ISSN 2075-9083 (Print)
ISSN 2075-9075 (Onlline)

JURNAL TEKNIK KIMIA VOKASIONAL

Vol. 6, No. 1, Maret 2026, hal. 10–14
doi: 10.46964/jimsi.v6i1.1879

PENINGKATAN MUTU CRUDE PALM OIL (CPO) MENGGUNAKAN ADSORBEN DARI AKTIVASI ABU BOILER KELAPA SAWIT TERAKTIVASI H_3PO_4DENGAN VARIASI MASSA ADSORBEN

Muhammad Wahyu Maulana [1*)], Mira Putri Amalia [2)], Khopipah [3)], Mardhiyah Nadir [4)], dan Fitriyana [5)]

[1,2,3,4)] Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda, Indonesia
[5)] Program Studi Petro dan Oleo Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda, Indonesia

[*)] Email : wahyuprimbo@gmail.com

(Received : 01-03-2026; Revised: 25-03-2026; Accepted: 30-03-2026)

Abstrak

Crude Palm Oil (CPO) merupakan komoditas strategis Indonesia yang mutu kualitasnya sangat dipengaruhi oleh kadar asam lemak bebas, kadar air, dan kadar pengotor. Tingginya nilai parameter tersebut dapat menurunkan kualitas CPO dan menghambat proses pengolahan lanjutan. Di sisi lain, industri kelapa sawit menghasilkan limbah padat berupa abu boiler yang belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah ini mengandung silika yang dapat dimanfaatkan sebagai bioadsorben dengan metode aktivasi kimia menggunakan H_3PO_4 10% selama 48 jam. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan variasi massa adsorben dalam menurunkan kadar asam lemak bebas, kadar air dan pengotor pada CPO. Abu boiler aktivasi diaplikasikan pada CPO dengan variasi massa adsorben 0,3–1,1 g per 50 mL CPO, waktu pengadukan 30 menit, dan waktu kontak 3 jam. Hasil penelitian menunjukkan kondisi terbaik diperoleh pada massa adsorben 0,7 g dengan kadar asam lemak bebas menurun 28,9170% (4,3307 % menjadi 3,3,0784), kadar air menurun 72,0873% (1,1506 % menjadi 0,3368 %), dan kadar pengotor menurun 6,4147% (0,3401 % menjadi 0,3183%).

Kata kunci: adosben abu boiler, aktivator h_3po_4, *crude palm oil,* aktivasi kimia, abu boiler kelapa sawit

Abstract

Crude Palm Oil (CPO) is a strategic commodity in Indonesia, whose quality is strongly influenced by free fatty acid content, moisture content, and impurity levels. Elevated values of these parameters can reduce CPO quality and hinder subsequent processing stages. Meanwhile, the palm oil industry generates solid waste in the form of boiler ash, which has not been optimally utilized. This waste contains silica that can be utilized as a bioadsorbent through chemical activation using 10% H_3PO_4 for 48 hours. This study aims to determine the effect of adsorbent mass variation on reducing free fatty acid content, moisture content, and impurities in CPO. Activated boiler ash was applied to CPO with adsorbent mass variations of 0.3–1.1 g per 50 mL of CPO, a stirring time of 30 minutes, and a contact time of 3 hours. The results showed that the optimal condition was achieved at an adsorbent mass of 0.7 g, resulting in a reduction of free fatty acids by 28.9170% (from 4.3307% to 3.0784%), moisture content by 72.0873% (from 1.1506% to 0.3368%), and impurity content by 6.4147% (from 0.3401% to 0.3183%).

Keywords: *boiler ash adsorbent, h_3po_4 activator, crude palm oil, chemical activation, ash adsorben palm oil*

ISSN 2775-9083 (Print)
ISSN 2775-9075 (Online)

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan produsen Crude Palm Oil (CPO) terbesar di dunia dengan kontribusi sekitar 56% dari produksi global. Kalimantan Timur menempati peringkat kelima sebagai penghasil kelapa sawit terbesar di Indonesia, dengan produksi mencapai 16.938,31 ton per tahun pada 2022 (Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur, 2023). Tingginya produksi ini berbanding lurus dengan limbah abu boiler yang dihasilkan, yaitu sekitar 200–450 kg per 100 ton produksi (Ariswandi dkk., 2023), dengan rata-rata 325 kg. Berdasarkan data tersebut, estimasi abu boiler di Kalimantan Timur mencapai 55.049 ton per tahun.

Abu boiler merupakan limbah padat hasil pembakaran cangkang kelapa sawit dalam boiler. Umumnya, limbah ini dimanfaatkan sebagai pengeras jalan atau pengganti pupuk anorganik. Namun, tanpa pengolahan lanjutan, abu boiler berpotensi mencemari lingkungan akibat kandungan logam beratnya. Abu boiler memiliki kandungan utama berupa SiO_2 (31,45%), CaO (15,2%), dan Al_2O_3 (1,6%). Kandungan silika yang tinggi menjadikannya berpotensi untuk diaktivasi menjadi silika dengan daya serap tinggi melalui metode aktivasi kimia. Silika hasil aktivasi ini dapat dimanfaatkan sebagai bio-adsorben alami.

Penelitian Rangkuti dkk., (2021) pertama menggunakan abu boiler kelapa sawit sebagai adsorben untuk CPO dengan aktivator H3PO4 atau NaCl 10% (perendaman 24 jam, kontak 30 menit, dosis 0,1 g/50 mL CPO), optimal H3PO4 menurunkan ALB 0,43% (3,81%→3,38%) dan kadar air 21% (0,32%→0,25%); penelitian keduanya variasi perendaman 24-48 jam dengan H3PO4 10%, optimal 48 jam: ALB 48% (3,81%→1,98%), air 50% (0,30%→0,15%). variasi H3PO4 5-15% dan kontak 1-3 jam (tetap: 150 mesh, 0,5 g, aktivasi 48 jam), optimal 10% + 3 jam: ALB 14,10%, pengotor 0,064%. Kedua studi Rangkuti dan Ardiansyah tunjukkan kenaikan pengotor pasca-adsorben; variasi massa adsorben potensial menurunkannya via peningkatan luas permukaan dan kapasitas adsorpsi (Syahrir dkk., 2020), diharapkan optimalkan CPO.

METODOLOGI

Penelitian ini direncanakan berlangsung dari Agustus 2025 hingga Januari 2026 di Laboratorium Riset Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda, dengan bahan baku utama abu boiler kelapa sawit yang diperoleh dari PT. Hamparan Perkasa Mandiri-Mill di Kutai Timur, Kalimantan Timur. Analisis kualitas sampel dilakukan di Balai Riset dan Standarisasi Industri Samarinda menggunakan metode SNI 01-2901-2006 untuk parameter asam lemak bebas, kadar air, dan kadar pengotor. Rancangan penelitian menggunakan variasi massa adsorben 0,3 g; 0,5 g; 0,7 g; 0,9 g; dan 1,1 g sebagai variabel berubah, sedangkan variabel tetap meliputi ukuran partikel +170,–200 mesh, aktivator H_3PO_4 10% (v/v), waktu aktivasi 48 jam, tekanan 1 atm, temperatur sekitar 28°C, volume CPO 50 mL, pengadukan 30 menit, dan waktu kontak 3 jam. Variabel respon yang diamati adalah penurunan asam lemak bebas, kadar air, dan kadar pengotor pada CPO setelah perlakuan dengan adsorben abu boiler.

Prosedur penelitian terdiri dari tiga tahap utama, yaitu preparasi bahan baku, pembuatan adsorben, dan aplikasi adsorben pada CPO. Abu boiler dibersihkan dari impuritis, dikeringkan bertahap pada suhu 28–120°C selama 120 menit, lalu discreening hingga diperoleh ukuran +170,–200 mesh. Pembuatan adsorben dilakukan dengan mereaksikan 60 g abu boiler dengan 180 mL H_3PO_4 10% menggunakan pengadukan magnetik selama 10 menit, kemudian didiamkan selama 48 jam, dilanjutkan penyetaraan pH ke 5,5–7 dengan air suling, pengeringan bertahap (28–110°C), dan pendinginan dalam desikator. Adsorben yang diperoleh kemudian diaplikasikan pada 50 mL CPO dengan lima variasi massa, dihomogenkan 30 menit menggunakan magnetic stirrer, lalu dibiarkan 3 jam. Analisis kualitas dilakukan dengan metode SNI: titrasi asam lemak bebas menggunakan NaOH 0,1 N dan indikator fenolftalein; penentuan kadar air melalui pemanasan dalam oven 103°C hingga perubahan berat konstan; serta penentuan kadar pengotor melalui ekstraksi dengan n-heksana dan penyaringan dengan kertas saring Whatman No. 40.

ISSN 2775-9083 (Print)
ISSN 2775-9075 (Online)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menerapkan adsorben berbasis abu boiler kelapa sawit yang diaktivasi dengan H_3PO_4 10% untuk menurunkan asam lemak bebas (ALB), kadar air, dan kadar pengotor dalam minyak mentah kelapa sawit (CPO). Karakteristik awal CPO disajikan pada **tabel 1** yang menunjukkan ALB berkisar 4,0725–4,5896% dan kadar air 0,9933–1,2517%, keduanya melebihi batas SNI 01-2901-2006 (maksimum 0,5%), sehingga menandakan CPO telah terdegradasi dan kurang stabil. Kadar pengotor awal 0,3372–0,3437% juga relatif tinggi, meskipun masih berada di bawah batas maksimum 0,5%, sehingga perlu ditekan lebih lanjut untuk memperbaiki kualitas dan stabilitas minyak.

Tabel 1. Karakteristik Asam Lemak Bebas dari Crude Palm Oil

No	Kadar Air (%)	Kadar Asam Lemak Bebas (%)	Kadar Pengotor (%)
1	1,2067	4,5896	0,3372
2	1,2517	4,0725	0,3393
3	0,9933	4,3300	0,3437
Rata-Rata	1,1506	4,3307	0,3401

Hasil analisis FTIR adsorben menunjukkan dominasi fase anorganik berbasis silika dengan gugus hidroksil permukaan (pita lebar sekitar 3448,99 cm^{-1}) dan kerangka Si–O–Si/Si–O (pita 1078 cm^{-1}), serta sedikit residu organik. Kondisi ini menunjukkan adanya permukaan yang cukup hidrofilik dan banyak situs aktif, sehingga potensial sebagai adsorben untuk menyerap air, ALB, dan pengotor pada CPO. Spektrum ini mendukung dugaan bahwa adsorben mampu berinteraksi dengan komponen polar dalam minyak melalui gugus O–H dan kerangka silika.



Gambar 1. Hasil Analisa FTIR Pada Adosrben Abu Boiler

Penelitian menguji lima variasi massa adsorben: 0,3 g; 0,5 g; 0,7 g; 0,9 g; dan 1,1 g terhadap 50 mL CPO, dengan pengadukan 30 menit dan kontak 3 jam. Terhadap ALB disajikan pada **tabel 2** , aplikasi adsorben menurunkan kandungan menjadi 3,0784–3,9957%, dengan daya serap tertinggi 28,92% pada massa 0,7 g. Peningkatan massa lebih lanjut (0,9–1,1 g) justru menurunkan efisiensi penyerapan, mengindikasikan kejenuhan permukaan adsorben. Untuk kadar air disajikan pada **tabel 3** , CPO awal 1,27%

ISSN 2775-9083 (Print)
ISSN 2775-9075 (Online)

turun menjadi 0,2012–0,4518%, dengan penurunan terbaik 83,32% pada massa 0,5 g, menunjukkan bahwa kapasitas optimal tercapai sebelum massa tertinggi.

Tabel 2. Hasil Asam Lemak Bebas dan Daya Serap Adsorben

No	Massa Adsorben (g)	Kadar Asam Lemak Bebas (%)	Kadar Asam Lemak Bebas Awal (%)	Daya Serap (%)
1	0,3	3,9957		7,7351
2	0,5	3,7149		14,2206
3	0,7	3,0784	4,3307	28,9170
4	0,9	3,9516		8,7549
5	1,1	3,9835		8,0164

Tabel 1. Hasil Kadar Air dan Daya Serap Adsorben

No	Massa Adsorben (g)	Kadar Air (%)	Kadar Air Awal (%)	Daya Serap (%)
1	0,3	0,2704		77,5926
2	0,5	0,2012		83,3248
3	0,7	0,3368	1,1506	72,0873
4	0,9	0,3995		66,8894
5	1,1	0,4518		62,5589

Kadar pengotor setelah adsorpsi disajikan pada **tabel 4** berkisar 0,3170–0,3678%, di mana nilai terendah 0,3170% diperoleh pada massa 0,3 g dan terjadi kenaikan kembali pada massa 1,1 g. Kenaikan kadar pengotor pada massa tinggi diduga karena lepasnya komponen dari adsorben atau perubahan dinamika transfer zat, meskipun seluruh nilai masih berada di bawah batas SNI 0,5%. Penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan massa adsorben tidak selalu linier dengan penurunan kontaminan, karena adanya titik saturasi dan kompetisi situs adsorpsi.

Tabel 2 Hasil Aplikasi Adsorben Terhadap Kadar Pengotor CPO

No	Massa Adsorben (g)	Kadar Pengotor (%)	Kadar Pengotor Awal (%)	Daya Serap (%)
1	0,3	0,3170		6,7788
2	0,5	0,3279		3,5732
3	0,7	0,3183	0,3401	6,4147
4	0,9	0,3463		-1,8176
5	1,1	0,3578		-5,2090

Secara keseluruhan, adsorben dari abu boiler yang diaktivasi H_3PO_4 10% selama 48 jam terbukti efektif meningkatkan kualitas CPO. Massa 0,7 g paling optimal untuk penurunan ALB, massa 0,5 g untuk kadar air, dan massa 0,3 g untuk kadar pengotor terendah yang masih memenuhi SNI. Kombinasi karakter fisiko-kimia adsorben (silika-hidroksil dominan) dan variasi massa memungkinkan penurunan ALB, air, dan pengotor secara signifikan, namun menunjukkan bahwa pemilihan massa optimum penting untuk meminimalkan konsumsi adsorben sekaligus menghindari peningkatan kotoran di atas massa tertentu.

ISSN 2775-9083 (Print)
ISSN 2775-9075 (Online)

SIMPULAN

Peningkatan massa adsorben tidak selinear dengan peningkatan mutu CPO, semakin banyak massa adsorben tidak mengindikasikan terjadinya peningkatan kualitas CPO. Hasil terbaik pada penelitian ini terdapat pada variasi massa adsorben 0,7 g dengan kadar asam lemak bebas menurun 28,9170% (4,3307 % menjadi 3,3,0784), kadar air menurun 72,0873% (1,1506 % menjadi 0,3368 %), dan kadar pengotor menurun 6,4147% (0,3401 % menjadi 0,3183%).

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan laporan penelitian ini, penulis mengalami beberapa kendala, namun berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, laporan ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Bapak Ahyar M. Diah, S.E., M.M., Ph.D., selaku Direktur Politeknik Negeri Samarinda, Bapak Ir. Ibnu Eka Rahayu, S.S.T., M.T., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, serta Bapak Syarifuddin Oko, S.Si., M.Sc., selaku Koordinator Program Studi Teknologi Kimia Industri atas terselenggaranya pendidikan dan penelitian yang layak di lingkungan kampus. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ibu Ir. Mardiyah Nadir, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Ir. Fitriyana, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran, dan petunjuk secara terus-menerus hingga laporan ini selesai. Penulis juga berterima kasih kepada Bapak dan Ibu Dosen, staf teknik/analis, serta staf administrasi Jurusan Teknik Kimia, orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan material dan moril, serta teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2022 yang saling membantu dan memberikan semangat selama proses penelitian dan penyusunan laporan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak lain yang turut membantu namun tidak disebutkan satu per satu dalam ucapan ini

DAFTAR PUSTAKA

Ariswandi, B., Santoso, E., & Zulfita, D. (2023). Pengaruh Abu Boiler Dan Pupuk Npk Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Kubis Bunga Pada Tanah Gambut Dengan Sistem Jenuh Air. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, *12*(3), 538. https://doi.org/10.26418/jspe.v12i3.63697

Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur. (2023). *Produksi Perkebunan Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Tanaman di Provinsi Kalimantan Timur (Ribu ton), 2022*. https://kaltim.bps.go.id/id/statisticstable/3/ZWxKek1URkRaV0kwYlM5T2NHcHRNVkZXTkVkaGR6MDkjMw==/produksi-perkebunan-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-tanaman-di-provinsi-kalimantan-timur--2014.html

Rangkuti, I. U. P., Purwanto, H., & Matondang, Y. N. (2021). Pengaruh Waktu Aktivasi Adsorben Dari Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit Terhadap Mutu Minyak Sawit Mentah. *SiNTESa CERED Seminar Nasional Teknologi Edukasi Dan Humaniora*, *2021*, 1.

Syahrir, I., Halim, A., Firman, F., & Amrullah, A. (2020). Studi Literatur Pengaruh Massa Adsorben dalam Proses Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Adsorben Arang Aktif dari Ampas Tebu. *Teknologi Media Perspektif*, *12*(2), 52. https://doi.org/10.46964/jtmp.v12i2.608