

## Pengaruh Temperatur Terhadap Proses Reaktivasi Limbah *Spent Bleaching Earth* Menggunakan Aktivator Asam

Fareka Kholidanata<sup>1</sup>, Ragil Saputra<sup>2</sup>, Achmad Nandang Roziafanto<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Analisis Kimia, Politeknik AKA Bogor

<sup>3</sup> Program Studi Nanoteknologi Pangan, Politeknik AKA Bogor

\* Achmad Nandang Roziafanto

\*Email: [anandangr@yahoo.com](mailto:anandangr@yahoo.com)

### Abstrak

Minyak goreng berwarna terang cenderung disukai oleh masyarakat sehingga diperlukan proses pemucatan warna *crude palm oil* (CPO) untuk menghilangkan pengotor dengan menggunakan 0,5-2,0% *bleaching earth* (BE) dari total massa CPO. Proses pemucatan ini menghasilkan limbah *spent bleaching earth* yang termasuk limbah bahan berbahaya dan beracun. Limbah SBE dapat direaktivasi agar limbah SBE dapat mengadsorpsi kembali pengotor pada proses pemurnian CPO. Penelitian ini menggabungkan proses kimia dengan aktivator asam dan fisika dengan pemanasan melalui variasi temperatur pada 350°C, 450°C, dan 550°C untuk mereaktivasi SBE. Sampel SBE yang telah diaktivasi kemudian dikarakterisasi melalui penetapan kadar air, massa jenis, *bleaching power*, dan efisiensi pemucatan warna. Dari hasil karakterisasi menunjukkan bahwa SBE hasil reaktivasi memiliki persen kadar air pada rentang 3,01-3,85%; massa jenis pada rentang 0,6-0,7 g/mL; *bleaching power* pada rentang 17-18 R; dan persen efisiensi pemucatan warna 97,85-98,21%. Hasil karakterisasi ini telah memenuhi persyaratan SNI 13-6336-2000. Analisis statistik dengan menggunakan uji normalitas terhadap data persen efisiensi pemucatan warna menunjukkan nilai *mean* sebesar 98,06; standar deviasi 0,1858; dan *P-Value* sebesar 0,384 dimana data sudah terdistribusi normal. Hasil uji t pada data tersebut menunjukkan nilai *standard error mean* sebesar 0,107 dan *P-value* sebesar 0,173 dengan nilai  $H_0$  berada pada *confidence interval*. Hal ini menunjukkan bahwa proses reaktivasi SBE dengan aktivator larutan HCl 15% menggunakan variasi temperatur pemanasan tidak berbeda secara signifikan.

**Kata kunci:** *Spent Bleaching Earth*, *Crude Palm Oil*, Reaktivasi, Asam

### Abstract

Light-colored cooking oil tends to be liked by the public. So, color bleaching process for crude palm oil (CPO) is needed to remove impurities by using 0,5-2,0% bleaching earth (BE) from the total mass of CPO. This bleaching process produces spent bleaching earth as waste, which is hazardous. To reduce it, the waste must be reused. SBE waste can be reactivated to reabsorb impurities in the CPO refining process. This research combines a chemical process with an acid activator and physics with heating through varying heating process temperatures at 350, 450, and 550°C to reactivate SBE. The activated SBE samples were then characterized by determining water content, density, bleaching power and color bleaching efficiency. The characterization results show that the reactivated SBE has percent water content in the range of 3,01-3,85%; density in the range of 0,6-0,7 g/mL; bleaching power in the range of 17-18 R; and percent color whitening efficiency in the range of 97,85-98,21%. The results of this characterization have met the requirements of SNI 13-6336-2000. Statistical analysis using a normality test on percent color bleaching efficiency data shows a mean value of 98,06; standard deviation of 0,1858; and *P-Value* of 0,384 where the data is normally distributed. The *t* test results on this data show a mean standard error value of 0,107 and *P-value* of 0,173 with the  $H_0$  value being in the confidence interval. This shows that the SBE reactivation process with 15% HCl solution activator using varying heating temperatures is not significantly different.

**Keywords :** *Spent Bleaching Earth*, *Crude Palm Oil*, Reactivation, Acid

## Pendahuluan

Minyak goreng adalah salah satu produk kebutuhan utama sehari-hari masyarakat domestik dan internasional (Taufiq et al., 2022). Minyak goreng merupakan produk hasil pengolahan dari minyak sawit mentah (*crude palm oil*). Sebanyak 80% kebutuhan minyak sawit global dihasilkan dari pengolahan minyak sawit di Indonesia (Manurung et al., 2024). *Crude palm oil* (CPO) mengandung pengotor seperti pigmen organik, logam, sabun, asam lemak bebas, dan fosfolipid. Pengotor ini mengakibatkan dampak yang tidak baik bagi kesehatan, rasa yang kurang enak, bau, warna gelap, dan daya simpan yang pendek dari minyak goreng tersebut. Oleh karena itu diperlukan proses pemucatan (*bleaching*) untuk menghilangkan pengotor tersebut (Raji et al., 2019; Hidayati et al., 2024; Ashaari et al., 2021). Proses pemurnian atau disebut juga dengan *refining process* terdiri dari beberapa tahap diantaranya adalah proses pemucatan warna atau *bleaching process* yang bertujuan untuk membersihkan minyak sawit dari pengotor, seperti produk oksidatif, fosfor, logam sisa dan pigmen warna dalam CPO yang akan mempengaruhi warna minyak yang dihasilkan (Hew et al., 2020). Kandungan karotenoid yang tinggi pada minyak sawit yaitu sebenar 500–700 mg/kg menjadi penyebab timbulnya warna jingga gelap pada minyak tersebut (Gee, 2007). CPO yang sudah melalui proses *bleaching* pada tahapan *refining* akan menghasilkan karakteristik minyak yang diinginkan oleh konsumen, seperti warna terang, rasa yang baik, dan stabilitas oksidatif yang baik (Sampaio et al., 2011; Gibon et al., 2007).

Tahap *bleaching* biasanya menggunakan *Bleaching Earth* (BE) (Anis et al., 2022). Proses ini menggunakan BE sebanyak 0,5-2,0% dari total massa CPO (Sugiharto et al., 2021). BE ini tergolong ke dalam jenis tanah lempung yang memiliki kandungan senyawa diantaranya  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ , dan  $MgO$  (Eyankware, et al., 2021). Bahan dasar dalam pembuatan BE adalah bentonit. Bentonit tergolong ke dalam jenis lempung (*clay*) dengan 85% senyawanya memiliki struktur montmorillonite  $[Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O]$  (Abdelbasir et al., 2023). CPO yang telah bercampur dengan BE kemudian dipompakan menuju ke filter untuk dilakukan proses filtrasi sehingga menghasilkan produk berupa *bleached palm oil* (BPO) dan limbah berupa *Spent Bleaching Earth* (SBE) (Mahmud, 2019).

Sebesar 14,60 juta hektar perkebunan kelapa sawit di Indonesia telah menghasilkan CPO sebesar 48,42 juta ton setiap tahunnya (Syafira et al., 2022). Dalam proses pemurnian CPO diperlukan 2,0% BE yakni sebesar 0,97 juta ton. Peningkatan jumlah BE pada pengolahan bahan mentah CPO menjadi produk yang bernilai guna yakni minyak goreng juga akan meningkatkan limbah produk SBE yang dihasilkan . Setiap proses pengolahan bahan mentah menjadi produk yang bernilai guna akan dihasilkan limbah produk (Ojewumi et al., 2019). Peningkatan jumlah limbah produk tersebut merupakan masalah besar bagi lingkungan (Ojewumi et al., 2021). Berdasarkan PP No 85 Tahun 1999, SBE tergolong ke dalam limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) yang bersifat yang mudah terbakar. Hal inilah yang menjadikan SBE menjadi salah satu limbah berbahaya dalam industri (Fattah et al., 2017; Krisyanti & Sukandar, 2011). Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan penggunaan kembali produk limbah tersebut (Varbanov et al., 2021). Hal ini sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 56 (2015) yaitu dengan menggunakan kembali limbah SBE yang dihasilkan dari proses pemurnian CPO.

Penggunaan kembali SBE sebagai adsorben memerlukan proses reaktivasi terlebih dahulu. Tujuannya untuk menghilangkan kandungan minyak dan kotoran di permukaan SBE, yang dapat berdampak pada efisiensi daya serapan SBE (Manurung et al., 2024). Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengaktifkan kembali SBE menggunakan soket ekstraksi (Majid & Mat, 2017), kalsinasi (Liu et al., 2020), pirolisis (Su et al., 2018), penggunaan larutan asam (Sabour et al., 2017), dan *microwave* (Manurung et al., 2024). Menurut Wambu (2009), kondisi optimum reaktivasi baik secara kimia maupun fisika dapat ditentukan dengan mempertimbangkan faktor temperatur. Reaktivasi kimia menggunakan asam menghasilkan pori-pori SBE yang lebih bersih sehingga kemampuan mengadsorpsi warna dan pengotor menjadi lebih besar. Sedangkan reaktivasi fisika melalui proses pemanasan bertujuan akan menghilangkan senyawa volatil yang berada pada pori-pori SBE. Penelitian yang dilakukan menggabungkan reaktivasi secara kimia-fisika dengan melakukan variasi temperatur sebagai salah satu parameter yang diperlu diperhitungkan untuk mencari kondisi optimum yang memenuhi persyaratan SNI 13-6336-2000 untuk proses reaktivasi SBE dengan menggunakan larutan asam.

## **Metode**

### **Preparasi Sampel SBE**

Tahap pertama yang dilakukan pada proses preparasi adalah tahapan pengeringan sampel SBE di dalam oven selama tiga jam pada temperatur 105 °C. Sampel SBE yang telah kering kemudian ditimbang sebanyak 200 gram dan dicampurkan dengan n-heksana berdasarkan perbandingan sampel dan n-heksana sebanyak 1:4. Sampel SBE dimaserasi selama 24 jam pada temperatur ruang dengan proses pengadukan setiap dua jam sekali. Hasil dari proses maserasi tersebut disaring dan dikeringkan di dalam oven selama dua jam pada temperatur 105 °C.

### **Reaktivasi Sampel SBE**

Tahap pertama yang dilakukan pada proses reaktivasi SBE adalah tahapan pencampuran 30 gram sampel SBE yang telah dipreparasi dengan 250 mL larutan HCl 15%. Campuran SBE tersebut diaduk setiap satu jam sekali selama lima jam. Tahapan selanjutnya adalah proses penyaringan campuran SBE. Endapan hasil proses penyaringan dicuci dengan air deionisasi sampai didapatkan filtrat yang tidak berwarna. Endapan SBE hasil pencucian dikeringkan di dalam oven selama 12 jam pada temperatur 105 °C. Setelah dikeringkan, sampel SBE dimasukkan ke *furnace* dengan variasi temperatur yaitu 350°C, 450°C dan 550°C selama dua jam.

### **Karakterisasi Sampel SBE Hasil Reaktivasi**

Setelah kering, dilakukan karakterisasi terhadap sampel SBE hasil reaktivasi dengan metode asam menggunakan pengukuran kadar air, massa jenis, *bleaching power*, dan efisiensi pemucataan warna. Sampel SBE yang telah diaktivasi harus memenuhi persyaratan SNI 13-6336-2000.

### **Kadar Air SBE**

Penentuan kadar air pada sampel SBE dilakukan dengan menggunakan metode oven. Cawan yang digunakan dalam penentuan kadar air SBE ini dikeringkan terlebih dahulu dengan menggunakan oven selama 5 jam pada temperatur 100°C. Cawan didinginkan di dalam desikator terlebih dahulu sebelum ditimbang dan dicatat sebagai  $w_1$ . Sampel SBE

ditimbang dalam cawan sebanyak 2 gram dan dicatat sebagai  $w_2$ . Cawan yang berisi sampel SBE dimasukkan ke oven selama lima jam pada temperatur  $100^{\circ}\text{C}$  dan dilanjutkan dengan mendinginkan terlebih dahulu cawan dalam desikator terlebih dahulu sebelum ditimbang dan dicatat sebagai  $w_3$ . Kadar air SBE dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$\text{Kadar air SBE} = \frac{(w_3 - w_1)}{(w_2 - w_1)} \times 100\%$$

Keterangan:

$w_1$ : massa cawan kosong (g)

$w_2$ : massa cawan + sampel sebelum pemanasan (g)

$w_3$ : massa cawan + sampel setelah pemanasan (g)

### Massa Jenis SBE

Penentuan massa jenis SBE dilakukan menggunakan piknometer. Piknometer kosong ditimbang dan dicatat sebagai A. Sampel SBE ditimbang sebanyak 5 gram ke dalam piknometer dan dicatat sebagai B dan ditambahkan minyak tanah secara perlahan ke dalam piknometer tersebut. Piknometer yang sudah berisi campuran ditimbang dan dicatat sebagai C. Langkah yang sama dilakukan kembali dengan piknometer yang hanya berisi minyak tanah tanpa sampel SBE. Piknometer tersebut kemudian ditimbang dan dicatat sebagai D. Massa jenis SBE dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Massa jenis SBE} = \frac{(B - A)}{(D - A) - (C - B)} \times \rho_{\text{minyak tanah}}$$

Keterangan:

A: massa piknometer kosong (gram)

B: massa piknometer+sampel (gram)

C: massa piknometer+sampel+minyak tanah (gram)

D: massa piknometer+minyak tanah (gram)

$\rho_{\text{(minyak tanah)}}$ : 0,758 g/mL

### ***Bleaching Power SBE***

Sampel CPO sebanyak 200 gram dipanaskan sampai temperatur 60°C. Asam fosfat sebanyak tiga tetes dan sampel SBE hasil reaktivasi sebanyak 5 gram ditambahkan ke dalam sampel CPO yang telah dipanaskan tersebut. Campuran dipanaskan sampai temperatur 110°C dan disaring. Warna dari filtrat diukur menggunakan alat tintometer Lovibond Color model F.

### **Efisiensi Pemucatan Warna CPO**

Sampel CPO sebanyak 25 gram dipanaskan sampai temperatur 105°C. Sampel SBE ditambahkan sebanyak 2,5% dari massa CPO. Campuran diaduk selama 30 menit pada temperatur 105°C. Campuran ini kemudian disaring. Filtrat hasil penyaringan diukur nilai absorbansinya untuk menentukan efisiensi pemucatan warna CPO setelah dan sebelum ditambahkan SBE menggunakan spektrofotometer Uv-Visible pada panjang gelombang 443 nm. Nilai efisiensi pemucatan warna CPO dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Efisiensi pemucatan warna CPO} = \frac{(A - B)}{A} \times 100\%$$

Keterangan:

A: absorbansi minyak sebelum ditambahkan SBE

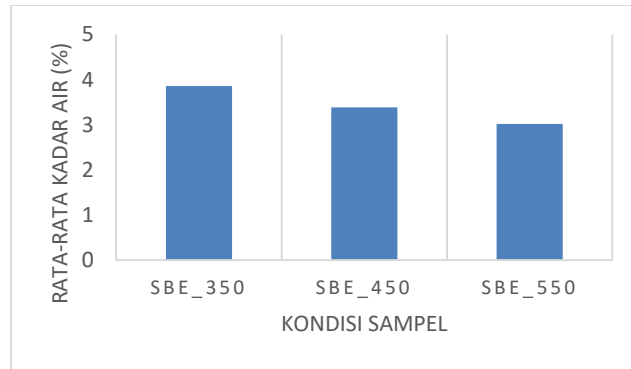
B: absorbansi minyak setelah ditambahkan SBE

### **Hasil dan Pembahasan**

Proses reaktivasi SBE diperlukan untuk menghilangkan asam lemak dari CPO yang masih terperangkap pada SBE sehingga SBE menjadi aktif kembali untuk dapat digunakan pada proses pemurnian CPO. Proses reaktivasi SBE dapat dilakukan secara kimia dan fisika. Penelitian ini menggabungkan proses reaktivasi kimia menggunakan asam sebagai media aktivator untuk menghilangkan pengotor dan membersihkan pori-pori SBE. Proses reaktivasi fisika dilakukan dengan pemanasan. Pada proses pemanasan dilakukan variasi temperatur untuk mengetahui pengaruhnya terhadap proses reaktivasi dan kondisi optimum dari variasi yang dilakukan pada penelitian ini yang juga memenuhi persyaratan SNI 13-6336-2000. Asam memiliki ion H<sup>+</sup> yang dapat

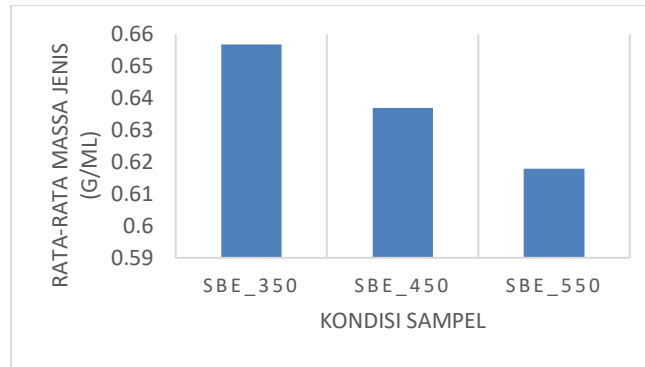
menggantikan kation dari logam alkali dan alkali tanah yang terdapat pada SBE karena kation dari ion logam alkali dan alkali tanah memiliki nilai keelektronegatifan yang lebih rendah daripada ion  $H^+$  sehingga SBE menjadi bermuatan negatif dan aktif kembali untuk mengadsorpsi karoten yang menyebabkan warna gelap pada minyak (Arninda et al., 2022). Penelitian ini menggunakan larutan HCl 15% untuk mereaktivasi sampel SBE. Menurut Sulistiawati dan Alam (2014), asam akan menyebabkan semakin meningkatnya luas permukaan bentonit yang mengakibatkan daya adsorpsi yang semakin meningkat. Nilai tersebut akan meningkat apabila konsentrasi asam yang dipergunakan dalam proses regenerasi semakin tinggi. Akan tetapi, konsentrasi asam yang tinggi juga dapat menyebabkan terjadinya dealuminasi yang merusak struktur SBE. Jika asam yang digunakan adalah asam sulfat, maka akan terjadi penurunan kualitas SBE pada konsentrasi asam sulfat 25%-35%. Selain kation alkali dan alkali tanah, terdapat pula kation  $Al^{3+}$  dan  $Fe^{3+}$  pada SBE yang dapat larut pada kondisi ion  $H^+$  berlebih sehingga kemampuan adsorpsi akan menurun. Proses dealuminasi menyebabkan kerusakan lapisan oktahedral pada SBE yang mengakibatkan runtuhnya lapisan Si-Al pada SBE sehingga mempengaruhi kemampuan adsorpsi SBE (Arninda, et al., 2022).

Reaktivasi fisika dilakukan melalui proses pemanasan senyawa volatil yang menutupi pori-pori SBE. Temperatur pada proses pemanasan merupakan variabel penting yang harus diperhatikan pada proses reaktivasi SBE (Wambu, 2009). SBE yang dipanaskan pada temperatur  $200^{\circ}C$  tidak memiliki kemampuan reaktivasi yang baik dalam pemurnian minyak. Hal ini disebabkan gagalnya proses reaktivasi karena pori-pori SBE tidak dapat terbuka secara optimal dan masih tertutup pengotor. Sedangkan pemanasan SBE diatas temperatur  $600^{\circ}C$  menyebabkan proses *dehydroxylation* yang ditandai oleh pelepasan gugus  $OH^-$  pada kerangka struktur, termasuk yang berasal dari H-OH (Pranowo et al., 2020). Pada penelitian ini dilakukan variasi temperatur pemanasan  $350$  (SBE\_350),  $450$  (SBE\_450), dan  $550^{\circ}C$  (SBE\_550) untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap proses reaktivasi SBE menggunakan larutan HCl 15% sebagai aktivator dan menentukan kondisi optimum dari proses yang dilakukan yang memenuhi persyaratan SNI 13-6336-2000. Pada sampel SBE hasil reaktivasi kemudian dilakukan karakterisasi seperti kadar air, massa jenis, *bleaching power*, dan efisiensi pemucatan warna.



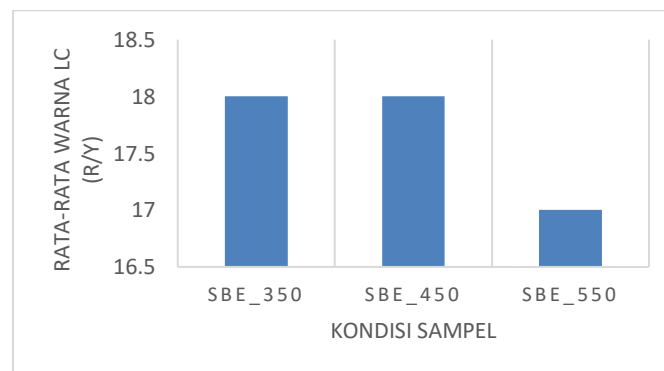
Gambar 1. Grafik Hubungan Variasi Sampel SBE Terhadap Kadar Air

Proses pemucatan CPO dipengaruhi oleh kadar air pada BE. Kadar air pada BE menentukan struktur BE tersebut. Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa SBE yang belum direaktivasi memiliki kadar air yang rendah karena kandungan minyak yang masih terperangkap di dalam pori SBE sehingga kemampuan adsorpsi masih rendah. Terikatnya molekul air pada SBE oleh bahan aktivator mengakibatkan pori-pori SBE semakin besar sehingga mengakibatkan peningkatan kemampuan adsorpsi dari SBE. Semakin tinggi temperatur pemanasan pada proses reaktivasi SBE dengan larutan HCl 15% maka nilai kadar air yang diperoleh akan semakin rendah. Nilai kadar air pada SBE yang telah direaktivasi berada pada rentang 3,01% - 3,85%. Hasil ini telah memenuhi persyaratan SNI 13-6336-2000 yaitu lebih rendah dari 15% dan menunjukkan bahwa semua variasi temperatur pada proses reaktivasi SBE dengan menggunakan larutan asam telah memenuhi persyaratan SNI 13-6336-2000. Kadar air yang rendah menunjukkan bahwa pori-pori pada struktur BE masih tertutup oleh minyak sehingga menurunkan kemampuan penyerapan pada BE (Pranowo et al., 2020). Sedangkan, kadar air pada BE yang terlalu tinggi menjadi penyebab terjadinya reaksi hidrolisis antara air dengan minyak menjadi asam lemak bebas serta gliserol yang menurunkan kualitas dan daya simpan CPO yang dihasilkan (Mulyana, 2023).



Gambar 2. Grafik Hubungan Variasi Sampel SBE Terhadap Massa Jenis

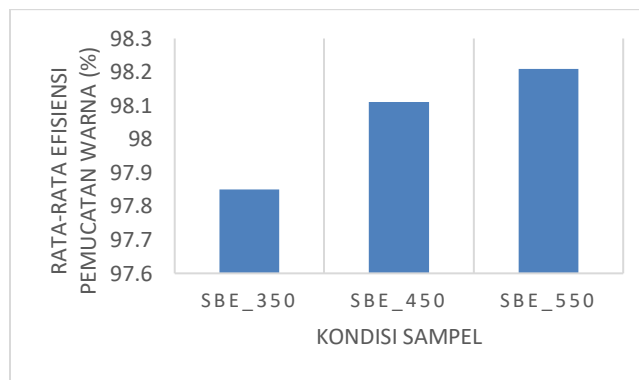
Data hasil penelitian pada Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur pemanasan pada proses reaktivasi SBE dengan larutan HCl 15% maka nilai massa jenis yang diperoleh akan semakin rendah. Reaktivasi SBE menghasilkan nilai massa jenis yang berada pada rentang 0,6 g/mL - 0,7 g/mL. Hasil ini telah memenuhi persyaratan SNI 13-6336-2000, yaitu berada pada rentang 0,5 - 0,7 g/mL dan menunjukkan bahwa semua variasi telah memenuhi persyaratan SNI 13-6336-2000. Menurut Sulistiawati dan Alam (2014), adanya luas permukaan SBE yang semakin meningkat menyebabkan semakin banyak senyawa yang teradsorpsi mengisi pori-pori yang telah diaktifkan.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Variasi Sampel Terhadap Warna LC (R/Y)

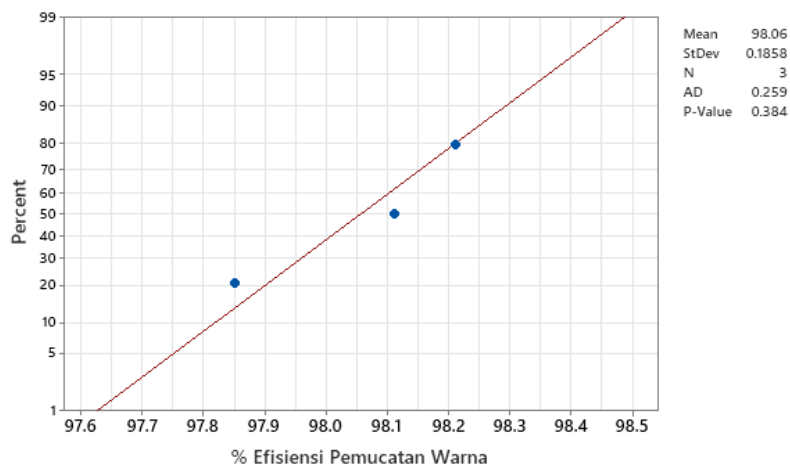
Hasil penelitian pada Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur pemanasan pada proses reaktivasi SBE dengan larutan HCl 15% maka nilai *bleaching power* yang dapat terlihat dari warna minyak hasil pemucatan akan semakin rendah. Senyawa karotenoid pada CPO sangat menentukan warna dari minyak tersebut. Senyawa ini memiliki pengaruh yang besar untuk menimbulkan warna jingga pada CPO. Minyak goreng yang berwarna gelap kurang diminati oleh masyarakat. Hal inilah yang

mendorong pihak industri untuk melakukan proses pemucatan warna CPO dengan menggunakan BE. Menurut Deviyanti (2019), pada temperatur yang tinggi akan terjadi degradasi senyawa karotenoid sehingga terjadi pemucatan warna pada CPO. Reaktivasi SBE menghasilkan nilai warna CPO hasil pemucatan berada pada rentang 17-18 R/Y. Warna yang dihasilkan ini telah memenuhi standar warna *bleach palm oil* (BPO) yaitu maksimal 20 R dan menunjukkan bahwa semua variasi telah memenuhi standar.



Gambar 4. Grafik Hubungan Variasi Sampel SPE Terhadap Persen Efisiensi Pemucatan Warna CPO

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur pemanasan pada proses reaktivasi SBE dengan larutan HCl 15% maka nilai persen efisiensi pemucatan warna CPO yang diperoleh akan semakin tinggi. Reaktivasi SBE menghasilkan nilai persen efisiensi pemucatan warna CPO yang berada pada rentang 97,85% - 98,21%. Hasil ini telah memenuhi persyaratan SNI 13-6336-2000, yaitu lebih tinggi dari 40% dan menunjukkan bahwa semua variasi telah memenuhi persyaratan SNI 13-6336-2000.



Gambar 5. Hasil Uji Normalitas Nilai Persen Efisiensi Pemucatan Warna

Dari hasil nilai persen efisiensi pemucatan warna yang diperoleh kemudian diuji normalitas secara statistik. Hasil uji normalitas menunjukkan nilai *Mean* sebesar 98,06, Standar Deviasi 0,1858, dan *P-Value* sebesar 0,384 seperti pada Gambar 5. Berdasarkan statistika nilai *P-Value* dari Anderson-Darling, maka data persen efisiensi pemucatan warna terdistribusi normal. Data nilai persen efisiensi pemucatan warna juga diolah secara statistika untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur pemanasan terhadap proses reaktivasi SBE dengan aktivator larutan HCl 15%. Berdasarkan analisis uji t maka dihasilkan nilai *standard error mean* sebesar 0.107 dan *P-value* sebesar 0.173. Berdasarkan statistika nilai *P-value* dari Anderson-Darling, maka data nilai persen efisiensi pemucatan warna menunjukkan bahwa variasi temperatur pemanasan pada temperatur 350°C, 450°C dan 550°C terhadap proses reaktivasi SBE dengan aktivator larutan HCl 15% tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai persen efisiensi pemucatan warna dengan nilai  $H_0$  berada pada *confidence interval*.

### **Kesimpulan**

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mencari kondisi optimum yang memenuhi persyaratan SNI 13-6336-2000 dengan menggabungkan reaktivasi kimia-fisika dan variasi temperatur. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat diperoleh kesimpulan bahwa proses reaktivasi SBE menggunakan aktivator larutan HCl 15% dengan variasi temperatur pemanasan pada 350°C, 450°C dan 550°C menunjukkan bahwa semua variasi temperatur pada proses reaktivasi tidak berbeda secara signifikan dan menghasilkan nilai parameter kadar air, massa jenis, *bleaching power*, dan efisiensi pemucatan warna SBE hasil reaktivasi yang memenuhi persyaratan SNI 13-6336-2000. Hasil persen pemucatan CPO oleh SBE yang telah direaktivasi menghasilkan persen efisiensi pemucatan warna pada rentang 97,85-98,21%.

### **Daftar Referensi**

Abdelbasir, S. M., Shehab, A. I., & Khalek, M. A. (2023). Spent Bleaching Earth; Recycling and Utilization Techniques: A Review. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 17, 200124.

- Anis, U., Millati, R., & Hidayat, C. (2022). Optimization Of Crude Palm (*Elaeis Guineensis*) Oil Bleaching Using Zeolite-Fe By Response Surface Methodology. *agriTECH*, 42(1), 23-29.
- Arninda, A., Diana, S., & Nirwan, N. (2022). Pengaruh Temperatur Terhadap Power Bleach Pada Limbah SBE (Spent Bleaching Earth) Dengan Menggunakan Metode Kalsinasi. *Jurnal Teknologi Kimia Mineral*, 1(1), 18-21.
- Ashaari, A., Ahmad, T., Awang, S. R., & Shukor, N. A. (2021). A Graph-Based Dynamic Modeling for Palm Oil Refining Process. *Processes*, 9(3), 523.
- Eyankware, M. O., Ogwah, C., & Ike, J. C. (2021). A Synoptic Review Of Mineralogical And Chemical Characteristics of Clays in The Southern Part of Nigeria. *Research in Ecology*, 3(2), 32-45.
- Fattah, R. A., Mostafa, N. A., Mahmoud, M. S., & Abdelmoez, W. (2014). Recovery of Oil and Free Fatty Acids From Spent Bleaching Earth Using Sub-Critical Water Technology Supported With Kinetic and Thermodynamic Study. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 2014.
- Gee, P. T. (2007). Analytical Characteristics of Crude And Refined Palm Oil And Fractions. *European Journal of Lipid Science And Technology*, 109(4), 373-379.
- Gibon, V., De Greyt, W., & Kellens, M. (2007). Palm Oil Refining. *European Journal of Lipid Science And Technology*, 109(4), 315-335.
- Hew, K. S., Asis, A. J., Tan, T. B., Yusoff, M. M., Lai, O. M., Nehdi, I. A., & Tan, C. P. (2020). Revising Degumming And Bleaching Processes Of Palm Oil Refining for The Mitigation of 3-Monochloropropane-1, 2-Diol Esters (3-MCPDE) and Glycidyl Esters (GE) Contents In Refined Palm Oil. *Food Chemistry*, 307, 125545.
- Hidayati, B. P., Andarwulan, N., & Faridah, D. N. (2024). Pencucian Crude Palm Oil (CPO) untuk Mitigasi Penurunan 3-MCPDE dan GE pada Pemurnian Minyak Sawit. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 35(1), 1-9.
- Krisyanti, S., & Sukandar, S. (2011). Recovery Minyak dari Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) Spent Bleaching Earth dengan Metode Ekstraksi Pelarut. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 17(1).
- Liu, L., Li, Y., Yoza, B. A., Hao, K., Li, Q. X., Li, Y., Wang, Q., Guo, S., & Chen, C. (2020). A Char-Clay Composite Catalyst Derived From Spent Bleaching Earth for Efficient Ozonation of Recalcitrants In Water. *Science of the Total Environment*, 699, 134395.
- 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.
- Majid R.A. & Mat C.R.C. (2017). Regenerated Spent Bleaching Earth for The Decolourisation and Bod Reduction of Palm Oil Mill Effluent. *Journal of Oil Palm Research*, 29(4), 579–587.

- Manurung, R., Maisarah, S., Harahap, H., Parinduri, S. Z. D. M., & Pranata, A. (2024). Reactivated Spent Bleaching Earth as a New Path in Waste Resource Utilization for the Crude Palm Oil Bleaching Process. *In E3S Web of Conferences*, 560, 01005.
- Mulyana, W. O. (2023). Deskripsi Kualitas Minyak Goreng Hasil Pemanasan. *Sains: Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 12(1), 57-63.
- Ojewumi, M. E., Ehinmowo, A. B., Obanla, O. R., Durodola, B. M., & Ezeocha, R. C. (2021). Comparative Analysis On The Bleaching of Crude Palm Oil Using Activated Groundnut Hull, Snail Shell and Rice Husk. *Heliyon*, 7(8).
- Ojewumi, M. E., Oyekunle, D. T., Amaefule, C. V., Omoleye, J. A., & Ogunbiyi, A. T. (2019). Investigation Into Alternative Energy Sources From Waste Citrus Peel (Orange): Approach To Environmental Protection. *In Journal of Physics: Conference Series*, 1378(2), 022066.
- Pranowo, D., Dewanti, B. S. D., Fatimah, H., & Setyawan, H. Y. (2020). Optimization of Regeneration Process Of Spent Bleaching Earth. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 524(1), 012011.
- Raji, W. A., Azike, R. U., & Ngubi, F. W. (2019). Optimization of Bleaching Process of Crude Palm Oil By Activated Plantain (*Musa Paradisiaca*) Peel Ash Using Response Surface Methodology. *Open Journal of Optimization*, 8(1), 38-46.
- Sabour, M. R., Shahi, M., & Dezvareh, G. A. (2017). Reactive Dye Extraction Utilizing Regenerated Bleaching Earth (Case Study). *Global Journal of Environmental Science and Management*, 3(3), 299-310.
- Sampaio, K. A., Ceriani, R., Silva, S. M., Taham, T., & Meirelles, A. J. (2011). Steam Deacidification of Palm Oil. *Food and Bioproducts Processing*, 89(4), 383-390.
- Su, C., Duan, L., Donat, F., & Anthony, E. J. (2018). From Waste To High Value Utilization of Spent Bleaching Clay in Synthesizing High-Performance Calcium-Based Sorbent for CO<sub>2</sub> Capture. *Applied Energy*, 210, 117-126.
- Sugiharto, R., Murhadi, M., Situmeang, R., & Hasanudin, U. (2024). Study of the Utilization of Spent Bleaching Earth as a Raw Material for the Production of Biodiesel Using the In-Situ Transesterification Process. *Journal of Energy Technologies and Policy*, 14(1), 10-23.
- Susilawati dan Alam, N. (2014). Chemical Activation of Bentonite Clay and Its Adsorption Properties of Methylene Blue. *Journal Natural*, 14(2), 7-14
- Syafira, R. Z., Anwar, S. H., & Rozali, Z. F. (2022). Pengendalian Mutu Crude Palm Oil (CPO) dengan Metode Control Chart dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Pada Pabrik Kelapa Sawit PT. XYZ. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 14(2), 81-87.
- Taufiq, A., Hendro, A., Ferdy D, E., Widayat, W., & Edward, L. (2022). Pemurnian Minyak Goreng Bekas dengan Menggunakan Adsorbent Zeolit dan Bleaching Earth. *Indonesia Journal of Halal*, 4(1), 16-24.

- Varbanov, P. S., Jia, X., & Lim, J. S. (2021). Process Assessment, Integration and Optimisation: The Path Towards Cleaner Production. *Journal of Cleaner Production*, 281, 124602.
- Wambu, E. W. (2009). Kinetics of Copper Desorption from Regenerated Spent Bleaching Earth. *American-Eurasian Journal of scientific Research*, 4(4), 317-323