



Submitted : 28 September 2024

Revised : 19 October 2024

Accepted : 25 November 2024

PEMANFAATAN LIMBAH *FLY ASH* PABRIK KELAPA SAWIT SEBAGAI ADSORBEN *LOW-COST* UNTUK PEMUCATAN *CRUDE PALM OIL*

Dyah Nirmala¹, Elda Pelita², Desniorita Desniorita³, Rita Youfa¹, Regna Tri Jayanti³,
Anang Baharuddin Sahaq³, Resi Levi Permadani^{3*}

¹Teknik Kimia Bahan Nabati, Politeknik ATI Padang, Kota Padang, Sumatera Barat, 25171, Indonesia

²Analisis Kimia, Politeknik ATI Padang, Kota Padang, Sumatera Barat, 25171, Indonesia

³Teknologi Rekayasa Bioproses Energi Terbarukan, Politeknik ATI Padang, Kota Padang, Sumatera Barat, 25171, Indonesia

*Email: resilp@poltekatipdg.ac.id

Abstrak

Penggunaan *fly ash* (FA) pabrik kelapa sawit (PKS) sebagai adsorben dapat meningkatkan nilai guna dalam pengolahan limbah padat PKS. Penelitian ini bertujuan mengkaji kemampuan FA sebagai adsorben untuk pemucatan (*bleaching*) *crude palm oil* (CPO). Adsorben FA diharapkan dapat mengurangi atau menjadi alternatif pengganti adsorben komersial *bleaching earth* (BE) di industri *refinery* minyak sawit. Penelitian diawali dengan proses aktivasi adsorben FA secara kimia (penambahan larutan asam oksalat) dan fisika (pemanasan menggunakan *furnace*). CPO dilakukan *degumming* terlebih dahulu menggunakan asam fosfat. Selanjutnya, adsorben hasil aktivasi dan adsorben komersial BE digunakan dalam proses *bleaching* CPO dengan jumlah adsorben dan suhu *bleaching* yang divariasikan. CPO hasil *bleaching* dilakukan uji warna dengan lovibond tintometer untuk menentukan kemampuan penyerapan adsorben. Penurunan warna CPO terendah diperoleh pada adsorben FA dengan aktivasi kimia pada konsentrasi asam oksalat 1,5 M (FA 1,5 M) dan aktivasi fisika pada suhu 400°C (FA 400°C) masing-masing sebesar 16R/16Y dengan jumlah adsorben 1,5% dan suhu pemucatan 120°C. Berdasarkan hasil uji *gum*, penggunaan dosis adsorben 1,5% menunjukkan tidak adanya sisa *gum* pada CPO hasil *bleaching*. Selain itu juga dikaji kemampuan penyerapan dari kombinasi adsorben FA dan BE dengan rasio yang divariasikan. Penurunan warna CPO terbaik sesuai standar mutu industri *refinery* sebesar 17R/17Y diperoleh pada rasio adsorben BE:FA sebesar 1:3 (adsorben campuran BE:FA 1,5 M dan BE:FA 400°C). Kadar FFA CPO hasil *bleaching* secara keseluruhan mengalami kenaikan dibanding dengan CPO awal yaitu sebesar 7,719%.

Kata Kunci: Adsorpsi; *Bleaching earth*; CPO; *Fly ash*

Abstract

Using *fly ash* (FA) from palm oil mills as an adsorbent can enhance the value of solid waste in palm oil mills. This study evaluated FA's capability as an adsorbent for the bleaching of crude palm oil (CPO). FA adsorbent can be used to decrease or as a replacement alternative for commercial adsorbents like *bleaching earth* (BE) in the palm oil refinery industry. The research began with chemical (the addition of oxalic acid solution) and physical (calcination) activation of FA. CPO was degummed first using phosphoric acid. Then, activated FA and BE adsorbents are used in the bleaching process with variations in the amount of adsorbent and bleaching temperature. The bleached palm oil (BPO) colour was analyzed using a lovibond tintometer to determine the adsorption capacity. The result showed that the lowest reduction in CPO colour was observed with chemically activated FA at a concentration of 1.5 M oxalic acid (FA 1.5 M) and physically activated FA at a temperature of 400°C (FA 400°C). The optimum adsorbent amount and bleaching temperature were obtained at 1.5% and 120°C with a colour reduction of 16R/16Y. Based on gum content analysis, the 1.5% adsorbent dosage showed no remaining gum in bleached CPO. Furthermore, this study evaluated the adsorption capacity of FA and BE combination with varying ratios. The best reduction in CPO colour based on refinery industry quality standards was obtained at BE:FA ratio of 1:3 (BE:FA 1.5 M and BE:FA 400°C). The result showed the

colour reduction of 17R/17Y. FFA (Free Fatty Acid) content of overall bleached CPO has increased by 7.719% compared to the initial CPO.

Keywords: Adsorption; Bleaching earth; CPO; Fly ash

1. PENDAHULUAN

Saat ini, Indonesia merupakan produsen kelapa sawit dengan luas area perkebunan nomor satu di dunia. Pada tahun 2023 luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia meningkat dari tahun 2021 hingga mencapai 19.304.000 Ha. Produk kelapa sawit yang diolah di Indonesia sebagian besar berupa minyak sawit mentah (*crude palm oil*/CPO) yang diekstraksi dari kulit (*mesocarp*) kelapa sawit dengan produksi CPO pada tahun 2023 mencapai 48.235.405 ton (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2022). Pada industri pengolahan kelapa sawit, proses kimia dan fisika digunakan untuk memperoleh produk turunan minyak. Pemucatan (*bleaching*) adalah salah satu tahapan pengolahan minyak sawit yang diperlukan untuk menghilangkan warna merah CPO agar dihasilkan minyak olahan yang memenuhi keinginan konsumen dan standar mutu minyak goreng. Penyebab warna merah CPO adalah adanya kandungan pigmen karotenoid dalam minyak (Hasballah & Siregar, 2021; Karo Karo & Pardosi, 2017).

Salah satu metode yang paling umum digunakan dalam proses *bleaching* CPO adalah adsorpsi karena prosesnya cenderung lebih cepat dan mudah. Pada proses adsorpsi digunakan adsorben yang dapat menyerap pigmen karotenoid dalam CPO tanpa mengalami reaksi kimia (Misran et al., 2016). *Bleaching earth* (BE) adalah adsorben yang umum digunakan di industri *refinery* minyak sawit karena tingginya kandungan logam silika (Si) dan aluminium (Al) (Karo Karo & Pardosi, 2017; Soetaredjo et al., 2021). Proses *bleaching* CPO menggunakan BE dilakukan pada rentang suhu 100-130°C selama 30 menit dengan kadar BE 0,7-1,4% (b/b) atau sebanyak 6-12 kg/ton CPO (Hasibuan, 2018; Heryani, 2019; Irawan et al., 2021; Soetaredjo et al., 2021). Ketersediaan BE di dalam negeri sangat terbatas sehingga menjadi tidak ekonomis jika ditinjau dari aspek harga. BE yang digunakan di industri merupakan bentonit yang sudah melalui proses aktivasi. Dalam bentonit terkandung senyawa SiO₂ 55-80%; Al₂O₃ 5-20%; CaO 0-5% dan MgO 0-8% (Ifa et al., 2021a).

Penelitian terus dilakukan untuk mengembangkan adsorben yang memiliki kapasitas penyerapan yang baik, ketersediaannya yang melimpah, dan harga yang terjangkau. Beberapa alternatif adsorben untuk *bleaching* CPO yang telah diteliti adalah zeolit, arang aktif, *fly ash* batu bara, bentonit modifikasi, limbah pertanian, metakaolin, batu apung, dan dolomit (Clowutimon et al., 2011; Desniorita et al., 2022; Gunawan et al., 2010; Haryono et al., 2012; Hidayu et al., 2019; Kurniawan et al., 2023; Miskah, 2010; Mukhlis et al., 2020; Naufa & Azwardi, 2018; Pelita et al., 2023; Putranti et al., 2018; Shafizah et al., 2022; Syahwandi et al., 2019). Penelitian yang telah dilakukan

masih berfokus pada pemanfaatan limbah *fly ash* batu bara sebagai adsorben *bleaching* CPO. Sedangkan penggunaan *fly ash* (FA) kelapa sawit belum banyak diteliti (Acquah et al., 2016). Limbah FA adalah limbah padat pabrik kelapa sawit (PKS) itu sendiri sehingga dapat dijadikan sebagai alternatif adsorben yang berpotensi untuk mengurangi penggunaan BE di industri *refinery* minyak sawit. FA merupakan limbah abu terbang hasil pembakaran pada alat boiler PKS (Desniorita et al., 2022; Pelita et al., 2023).

FA PKS diketahui mengandung silika lebih dari 50% (Desniorita et al., 2022; Helwani et al., 2016; Pelita et al., 2023). Acquah et al. (2016) melaporkan bahwa limbah abu PKS menghasilkan efisiensi *bleaching* CPO maksimum sebesar 97,3%. Kemampuan penyerapan suatu adsorben dapat ditingkatkan dengan proses aktivasi baik secara fisika maupun kimia. Beberapa penelitian yang memanfaatkan limbah FA sebagai adsorben melakukan aktivasi asam seperti HCl, H₂SO₄, H₃PO₄, dan asam oksalat serta aktivasi termal menggunakan *furnace* yang menunjukkan adanya kenaikan kapasitas penyerapan dari adsorben (Astuti & Kurniawan, 2015; Desniorita et al., 2022; Fatimah et al., 2021; Naufa & Azwardi, 2018; Pelita et al., 2023; Shah et al., 2014; Telaumbanua, 2017; Triawan et al., 2017). Pada penelitian ini dilakukan proses aktivasi FA menggunakan aktivasi termal (fisika) dan penambahan asam (kimia). Aktivator asam yang digunakan adalah asam oksalat karena sifatnya yang *food grade* dan penggunaannya yang lebih aman (Naufa & Azwardi, 2018).

Pada penelitian ini dikaji kemampuan penyerapan dari masing-masing adsorben, komersial BE dan FA, serta dilakukan kombinasi dari kedua adsorben tersebut dengan rasio jumlah FA yang lebih banyak dalam proses *bleaching* CPO. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan adsorben dengan kemampuan penyerapan terbaik sehingga dapat mengurangi atau bahkan menggantikan penggunaan BE untuk *bleaching* CPO di industri.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu: Aktivasi adsorben FA, proses *degumming-bleaching* CPO, dan uji warna CPO hasil *bleaching* atau *bleached palm oil* (BPO). Bahan baku utama pada penelitian ini adalah *fly ash* (FA) yang diperoleh dari pabrik kelapa sawit Mutiara Agam, Kabupaten Agam, Sumatera Barat. FA diayak untuk menghilangkan pengotor atau sampah yang terbawa ketika pengambilan sampel. Sampel FA hasil ayakan disimpan dalam wadah plastik tertutup rapat. CPO dan *bleaching earth* (BE) diperoleh dari PT Incasi Raya, Kota Padang, Sumatera Barat. Selain itu dibutuhkan bahan

pendukung asam oksalat (C₂H₂O₄), asam fosfat (H₃PO₄) dan akuades.

2.1 Aktivasi Adsorben FA

Aktivasi fisika (termal): metode ini dimodifikasi dari dari penelitian Astuti & Kurniawan (2015) dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Desniorita et al., 2022; Pelita et al., 2023). FA yang telah diayak, ditambahkan dengan akuades. Kemudian di *mixer* selama ±10 menit. Sampel FA dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C. Selanjutnya dimasukkan ke dalam *furnace* pada variasi suhu 300, 400, dan 500°C selama 4 jam.

Aktivasi kimia (penambahan asam): prosedur sesuai dengan penelitian Naufa & Azwardi (2018). Larutan asam oksalat dengan variasi konsentrasi 0,5; 1; dan 1,5 M masing-masing sebanyak 100 ml ditambahkan ke dalam 20 g FA di dalam *beaker glass*. Perendaman dilakukan pada suhu 50°C selama 90 menit dengan pengadukan 250 rpm. FA dipisahkan dari larutan asam dan dicuci dengan akuades hingga pH netral. FA dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C.

2.2 Degumming dan Bleaching CPO

CPO dilakukan *degumming* mengikuti kondisi operasi di industri *refinery* minyak sawit (PT Ivo Mas Tunggal; Mahmud, 2019). CPO sebanyak 250 ml dipanaskan dengan *hotplate stirrer* hingga suhu 80°C. Asam fosfat (H₃PO₄) 85% ditambahkan sebanyak 0,07% (v/v). Proses *degumming* dilakukan pada suhu ± 113°C dengan kecepatan pengadukan 400 rpm selama 30 menit. Selanjutnya dilakukan proses *bleaching*. Suhu *bleaching* divariasikan sebesar 90, 105, 120°C dengan kecepatan pengadukan 250 rpm selama 30 menit. Adsorben (BE, FA dan BE:FA) ditambahkan sebanyak variasi jumlah adsorben (0,5; 1; 1,5%). Rasio adsorben campuran BE:FA juga divariasikan (1:1; 1:2; 1:3). BPO disaring menggunakan kertas saring.

Kualitas bahan baku CPO ditentukan dengan uji kadar air, nilai DOBI (*deterioration of bleachability index*) dan kadar karoten menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada λ = 269 nm dan λ = 446 nm. Selanjutnya CPO sebelum dan sesudah *bleaching* dilakukan uji warna menggunakan lovibond tintometer (5 1/4" cell) untuk mengukur perubahan warna CPO. Selain itu juga dilakukan pengujian kadar asam lemak bebas (FFA), *gum test* dan ketepatan *dosing* adsorben.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan baku CPO dilakukan pengujian kualitas yang meliputi kadar air, FFA, karoten, DOBI, dan warna yang dapat dilihat pada Tabel 1. Kadar FFA atau asam lemak bebas dari CPO sebesar 2,468 ±0,073% yang menunjukkan masih memenuhi persyaratan SNI yaitu maksimal 5%. Permasalahan yang sering muncul pada pabrik CPO adalah penurunan mutu CPO karena peningkatan kadar FFA. Peningkatan kadar FFA dalam CPO dapat disebabkan oleh kandungan air dan *gum* yang mempercepat proses pengasaman (pembusukan) minyak. Kadar FFA yang tinggi menyebabkan perubahan rasa, warna, dan ketengikan pada minyak (Nurfiqih et al., 2021; Simatupang et al., 2021).

Tabel 1. Kualitas bahan baku CPO

Spesifikasi	Nilai	Persyaratan mutu (SNI 01-2901-2006)
Kadar FFA (%)	2,468 ± 0,073	maks. 5
Kadar Karoten (ppm)	476,54	-
DOBI	2,274	-
Warna (Red/Yellow)	20R/20Y	Jingga kemerah-merahan
Kadar Air (%)	0,323	maks. 0,5

Selain itu, kualitas CPO juga dapat dinilai berdasarkan parameter lain yaitu DOBI (*deterioration of bleachability index*). Nilai DOBI telah menjadi persyaratan mutu bagi perusahaan-perusahaan di Indonesia dan pembeli dari negara pengimpor. CPO dianggap bermutu baik jika memiliki nilai DOBI minimum 2,31 (Sakti et al., 2022). Sedangkan CPO yang digunakan pada penelitian ini memiliki nilai DOBI di bawah syarat minimum yang ditetapkan yaitu 2,274 (Tabel 1). Menurut Hasibuan (2018), nilai DOBI CPO di Indonesia relatif rendah dimana rata-rata kurang dari 2. DOBI digunakan sebagai salah satu indikator kualitas CPO untuk menilai tingkat kerusakan minyak. Nilai DOBI CPO yang rendah dapat disebabkan oleh sejumlah faktor yaitu kondisi proses pengolahan, waktu pengolahan, kontaminasi, kualitas buah sawit, kematangan buah, dan periode penyimpanan buah (Sakti et al., 2022). Dari pengujian nilai DOBI dapat dihitung besarnya kadar karoten menggunakan absorbansi pada λ = 446 nm dan berat CPO yang

Tabel 2. Uji warna (*Red/Yellow*) pada BPO

Jenis Adsorben	Warna (<i>Red/Yellow</i>)									
	PORAM	0,5% *			1% *			1,5% *		
		<i>Standard</i>	90°C	105°C	120°C	90°C	105°C	120°C	90°C	105°C
FA 0,5 M ^a	17/17	18/18	18/18	18/18	17/17	17/17	17/17	17/17	17/17	17/17
FA 1 M ^a		18/18	18/18	20/20	17/17	17/17	17/17	17/17	17/17	17/17
FA 1,5 M ^a		18/18	18/18	18/18	17/17	17/17	17/17	17/17	16/16	16/16
FA 300°C ^b		18/18	18/18	18/18	17/17	18/18	17/17	17/17	17/17	17/17
FA 400°C ^b		18/18	18/18	18/18	17/17	18/18	17/17	17/17	16/16	16/16
FA 500°C ^b		18/18	18/18	17/17	18/18	17/17	17/17	17/17	17/17	17/17
BE		18/18	17/17	17/17	17/17	16/16	17/17	16/16	15/15	14/14

Keterangan: ^a Aktivasi kimia, ^b Aktivasi fisika, dan * Jumlah adsorben

digunakan pada pengujian. Kadar karoten CPO diperoleh sebesar 476,54 ppm.

Berdasarkan hasil uji warna CPO menggunakan alat lovibond tintometer diperoleh skala warna CPO yaitu 20R/20Y. Pada Tabel 1 terlihat bahwa SNI 01-2901-2006 tidak menetapkan syarat mutu CPO dalam bentuk skala warna melainkan secara visual dalam warna jingga kemerahan. Pada umumnya, CPO memiliki rentang skala warna 20R/20Y-24R/24Y (Ifa et al., 2021b). Parameter CPO terakhir yang diukur adalah kadar air. Kadar air CPO diperoleh sebesar 0,323% yang menunjukkan CPO masih memenuhi syarat mutu yaitu maksimal 0,5%. Kadar air adalah parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat kemurnian minyak yang berdampak pada masa simpan, rasa dan aroma. Kadar air juga berperan dalam proses oksidasi dan hidrolisis minyak yang berpotensi meningkatkan nilai FFA (Nurfiqih et al., 2021).

Selanjutnya CPO dilakukan proses *degumming* dengan asam fosfat (H_3PO_4) 85% sebanyak 0,07% (v/v) pada suhu 110°C selama 30 menit. Dilanjutkan dengan proses *bleaching* menggunakan adsorben *fly ash* (FA) dan *bleaching earth* (BE). CPO hasil *degumming-bleaching* (BPO) dari setiap variabel penelitian (jenis aktivasi adsorben FA, jumlah adsorben, suhu *bleaching*) dilakukan pengujian warna menggunakan alat lovibond tintometer (5 1/4" cell) untuk melihat efektivitas adsorben dalam *bleaching* CPO. Proses *bleaching* adalah salah satu tahapan penting di industri *refinery* minyak sawit yang tujuannya untuk menghilangkan zat warna dan pigmen dalam minyak (Rosa et al., 2023).

Hasil pengujian lovibond CPO diperoleh pada skala warna *red*/merah dan *yellow*/kuning. Industri *refinery* di Indonesia mengikuti standar PORAM (*The Palm Oil Refiners Association of Malaysia*) sebagai syarat mutu untuk DBPO (*degummed bleached palm oil*) yang dihasilkan. Pada Tabel 2 terlihat bahwa terjadi penurunan warna CPO hasil *bleaching* (BPO) dibanding dengan warna CPO awal (20R/20Y). Penurunan warna terendah diperoleh pada adsorben BE sebesar 14R/14Y sedangkan pada adsorben FA diperoleh pada aktivasi kimia 1,5 M dan aktivasi fisika 400°C sebesar 16R/16Y. Dilihat dari hasil pengujian warna BPO, adsorben FA hanya mampu menurunkan warna hingga 16R/16Y sedangkan adsorben BE dapat menurunkan hingga 14R/14Y. Kondisi ini diperoleh pada suhu *bleaching* 120°C dengan jumlah adsorben 1,5% (b/b).

Meningkatnya suhu *bleaching* menyebabkan viskositas minyak menurun. Akibatnya pergerakan molekul minyak semakin tinggi, sehingga molekul-molekul minyak mampu menjangkau permukaan aktif adsorben. Kemudian suhu *bleaching* yang semakin tinggi menyebabkan pori-pori adsorben semakin lebar, sehingga distribusi makropori dan mesopori semakin tinggi. Akibatnya kontak antar permukaan adsorben dengan molekul minyak terjadi lebih efektif. Begitu juga dengan jumlah adsorben, semakin banyak adsorben yang digunakan maka semakin besar luas permukaan aktif yang tersedia. Pada volume CPO yang sama untuk setiap variasi jumlah adsorben, total adsorbat yang terikat pada adsorben juga semakin

banyak. Akibatnya tingkat kecerahan warna BPO semakin meningkat (Haryono et al., 2012). Berdasarkan hasil yang diperoleh (Tabel 2), ditetapkan kondisi *bleaching* dicapai pada suhu 120°C dengan jumlah adsorben 1,5%. Kemudian untuk adsorben FA ditetapkan kondisi terbaik yaitu pada aktivasi kimia 1,5 M dan aktivasi fisika 400°C. Kondisi ini digunakan untuk menentukan kondisi optimum pada adsorben campuran (FA teraktivasi dan BE).

Tabel 3. Uji warna pada BPO dengan adsorben campuran

Jenis Adsorben	Warna (<i>Red/Yellow</i>)		
	1:1 *	1:2 *	1:3 *
BE : FA 1,5 M	16/16	17/17	17/17
BE : FA 400°C	16/16	17/17	17/17

Keterangan: * Rasio adsorben

Pada penelitian ini juga dilakukan proses *bleaching* menggunakan adsorben campuran FA dan BE untuk menentukan efektivitas penyerapan adsorben campuran. Dengan tujuan adsorben FA diharapkan dapat menjadi alternatif untuk mengurangi penggunaan BE di industri *refinery* minyak sawit. Pada Tabel 3 terlihat bahwa penurunan warna terendah 16R/16Y diperoleh pada rasio adsorben 1:1 (BE:FA 1,5 M dan BE:FA 400°C). Meningkatnya rasio FA dalam adsorben campuran menyebabkan berkurangnya jumlah BE sehingga menurunkan kemampuan adsorpsi BE. Adsorben FA sendiri hanya mampu menurunkan warna CPO sampai 16R/16Y (Tabel 2). Namun, warna DBPO yang memenuhi standar mutu pabrik adalah maksimal 17R. Adsorben campuran BE:FA dengan rasio 1:3 (Tabel 3) masih memenuhi standar mutu tersebut. Sehingga dapat dikatakan rasio BE:FA sebesar 1:3 sebagai komposisi terbaik karena telah mampu menurunkan warna CPO sampai 3R/Y (17R/17Y). SNI tidak menetapkan standar khusus untuk parameter warna DBPO tetapi menetapkan standar warna untuk minyak goreng yaitu 5,0 R (SNI 7709:2012) (Hasballah & Siregar, 2021).

Hasil pengujian FFA (*free fatty acid*) atau kadar asam lemak bebas dari BPO dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan hasil pengujian tersebut terlihat bahwa kadar FFA seluruhnya mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan kadar FFA CPO awal yaitu sebesar $2,468 \pm 0,073\%$. Adapun persentase kenaikan kadar FFA rata-rata sebesar 7,719%. Pada Tabel 4 terlihat bahwa kenaikan kadar FFA terendah diperoleh pada adsorben FA dengan aktivasi kimia 1,5 M dan aktivasi fisika 400°C serta adsorben BE. Kenaikan kadar FFA pada BPO dapat disebabkan oleh penambahan H_3PO_4 pada proses *degumming*. PT Synergy Oil Nusantara (produsen minyak goreng di Kota Batam) melaporkan bahwa kadar FFA BPO cenderung mengalami kenaikan dibanding CPO awal akibat penambahan H_3PO_4 pada proses *degumming*. Kenaikan FFA terjadi akibat tidak adanya proses pemisahan *gum* dari minyak setelah proses *degumming* dan langsung dilanjutkan dengan proses *bleaching*.

Penggunaan minyak sawit sebagai produk pangan memerlukan pemrosesan (*refinery*) yang bertujuan menghilangkan komponen-komponen seperti fosfolipid, FFA, produk oksidasi, aroma, dan warna yang tidak diinginkan. *Refinery* minyak sawit dapat dilakukan secara kimia dan fisika, namun di industri pada umumnya menggunakan proses *refinery* fisika yang terdiri dari *degumming*, *bleaching*, dan *deodorizing*. Proses *degumming* dan *bleaching* bertujuan untuk menghilangkan fosfolipid (melalui presipitasi), dan karotenoid (melalui adsorpsi). Deodorisasi menghilangkan FFA melalui penguapan pada suhu tinggi (>200°C) dan tekanan rendah (<5 mbar). Pada proses deodorisasi inilah terjadi penurunan FFA dan warna yang signifikan. Dari proses *refinery* dihasilkan produk yang disebut RBDPO (*refined bleached deodorized palm oil*) dengan kadar FFA <0,1% (Purnama et al., 2020).

Tabel 4. Kadar FFA BPO

Jenis Adsorben	Kadar FFA BPO (%)
FA 0,5 M ^a	2,647 ± 0,146
FA 1 M ^a	2,709 ± 0,084
FA 1,5 M ^a	2,601 ± 0,171
FA 300°C ^b	2,673 ± 0,101
FA 400°C ^b	2,574 ± 0,138
FA 500°C ^b	2,686 ± 0,095
BE	2,617 ± 0,163
BE : FA 1,5 M	2,715 ± 0,012
BE : FA 400°C	2,707 ± 0,028

Keterangan: ^a Aktivasi kimia, ^b Aktivasi fisika

Tabel 5. *Gum test* BPO berdasarkan variasi jumlah adsorben

Jumlah Adsorben (%)	<i>Gum Test</i>	<i>Dosing Adsorben</i>
0,5	+	Kurang
1	+	Cukup
1,5	-	Lebih

Keterangan: + = ada; - = tidak ada

Tabel 6. *Gum test* BPO berdasarkan variasi rasio adsorben campuran BE:FA 1,5 M

Rasio Adsorben (BE:FA 1,5 M)	<i>Gum Test</i>	<i>Dosing Adsorben</i>
1:1	+	Cukup
1:2	+	Cukup
1:3	+	Cukup

Keterangan: + = ada; - = tidak ada

Uji *gum* juga dilakukan pada BPO untuk mengetahui ada atau tidaknya sisa *gum* atau getah setelah proses *degumming-bleaching*. Selanjutnya dilakukan penentuan apakah *dosing* adsorben yang digunakan telah sesuai berdasarkan standar *dosing* adsorben di pabrik *refinery* minyak sawit sebesar 0,6-1,2%. Pada uji *gum* dilakukan penambahan sejumlah asam fosfat ke dalam BPO kemudian dilakukan pengamatan dengan melihat terbentuknya cincin pada lapisan antar muka. Adapun hasil uji *gum* BPO dapat dilihat pada Tabel 5. Pada jumlah adsorben 0,5 dan 1% masih terdapat sisa *gum* dan pada *dosing* adsorben 1%

masih berada dalam rentang standar yang ditetapkan sehingga dikatakan cukup. Sedangkan pada jumlah adsorben 1,5% tidak terdapat sisa *gum* dan *dosing* adsorben berlebih. Selanjutnya uji *gum* juga dilakukan pada BPO dengan adsorben campuran (BE:FA) (Tabel 6 dan Tabel 7). Pada setiap variasi rasio BE:FA masih terdapat sisa *gum* dan *dosing* adsorben dikatakan cukup. Sehingga berdasarkan pada hasil uji warna dan *gum* dengan adsorben campuran, BPO terbaik diperoleh pada rasio BE:FA (BE:FA 1,5M dan BE:FA 400°C) sebesar 1:3. Adanya *gum* atau getah yang masih terkandung dalam minyak menjadi salah satu faktor yang menghambat proses *bleaching* (Hasballah & Siregar, 2021).

Tabel 7. *Gum test* BPO berdasarkan variasi rasio adsorben campuran BE:FA 400°C

Rasio Adsorben (BE:FA 400°C)	<i>Gum Test</i>	<i>Dosing Adsorben</i>
1:1	+	Cukup
1:2	+	Cukup
1:3	+	Cukup

Keterangan: + = ada; - = tidak ada

4. KESIMPULAN

Adsorben *fly ash* (FA) teraktivasi terbukti mampu menurunkan warna minyak pada proses *bleaching* CPO (*crude palm oil*). Kondisi *bleaching* terbaik diperoleh pada suhu 120°C dan jumlah adsorben 1,5% (b/b). Penurunan warna BPO (*bleached palm oil*) terendah sebesar 16R/16Y diperoleh pada adsorben FA teraktivasi kimia 1,5 M dan fisika 400°C. Kondisi optimum berdasarkan penurunan warna dan ketepatan *dosing* pada adsorben campuran diperoleh pada rasio BE:FA (BE:FA 1,5 M dan BE:FA 400°C) yaitu 1:3. Secara umum kemampuan penyerapan adsorben FA teraktivasi masih sedikit berada di bawah adsorben komersial *bleaching earth* (BE). Namun jika dilihat dari skala warna BPO untuk adsorben FA (16R), dapat dikatakan masih memenuhi standar mutu warna DBPO (*degummed bleached palm oil*) di pabrik *refinery* minyak sawit yaitu maksimum 17R.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada berbagai pihak yang telah bersedia membantu dan terlibat pada penelitian ini hingga berjalan lancar. Penelitian ini didanai oleh DIP A Politeknik ATI Padang tahun 2023 Nomor: 1161/BPSDMI/ATI-Padang/V/2023.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Acquah, C., Sie Yon, L., Tuah, Z., Ling Ngee, N., & Danquah, M. K. (2016). Synthesis and performance analysis of oil palm ash (OPA) based adsorbent as a palm oil bleaching material. *Journal of Cleaner Production*, 139, 1098–1104.
- Astuti, W., & Kurniawan, B. (2015). Adsorpsi Pb²⁺ dalam limbah cair artifisial menggunakan sistem adsorpsi kolom dengan bahan isian abu layang batubara serbuk dan granular. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 4(1), 27–33.
- Clowutimon, W., Kitchaiya, P., & Assawasaengrat, P.

- (2011). Adsorption of free fatty acid from crude palm oil on magnesium silicate derived from rice husk. *Engineering Journal*, 15(3), 16–25.
- Desniorita, D., Youfa, R., Pelita, E., Permadani, R. L., Sahaq, A. B., & Miftahurrahmah, M. (2023). Perbandingan efisiensi adsorben fly ash dan dolomit yang berasal dari Sumatera Barat terhadap penyerapan methylene blue. *Jurnal Litbang Industri*, 13(1), 35-40.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2022). *Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2021-2023*.
- Fatimah, Hardianti, S., & Octaviannus, S. (2021). Kinerja aktivasi dan impregnasi fly ash sebagai adsorben fenol. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 10(2), 70–76.
- Gunawan, N. S., Indraswati, N., Ju, Y. H., Soetaredjo, F. E., Ayucitra, A., & Ismadji, S. (2010). Bentonites modified with anionic and cationic surfactants for bleaching of crude palm oil. *Applied Clay Science*, 47(3–4), 462–464.
- Haryono, H., Ali, M., & Wahyuni, W. (2012). Proses pemucatan minyak sawit mentah dengan arang aktif. *Berkala Ilmiah Teknik Kimia*, 1(1), 7–12.
- Hasballah, T., & Siregar, L. H. (2021). Analisa pemakaian jumlah be (bleaching earth) terhadap kualitas warna DBPO (degummed bleached palm oil) pada tangki bleacher (D202) dengan kapasitas 2000 ton/hari di unit refinery PT SMART Tbk Belawan. *Jurnal Teknologi Mesin UDA*, 1(1), 9–16.
- Hasibuan, H. A. (2018). Deterioration of bleachability index pada crude palm oil: Bahan review dan usulan untuk SNI 01-2901-2006. *Jurnal Standardisasi*, 18(1), 25–34.
- Helwani, Z., Saputra, E., Fatra, W., & Herman, S. (2016). Pembuatan biodiesel dari minyak sawit off-grade menggunakan katalis CaO/serbuk besi. *Prosiding Seminar Nasional Industri Kimia Dan Sumber Daya Alam 2016*, August, 13–18.
- Heryani, H. (2019). Penentuan kualitas degummed bleached palm oil (DBPO) dan refined bleached deodorized palm oil (RBDPO) dengan pemberian bleaching earth pada skala industri. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 29(1), 11–18.
- Hidayu, A. R., Sukor, M. Z., Mohammad, N. F., Elham, O. S. J., Azri, N. I., Azhar, M. A. I., & Jalil, M. J. (2019). Preparation of activated carbon from palm kernel shell by chemical activation and its application for β -carotene adsorption in crude palm oil. *Journal of Physics: Conference Series*, 1349(1).
- Ifa, L., Wiyani, L., Nurdjannah, N., Ghalib, A. M. T., Ramadhaniar, S., & Kusuma, H. S. (2021a). Analysis of bentonite performance on the quality of refined crude palm oil's color, free fatty acid and carotene: the effect of bentonite concentration and contact time. *Heliyon*, 7(6), e07230.
- Ifa, L., Wiyani, L., Nurdjannah, N., Ghalib, A. M. T., Ramadhaniar, S., & Kusuma, H. S. (2021b). Analysis of bentonite performance on the quality of refined crude palm oil's color, free fatty acid and carotene: the effect of bentonite concentration and contact time. *Heliyon*, 7(6), e07230.
- Irawan, W., Bahruddin, & Amri, A. (2021). Penentuan kadar bleaching earth dan phosphoric acid pada proses degumming dan bleaching crude palm oil. *Journal of the Bioprocess, Chemical, and Environmental Engineering Science*, 2, 1–14.
- Karo Karo, J. A., & Pardosi, H. (2017). Rancang bangun dan uji kinerja peralatan pemisah karotenoida dari minyak sawit (CPO) hasil adsorpsi. *Indonesian Journal of Industrial Research*, 12(23), 17–24.
- Kurniawan, R., Azzahra, S. F., & Yohaningsih, N. T. (2023). Pengaruh jenis adsorben pada proses bleaching di pemurnian crude palm oil (CPO) sebagai bahan baku pada proses green fuel. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 7(2), 101–111.
- Miskah, S. (2010). Pemanfaatan batu apung (pumice) sebagai bahan pemucat crude palm oil. *Jurnal Teknik Kimia*, 17(2), 75–81.
- Misran, E., Misran, E., Panjaitan, F., & Yanuar, F. M. (2016). Pemanfaatan karbon aktif dari ampas teh sebagai adsorben pada proses adsorpsi β -karoten yang terkandung dalam minyak kelapa sawit mentah. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 11(2), 92–98.
- Mukhlis, H., Rahmalia, W., & Usman, T. (2020). Selektivitas adsorpsi asam lemak bebas (ALB) dan beta karoten minyak. *Journal of Chemical Process Engineering*, 6(193–202), 1–26.
- Naufa, M., & Azwardi. (2018). Aktivasi adsorben fly ash batubara dan pemanfaatannya sebagai pemucat crude palm oil (CPO). *Jurnal Teknik Dan Teknologi*, 2025(25), 1–5.
- Nurfiqih, D., Hakim, L., & Muhammad, M. (2021). Pengaruh suhu, persentase air, dan lama penyimpanan terhadap persentase kenaikan asam lemak bebas (ALB) pada crude palm oil (CPO). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(2), 1–14.
- Pelita, E., Youfa, R., Sahaq, A. B., Levi, R., & Miftahurrahmah, M. (2023). Pengaruh penambahan dolomit terhadap performa fly ash pabrik kelapa sawit pada proses adsorpsi methylene blue. *Indonesian Journal of Chemistry Analysis*, 06(01), 63–74.
- Purnama, K. O., Setyaningsih, D., Hambali, E., & Taniwiryono, D. (2020). Processing, characteristics, and potential application of red palm oil - A review. *International Journal of Oil Palm*, 3(2), 40–55.
- Putranti, M. L. T. A., Wirawan, S. K., & Bendiyasa, I. M. (2018). Adsorption of free fatty acid (FFA) in low-grade cooking oil used activated natural zeolite as adsorbent. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 299, 012085.
- Rosa, A. A., Ariyanto, E., Mardwita, M., & Abriansyah, G. (2023). Investigasi uji nilai warna dan persentase free fatty acid dalam meningkatkan mutu crude palm oil. *Jurnal Redoks*, 8(2013), 29–34.
- Sakti, R. A., Oktasari, A., & Kurniawan, W. (2022). Analisis nilai deteration of bleachability index pada CPO secara spektrofotometri UV-visible. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 434–437.
- Shafizah, I. N., Irmawati, R., Omar, H., Yahaya, M., & Alia Aina, A. (2022). Removal of free fatty acid (FFA) in crude palm oil (CPO) using potassium

- oxide/dolomite as an adsorbent: Optimization by Taguchi method. *Food Chemistry*, 373, 131668.
- Shah, A. K., Ali, Z. M., Farman, S., & Shah, A. (2014). Utilization of fly ash as low-cost adsorbent for the treatment of industrial dyes effluents- a comparative study. *Research and Reviews : Journal of Engineering and Technology*, 2(May), 1–10.
- Simatupang, G., Mondamina, N., & Oktavia, L. (2021). Pengaruh penambahan kalsium karbonat (CaCO_3) pada kandungan asam lemak bebas pada minyak kelapa sawit restan. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 29(2), 63–72.
- Soetaredjo, F. E., Laysandra, L., Putro, J. N., Santoso, S. P., Angkawijaya, A. E., Yuliana, M., Ju, Y. H., Zhou, C. H., & Ismadji, S. (2021). Ecological-safe and low-cost activated-bleaching earth: Preparation, characteristics, bleaching performance, and scale-up production. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123793.
- Syahwandi, M., Rahmalia, W., Zahara, T. A., & Usman, T. (2019). Adsorpsi asam lemak bebas dalam minyak sawit mentah menggunakan adsorben abu tandan kosong sawit. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 2(3), 121.
- Telaumbanua, J. J. P. (2017). Penggunaan fly ash dan bottom ash boiler pabrik kelapa sawit sebagai adsorben untuk mengadsorpsi zat warna pada limbah cair buatan (Doctoral dissertation).
- Triawan, D. A., Nesbah, N., & Fitriani, D. (2017). Crude palm oil's (CPO) fly ash as a low-cost adsorben for removal of methylen blue (MB) from aqueous solution. *Jurnal Kimia Riset*, 2(1), 10–15.