

Analisa Kualitas Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) Dengan Perlakuan Bioadsorben Pelepah Kelapa Sawit Teraktivasi Asam Sulfat (H_2SO_4)

Rafael Remit Winardi ⁽¹⁾, Healthy Aldriany Prasetyo ⁽²⁾

⁽¹⁾ Prodi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan, Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan

⁽²⁾ Fakultas Teknik, Prodi Teknik Industri, Universitas Medan Area, Medan

rafaelwinardi@gmail.com(1), healthyap@gmail.com (2)

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui variasi konsentrasi aktivator H_2SO_4 terbaik untuk mengaktivasi bioadsorben pelepah kelapa sawit dengan konsentrasi aktivator 20%, 25% dan 30%. Bioadsorben diaplikasikan terhadap limbah cair pabrik kelapa sawit di draft akhir kolam limbah. Metode penelitian yang digunakan adalah RAL (rancangan acak lengkap) non faktorial dengan 4 taraf perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentuk dan morfologi yang diuji dengan SEM untuk aktivator H_2SO_4 30% terbentuk pori-pori lebih banyak dan lebih besar serta merata dibandingkan dengan bioadsorben yang tidak diaktivasi. 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.

Kata Kunci: bioadsorben, Pelepah Kelapa Sawit, COD, pH, SEM

ABSTRACT

This study was conducted to determine the best variation of H_2SO_4 activator concentration to activate oil palm frond bioadsorbent with activator concentrations of 20%, 25% and 30%. The bioadsorbent was applied to palm oil mill wastewater in the final draft of the waste pond. The research method used was a non-factorial completely randomized design (CRD) with 4 treatment levels. The results showed that the shape and morphology tested by SEM for the 30% H_2SO_4 activator formed more and larger pores and were evenly distributed compared to the unactivated bioadsorbent. The best concentration variation for bioadsorbent activation was 30% concentration with an average waste COD value of 11,735 mg/L and an average pH of 5.9.

Keywords: bioadsorbent, palm frond, COD, pH, SEM

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Pelepah kelapa sawit merupakan limbah yang diperoleh dari hasil pruning tanaman kelapa sawit. Satu hektar tanaman kelapa sawit mampu menghasilkan 6.400-7.500 pelepah pertahun. Pelepah kelapa sawit merupakan biomaterial yang berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan dasar karbon aktif (bioadsorben). Komposisi kimia yang dikandung oleh pelepah kelapa sawit ini adalah selulosa (43,00%), hemiselulosa (18,51%), silika (3,8%) dan lignin (14,23%) (Rahayu *et al.*, 2017). Adsorben adalah bahan yang dapat melakukan penyerapan (adsorpsi) terhadap senyawa kimia atau partikel halus lainnya. Adsorpsi merupakan proses perpindahan massa pada permukaan pori-pori dalam butiran adsorben. Perpindahan massa yang terjadi melalui batas antara dua fasa dan adsorpsi merupakan proses eksotermis (Paryanto *et al.*, 2018). Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk mengaktivasi bioadsorben yaitu secara fisika dan kimia. Aktivasi secara fisika adalah metode yang digunakan dengan cara menggunakan karbon dioksida sebagai gas pengoksidasi sedangkan secara kimia dilakukan dengan cara menggunakan larutan kimia seperti KOH, NaOH, H_3PO_4 dan H_2SO_4 (Rustiah, 2016). Penelitian terkait pengaruh aktivasi larutan adsorpsi yang telah dilakukan adalah: penelitian penurunan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair industri tahu menggunakan arang aktif dari pelepah kelapa sawit (*Elaeis guenensis* Jacq.) dengan aktivator HCl 1 N (Khairuddin *et al.*, 2022). Penelitian pemanfaatan karbon aktif dari limbah sekam padi dan bonggol jagung untuk mengurangi kadar pencemar pada sungai sekanak. Penelitian ini telah dilakukan untuk menurunkan nilai COD, BOD, TDS dan Fe, serta meningkatkan pH air sesuai standar baku mutu air (Roni *et al.*, 2020). Penggunaan adsorben untuk memperbaiki kualitas LCPKS dengan bahan dasar arang aktif biji kapuk untuk penurunan nilai COD dengan aktivator $NaHCO_3$ (Siregar *et al.*, 2015). Adsorben dengan bahan dasar kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) untuk menurunkan *Chemical Oxygen Demand* dengan aktivator HNO_3 (b:v) (Setiati Pandia *et al.*, 2017).

2. Perumusan Masalah

Karakter fisik pelepah kelapa sawit sebagai bioadsorben teraktivasi oleh asam sulfat (H_2SO_4) belum diketahui dan aplikasinya terhadap LCPKS di kolam limbah untuk memperbaiki kualitas LCPKS belum pernah dilakukan.

3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah: 1) Pembuatan bioadsorben aktif dari pelepah kelapa sawit 2) menguji struktur morfologi bioadsorben pelepah sawit setelah diaktivasi, 3) Mengetahui pengaruh konsentrasi aktivator asam sulfat (H_2SO_4) terhadap proses adsorpsi COD pada limbah cair pabrik kelapa sawit.

4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian bermanfaat sebagai bahan alternatif pembuatan adsorben untuk memperbaiki mutu LCPKS sesuai dengan standar Baku Mutu Limbah Cair.

II. METODE PENELITIAN

1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mutu Institut Teknologi Sawit Indonesia (ITSI), Laboratorium Terpadu Universitas Sumatera Utara dan Balai Standarisasi Dan Pelayanan Jasa Industri Medan. Waktu penelitian ini dilakukan selama 3 bulan dari Bulan April hingga Bulan Juni 2024.

2. Rancangan Penelitian

Desain penelitian adalah eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non

faktorial dan dilakukan 3 kali pengulangan dengan 4 taraf perlakuan konsentrasi aktivator H_2SO_4 . Uji pengaruh perlakuan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA), jika berbeda nyata dilanjutkan dengan pengujian beda rata-rata antar perlakuan dengan menggunakan uji LSD (*Least Significant Degree*). Analisa data menggunakan *software Statistical Product and Service Solution* (SPSS) versi 23.

3. Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair *deoil pond* (draif akhir) di pabrik kelapa sawit PTPN IV Regional II Adolina sebanyak 7 liter, larutan H_2SO_4 konsentrasi 20%, 25% dan 30%, pelepah kelapa sawit, dan aquadest.

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu oven, SEM, saringan 100 mesh, *Magnetic stirrer*, *Hot plate*, spatula, pH meter, labu ukur cawan porselin, neraca/timbangan analitik, pipet tetes, *Erlenmeyer*, *Beaker glass*, termometer, pisau, *Stopwatch*, *Furnace*/Tanur, dan botol plastik 600 ml.

4. Tahapan Penelitian

Pembuatan Bioadsorben

Pelepah kelapa sawit dipotong dan dibersihkan dari daunnya. Kemudian pelepah dipotong dan diparut menggunakan mesin parutan kelapa. Hasil parutan ditimbang sebanyak ± 2 kg, lalu dijemur dibawah sinar matahari selama 2-3 hari sampai kering. Hasil parutan yang sudah kering diletakkan kedalam cawan sebanyak 6 cawan dan dimasukkan kedalam *Furnace*/Tanur, selanjutnya dibakar pada suhu pembakaran $400^\circ C$ selama 1 jam. Kemudian cawan diangkat dan dilakukan pendinginan sebelum digiling dengan menggunakan *mortar*. Partikel abu halus yang terbentuk disaring dengan menggunakan saringan 100 mesh. Dan dilanjutkan pengeringan dengan oven dengan suhu $105^\circ C$ selama 1 jam untuk dikeringkan.

Aktivasi Bioadsorben Abu Pelepah Kelapa Sawit

Larutan H_2SO_4 diencerkan dengan cara menambahkan aquadest hingga konsentrasinya mencapai 20%, 25% dan 30%. Hasil ayakan abu/*carbon* pelepah kelapa sawit yang telah dikeringkan selanjutnya direndam kedalam larutan H_2SO_4 selama 24 jam dengan perbandingan masing-masing 70 g bioadsorben : 300 ml aktivator H_2SO_4 dengan konsentrasi 20%, 25% dan 30% untuk proses aktivasi. Setelah diaktivasi selanjutnya bioadsorben dinetralkan menggunakan aquadest sampai kondisi pH 5,5 – 7. Selanjutnya bioadsorben yang telah dinetralkan kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu $120^\circ C$ selama 120 menit.

Aplikasi Bioadsorben

Bioadsorben yang telah diaktivasi ditimbang sebanyak 7 g dan dimasukan ke 12 beaker glass yang berisi masing-masing 500 ml LCPKS. Kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit dengan kecepatan 60 rpm sambil didiamkan selama 24 jam untuk memaksimalkan proses adsorpsi.

Analisa Parameter

Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) Bioadsorben

Uji SEM digunakan untuk mengetahui bentuk dan struktur morfologi permukaan bioadsorben sebelum dan sesudah diaktivasi.

Analisa COD SNI 06-6989.15.2019

Uji COD dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan pengaruh antara LCPKS yang tidak diberikan bioadsorben dengan LCPKS yang diberikan bioadsorben dan yang telah diaktivasi dengan larutan H_2SO_4 dengan konsentrasi 20%, 25% dan 30 %. Uji ini dilakukan dengan prosedur pengujian sebagai berikut: Dipipet 10 ml sampel dan dimasukkan kedalam *Erlenmeyer* asah 250 ml. Kemudian ditambahkan 0,2 g serbuk $HgSO_4$ dan beberapa batu didih. Selanjutnya ditambahkan 5 ml larutan kalium dikromat

($K_2Cr_2O_7$) 0,2 N. Berikutnya ditambahkan 15 ml pereaksi asam sulfat perlahan-lahan sambil didinginkan dalam air pendingin dengan cara menghubungkan dengan pendingin *Leibig* atau *Allihn* dan dididihkan diatas *hot plate* selama 2 jam. Setelah itu dinginkan dan cuci bagian dalam dari pendingin dengan air bebas organik hingga volume contoh uji menjadi lebih kurang 70 ml. Sampel didinginkan sampai temperatur kamar, dan tambahkan indikator ferroin 2-3 tetes kemudian dititrasi dengan larutan baku FAS 0,25 N sampai terjadi perubahan warna yang jelas dari hijau-biru menjadi coklat-kemerahan, catat volume larutan FAS yang digunakan (V_c , ml). Catat volume larutan FAS yang digunakan (V_b , ml) dan laporkan hasil pengujian. Dengan cara yang sama dibuat blanko terhadap air bebas murni.

Perhitungan:

Nilai COD sebagai mg/l O_2

$$COD \text{ (mg } O_2/l) = (V_b - V_c) \times N_{FAS} \times 8.000 / V_s$$

Keterangan:

V_b adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko (ml).

V_c adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk sampel uji (ml).

V_s adalah volume sampel uji (ml).

N_{FAS} adalah normalitas larutan FAS (N).

8.000 adalah berat mili ekivalen oksigen x 1.000

Analisa pH LCPKS

Analisa pH dengan prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut:

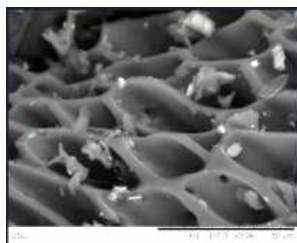
Diambil sampel LCPKS yang sudah dimasukkan kedalam wadah dan telah diberi label. Kemudian ke dalamnya dicelupkan elektroda pH meter yang telah dikalibrasi. Catat hasil yang terlihat di display digital

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

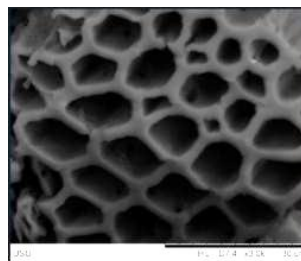
1. Analisa Morfologi Bioadsorben di bawah SEM sebelum dan setelah aktivasi H_2SO_4

Analisa morfologi permukaan pada bioadsorben dari pelepah kelapa sawit yang sudah disaring menggunakan saringan 100 mesh sebelum dan setelah aktivasi H_2SO_4 dikarakterisasi menggunakan uji SEM dengan perbesaran 3.000 kali, seperti pada Gambar 1.

a) Morfologi bioadsorben sebelum diaktivasi H_2SO_4



b) Morfologi bioadsorben setelah diaktivasi H_2SO_4



Gambar 1. Morfologi permukaan bioadsorben sebelum dan sesudah aktivasi H_2SO_4 Gambar 1(a) menunjukkan bahwa morfologi permukaan bioadsorben sebelum dilakukan proses aktivasi menggunakan H_2SO_4 mempunyai alur dan pori-pori tetapi belum jelas serta 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 (Daryati *et al.*, 2016). Gambar 1(b) menunjukkan bahwa morfologi permukaan 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 . Hal ini dikarenakan proses aktivasi akan membuka pori-pori bioadsorben dengan memecah ikatan hidrokarbon sehingga kemampuan daya serapnya semakin baik (Maulana *et al.*, 2017). Penambahan konsentrasi aktivator berdampak pada struktur morfologi bioadsorben, dimana proses aktivasi berpengaruh pada volatile dan tar yang semakin terlepas dari karbon, sehingga pembentukan pori-pori semakin banyak serta luas permukaan pori-porinya semakin besar dan hal ini mempengaruhi daya jerap dari bioadsorben tersebut (Yuningsih *et al.*, 2016).

Chemical Oxygen Demand (COD)

Hasil uji pada air limbah terhadap kontrol dan alikasi bioadsorben menggunakan aktivator H_2SO_4 dengan konsentrasi 20%, 25% dan 30% diperoleh nilai COD seperti tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai COD LCPKS (mg/L)

Perlakuan	Ulangan COD (Chemical Oxygen Demand) mg/L			Total	rata-Rata
	1	2	3		
Kontrol	12.755	14.286	13.776	40.823	13.606
H_2SO_4 20%	12.755	13.776	12.245	38.776	12.925
H_2SO_4 25%	12.245	12.245	12.755	37.245	12.415
H_2SO_4 30%	10.714	12.245	12.245	35.204	11.735

Tabel 1 menunjukkan nilai COD tertinggi terdaat pada unit kontrol 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. Pada konsentrasi aktivator 25% diperoleh nilai rata-rata COD 12.415 mg/L atau 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. Variasi konsentrasi aktivator menunjukkan terjadinya penurunan COD. Semakin tinggi konsentrasi aktivator H_2SO_4 , maka penurunan COD akan terjadi. Hal ini dikarenakan zat Analisa uji rataaan dengan Anova menunjukkan bahwa rataaan yang diperoleh antar organik (adsorbat) yang terdapat pada air limbah terjerap oleh pori-pori bioadsorben. perlakuan tidak berbeda nyata. Proses adsorpsi terhadap COD pada LCPKS kurang maksimal. Hal ini dikarenakan kemampuan daripada pori-pori adsorben telah mencapai titik jenuh (Siregar *et al.*, 2015). Penyebab jenuhnya pori-pori bioadsorben dalam mengadsorpsi COD 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.

2. Potential Hydrogen (pH)

Berdasarkan hasil uji yang dilakukan menunjukkan parameter pH terhadap ke empat perlakuan, seperti tercantum pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data Analisa pH LCPKS

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
	1	2	3		
Kontrol	4,7	4,7	4,7	14,1	4,7
H_2SO_4 20%	5,5	5,5	5,6	16,6	5,53
H_2SO_4 25%	5,6	5,5	5,7	16,8	5,6
H_2SO_4 30%	5,9	5,8	5,9	17,6	5,86

Tabel 2 menunjukkan data nilai rata-rata pH yang dimiliki masing-masing parameter yaitu kontrol (4,7), konsentrasi aktivator H_2SO_4 20% (5,53), konsentrasi aktivator H_2SO_4 25% (5,6) dan konsentrasi aktivator H_2SO_4 30% (5,86). Hasil uji Anova menunjukkan beda nyata antar perlakuan, sehingga dilakukan uji lanjut dengan metode uji DMRT.

Tabel 3. Uji DMRT Antar Perlakuan

Perlakuan	Rata-Rata	Rata-Rata+DMRT	Notasi
Kontrol	4,7	4,82	A
H_2SO_4 20%	5,53	5,66	B
H_2SO_4 25%	5,6	5,73	BC
H_2SO_4 30%	5,86		D

Berdasarkan hasil uji DMRT yang dilakukan diperoleh kesimpulan dimana kontrol dengan perlakuan aktivator H_2SO_4 20% berbeda nyata, perlakuan aktivator H_2SO_4 20% dengan perlakuan aktivator H_2SO_4 25% berbeda tidak nyata, sedangkan untuk perlakuan aktivator H_2SO_4 30% berbeda sangat nyata dari seluruh perlakuan lainnya. Variasi konsentrasi aktivator H_2SO_4 dalam proses aktivasi bioadsorben berbahan baku pelepah sawit menunjukkan terjadinya peningkatan pH air limbah. Faktor penyebab naiknya nilai pH pada air limbah dikarenakan adanya serapan ion Hidrogen (H^+) oleh arang aktif (Laras *et al.*, 2015). Terjadinya persaingan antara ion H^+ dengan bahan organik dan kromium yang terdapat pada air limbah. Daya tarik antara zat organik dan logam lebih besar dari ion H^+ , sehingga permukaan bioadsorben lebih banyak menyerap kedua zat tersebut (Fachria *et al.*, 2020). Dalam hal ini konsentrasi aktivator yang terbaik untuk mengaktivasi bioadsorben adalah konsentrasi 30% dengan nilai pH air limbah rata-rata 5,8. Nilai pH yang terkandung pada air limbah *deoiling pond* (draf akhir) di pabrik kelapa belum memenuhi standar baku mutu air limbah cair industri yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah yang dimana pada peraturan tersebut untuk pH kegiatan industri minyak sawit adalah (6,0 – 9,0) (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

Uji SEM pada bioadsorben yang sudah diaktivasi dengan H_2SO_4 30% memiliki permukaan pori lebih banyak dan lebar serta merata dibandingkan dengan bioadsorben yang belum diaktivasi menggunakan H_2SO_4 . Aplikasi bioadsorben pelepah kelapa sawit terhadap limbah *deoiling pond* diperoleh nilai rata-rata COD untuk unit kontrol 13.606 mg/L, konsentrasi aktivator H_2SO_4 20% sebesar 12.925 mg/L, aktivator H_2SO_4 25% sebesar 12.415 mg/L dan aktivator H_2SO_4 30% sebesar 11.735 mg/L. Perlakuan

terbaik adalah bioadsorben dengan aktivator H₂SO₄ 30% dengan nilai COD 11.735 mg/L. Nilai rata-rata pH air limbah unit kontrol sebesar 4,7, konsentrasi aktivator H₂SO₄ 20% sebesar 5,5, aktivator H₂SO₄ 25% sebesar 5,6 dan aktivator H₂SO₄ 30% sebesar 5,8. Perlakuan terbaik terdapat pada bioadsorben dengan aktivasi H₂SO₄ 30%. Kenaikan pH pada limbah deoiling 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.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R., Fauziah, S., & Zakir, M. (2021). Pembuatan Dan Modifikasi Karbon Aktif Pelepah Kelapa Sawit (*cocus nucifera l.*) Sebagai Adsorben MetilenBiru *Indonesian journal of pure and applied chemistry*, 3(2), 1.
- Astuti, A., & Maiza, R. K. (2019). Pengaruh Aktivator H₂SO₄ Terhadap Pori Karbon Aktif Dan Aplikasinya Sebagai Absorber Logam Berat. *Jurnal Ilmu Fisika Universitas Andalas*, 11(1), 25–30. <https://doi.org/10.25077/jif.11.1.30-36.2019>.
- Daryati, S. E., Wibowo, M. A., & Sitorus, B. (2016). Karakterisasi Arang Aktif Kulit Biji Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) Sebagai Bioadsorben Gas H₂S. *Orbital*, 1(1), 10–17.
- Khairuddin, Ruslan, R., Tahili, M. R. A. M., Puspitasari, D. J., Indriani, Sosidi, H., Prismawiriyanti, & Mirzan, M. (2022). Penurunan Kadar *Chemical Oxygen Demand (COD)* pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Arang Aktif dari Pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis guenensis* Jacq.). *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 8(2), 171–177.
- Pandia, S., Siahaan, A.D.Y, & Hutagalung, A.T. (2017). Pemanfaatan Adsorben Dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao l.*) Untuk Menurunkan Chemical Oxygen Demand Pada Palm Oil Mill Effluent. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(3), 34–40.
- Paryanto, P., Arsyad, M. F., & Aji, M. F. I. (2018). Penentuan Nilai Keseimbangan Adsorpsi Zat Warna Alami Kulit Mahoni Ke Dalam Kain Dengan Proses Batch. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 3(2), 1–7. <https://doi.org/10.31942/inteka.v3i2.2482>
- Rahayu, D., Ermawati, H., & Wahyono. (2017). Karakteristik Adsorben Karbon Aktif Dari Limbah Padat Kelapa Sawit (Review) *Characteristics of Activated Carbon Adsorbent From Oil Palm Solid Waste (Review)*. *Purifikasi*, 17, 1.
- Roni, K. A., Kurniati, E., Legiso, & Susanto, T. (2020). Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Limbah Sekam Padi Dan Bonggol Jagung Untuk Mengurangi Kadar Pencemar Pada Sungai Sekana. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 14(2), 200–208.
- Rustiah, W. O. (2016). Variasi Konsentrasi Aktivator Asam Sulfat (H₂SO₄) Pada Karbon Aktif Ampas Teh Terhadap Kapasitas Adsorpsi Logam Timbal (Pb). *Jurnal Medika*, 1(2), 45–51.
- Siregar, R. D., Zaharah, T. A., & Wahyuni, N. (2015). Penurunan Kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) Limbah Cair Industri Kelapa Sawit Menggunakan Arang Aktif Biji Kapuk (*Ceiba Petandra*). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 4(2), 62–66.
- Yuna, R., & Mardina, V. (2019). Pengujian Karakteristik Kimia pada Limbah Cair Kelapa Sawit di Pabrik X. *Jurnal Biologica Samudra*, 1(1), 1–8.

Accepted Date	Revised Date	Decided Date	Accepted to Publish
03 Februari 2026	09 Februari 2026	15 Februari 2026	Ya