E-ISSN: 3025-0994
Halaman 2652-2667
Volume 4 Nomor 3 Tahun 2026

Pengaruh Konsentrasi *Bleaching Earth* dan Waktu Pemanasan terhadap Kualitas Warna pada *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO)

Bagas Pratama[1], Muhrinsyah Fatimura[2], Agus Wahyudi[3]

[1,2,3] Program Studi Teknik kimia, Fakultas Teknik Dan Informatika, Universitas PGRI Palembang
e-mail: [1]solehbagas17@gmail.com, [2]m.fatimura@univpgri-palembang.ac.id, [3]aguswahyudi@univpgri-palembang.ac.id

Abstrak

Minyak kelapa sawit (*Crude Palm Oil*/CPO) memerlukan proses pemurnian untuk menghasilkan *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO) dengan kualitas warna yang memenuhi standar industri. Salah satu tahapan penting dalam proses tersebut adalah *bleaching*, yang dipengaruhi oleh konsentrasi *bleaching earth* dan waktu pemanasan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kedua faktor tersebut terhadap kualitas warna RBDPO serta menentukan kondisi operasi yang optimal. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan rancangan faktorial 4 × 3, yaitu variasi konsentrasi *bleaching earth* sebesar 0,5%; 1,0%; 1,5%; dan 2,0% serta waktu pemanasan selama 20, 25, dan 30 menit. Parameter yang diamati adalah nilai warna Red (R) dan Yellow (Y) menggunakan Lovibond Tintometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi *bleaching earth* dan waktu pemanasan mampu menurunkan nilai warna R dan Y, sehingga proses pemucatan berlangsung lebih efektif. Kondisi terbaik diperoleh pada konsentrasi *bleaching earth* 2,0% dengan waktu pemanasan 30 menit yang menghasilkan nilai warna 1,5 Red dan 15 Yellow. Sebanyak 11 dari 12 kombinasi perlakuan memenuhi standar PORAM, sedangkan seluruh perlakuan memenuhi persyaratan SNI 18:2017. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi *bleaching earth* dan waktu pemanasan yang tepat mampu meningkatkan kualitas warna RBDPO serta dapat dijadikan acuan dalam optimasi proses pemucatan pada industri pemurnian minyak sawit.

Kata Kunci: Bleaching Earth, CPO, RBDPO, Kualitas Warna, Pemucatan.

Abstract

Crude Palm Oil (CPO) requires a refining process to produce *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO) with color quality that meets industrial standards. One of the most important refining stages is the *bleaching* process, which is influenced by *bleaching earth* concentration and heating time. This study aimed to evaluate the effects of these factors on the color quality of RBDPO and to determine the optimum operating conditions. An experimental study with a

4 × 3 factorial design was conducted using *bleaching earth* concentrations of 0.5%, 1.0%, 1.5%, and 2.0%, and heating times of 20, 25, and 30 min. The color quality was evaluated using a Lovibond Tintometer based on Red (R) and Yellow (Y) values. The results showed that increasing *bleaching earth* concentration and heating time progressively reduced the Red and Yellow color values, indicating a more effective bleaching process. The optimum condition was achieved using 2.0% *bleaching earth* and a heating time of 30 min, producing color values of 1.5 Red and 15 Yellow. Eleven of the twelve treatment combinations complied with the PORAM standard, while all treatments met the requirements of SNI 18:2017. These findings demonstrate that the appropriate combination of *bleaching earth* concentration and heating time improves the color quality of RBDPO and can be applied to optimize the bleaching process in the palm oil refining industry.

Keywords: *Bleaching Earth*, Color Quality, CPO, Refining, RBDPO.

LATAR BELAKANG

Minyak kelapa sawit (*Crude Palm Oil* atau CPO) merupakan minyak nabati dengan produksi dan konsumsi terbesar di dunia sehingga menjadi komoditas penting bagi industri pangan dan nonpangan (Veronika & Sihotang, 2023). CPO mengandung trigliserida serta komponen nontrigliserida, seperti karotenoid, fosfolipid, gum, dan senyawa pengotor yang menyebabkan warna minyak menjadi gelap, menurunkan stabilitas, dan memengaruhi mutu produk (Hasballah & Siregar, 2020). Kandungan karotenoid sebesar 500–700 ppm memberikan warna merah jingga khas pada CPO, sehingga diperlukan proses pemurnian sebelum digunakan sebagai bahan baku minyak goreng maupun produk turunannya.

Proses pemurnian (*refining*) bertujuan menghilangkan senyawa-senyawa pengotor tanpa merusak komponen utama minyak sehingga diperoleh minyak dengan warna lebih cerah, bau netral, cita rasa yang baik, serta stabilitas oksidatif yang lebih tinggi. Pada metode *physical refining*, tahapan proses terdiri atas *degumming*, *bleaching*, filtrasi, dan deodorisasi. Di antara tahapan tersebut, proses *bleaching* memiliki peranan penting karena berfungsi mengadsorpsi pigmen karotenoid, fosfolipid, logam, gum, resin, serta senyawa hasil oksidasi yang menyebabkan warna minyak menjadi gelap (Amelia et al., 2023; Sari et al., 2019).

Proses pemucatan umumnya menggunakan *bleaching earth* berbasis bentonit sebagai adsorben. Bentonit memiliki luas permukaan, porositas, dan kapasitas adsorpsi yang tinggi sehingga mampu menyerap pigmen warna dan berbagai senyawa pengotor secara efektif. Mekanisme adsorpsi terjadi melalui interaksi antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben berpori, sehingga keberhasilan proses dipengaruhi oleh beberapa parameter operasi, seperti konsentrasi *bleaching earth*, suhu, dan waktu kontak. Penggunaan *bleaching earth* yang tidak optimum dapat menyebabkan pigmen warna tidak terserap secara maksimal atau bahkan meningkatkan kehilangan minyak (*oil loss*) sehingga menurunkan efisiensi proses pemurnian (Astuti, 2018).

Salah satu indikator mutu yang paling diperhatikan dalam industri *refinery* adalah kualitas warna minyak. Berdasarkan standar PORAM, warna *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO) ditetapkan maksimum 3 Red, sedangkan SNI 18:2017 menetapkan

maksimum 5 Red/50 Yellow. Kualitas warna yang tidak memenuhi standar menunjukkan proses pemucatan belum berlangsung secara optimal sehingga dapat memengaruhi mutu produk dan efisiensi proses deodorisasi pada tahap berikutnya (Heryani, 2019).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengoptimalkan proses pemucatan minyak sawit. Veronika & Sihotang (2023) melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi *bleaching earth* hingga 5% mampu menghasilkan minyak goreng sawit dengan kadar karoten yang lebih rendah. Hasballah & Siregar (2020) memperoleh bahwa penggunaan *bleaching earth* sebesar 1,0% menghasilkan kualitas warna *Degummed Bleached Palm Oil* (DBPO) sesuai standar industri. Tirtaadmaja (2019) menunjukkan bahwa penggunaan *reactivated bleaching earth* sebesar 3% dengan waktu pemucatan 45 menit memberikan efisiensi pemucatan dan rendemen terbaik. Penelitian Hasibuan et al. (2017) menyimpulkan bahwa peningkatan dosis *bleaching earth* dan waktu pemucatan mampu memperbaiki warna minyak dan menurunkan kadar karoten, namun berpotensi meningkatkan kadar asam lemak bebas apabila kondisi operasi terlalu tinggi. Sementara itu, Wisnaningsih et al. (2024) menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi *bleaching earth* menghasilkan minyak dengan tingkat kejernihan yang lebih baik dibandingkan konsentrasi yang lebih rendah.

Meskipun penelitian-penelitian tersebut telah membuktikan bahwa *bleaching earth* berpengaruh terhadap mutu minyak sawit, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengaruh satu parameter proses, seperti konsentrasi adsorben, suhu, atau waktu pemucatan secara terpisah, serta lebih banyak mengevaluasi parameter kadar karoten, nilai DOBI, rendemen, maupun kualitas *Degummed Bleached Palm Oil* (DBPO). Penelitian yang mengkaji pengaruh kombinasi konsentrasi *bleaching earth* dan waktu pemanasan terhadap kualitas warna *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO) pada kondisi operasi industri *refinery* masih relatif terbatas. Padahal kedua parameter tersebut saling memengaruhi efektivitas adsorpsi pigmen maka berperan penting gu mnaenentukan kualitas warna produk akhir dan efisiensi proses pemurnian.

Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada analisis simultan pengaruh variasi konsentrasi *bleaching earth* dan waktu pemanasan terhadap kualitas warna RBDPO pada proses *physical refining* di industri *refinery*. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya mengevaluasi satu parameter proses atau menggunakan indikator mutu selain warna RBDPO, penelitian ini difokuskan pada penentuan kombinasi kondisi operasi yang paling optimal untuk menghasilkan kualitas warna RBDPO sesuai standar industri sehingga dapat menjadi dasar dalam pengendalian mutu dan peningkatan efisiensi proses pemurnian minyak sawit.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh konsentrasi *bleaching earth* dan waktu pemanasan terhadap kualitas warna *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO). Penelitian difokuskan pada proses pemucatan menggunakan metode adsorpsi dengan bentonit sebagai adsorben, sedangkan parameter yang diamati adalah kualitas warna RBDPO. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi industri *refinery* dalam menentukan kondisi operasi proses *bleaching* yang optimal sehingga diperoleh produk RBDPO yang memenuhi standar mutu secara efektif dan efisien.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium *Quality Control* PT Musim Mas Martubung Site pada Januari–Mei 2026. Penelitian menggunakan rancangan faktorial 4 × 3 dengan dua faktor, yaitu konsentrasi *bleaching earth* sebesar 0,5%; 1,0%; 1,5%; dan 2,0% (b/b terhadap CPO) serta waktu pemanasan selama 20, 25, dan 30 menit sehingga diperoleh 12 kombinasi perlakuan. Variabel tetap meliputi berat sampel CPO sebanyak 300 g, penambahan H_3PO_4 sebesar 0,05% (b/b), suhu proses *bleaching* 105°C, kecepatan pengadukan 200 rpm, dan suhu deodorisasi 270°C. Bahan yang digunakan terdiri atas *Crude Palm Oil* (CPO), *bleaching earth*, H_3PO_4, Na_2SO_4, aseton, dan gas N_2, sedangkan peralatan utama meliputi *magnetic stirrer*, *vacuum pump*, seperangkat alat destilasi, kertas saring Whatman No. 90 mm, serta *Lovibond Tintometer* Model F.

Proses penelitian diawali dengan tahap *degumming* menggunakan 300 g CPO yang dipanaskan hingga 75°C sambil dialiri gas N_2, kemudian ditambahkan H_3PO_4 sebanyak 0,05% dari berat sampel dan diaduk selama 15 menit untuk menghilangkan fosfolipid serta senyawa pengotor (Amelia et al., 2023). Selanjutnya dilakukan proses *bleaching* dengan penambahan *bleaching earth* sesuai variasi perlakuan, kemudian dipanaskan pada suhu 105°C dengan kecepatan pengadukan 200 rpm selama 20, 25, atau 30 menit. Setelah didinginkan hingga sekitar 70°C, sampel disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 90 mm dengan bantuan vakum 600 mmHg. Sampel kemudian dideodorisasi menggunakan alat destilasi pada suhu 270°C selama 60 menit dalam kondisi vakum kurang dari 2,0 mbar untuk menghilangkan asam lemak bebas serta senyawa volatil penyebab bau sehingga diperoleh produk *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO) (Heryani, 2019; Mahmud, 2019).

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah kualitas warna RBDPO yang diukur menggunakan *Lovibond Tintometer* Model F berdasarkan metode *Lovibond Colour Scale*, yaitu dengan mencocokkan warna sampel terhadap standar hingga diperoleh nilai Red (R) dan Yellow (Y). Hasil pengukuran dibandingkan dengan standar mutu RBDPO berdasarkan PORAM dan SNI 18:2017. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan nilai warna pada setiap kombinasi konsentrasi *bleaching earth* dan waktu pemanasan untuk menentukan kondisi proses yang menghasilkan kualitas warna RBDPO terbaik sesuai standar mutu industri (Semangun & Sahertian, 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Nilai Warna R dan Y RBDPO

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh nilai warna merah (Red) dan kuning (Yellow) RBDPO pada berbagai kombinasi konsentrasi *bleaching earth* dan waktu pemanasan sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Nilai Warna R dan Y RBDPO

No.	Konsentrasi *Bleaching Earth* (%)	Berat CPO (g)	Waktu Pemanasan (menit)	Nilai Warna R	Nilai Warna Y
1	0,5	300	20	3,0	31
2	0,5	300	25	2,8	28
3	0,5	300	30	2,7	26
4	1,0	300	20	2,8	27

5	1,0	300	25	2,6	26
6	1,0	300	30	2,6	25
7	1,5	300	20	2,4	23
8	1,5	300	25	2,3	21
9	1,5	300	30	2,0	20
10	2,0	300	20	2,0	19
11	2,0	300	25	1,8	17
12	2,0	300	30	1,5	15

Berdasarkan Tabel 1, peningkatan konsentrasi *bleaching earth* dan waktu pemanasan menurunkan nilai warna Red (R) dan Yellow (Y) pada RBDPO. Semakin tinggi konsentrasi *bleaching earth* dan semakin lama waktu pemanasan, semakin rendah nilai warna yang dihasilkan. Perlakuan terbaik diperoleh pada konsentrasi *bleaching earth* 2,0% dengan waktu pemanasan 30 menit yang menghasilkan nilai warna 1,5 Red dan 15 Yellow, sedangkan nilai tertinggi diperoleh pada konsentrasi 0,5% selama 20 menit, yaitu 3,0 Red dan 31 Yellow. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi kedua faktor tersebut meningkatkan efektivitas proses pemucatan sehingga menghasilkan RBDPO dengan kualitas warna yang lebih baik.

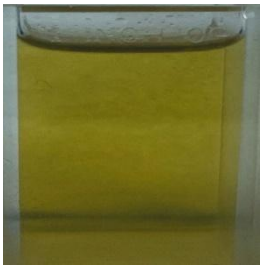
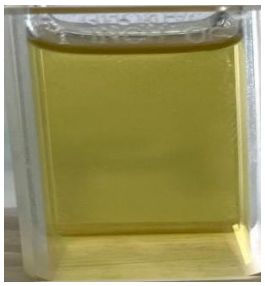
Visualisasi Data

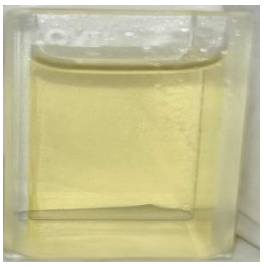
Visualisasi hasil pengukuran warna RBDPO pada setiap kombinasi konsentrasi *bleaching earth* dan waktu pemanasan disajikan pada Tabel 2. Visualisasi ini menunjukkan perubahan warna sampel secara nyata sesuai dengan nilai warna Red (R) dan Yellow (Y) yang diperoleh dari pengukuran menggunakan *Lovibond Tintometer*.

Tabel 2. Visualisasi Warna RBDPO pada Berbagai Perlakuan

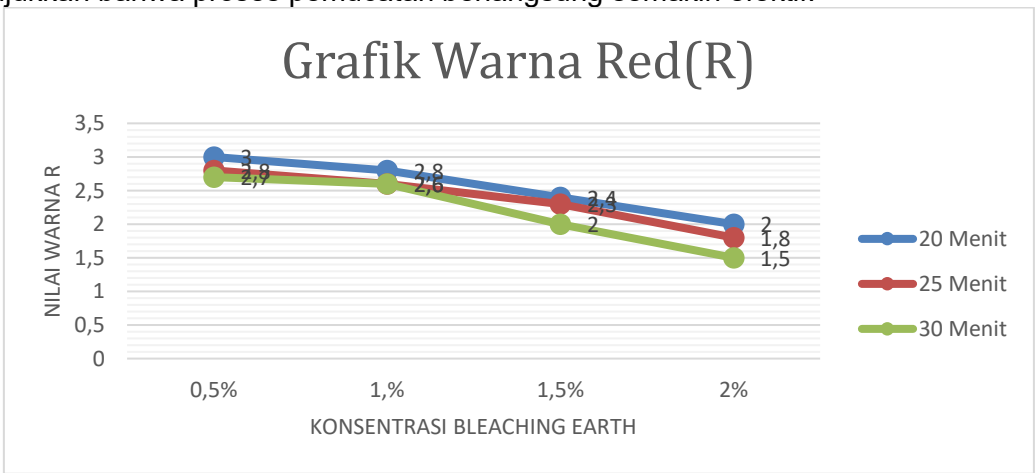
NO	Konsentrasi BE(5)	Waktu Pemanasan (menit)	Nilai Warna R	Nilai Warna Y	Gambar warna
1	0,5	20	3,0	31	
2	0,5	25	2,8	28	

3	0,5	30	2,7	26	
4	1,0	20	2,8	27	
5	1,0	25	2,6	26	
6	1,0	30	2,6	25	

7	1,5	20	2,4	23	
8	1,5	25	2,3	21	
9	1,5	30	2,0	20	
10	2,0	20	2,0	19	

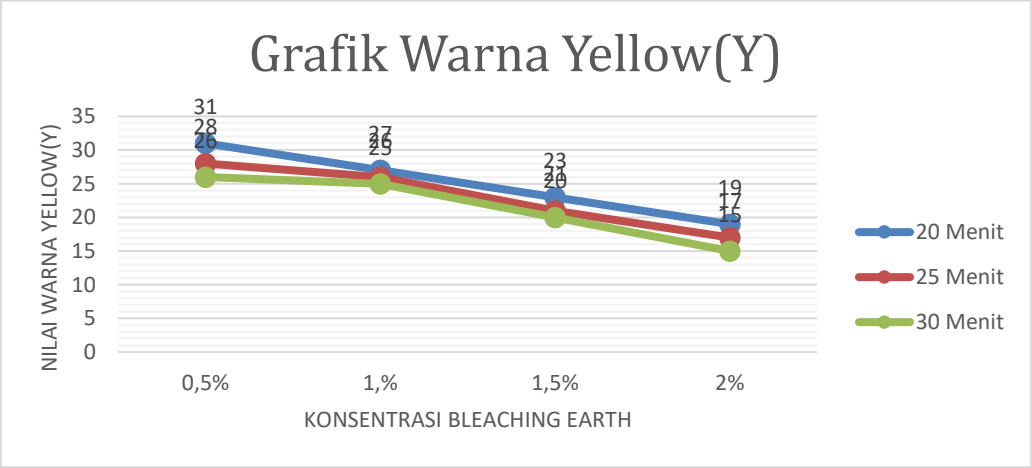
11	2,0	25	1,8	17	
12	2,0	30	1,5	15	

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa warna RBDPO menjadi semakin cerah seiring dengan meningkatnya konsentrasi *bleaching earth* dan lamanya waktu pemanasan. Sampel dengan konsentrasi *bleaching earth* 0,5% masih menunjukkan warna kuning kemerahan yang relatif pekat, sedangkan pada konsentrasi 2,0% dengan waktu pemanasan 30 menit dihasilkan warna kuning yang lebih jernih. Hasil visual tersebut konsisten dengan nilai warna Red (R) dan Yellow (Y) yang diperoleh pada pengujian menggunakan *Lovibond Tintometer*, sehingga menunjukkan bahwa proses pemucatan berlangsung semakin efektif.



Gambar 1. Grafik Hubungan Konsentrasi *Bleaching Earth* terhadap Nilai Warna Red (R) pada Berbagai Waktu Pemanasan

Berdasarkan Gambar 1, nilai warna Red (R) cenderung menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi *bleaching earth* dan lamanya waktu pemanasan. Nilai Red tertinggi diperoleh pada konsentrasi 0,5% selama 20 menit (3,0), sedangkan nilai terendah diperoleh pada konsentrasi 2,0% selama 30 menit (1,5). Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi *bleaching earth* dan waktu pemanasan meningkatkan efektivitas adsorpsi pigmen sehingga warna minyak menjadi lebih cerah.



Gambar 2. Grafik Hubungan Konsentrasi *Bleaching Earth* terhadap Nilai Warna Yellow (Y) pada Berbagai Waktu Pemanasan

Berdasarkan Gambar 4.2, nilai warna Yellow (Y) juga mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya konsentrasi *bleaching earth* dan waktu pemanasan. Nilai Yellow menurun dari 31 pada konsentrasi 0,5% selama 20 menit menjadi 15 pada konsentrasi 2,0% selama 30 menit. Hal ini menunjukkan bahwa proses pemucatan berlangsung lebih efektif karena semakin banyak pigmen warna yang teradsorpsi oleh *bleaching earth.*

PEMBAHASAN

Pengaruh Konsentrasi *Bleaching Earth* terhadap Kualitas Warna RBDPO

Berdasarkan Tabel 1, peningkatan konsentrasi *bleaching earth* menyebabkan penurunan nilai warna Red (R) dan Yellow (Y) pada RBDPO. Pada waktu pemanasan 30 menit, nilai warna Red menurun dari 2,7 pada konsentrasi 0,5% menjadi 1,5 pada konsentrasi 2,0%, sedangkan nilai Yellow menurun dari 26 menjadi 15. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi *bleaching earth*, semakin efektif proses pemucatan dalam menghilangkan pigmen warna pada minyak sawit. Temuan ini sejalan dengan penelitian Hasballah & Siregar (2020) yang menyatakan bahwa peningkatan dosis *bleaching earth* meningkatkan kemampuan adsorpsi terhadap zat warna pada CPO.

Efektivitas tersebut dipengaruhi oleh sifat bentonit sebagai bahan utama *bleaching earth* yang memiliki luas permukaan dan porositas tinggi sehingga mampu mengadsorpsi pigmen karotenoid dan senyawa pengotor melalui mekanisme adsorpsi (Amelia et al., 2023; Rangkuti et al., 2021). Pada penelitian ini, perlakuan terbaik diperoleh pada konsentrasi *bleaching earth* 2,0% dengan nilai warna 1,5 Red dan 15 Yellow, yang telah memenuhi standar

mutu PORAM (maksimum 3 Red/30 Yellow) maupun SNI 18:2017 (maksimum 5 Red/50 Yellow).

Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Kualitas Warna RBDPO

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemanasan, nilai warna Red dan Yellow cenderung semakin rendah pada setiap konsentrasi *bleaching earth*. Sebagai contoh, pada konsentrasi 1,5%, nilai Red menurun dari 2,4 pada 20 menit menjadi 2,0 pada 30 menit, sedangkan nilai Yellow menurun dari 23 menjadi 20. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa waktu pemanasan yang lebih lama meningkatkan efektivitas proses pemucatan karena memberikan waktu kontak yang lebih panjang antara minyak dan adsorben. Hasil ini sesuai dengan teori adsorpsi kinetika yang menyatakan bahwa semakin lama waktu kontak, semakin banyak molekul pigmen yang berdifusi dan teradsorpsi ke dalam pori-pori adsorben (Rangkuti et al., 2021).

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan Heryani (2019) yang menyebutkan bahwa proses *bleaching* pada skala industri umumnya dilakukan selama 30 menit pada suhu 100–130°C, serta penelitian Hasibuan et al. (2017) yang melaporkan bahwa peningkatan waktu pemucatan menghasilkan warna minyak yang semakin cerah. Pada penelitian ini, waktu pemanasan 30 menit menghasilkan kualitas warna terbaik pada seluruh variasi konsentrasi *bleaching earth*, sehingga dapat dianggap sebagai waktu pemucatan yang paling optimal dalam menghasilkan RBDPO dengan kualitas warna sesuai standar industri.

Interaksi Konsentrasi *Bleaching Earth* dan Waktu Pemanasan

Berdasarkan Tabel 1, terlihat adanya interaksi positif antara konsentrasi *bleaching earth* dan waktu pemanasan terhadap kualitas warna RBDPO. Kombinasi konsentrasi *bleaching earth* 2,0% dengan waktu pemanasan 30 menit menghasilkan nilai warna terendah, yaitu 1,5 Red dan 15 Yellow. Sebaliknya, kombinasi konsentrasi *bleaching earth* 0,5% dengan waktu pemanasan 20 menit menghasilkan nilai warna tertinggi, yaitu 3,0 Red dan 31 Yellow. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi adsorben yang diikuti dengan waktu pemanasan yang lebih lama mampu meningkatkan efektivitas proses pemucatan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Wisnaningsih et al. (2024) yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi *bleaching earth* menghasilkan minyak dengan tingkat kejernihan yang lebih baik. Temuan ini juga mendukung penelitian Veronika & Sihotang (2023) yang melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi *bleaching earth* meningkatkan efektivitas proses pemucatan minyak sawit. Meskipun konsentrasi maksimum yang digunakan dalam penelitian ini hanya 2,0%, kualitas warna RBDPO yang dihasilkan telah memenuhi standar PORAM dan SNI sehingga menunjukkan bahwa kondisi operasi tersebut telah efektif untuk proses pemurnian.

Mekanisme Penyerapan Warna oleh *Bleaching Earth*

Penurunan warna pada RBDPO terjadi melalui mekanisme adsorpsi, yaitu proses penyerapan pigmen karotenoid dan senyawa pengotor oleh permukaan *bleaching earth*. Karotenoid merupakan pigmen berwarna merah hingga kuning yang menyebabkan warna khas pada CPO, dengan kandungan sekitar 500–700 ppm pada varietas *tenera* (Harahap et al., 2020). Selama proses *bleaching*, molekul karotenoid berdifusi ke dalam pori-pori bentonit sehingga warna minyak menjadi lebih cerah (Astuti, 2018).

Kemampuan adsorpsi *bleaching earth* dipengaruhi oleh luas permukaan, ukuran pori, dan waktu kontak antara adsorben dengan minyak. Pada penelitian ini, suhu proses 105°C dan waktu pemanasan hingga 30 menit memberikan kondisi yang optimum sehingga proses adsorpsi berlangsung lebih efektif. Hal tersebut sesuai dengan teori adsorpsi fisika yang menyatakan bahwa molekul pigmen dapat terikat pada permukaan bentonit melalui gaya antarmolekul (*Van der Waals*) sehingga kandungan karotenoid berkurang dan kualitas warna RBDPO meningkat (Rangkuti et al., 2021).

Kesesuaian Hasil terhadap Standar Mutu RBDPO

Evaluasi kesesuaian hasil pengujian terhadap standar mutu RBDPO disajikan pada Tabel 3. Standar yang digunakan mengacu pada SNI 18:2017 dengan batas maksimum 5 Red/50 Yellow dan PORAM dengan batas maksimum 3 Red/30 Yellow.

Tabel 3. Kesesuaian Hasil Warna RBDPO terhadap Standar SNI 18:2017 dan PORAM

Konsentrasi BE (%)	Waktu (menit)	Red	Yellow	SNI 18:2017 *(Maks. 5R/50Y)*	PORAM *(Maks. 3R/30Y)*
0,5	20	3,0	31	Memenuhi	Tidak memenuhi
0,5	25	2,8	28	Memenuhi	Memenuhi
0,5	30	2,7	26	Memenuhi	Memenuhi
1,0	20	2,8	27	Memenuhi	Memenuhi
1,0	25	2,6	26	Memenuhi	Memenuhi
1,0	30	2,6	25	Memenuhi	Memenuhi
1,5	20	2,4	23	Memenuhi	Memenuhi
1,5	25	2,3	21	Memenuhi	Memenuhi
1,5	30	2,0	20	Memenuhi	Memenuhi
2,0	20	2,0	19	Memenuhi	Memenuhi
2,0	25	1,8	17	Memenuhi	Memenuhi
2,0	30	1,5	15	Memenuhi	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 3, seluruh perlakuan memenuhi persyaratan mutu SNI 18:2017, sedangkan terhadap standar PORAM hanya satu perlakuan yang tidak memenuhi, yaitu penggunaan *bleaching earth* 0,5% dengan waktu pemanasan 20 menit yang menghasilkan nilai warna 3,0 Red dan 31 Yellow. Dengan demikian, sebanyak 11 dari 12 kombinasi perlakuan telah memenuhi kedua standar mutu tersebut. Hasil ini menunjukkan bahwa proses pemucatan pada suhu 105°C dengan variasi konsentrasi *bleaching earth* 0,5–2,0% dan waktu pemanasan 20–30 menit mampu menghasilkan RBDPO dengan kualitas warna yang sesuai standar industri. Temuan ini sejalan dengan Heryani (2019) yang menyatakan bahwa proses *bleaching* pada suhu 100–130°C selama sekitar 30 menit menggunakan bentonit sebagai *bleaching earth* mampu menghasilkan RBDPO dengan kualitas warna yang memenuhi standar industri.

Perlakuan terbaik diperoleh pada konsentrasi *bleaching earth* 2,0% dengan waktu pemanasan 30 menit yang menghasilkan nilai warna 1,5 Red dan 15 Yellow. Sebaliknya, perlakuan 0,5% selama 20 menit belum memenuhi standar PORAM karena jumlah adsorben dan waktu kontak yang relatif rendah sehingga proses adsorpsi pigmen karotenoid belum berlangsung secara optimal. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi *bleaching earth* dan waktu pemanasan memberikan pengaruh positif terhadap efektivitas

proses pemucatan serta meningkatkan peluang produk memenuhi standar mutu perdagangan internasional.

Mekanisme Adsorpsi pada Proses Pemucatan RBDPO

Penurunan nilai warna pada penelitian ini terjadi melalui mekanisme adsorpsi pigmen karotenoid oleh *bleaching earth* berbasis bentonit. Karotenoid merupakan pigmen berwarna merah hingga kuning yang menyebabkan warna khas pada CPO dengan kandungan sekitar 500–700 ppm. Selama proses *bleaching*, molekul karotenoid berdifusi menuju permukaan bentonit dan teradsorpsi pada pori-pori adsorben sehingga intensitas warna minyak berkurang (Astuti, 2018; Harahap et al., 2020). Kemampuan bentonit dalam mengadsorpsi pigmen didukung oleh luas permukaan, ukuran pori yang besar, serta kapasitas adsorpsi yang tinggi sehingga efektif menghilangkan senyawa penyebab warna.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi *bleaching earth* hingga 2,0% dan waktu pemanasan hingga 30 menit menghasilkan kualitas warna terbaik. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa semakin besar luas permukaan aktif adsorben dan semakin lama waktu kontak antara minyak dengan *bleaching earth*, maka proses adsorpsi berlangsung semakin efektif. Mekanisme ini sesuai dengan teori adsorpsi fisika yang menyatakan bahwa molekul pigmen dapat terikat pada permukaan bentonit melalui gaya *Van der Waals*, sehingga kandungan karotenoid dalam minyak berkurang dan kualitas warna RBDPO meningkat (Rangkuti et al., 2021). Temuan ini juga mendukung penelitian Khairati et al. (2025) yang menyatakan bahwa dosis adsorben dan kondisi proses merupakan faktor utama dalam menentukan keberhasilan proses pemucatan minyak sawit.

Pengaruh Luas Permukaan Adsorben terhadap Efektivitas Pemucatan

Efektivitas proses pemucatan dipengaruhi oleh luas permukaan aktif *bleaching earth* yang digunakan sebagai adsorben. Peningkatan konsentrasi *bleaching earth* dari 0,5% menjadi 2,0% meningkatkan jumlah adsorben yang tersedia sehingga luas permukaan aktif untuk mengadsorpsi pigmen karotenoid juga semakin besar. Kondisi tersebut menyebabkan nilai warna Red dan Yellow RBDPO terus menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi *bleaching earth*. Hasil ini sesuai dengan teori adsorpsi yang menyatakan bahwa kapasitas penyerapan adsorben berbanding lurus dengan luas permukaan kontak yang tersedia (Rangkuti et al., 2021).

Bentonit sebagai bahan utama *bleaching earth* memiliki struktur berpori dan luas permukaan yang tinggi maka akan mengadsorpsi pigmen karotenoid secara efektif (Kurniawan et al., 2023). Pada penelitian ini, konsentrasi *bleaching earth* 2,0% menghasilkan kualitas warna terbaik pada nilai 1,5 Red dan 15 Yellow, menunjukkan bahwa peningkatan jumlah adsorben meningkatkan efektivitas proses pemucatan.

Pengaruh Suhu Pemanasan terhadap Efektivitas Adsorpsi

Suhu pemanasan merupakan salah satu faktor yang memengaruhi efektivitas proses pemucatan minyak sawit. Pada penelitian ini, seluruh perlakuan dilakukan pada suhu tetap 105°C yang merupakan suhu operasi proses *bleaching* di industri *refinery*. Suhu tersebut dipilih karena mampu menurunkan viskositas minyak sehingga meningkatkan mobilitas molekul karotenoid untuk berdifusi menuju permukaan *bleaching earth*. Dengan demikian, proses kontak antara adsorben dan pigmen berlangsung lebih efektif sehingga penyerapan warna menjadi lebih optimal (Heryani, 2019).

Selain menurunkan viskositas minyak, suhu 105°C juga meningkatkan laju difusi molekul pigmen ke dalam pori-pori bentonit tanpa menyebabkan degradasi minyak yang berlebihan. Kondisi ini mendukung hasil penelitian yang menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi *bleaching earth* yang lebih tinggi dengan waktu pemanasan yang lebih lama menghasilkan nilai warna Red dan Yellow yang semakin rendah. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Wisnaningsih et al. (2024) yang menyatakan bahwa suhu proses merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi keberhasilan proses pemucatan melalui peningkatan efektivitas adsorpsi pigmen pada minyak sawit.

Perbandingan Efektivitas *Bleaching Earth* dengan Adsorben Lain

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa *bleaching earth* berbasis bentonit merupakan adsorben yang efektif dalam proses pemucatan minyak sawit. Kurniawan et al. (2023) melaporkan bahwa bentonit teraktivasi memiliki daya adsorpsi lebih tinggi dibandingkan adsorben organik karena memiliki luas permukaan dan jumlah pori yang lebih besar. Selain itu, Khairati et al. (2025) menyatakan bahwa kualitas warna minyak dipengaruhi oleh jenis *bleaching earth*, suhu, dan dosis yang digunakan selama proses pemucatan.

Hasil penelitian ini mendukung temuan tersebut, di mana penggunaan *bleaching earth* berbasis bentonit dengan konsentrasi 2,0% selama 30 menit menghasilkan nilai warna terbaik, yaitu 1,5 Red dan 15 Yellow. Nilai tersebut telah memenuhi standar PORAM maupun SNI 18:2017, sehingga menunjukkan bahwa *bleaching earth* berbasis bentonit masih menjadi adsorben yang efektif dan kompetitif untuk menghasilkan RBDPO dengan kualitas warna yang baik dibandingkan adsorben lain yang telah dilaporkan dalam berbagai penelitian (Amelia et al., 2023).

Implikasi Hasil Penelitian terhadap Optimasi Proses Industri

Hasil penelitian menunjukkan bahwa 11 dari 12 kombinasi perlakuan telah memenuhi standar PORAM, sedangkan seluruh perlakuan memenuhi standar SNI 18:2017. Kondisi terbaik diperoleh pada penggunaan *bleaching earth* 2,0% dengan waktu pemanasan 30 menit, sedangkan kondisi minimum yang masih memenuhi standar PORAM adalah konsentrasi *bleaching earth* 1,0% selama 30 menit. Temuan ini menunjukkan bahwa pengaturan konsentrasi *bleaching earth* dan waktu pemanasan menjadi faktor penting dalam menghasilkan RBDPO dengan kualitas warna sesuai standar industri. Hasil ini juga mendukung Heryani (2019) yang menyatakan bahwa proses *bleaching* pada suhu 100–130°C selama sekitar 30 menit merupakan kondisi operasi yang efektif pada industri pemurnian minyak sawit.

Dari sisi penerapan industri, penggunaan *bleaching earth* 2,0% menghasilkan kualitas warna terbaik, namun membutuhkan jumlah adsorben yang lebih besar sehingga berpotensi meningkatkan biaya operasi dan limbah *spent bleaching earth* (SBE). Oleh karena itu, apabila mempertimbangkan aspek efisiensi proses dan biaya, penggunaan *bleaching earth* 1,5% dengan waktu pemanasan 30 menit dapat menjadi alternatif yang lebih ekonomis karena tetap menghasilkan kualitas warna yang memenuhi standar PORAM dan SNI 18:2017 dengan penggunaan adsorben yang lebih rendah. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi proses pemurnian sekaligus mengurangi dampak lingkungan akibat limbah *bleaching earth.*

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, peningkatan konsentrasi *bleaching earth* dan waktu pemanasan terbukti meningkatkan efektivitas proses pemucatan sehingga menurunkan nilai warna Red (R) dan Yellow (Y) pada RBDPO. Perlakuan terbaik diperoleh pada konsentrasi *bleaching earth* 2,0% dengan waktu pemanasan 30 menit yang menghasilkan nilai warna 1,5 Red dan 15 Yellow serta memenuhi standar PORAM dan SNI 18:2017. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji variasi konsentrasi *bleaching earth* yang lebih luas serta menambahkan parameter mutu lain agar diperoleh kondisi proses yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Amelia, J. R., Iryani, D. A., Hasanudin, U., Sugiharto, R., Ginting, S. B., & Indraningtyas, L. (2023). *Teknologi Pengelolaan Spent Bleaching Earth (Sbe)*. Aura Publisher.

Astuti, W. (2018). *Adsorpsi Menggunakan Material Berbasis Lignoselulosa*. Unnes Press.

Hasballah, T., & Siregar, L. H. (2020). Analisa Pemakaian Jumlah Bleaching Earth Terhadap Kualitas Warna Dbpo (Degummed Bleached Palm Oil) Pada Tangki Bleacher (D202) Dengan Kapasitas 2.000 Ton/Hari Di Unit Refinery Pt Smart Tbk Belawan. *Jurnal Teknologi Mesin Uda*, *1*(1), 9–16.

Hasibuan, H. A., Afriana, L., & Tamba, D. (2017). Pengaruh Dosis Bleaching Earth Dan Waktu Pemucatan Crude Palm Oil Yang Bervariasi Deterioration Of Bleachability Index (Dobi) Terhadap Mutu Produk. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, *27*(1), 69–75. Https://Doi.Org/10.24961/J.Tek.Ind.Pert.2017.27.1.69

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. Https://Doi.Org/10.24961/J.Tek.Ind.Pert.2019.29.1.11

Khairati, M., Aini, A. P., Nurmalasari, E., & Yahya, A. K. (2025). Comparison Of Different Types Of Bleaching Earth On The Quality Of Bleaching Palm Oil (Bpo). *Eksergi*, *22*(1), 39–47.

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.

Mahmud, S. F. (2019). Proses Pengolahan Cpo (Crude Palm Oil) Menjadi Rbdpo (Refined Bleached And Deodorized Palm Oil) Di Pt Xyz Dumai. *Jurnal Unitek*, *12*(1), 55–64. Https://Doi.Org/10.52072/Unitek.V12i1.162

Rangkuti, I. U. P., Purwanto, H., & Pohan, H. S. U. (2021). *The Effects Of Adsorbent Activator Type, Boiler Ash On The Quality Of Crude Palm Oil*.

Saputra Harahap, I., Wahyuningsih, P., & Amri, Y. (2020). Analisa Kandungan Beta Karoten Pada Cpo (Crude Palm Oil) Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (Ppks) Medan Menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis. *Quimica: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, *2*(1), 9–13. Https://Doi.Org/10.33059/Jq.V2i1.2616

Sari, M., Ritonga, Y., & Saragih, S. W. (2019). Pengaruh Kadar Air Pada Proses Pemucatan Minyak Kelapa Sawit. *Talenta Conference Series: Science And Technology*, *2*(1), 79–

83. Https://Doi.Org/10.32734/St.V2i1.317
Semangun, H., & Sahertian, E. (2012). Pemucatan Warna (Bleaching) Pada Minyak Sawit Mentah. *Bios: Majalah Ilmiah Semipopuler*, *5*(2), 41–43.
Tirtaadmaja, C. D. (2019). *Proses Pemucatan Crude Palm Oil (Cpo) Dengan Reactivated Bleaching Earth (Rbe)*.
Veronika, N., & Sihotang, A. J. (2023). Pengaruh Konsentrasi Bleaching Earth Pada Proses Pembuatan Minyak Goreng Sawit (Palm Olein). *Jurnal Sains Dan Ilmu Terapan*, *6*(1), 36–42.
Wisnaningsih, W., Thohirin, M., Santoso, A. B., Pambudi, A., & Hikmawan, D. A. (2024). Kajian Minyak Cpo Dengan Variasi Suhu Dan Pengikat Warna (Bleaching Earth) Pada Proses Bleaching. *Teknika Sains: Jurnal Ilmu Teknik*, *9*(1), 66–75.
Amelia, J. R., Iryani, D. A., Hasanudin, U., Sugiharto, R., Ginting, S. B., & Indraningtyas, L. (2023). *Teknologi Pengelolaan Spent Bleaching Earth (Sbe)*. Aura Publisher.
Astuti, W. (2018). *Adsorpsi Menggunakan Material Berbasis Lignoselulosa*. Unnes Press.
Hasballah, T., & Siregar, L. H. (2020). Analisa Pemakaian Jumlah Bleaching Earth Terhadap Kualitas Warna Dbpo (Degummed Bleached Palm Oil) Pada Tangki Bleacher (D202) Dengan Kapasitas 2.000 Ton/Hari Di Unit Refinery Pt Smart Tbk Belawan. *Jurnal Teknologi Mesin Uda*, *1*(1), 9–16.
Hasibuan, H. A., Afriana, L., & Tamba, D. (2017). Pengaruh Dosis Bleaching Earth Dan Waktu Pemucatan Crude Palm Oil Yang Bervariasi Deterioration Of Bleachability Index (Dobi) Terhadap Mutu Produk. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, *27*(1), 69–75. Https://Doi.Org/10.24961/J.Tek.Ind.Pert.2017.27.1.69
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. Https://Doi.Org/10.24961/J.Tek.Ind.Pert.2019.29.1.11
Khairati, M., Aini, A. P., Nurmalasari, E., & Yahya, A. K. (2025). Comparison Of Different Types Of Bleaching Earth On The Quality Of Bleaching Palm Oil (Bpo). *Eksergi*, *22*(1), 39–47.
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.
Mahmud, S. F. (2019). Proses Pengolahan Cpo (Crude Palm Oil) Menjadi Rbdpo (Refined Bleached And Deodorized Palm Oil) Di Pt Xyz Dumai. *Jurnal Unitek*, *12*(1), 55–64. Https://Doi.Org/10.52072/Unitek.V12i1.162
Rangkuti, I. U. P., Purwanto, H., & Pohan, H. S. U. (2021). *The Effects Of Adsorbent Activator Type, Boiler Ash On The Quality Of Crude Palm Oil*.
Saputra Harahap, I., Wahyuningsih, P., & Amri, Y. (2020). Analisa Kandungan Beta Karoten Pada Cpo (Crude Palm Oil) Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (Ppks) Medan Menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis. *Quimica: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, *2*(1), 9–13. Https://Doi.Org/10.33059/Jq.V2i1.2616
Sari, M., Ritonga, Y., & Saragih, S. W. (2019). Pengaruh Kadar Air Pada Proses Pemucatan

Minyak Kelapa Sawit. *Talenta Conference Series: Science And Technology*, *2*(1), 79–83. Https://Doi.Org/10.32734/St.V2i1.317

Semangun, H., & Sahertian, E. (2012). Pemucatan Warna (Bleaching) Pada Minyak Sawit Mentah. *Bios: Majalah Ilmiah Semipopuler*, *5*(2), 41–43.

Tirtaadmaja, C. D. (2019). *Proses Pemucatan Crude Palm Oil (Cpo) Dengan Reactivated Bleaching Earth (Rbe)*.

Veronika, N., & Sihotang, A. J. (2023). Pengaruh Konsentrasi Bleaching Earth Pada Proses Pembuatan Minyak Goreng Sawit (Palm Olein). *Jurnal Sains Dan Ilmu Terapan*, *6*(1), 36–42.

Wisnaningsih, W., Thohirin, M., Santoso, A. B., Pambudi, A., & Hikmawan, D. A. (2024). Kajian Minyak Cpo Dengan Variasi Suhu Dan Pengikat Warna (Bleaching Earth) Pada Proses Bleaching. *Teknika Sains: Jurnal Ilmu Teknik*, *9*(1), 66–75.