktivasi menggunakan  $H_2SO_4$  memiliki bentuk permukaan pori-pori yang lebih banyak dan lebih merata serta lebih besar dibandingkan dengan bioadsorben yang belum diaktivasi menggunakan  $H_2SO_4$ . Aktivasi akan membuka pori-pori bioadsorben dengan memecah ikatan hidrokarbon sehingga kemampuan daya serapnya semakin baik. Penambahan konsentrasi aktivator berdampak pada struktur morfologi bioadsorben dimana proses aktivasi berpengaruh pada volatile dan tar yang terlepas dari karbon karena adanya proses aktivasi tersebut, sehingga pembentukan pori-pori yang semakin banyak serta luas permukaan pori-porinya semakin besar dan hal ini mempengaruhi daya jerap dari bioadsorben tersebut.

### ***Chemical Oxygen Demand (COD)***

COD (*Chemical Oxygen Demand*) merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi terhadap senyawa-senyawa organik yang terdapat pada air limbah. Hasil uji *Chemical Oxygen Demand* (COD) sampel LCPKS dengan menggunakan bioadsorben teraktivasi  $H_2SO_4$  dengan konsentrasi 20%, 25% dan 30% diperoleh nilai sebagai berikut.

Tabel 1 Nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) mg/L

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
	1	2	3		
Kontrol	12.755	14.286	13.776	40.823	13.606
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 20%	12.755	13.776	12.245	38.776	12.925
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 25%	12.245	12.245	12.755	37.245	12.415
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 30%	10.714	12.245	12.245	35.204	11.735
<b>Total</b>	<b>48.469</b>	<b>52.552</b>	<b>51.021</b>	<b>152.048</b>	-
<b>Rata-Rata</b>	<b>12.117,25</b>	<b>13.138</b>	<b>12.755,25</b>	-	<b>12.670</b>

Tabel 1 menunjukkan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) tertinggi adalah pada unit kontrol tanpa aplikasi menggunakan bioadsorben dengan nilai rata-rata COD yaitu 13.606 mg/L. Pada konsentrasi aktivator 20% diperoleh nilai rata-rata COD 12.925 mg/L yang berarti air limbah mengalami penurunan sebanyak 681 mg/L. Untuk konsentrasi aktivator 25% diperoleh nilai rata-rata COD 12.415 mg/L dan mengalami penurunan COD sebanyak 1.191 mg/L. Pada konsentrasi aktivator 30% rata-rata nilai COD adalah 11.735 mg/L dengan penurunan nilai COD sebanyak 1.871 mg/L. Berdasarkan tabel 4.1 penurunan COD tertinggi yaitu pada konsentrasi aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 30%.

Berdasarkan uji anova menunjukkan bahwa perlakuan dengan aktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 20%; 25% dan 30% berbeda tidak nyata terhadap perubahan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair kelapa sawit. Hal ini dikarenakan kemampuan daripada pori-pori bioadsorben telah mencapai titik jenuh [11]. Penyebab jenuhnya pori-pori bioadsorben dalam mengadsorpsi COD (*Chemical Oxygen Demand*) dipengaruhi oleh permukaan pori-pori bioadsorben yang telah terisi oleh adsorbat (zat yang terserap) yang dalam hal ini adalah senyawa organik yang terdapat pada air limbah dimana zat organik tersebut terdiri dari protein, minyak dan lemak, karbohidrat, pestisida dan deterjen atau surfaktan.

Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dalam mengaktivasi bioadsorben, maka penurunan COD (*Chemical Oxygen Demand*) akan lebih besar. Hal ini dikarenakan zat organik (adsorbat) yang terdapat pada air limbah terjebak oleh pori-pori bioadsorben [12]. Penurunan COD (*Chemical Oxygen Demand*) tertinggi diperoleh pada aktivasi bioadsorben dengan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 30%. Perbandingan selisih nilai rata-rata COD (*Chemical Oxygen Demand*) dari unit kontrol dengan perlakuan konsentrasi aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 30% adalah 1.871 mg/L.

**Derajat Keasaman (pH)**

*Potential Hydrogen* (pH) merupakan suatu parameter penentuan suatu zat bersifat asam atau basa. Pada penelitian ini untuk menentukan *Potential Hydrogen* (pH) pada air limbah dilakukan dengan menggunakan alat pH meter digital. Prinsip kerja pada alat pH meter digital terletak pada sensor probe yang berupa elektroda kaca (*glass elektroda*) dengan cara mengukur jumlah ion H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> pada air limbah. Hasil uji pH sampel pada perlakuan konsentrasi aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20%, 25% dan 30% sebagai berikut.

Tabel 2. Nilai pH air limbah

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
	1	2	3		
Kontrol	4,7	4,7	4,7	14,1	4,7
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 20%	5,5	5,5	5,6	16,6	5,53
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 25%	5,6	5,5	5,7	16,8	5,6
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 30%	5,9	5,8	5,9	17,6	5,86
<b>Total</b>	<b>21,7</b>	<b>21,5</b>	<b>21,9</b>	<b>65,1</b>	-
<b>Rata-Rata</b>	<b>5,42</b>	<b>5,37</b>	<b>5,47</b>	-	<b>5,42</b>

Berdasarkan uji anova menunjukkan bahwa perlakuan bioadsorben teraktivasi berbeda sangat nyata. Sehingga dapat dilakukan uji lanjut dengan metode uji lanjut DMRT.

Tabel 3. Hasil Uji DMRT

Perlakuan	Rata-Rata	Rata-Rata+DMRT	Notasi
Kontrol	4,7	4,82	a
20%	5,53	5,66	b
25%	5,6	5,73	bc
30%	5,86		d

Perlakuan untuk meningkatkan nilai pH terbesar adalah perlakuan 30% dengan nilai pH yaitu 5,86. Tabel 3 menunjukkan bahwa variasi konsentrasi aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dalam proses aktivasi bioadsorben berbahan baku pelepah sawit menunjukkan terjadinya peningkatan pH air limbah. Hal ini menunjukkan bahwa bertambahnya konsentrasi aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang digunakan untuk mengaktivasi bioadsorben mampu menyerap ion Hidrogen (H<sup>+</sup>)[1].

## KESIMPULAN DAN SARAN

Pada proses pengaplikasian bioadsorben pelepah kelapa sawit terhadap limbah *deoilng pond* diperoleh nilai rata-rata COD (*Chemical Oxygen Demand*) untuk unit kontrol 13.606 mg/L, konsentrasi aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20% 12.925 mg/L, aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 25% 12.415 mg/L dan aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 30% 11.735 mg/L. Perlakuan terbaik adalah bioadsorben dengan aktivator 30% dengan nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) 11.735 mg/L. Pada prose pengaplikasian bioadsorben pelepah kelapa sawit terhadap limbah *deoilng pond* diperoleh nilai rata-rata pH air limbah unit kontrol 4,7, konsentrasi aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20% 5,5, aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 25% 5,6 dan aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 30% 5,8. Perlakuan terbaik terdapat pada bioadsorben dengan aktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 30%. Kenaikan pH pada limbah *deoilng pond* belum memenuhi standar baku mutu air limbah sesuai ketentuan peraturan Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2014 dimana nilai pH air limbah yang ditentukan adalah 6,0-9,0. Uji SEM (*Scanning Electron Mircroscope*) pada bioadsorben yang sudah diaktivasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 30% memiliki permukaan pori yang banyak dan lebar serta lebih merata dibandingkan dengan bioadsorben yang belum diaktivasi menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Ifa, N. Nurjannah, T. Syarif, and D. Darnengsih, *Bioadsorben dan Aplikasinya*, no. December. Solok: Yayasan Pendidikan Cendiikia Muslim, 2021.
- [2] S. Muhdarina, M., Nurhayati, N., Pahlepi, Mhd. R., Pujiana, Z., & Bahri, "Penyiapan Arang Aktif Pelepah Kelapa Sawit sebagai Adsorben Asam Lemak Bebas dari CPO (Crude Palm Oil)," *al-Kimiya*, vol. 7, no. 1, pp. 7–13, 2020, doi: 10.15575/ak.v7i1.6497.
- [3] Khairuddin *et al.*, "Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Arang Aktif dari Pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis guenensis* Jacq.)," *KOVALEN J. Ris. Kim.*, vol. 8, no. 2, pp. 171–177, 2022, doi: 10.22487/kovalen.2022.v8.i2.15966.
- [4] Setiaty Pandia, Astri Devi Yunita Siahaan, and Anita Tiurmaida Hutagalung, "Pemanfaatan Adsorben Dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) Untuk Menurunkan Chemical Oxygen Demand Pada Palm Oil Mill Effluent," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 6, no. 3, pp. 34–40, 2017, doi: 10.32734/jtk.v6i3.1587.
- [5] D. G. Purwitasari, R. Tussania, and R. Fathoni, "Adsorpsi Logam Kadmium (Cd) Pada Kadmium Sulfat (CdSO<sub>4</sub>) Menggunakan Batang Pohon Pisang Sebagai Adsorben," *J. Chemurg.*, vol. 6, no. 1, p. 52, 2022, doi: 10.30872/cmng.v6i1.7905.
- [6] D. A. Fithry, B. Haryanto, N. S. Billah, and A. Hutabarat, "Pengaruh Perbedaan Ukuran dan Massa Adsorben Pelepah Sawit Teraktivasi dalam Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Metode Shaker," *Surya Tek.*, vol. 10, no. 2, pp. 935–940, 2023.
- [7] J. Y. Rios, M. P. Bimantio, and A. Ruswanto, "Pemanfaatan Arang Aktif Berbahan Pelepah Kelapa Sawit sebagai Adsorben Pemurnian Biodiesel dari Minyak Curah," *J. Bioenergy Food Technol.*, vol. 3, no. 01, pp. 29–46, 2024, doi: 10.55180/biofoodtech.v3i1.803.
- [8] S. B. Ariyani, "Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Menjadi Bioadsorben Logam Berat Mangan ( Mn ) Become Bioadsorbent Of Manganese Heavy Metals ( Mn )," *Maj. BIAM*, vol. 15, no. 1, pp. 50–55, 2019.
- [9] A. A. Oyekanmi *et al.*, "Highly Effective Cow Bone Based Biocomposite for the Sequestration of Organic Pollutant Parameter from Palm Oil Mill Effluent in a Fixed Bed Column Adsorption System," *Polymers (Basel)*, vol. 14, no.

86, pp. 1–17, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/polym14010086>.

- [10] G. J. Minturo and R. Noorain, “Adsorption of Contaminants from Palm Oil Mill Effluent Using Agricultural Biomass Wastes as Adsorbents Adsorption of Contaminants from Palm Oil Mill Effluent Using Agricultural Biomass Wastes as Adsorbents,” *IOP Conf.*, 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1051/1/012062.
- [11] D. Andrio, M. R. Saputra, and L. Darmayanti, “Utilization of Magnetic Biochar from Palm Shell as An Adsorbent for Removal of COD , Total Suspended Solid , Oil and Grease in Greywater,” *J. Pendidik. IPA*, vol. 10, no. 3, pp. 1195–1204, 2024, doi: 10.29303/jppipa.v10i3.4597.
- [12] S. Singhal, S. Agarwal, K. Bahukhandi, R. Sharma, and N. Singhal, “Bio-adsorbent : A cost-effective method for effluent treatment Bio-adsorbent : A cost-effective method for effluent treatment,” *Int. J. Environ. Sci. Res.*, vol. 3, no. 1, pp. 151–156, 2014.