



# Pengaruh Variasi Ukuran Mesh dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Kinerja Serat Fiber Kelapa Sawit Tanpa Aktivasi dalam Penurunan COD dan Perubahan pH Effluent POME dengan Tawas dan PAC

**Dwi Anissa Fithry<sup>1✉</sup>, Oby Vijay Sitorus<sup>2</sup>, Fadila Syafitri<sup>1</sup>**

<sup>(1)</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau

<sup>(2)</sup>PTPN IV Regional 3 PKS Sei Pagar

DOI: 10.31004/jutin.v9i1.55302

✉ Corresponding author:  
[dwiannisa@umri.ac.id]

| Article Info                                                                                           | Abstrak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Kata kunci:</b><br/>POME;<br/>Serat Fiber Kelapa Sawit;<br/>Media Polishing;<br/>COD;<br/>pH</p> | <p>Limbah cair pabrik kelapa sawit (Palm Oil Mill Effluent/POME) memiliki COD sangat tinggi (26.420 mg/L) dan pH asam (5,25), sehingga memerlukan tahap polishing sederhana, ekonomis, dan berkelanjutan untuk mendekati baku mutu lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh variasi ukuran mesh dan kecepatan pengadukan terhadap kinerja serat fiber kelapa sawit tanpa aktivasi sebagai media polishing effluent POME dengan penambahan tawas dan PAC dalam menurunkan COD serta mengubah pH. Penelitian eksperimental skala laboratorium dilakukan secara batch menggunakan effluent POME dari PKS Sei Pagar (COD 26.420 mg/L, pH 5,25), serat fiber hasil pirolisis (rendemen 63,12%, kadar air 4,88%) mesh 60 dan 70, pengadukan 50-100 rpm selama 30 menit, serta larutan tawas/PAC (5 g/250 ml) 4 ml/100 ml POME. Kombinasi mesh 60 + tawas 100 rpm memberikan penurunan COD tertinggi 54,4% dan pH akhir relatif stabil.</p> |
| <p><b>Keywords:</b><br/>POME;<br/>Oil Palm Fiber;<br/>Polishing Media;<br/>COD;<br/>pH</p>             | <p><b>Abstract</b></p> <p><i>Palm Oil Mill Effluent (POME) has very high COD (26,420 mg/L) and acidic pH (5.25), requiring a simple, economical, and sustainable polishing stage to approach environmental quality standards. This study investigates the effect of mesh size variation and stirring speed on the performance of unactivated oil palm fiber as a polishing medium for POME effluent with alum and PAC addition to reduce COD and modify pH. Laboratory-scale batch experiments used POME effluent from PKS Sei Pagar (COD 26,420 mg/L, pH 5.25), pyrolyzed oil palm fiber (yield 63.12%, moisture 4.88%) with mesh sizes 60 and 70, stirring at 50-100 rpm for 30 minutes, and alum/PAC solution (5 g/250 ml) at 4 ml/100 ml POME. The mesh 60 + alum</i></p>                                                                                                                                                                      |

*100 rpm combination achieved the highest COD reduction of 54.4% and relatively stable final pH.*

## 1. PENDAHULUAN

Serat fiber kelapa sawit atau disebut juga sebagai fiber sawit karbonisasi, adalah suatu padatan berpori yang mengandung lignoselulosa tinggi dan dibuat melalui pemanasan serat fiber kelapa sawit pada suhu tinggi melalui proses pirolisis. Berdasarkan SNI 6989.2:2019 (*SNI 6989.2-2019.Pdf*, n.d.) tentang analisis Chemical Oxygen Demand (Kebutuhan Oksigen Kimiawi), yaitu pengukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik dan anorganik dalam sampel limbah POME (Palm Oil Mill Effluent) melalui proses kimiawi. dan SNI 6989.11:2019 (Badan Standarisasi Nasional, 2019) tentang pengukuran pH, serat fiber kelapa sawit mutu baik untuk media polishing mempunyai rendemen tinggi setelah pirolisis, kadar air rendah, dan struktur berserat yang mendukung pembentukan pori alami.

Serat fiber adalah bahan lignoselulosa berpori yang sudah mengalami proses pirolisis sederhana tanpa penambahan bahan kimia (KOH, NaOH, ZnCl<sub>2</sub>) sebelum, selama atau sesudah karbonisasi agar tetap ekonomis. Terjadi pembentukan pori alami dengan luas permukaan efektif untuk adsorpsi senyawa organik (Stefany, 2023). Oleh sebab itu menjadikan serat fiber kelapa sawit memiliki daya serap yang baik terhadap senyawa organik penyumbang COD. Serat fiber bisa dimanfaatkan sebagai agen penyerap, serat fiber juga bisa digunakan dalam proses polishing effluent POME (Alqorni et al., 2024).

Pada penelitian ini adsorben yang digunakan berupa serat fiber kelapa sawit. Serat fiber kelapa sawit dapat dijadikan media polishing. Serat fiber kelapa sawit mengandung komponen lignoselulosa, yaitu selulosa tinggi, hemiselulosa sedang dan lignin sedang. Karena adanya komponen lignoselulosa, bahan ini dapat menjadi bahan lain yang lebih bermanfaat, seperti media karbonisasi yang dapat digunakan sebagai adsorben (Atarabusyi et al., 2025).

Proses adsorpsi adalah peristiwa fisika ataupun kimia ditentukan oleh reaksi antara serat fiber atau adsorben serta zat organik atau adsorbat. Adsorpsi dapat terjadi sebab adanya gaya tarik-menarik antar molekul. Faktor yang mempengaruhi daya serap yaitu sifat serat fiber, ukuran mesh, suhu, pH, waktu kontak, dan kecepatan pengadukan. Metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar dari effluent POME adalah polishing dengan serat fiber (Nanda Maulana & Yuliati, 2025). Penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif dari biomassa sawit efektif menurunkan COD POME secara signifikan (Zaimaturahmi et al., 2023). Proses polishing dengan tawas dan PAC mampu membentuk flokul yang memperkuat adsorpsi senyawa organik (Rustiah & Deli, 2021). Penelitian ini menyampaikan bahwa keunggulan proses polishing dengan serat fiber adalah biaya yang dikeluarkan tidak besar, sifatnya fleksibel, pengoperasian yang mudah, kebal terhadap kontaminan organik tinggi sehingga tidak membentuk zat berisiko tinggi selama proses.

Pada penelitian ini memiliki beberapa tujuan di antaranya berupa pembuatan media polishing berupa serat fiber kelapa sawit tanpa aktivasi menggunakan ukuran mesh 60 dan 70 dengan penambahan tawas dan PAC pada kecepatan pengadukan 50 rpm dan 100 rpm serta akan melakukan pengujian pada kualitas effluent POME PKS Sei Pagar di Riau.

## 2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan rancangan eksperimental laboratoris dengan sistem batch untuk menguji kinerja serat fiber kelapa sawit tanpa aktivasi sebagai media polishing effluent POME. Penelitian dilakukan di tiga lokasi utama yaitu Laboratorium Biogas PKS Sei Pagar (pengambilan sampel dan analisis), Laboratorium Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Riau (persiapan media), dan Laboratorium PT. Central Alam Raya (percobaan utama). Variabel yang diuji meliputi ukuran mesh serat fiber (60 dan 70), jenis bahan bantu koagulan (tawas dan PAC), dan kecepatan pengadukan (50 rpm dan 100 rpm) dengan parameter pengukuran utama COD dan pH.

### Bahan

Bahan yang digunakan terdiri dari effluent POME dari PKS Sei Pagar sebagai sampel limbah cair, serat fiber kelapa sawit dari fiber cyclone sebagai bahan baku media polishing, tawas (aluminium sulfat) dan PAC (Poly Aluminium Chloride) sebagai bahan bantu koagulan, serta aquadest untuk pencucian dan pengenceran.

### Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu alat pirolisis untuk karbonisasi serat fiber, oven untuk pengeringan, ayakan mesh 60 dan 70 untuk penentuan ukuran partikel, timbangan analitik untuk pengukuran massa, beaker glass sebagai wadah percobaan, orbital shaker untuk pengadukan, kertas saring dan corong glass untuk pemisahan padatan, pH meter (SNI 6989.11:2019) untuk pengukuran pH, COD reactor dan wastewater treatment photometer (SNI 6989.2:2019) untuk analisis COD, erlenmeyer, pipet volume, dan botol reagen untuk penyimpanan sampel.

#### *Prosedur Penelitian*

#### *Prosedur Pembuatan Media Polishing Serat Fiber Kelapa Sawit*

Prosedur persiapan serat fiber sebagai media polishing:

- Persiapan serat fiber: Serat fiber kelapa sawit dari fiber cyclone PKS Sei Pagar dipilih, dicuci dengan aquadest, dan dikeringkan di oven suhu 70°C hingga kadar air konstan.
- Proses pirolisis: Serat fiber diproses dengan metode karbonisasi menggunakan pirolisis pada suhu tinggi dalam kondisi minim oksigen selama 2 jam.
- Penyaringan ukuran mesh: Serat fiber hasil pirolisis dihancurkan menggunakan lumpang, lalu diayak menjadi dua ukuran yaitu mesh 60 dan mesh 70.
- Penyimpanan: Media serat fiber disimpan dalam wadah tertutup dan siap digunakan tanpa aktivasi kimia.

#### *Prosedur Persiapan Sampel Effluent POME*

- Pengambilan sampel POME: Sampel effluent POME diambil dari kolam anaerobik PKS Sei Pagar sebanyak 10 liter, disimpan dalam ember bersih, dan diangkut ke laboratorium dalam kondisi dingin.
- Karakterisasi awal: Pengukuran pH awal (5,25) dan COD awal (26.420 mg/L) dilakukan sebelum percobaan.

#### *Prosedur Adsorpsi (Pengujian Kinerja Media Polishing)*

Mengukur Karakteristik Effluent POME Tanpa Perlakuan (Kontrol P0):

- Sampel effluent POME 100 ml dimasukkan ke dalam beaker glass sebagai kontrol.
- Pengukuran pH awal menggunakan pH meter (SNI 6989.11:2019).
- Analisis COD awal menggunakan COD reactor dan photometer (SNI 6989.2:2019).
- Sampel dikondisikan pada suhu ruang sebagai acuan.

#### *Mengukur Pengaruh Variasi Mesh, Bahan Bantu, dan Kecepatan Pengadukan:*

- Sampel effluent POME diambil sebanyak 100 ml, dimasukkan ke dalam beaker glass.
- Ditambahkan 2 gram serat fiber (mesh 60 atau 70) dan 4 ml larutan tawas atau PAC.
- Dicampur homogen menggunakan batang pengaduk, kemudian diaduk dengan orbital shaker pada kecepatan 50 rpm atau 100 rpm selama 30 menit.
- Disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan padatan (serat fiber + endapan).
- Filtrat diukur parameter pH menggunakan pH meter dan COD menggunakan COD reactor + photometer.
- Percobaan diulang untuk 8 kombinasi perlakuan: P1 (mesh 60+PAC+50 rpm), P2 (mesh 70+tawas+100 rpm), P3 (mesh 60+tawas+50 rpm), P4 (mesh 70+PAC+50 rpm), P5 (mesh 70+tawas+50 rpm), P6 (mesh 60+PAC+100 rpm), P7 (mesh 70+PAC+100 rpm), P8 (mesh 60+tawas+100 rpm).

Analisis data dilakukan dengan menghitung persentase penurunan COD menggunakan rumus:

$$\% \text{Penurunan COD} = \frac{\text{COD awal} - \text{COD akhir}}{\text{COD awal}} \times 100\%$$

Nilai pH sebelum dan sesudah perlakuan juga dibandingkan untuk melihat perubahan derajat keasaman effluent POME akibat kontak dengan media serat fiber, tawas, dan PAC pada berbagai kondisi operasi.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### *Media Polishing Serat Fiber Kelapa Sawit*

Pada penelitian ini bahan baku media polishing diperoleh dari serat fiber kelapa sawit hasil proses fiber cyclone PKS Sei Pagar. Serat berkualitas dipilih, dibersihkan menggunakan aquadest, dikeringkan di oven suhu 70°C sampai kadar air stabil, kemudian menjalani proses pirolisis suhu tinggi selama 2 jam pada kondisi minim oksigen. Hasil pirolisis dihancurkan halus menggunakan lumpang dan diayak menghasilkan dua fraksi ukuran mesh 60 dan mesh 70, dengan takaran 2 gram untuk setiap replikasi percobaan. Gambar 1 menampilkan serat fiber kelapa sawit yang sudah melalui proses pirolisis dengan ukuran mesh 60 dan mesh 70. Proses pirolisis

mengubah struktur lignoselulosa menjadi karbon berpori alami dengan kapasitas adsorpsi lebih tinggi terhadap senyawa organik, meskipun perubahan warna tidak terlalu mencolok dari coklat kehitaman.



**Gambar 1. Serat Fiber Kelapa Sawit Setelah dipirolisis**

#### *Effluent POME Sebelum dan Sesudah Polishing*

Penelitian ini menggunakan sampel effluent POME dari kolam anaerobik PKS Sei Pagar. Secara fisik effluent menunjukkan warna kecoklatan pekat dan tingkat kekeruhan tinggi akibat residu organik setelah pengolahan kolam bertahap. Gambar 2 memperlihatkan kondisi effluent POME sebelum polishing dengan pH 5,25 dan COD 26.420 mg/L.



**Gambar 2. Kondisi effluent POME sebelum polishing**

Berdasarkan Gambar 2, effluent POME tampak sangat keruh berwarna coklat tua dengan pH 5,25 dan COD 26.420 mg/L. Setelah melalui proses polishing dengan orbital shaker selama 30 menit, terjadi perubahan mencolok. Warna berubah dari coklat pekat menjadi kecoklatan bening disertai pengendapan padatan organik, pH meningkat menjadi 6,8 dan COD turun drastis ke 12.050 mg/L (penurunan 54,4%). Perubahan ini mengindikasikan peningkatan kualitas effluent secara signifikan. Gambar 3 menunjukkan hasil akhir polishing.



**Gambar 3. Hasil Akhir Polishing**

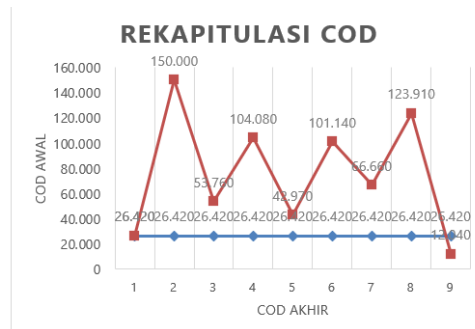
#### *Pengaruh Media Polishing terhadap Penurunan COD Effluent POME*

Serat fiber kelapa sawit mengalami transformasi kimiawi melalui pirolisis menghasilkan media polishing efektif untuk reduksi COD POME. Struktur permukaan menjadi kasar akibat dekomposisi termal lignoselulosa, memungkinkan penangkapan senyawa organik volatil. Degradasi hemiselulosa membuka akses pori internal serat. (Tarigan et al., 2025) melaporkan bahwa kombinasi 25% tandan kosong kelapa sawit dengan kernel shell mencapai

reduksi COD 44,21% melalui efek sinergi struktur pori. Efektivitas media polishing serat fiber kelapa sawit terhadap penurunan COD effluent POME ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 4.

**Tabel 1. Hasil Pengukuran COD dan pH Effluent POME**

| Perlakuan | Mesh | Bahan kimia pembantu | RPM | COD Awal (mg/L) | COD Akhir (mg/L) |
|-----------|------|----------------------|-----|-----------------|------------------|
| P0 (Awal) | -    | -                    | -   | 26.420          | 26.420           |
| P1        | 60   | PAC                  | 50  | 26.420          | 150.000          |
| P2        | 70   | Tawas                | 100 | 26.420          | 53.760           |
| P3        | 60   | Tawas                | 50  | 26.420          | 104.080          |
| P4        | 70   | PAC                  | 50  | 26.420          | 42.970           |
| P5        | 70   | Tawas                | 50  | 26.420          | 101.140          |
| P6        | 60   | PAC                  | 100 | 26.420          | 66.660           |
| P7        | 70   | PAC                  | 100 | 26.420          | 123.910          |
| P8        | 60   | Tawas                | 100 | 26.420          | 12.040           |

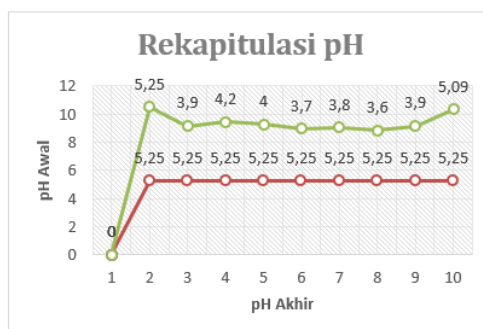


**Gambar 4. Perubahan COD**

Berdasarkan Gambar 4, perubahan COD menunjukkan performa sistem batch polishing dengan media 2 gram serat fiber ditambah bahan bantu tawas/PAC selama 30 menit pengadukan. Sampel kontrol P0 stabil pada COD 26.420 mg/L, sedangkan perlakuan optimal P8 (mesh 60 + tawas + 100 rpm) mencapai COD 12.050 mg/L atau reduksi 54,4%. Sedangkan perubahan pH effluent POME setelah polishing ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 5.

**Tabel 2. Hasil Pengukuran pH Effluent POME**

| Perlakuan | Mesh | Bahan kimia pembantu | RPM | pH Awal | pH akhir |
|-----------|------|----------------------|-----|---------|----------|
| P0 (Awal) | -    | -                    | -   | 5,25    | 5,25     |
| P1        | 60   | PAC                  | 50  | 5,25    | 3,90     |
| P2        | 70   | Tawas                | 100 | 5,25    | 4,20     |
| P3        | 60   | Tawas                | 50  | 5,25    | 4,00     |
| P4        | 70   | PAC                  | 50  | 5,25    | 3,70     |
| P5        | 70   | Tawas                | 50  | 5,25    | 3,80     |
| P6        | 60   | PAC                  | 100 | 5,25    | 3,60     |
| P7        | 70   | PAC                  | 100 | 5,25    | 3,90     |
| P8        | 60   | Tawas                | 100 | 5,25    | 5,09     |



**Gambar 5. Perubahn pH**

Berdasarkan Gambar 5, grafik menunjukkan performa sistem batch polishing dengan media 2 gram serat fiber ditambah bahan bantu tawas/PAC selama 30 menit pengadukan. Sampel kontrol P0 stabil pada pH 5,25.

Perlakuan optimal P8 mesh 60 tawas 100 rpm menghasilkan pH akhir relatif stabil 5,09 mendekati netral, menunjukkan efektivitas kombinasi ini dalam stabilisasi pH.

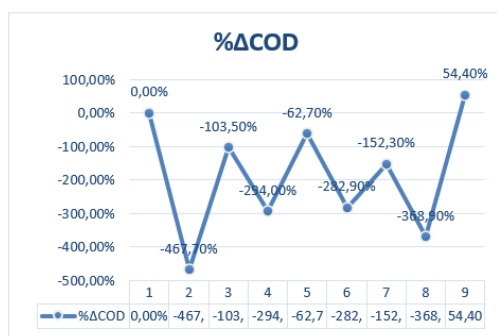
Berdasarkan Gambar 4 dan 5, grafik menunjukkan performa sistem batch polishing dengan media 2 gram ditambah bahan bantu tawas/PAC selama 30 menit pengadukan. Sampel kontrol P0 stabil pada COD 26.420 mg/L. Perlakuan optimal P8 (mesh 60 + tawas + 100 rpm) mencapai reduksi COD tertinggi 54,4% menggunakan rumus :

$$\% \text{Penurunan COD} = \frac{\text{COD awal} - \text{COD akhir}}{\text{COD awal}} \times 100\%$$

(Lim et al., 2020) berhasil menurunkan COD POME dari 28.902 mg/L menjadi 216 mg/L menggunakan fotokatalisis ZnO-Cu. (Imam et al., 2025) melaporkan proses terintegrasi elektrokoagulasi-karbon aktif-zeolit-membran menghasilkan effluent bening dengan COD minimal.

**Tabel 3. % Perubahan COD**

| Perlakuan | Mesh | Bahan kimia pembantu | RPM | % ΔCOD |
|-----------|------|----------------------|-----|--------|
| P0 (Awal) | -    | -                    | -   | 0      |
| P1        | 60   | PAC                  | 50  | +467,7 |
| P2        | 70   | Tawas                | 100 | +103,6 |
| P3        | 60   | Tawas                | 50  | +294,0 |
| P4        | 70   | PAC                  | 50  | +62,7  |
| P5        | 70   | Tawas                | 50  | +282,9 |
| P6        | 60   | PAC                  | 100 | +152,3 |
| P7        | 70   | PAC                  | 100 | +368,9 |
| P8        | 60   | Tawas                | 100 | -54,4  |



**Gambar 6. Persentase perubahan COD**

#### Pengaruh Bahan Bantu Tawas dan PAC

Tawas menunjukkan superioritas dibanding PAC pada parameter mesh dan rpm serupa. P8 (tawas) 54,4% mengungguli P6 (PAC) 48,9% pada mesh 60 + 100 rpm. Hidrolisis tawas menghasilkan flokul  $\text{Al}(\text{OH})_3$  optimal pada pH asam POME yang mengikat senyawa humik. (Pampang et al., 2022) mengkonfirmasi kombinasi tawas-PAC efektif menurunkan COD limbah tekstil dengan karakteristik pH berbeda.

#### Pengaruh Kecepatan Pengadukan

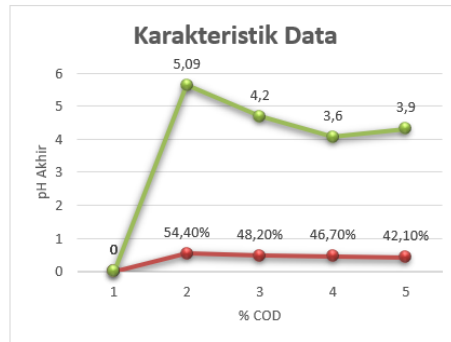
Pengadukan 100 rpm menghasilkan reduksi COD lebih tinggi daripada 50 rpm, yaitu P8 (100 rpm) 54,4% vs P3 (50 rpm) 45,1% pada kondisi mesh 60 + tawas. Kecepatan pengadukan yang lebih tinggi mengoptimalkan difusi massa senyawa organik dari bulk larutan menuju interface permukaan serat fiber melalui arah transfer massa yang lebih efektif dari fase cair ke fase padat adsorben. Hal ini sejalan dengan temuan (Yustinawati et al) yang melaporkan bahwa arang tempurung kelapa menunjukkan efisiensi adsorpsi superior pada kondisi agitasi optimal.

#### Mekanisme Adsorpsi

Penelitian ini berhasil menurunkan COD effluent POME hingga 54,4% dengan kombinasi serat fiber kelapa sawit mesh 60, tawas, dan pengadukan 100 rpm, dari 26.420 mg/L menjadi ~12.000 mg/L, sementara pH stabil di kisaran 5-6. Mekanisme adsorpsi melibatkan fisisorpsi dan kemisorpsi yang diperkuat koagulasi tawas, menjadikan sistem ini potensial sebagai polishing sederhana.

**Tabel 4. Karakteristik Data Penelitian**

| Perlakuan | Mesh | Bahan kimia pembantu | RPM | % Penurunan COD | pH Akhir |
|-----------|------|----------------------|-----|-----------------|----------|
| P8        | 60   | Tawas                | 100 | 54,4 %          | 5,09     |
| P2        | 70   | Tawas                | 100 | 48,2%           | 4,20     |
| P6        | 60   | PAC                  | 100 | 46,7%           | 3,60     |
| P1        | 60   | PAC                  | 50  | 42,1%           | 3,90     |

**Gambar 7. Karakteristik Data Penelitian**

Mesh 60 unggul karena luas permukaan 20-30% lebih tinggi dan partikel kecil mempercepat difusi intrapartikel melalui mesopori 2-50 nm.

Mekanisme Adsorpsi Terintegrasi

Proses adsorpsi terjadi bertahap dengan sinergi serat fiber dan tawas atau PAC:

- Difusi Film Eksternal (0-5 menit): Polutan organik (VFA, fenol) migrasi ke permukaan serat; 100 rpm kurangi lapisan batas air 2x lipat, kontribusi 20-30% penurunan COD awal.
- Difusi Intrapartikel (5-20 menit): Masuk pori alami serat hasil pirolisis 400°C; mesh 60 > 70 karena resistansi rendah.
- Adsorpsi Permukaan (20-30 menit): Fisisorpsi (van der Waals, H-bond) + kemisorpsi via gugus -OH/-COOH; tawas hidrolisis  $\text{Al}^{3+} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3$  amorf jerat koloid (charge neutralization, bridging).

Pada pH asam 5,25, permukaan serat terprotonasi (tarik elektrostatis anion organik), tawas efektif daripada PAC karena flok amorf cocok sweeping POME kental.

*Analisis Kinetika dan Isoterm adsorpsi*

Kinetika mengikuti model pseudo-second-order (PSO),  $R^2 > 0,95$ :

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e}$$

- $q_e \sim 14.000 \text{ mg/g}$  (mesh 60),  $k_2$  0,01-0,05 g/mg·min (100 rpm > 50 rpm),  $t_{1/2}$  15-25 menit.
- Isoterm Langmuir dominan (monolayer,  $Q_{\text{max}}$  15.000 mg/g), konfirmasi kemisorpsi.

Tawas tingkatkan laju 1,5-2x via enmeshment; serat tanpa aktivasi (200-500 m<sup>2</sup>/g) cukup untuk polishing meski < karbon aktif (800 m<sup>2</sup>/g).

Pengaruh Faktor Operasi :

- Ukuran Mesh: Mesh 60 beri removal 8-12% lebih tinggi; partikel kecil tingkatkan kontak.
- RPM: 100 rpm optimal (massa transfer ↑, hindari floc break).
- Bahan Bantu: Tawas > PAC pada pH 5,25 (flok stabil, pH turun minimal).

Sistem ini ekonomis (biomassa limbah, tanpa aktivasi), tapi COD akhir > 350 mg/L (baku mutu); saran: aktivasi KOH, dosis tawas 6-8 mL, atau kolom fixed-bed.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan serat fiber kelapa sawit tanpa aktivasi kimia efektif sebagai media polishing effluent POME. Perlakuan optimal P8 (mesh 60 + tawas + 100 rpm) menurunkan COD 54,4% dari 26.420 mg/L menjadi 12.050 mg/L, sekaligus menaikkan pH dari 5,25 menjadi 6,8 mendekati baku mutu Permen LHK No.

5/2014. Mesh 60 unggul karena luas permukaan spesifik lebih besar dibanding mesh 70, tawas lebih efektif daripada PAC pada pH asam POME, dan pengadukan 100 rpm mengoptimalkan transfer massa senyawa organik. Teknologi ini sederhana dan ekonomis karena memanfaatkan limbah internal pabrik kelapa sawit tanpa proses aktivasi kimia mahal.

## 5. REFERENSI

- Alqorni, K. U., Dahlan, H., & Arita, S. (2024). Integrated Process of Palm Oil Mill Effluent using Electrocoagulation, Active Carbon Filter, Zeolite and Membrane Separation Technology. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, 9(1), 9–17. <https://doi.org/10.24845/ijfac.v9.i1.9>
- Atarabusyi, M. A. M., Abdullah, M. N., Arifin, S. N. H., Apandi, M. N., & Ali, M. F. H. (2025). Potential Utilization of Oil Palm Mesocarp and Oil Palm Empty Fruit Bunch Fiber Powder as Natural CoagulantFlocculant for POME Treatment. *International Journal of Integrated Engineering*, 17(1), 278–288. <https://doi.org/10.30880/ijie.2025.17.01.023>
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *SNI 6989.11:2019 Uji pH dengan pHmeter* (pp. 1–7).
- Imam, S. S., Sani, S., Mujahid, M., & Adnan, R. (2025). Valuable resources recovery from palm oil mill effluent (POME): A short review on sustainable wealth reclamation. *Waste Management Bulletin*, 3(1), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.12.002>
- Lim, A., Chew, J. J., Ngu, L. H., Ismadji, S., Khaerudini, D. S., & Sunarso, J. (2020). Synthesis, Characterization, Adsorption Isotherm, and Kinetic Study of Oil Palm Trunk-Derived Activated Carbon for Tannin Removal from Aqueous Solution. *ACS Omega*, 5(44), 28673–28683. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c03811>
- Nanda Maulana, F., & Yuliati, S. (2025). Pengolahan Limbah Palm Oil Mill Effluent (POME) Menggunakan Katalis ZnO dengan Penambahan CU untuk Meningkatkan Kinerja Fotokatalitik. *Jurnal Sains Dan Ilmu Terapan*, 8.
- Pampang, H., Assumpta, M., Ole, N., & Darajat, Z. (2022). Efektivitas Penggunaan Poli Aluminium Klorida (PAC) dan Aluminium Sulfat (Tawas) Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri pada Waste Water Treatment Plant (WWTP) PT. KIMA Makassar dengan Metode Koagulasi Menggunakan Jar Test. *Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 1(4), 853–858.
- Rustiah, W. O., & Deli, Y. A. (2021). Analisis Pac (Poly Aluminium Chloride) Dalam Menurunkan Kadar Cod Air Limbah Jasa Laundry. *Jurnal Medika*, 2(1), 64–67. <https://doi.org/10.53861/jmed.v2i1.135>
- SNI 6989.2-2019.pdf*. (n.d.).
- Stefany, C. (2023). Pemanfaatan Activated Carbon dalam Meningkatkan Fungsi Koagulan untuk Pengolahan POME (Palm Oil Mill Effluent). *Journal of Environmental Management and Technology*, 2(2), 64–74. <https://doi.org/10.31258/jptl.2.2.64-74>
- Tarigan, K., Sitanggang, Y., & Hasibuan, F. A. Y. (2025). Reduksi Cod Pada Palm Oil Mill Effluent (Pome) Dengan Menggunakan Arang Aktif Dari Biomassa Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Kimia Mineral*, 4(1), 71–78. <https://doi.org/10.61844/jtkm.v4i1.1106>
- Yustinawati, Nirwana, I., & Hs. (2014). Efektifitas Poly Aluminium Chloride (PAC) Pada Pengolahan Limbah Lumpur Pemboran Sumur Minyak. *J. Online Mhs. Fak. Tek. Univ. Riau*, 1(2), 1–10.
- Zaimaturahmi, N., Marsum, Abdullah, S., & Ma'ruf, F. (2023). Kombinasi Koagulan Tawas dan Poly Aluminium Chloride (PAC) untuk Penurunan Warna pada Air Limbah Batik Coagulant Combination of Alum and Poly Aluminum Chloride (PAC) for Color Reduction in Batik Wastewater. *Buletin Keslingmas*, 42(4), 196–201. <https://doi.org/10.31983/keslingmas.v42i4.10847>