

PENGARUH PEMANASAN *SPENT BLEACHING EARTH* (SBE) TERHADAP PROSES PEMUCATAN CPO

Eka Nuryanto

ABSTRAK

Spent Bleaching Earth (SBE) merupakan limbah padat dari Pabrik Minyak Goreng Kelapa Sawit (PMGKS) yang jumlahnya sekitar 1,5 – 3% dari minyak sawit mentah/*Crude Palm Oil* (CPO) yang diolah. Pemanfaatan SBE ini umumnya hanya digunakan sebagai *landfill*. Pada penelitian ini akan dilakukan pemanasan terhadap SBE yang telah dihilangkan minyaknya pada variasi suhu pemanasan 200, 400, 600 dan 800°C dengan variasi waktu 1, 2, 4 dan 6 jam. SBE hasil pemanasan pada berbagai variasi suhu dan lama waktu pemanasan ini diunakan untuk memucatkan CPO dengan kontrol BE (K) dan SBE yang telah di-*recovery* minyaknya (K1). Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah tingkat kecerahan warna, kandungan karoten, dan analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan lama waktu pemanasan SBE yang telah diekstrak minyaknya akan meningkatkan daya memucatkan dari SBE. Tingkat kecerahan warna merah dari CPO menggunakan adsorben BE dan SBE dengan pemanasan 800°C sebanyak 1,5% adalah 17,0-17,1 dan untuk tingkat kecerahan warna kuning antara 8-9. Sedangkan untuk penggunaan adsorben sebanyak 3% memberikan angka tingkat kecerahan warna merah antara 16-16,1 kecuali untuk waktu pemanasan 1 jam memberikan angka 20 dan untuk tingkat kecerahan warna kuning adalah 7, kecuali untuk waktu pemanasan 1 jam memberikan angka 9. Kandungan karoten dengan adsorben BE dan SBE dengan pemanasan 800°C sebanyak 1,5% adalah 211-241 ppm. Sementara itu, untuk penggunaan adsorben

sebanyak 3%, kandungan karotennya adalah 105-208 ppm.

Kata kunci: *Crude Palm Oil* (CPO), *Bleaching Earth*, pemucatan, karoten

PENDAHULUAN

Spent Bleaching Earth (SBE) merupakan limbah padat dari Pabrik Minyak Goreng Kelapa Sawit (PMGKS). Jumlah SBE yang dihasilkan oleh PMGKS adalah sekitar 1,5-3% dari minyak sawit mentah/*Crude Palm Oil* (CPO) yang diolah. Pada tahun 2013, diperkirakan produksi minyak goreng kelapa sawit Indonesia mencapai 12,5 juta ton (Anonim, 2012). Jika rerata rendemen minyak goreng 75%, maka jumlah CPO yang diolah menjadi minyak goreng adalah 16,6 juta ton. Dengan demikian *Bleaching Earth* (BE) yang digunakan oleh industri minyak goreng kelapa sawit selama tahun 2013 adalah 249.000-498.000 ton. Limbah SBE ini berpotensi menjadi sumber pencemaran lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Pemanfaatan SBE selama ini umumnya hanya digunakan sebagai *landfil*, padahal SBE ini juga berpotensi untuk digunakan sebagai pupuk organik (Loh *et al.*, 2013).

Bleaching Earth (BE) di PMGKS berfungsi untuk menyerap warna (karotenoid) yang terdapat di dalam CPO atau lebih dikenal sebagai proses *Bleaching* (Gibon *et al.*, 2007). Pada proses *Bleaching*, di samping menyerap karoten juga akan menyerap minyak. Jumlah CPO yang terserap ke dalam BE ini sekitar 20-30% (Kheang *et al.*, 2006). Nuryanto, dkk., melaporkan proses *recovery* CPO dari SBE dengan metode refluks dan maserasi menggunakan pelarut heksan dan etanol (Nuryanto *et al.*, 2014). Sementara itu, beberapa peneliti telah melaporkan pemanfaatan minyak hasil *recovery* dari BE untuk pembuatan biodiesel, gemuk, stabiliser poli vinil klorida (Kheang *et al.*, 2006; Ramli *et al.*, 2011; Abdulbari *et al.*, 2011; dan Toliwal and Patel, 2009). SBE yang telah di-*recovery* minyaknya dapat digunakan

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Eka Nuryanto (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan, Indonesia
Email: eka_nuryanto_ppks@yahoo.com

kembali untuk mengabsorpsi senyawa-senyawa dengan cara meregenerasi SBE tersebut. Tsai, melaporkan regenerasi SBE dengan cara pirolisis menggunakan tungku berputar (Tsai, 2002). Salah satu pemanfaatan SBE ini adalah untuk adsorpsi ion Cu^{2+} dan Ni^{2+} dari limbah (Low, *et. al.*, 1996, Mahmoud, *et. al.*, 2012, dan Wambu, *et. al.*, 2009).

Bleaching Earth yang biasa digunakan adalah bentonit. Secara geologis bentonit terbentuk dari abu vulkanik yang telah mengalami perubahan (alterasi) dan digolongkan sebagai sumber daya alam yang tak terbarukan. Bentonit sebagai mineral lempung, terdiri dari 85 % montmorilonit dengan rumus kimia bentonit adalah $(\text{Mg}, \text{Ca})_x \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y \text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$ dengan nilai n sekitar 8 dan x, y adalah nilai perbandingan antara Al_2O_3 dan SiO_2 . Penyusun terbesar bentonit adalah silikat dengan oksida utama SiO_2 (silika) dan Al_2O_3 (aluminat) yang terikat pada molekul air (Yolani, 2012).

Bentonit atau BE yang telah digunakan sebagai penyerap karotenoid pada CPO atau sering disebut juga SBE, lama-kelamaan akan terdeaktivasi, yang ditunjukkan dengan berkurangnya atau bahkan sama sekali tidak mampu lagi mengadsorb karotenoid pada CPO. Hal ini terjadi karena seluruh pori-porinya telah terisi penuh atau karena sisi aktifnya tertutupi oleh karotenoid. Untuk alasan tersebut perlu dilakukan suatu proses regenerasi SBE yang bertujuan untuk membersihkan permukaan SBE dari karotenoid dan pengotor lainnya sehingga membuka ruang sisi aktif yang tertutup dan memperbesar luas permukaan pori serta volume spesifiknya (Alhamed and Al-Zahrani, 2002).

Pada penelitian ini akan dilakukan pemanasan terhadap SBE yang telah di-*recovery* minyaknya. Proses pemanasan ini diharapkan dapat mengaktifkan kembali SBE, sehingga dapat digunakan kembali untuk pemucatan CPO. Efektifitas pemucatan CPO ini dapat diamati dari tingkat kecerahan warna CPO setelah dilakukan pemucatan.

BAHAN DAN METODE

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Bleaching Earth* (BE) dan *Spent Bleaching Earth* (SBE) dari Pabrik Minyak Goreng Kelapa Sawit (PMGKS) dan *Crude Palm Oil* (CPO) yang diperoleh dari Pabrik Kelapa Sawit (PKS) yang berada di Medan. Sedangkan bahan-bahan kimia yang digunakan adalah heksan yang digunakan untuk pelarut pada

analisis kandungan karoten dan *Deterioration Of Bleachability Index* (DOBI) (Anonim, 2011). Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Lovibond Tintometer, Spectrometer UV-Vis, *Scanning Electron Microscope* (SEM), dan peralatan gelas.

Perlakuan pada penelitian ini adalah pemanasan terhadap SBE yang telah di-*recovery* minyaknya pada variasi suhu 200, 400, 600 dan 800 °C dengan variasi waktu pemanasan yaitu 1, 2, 4 dan 6 jam. Sedangkan untuk kontrol digunakan BE (K) dan SBE yang telah di-*recovery* minyaknya tanpa pemanasan (K1). Produk perlakuan dan kontrol digerus dan disaring dengan ayakan 200 mesh. Tahap selanjutnya dilakukan proses pemucatan CPO dengan produk hasil perlakuan dan kontrol dengan konsentrasi 1,5 dan 3,0% b/b terhadap sampel CPO dengan waktu 90 menit dan temperatur 130 °C. Parameter yang diamati adalah analisis warna menggunakan instrument Lovibond Tintometer, analisis karoten dan DOBI menggunakan Spectrometer UV-Vis, serta analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM) (Anonim, 2011).

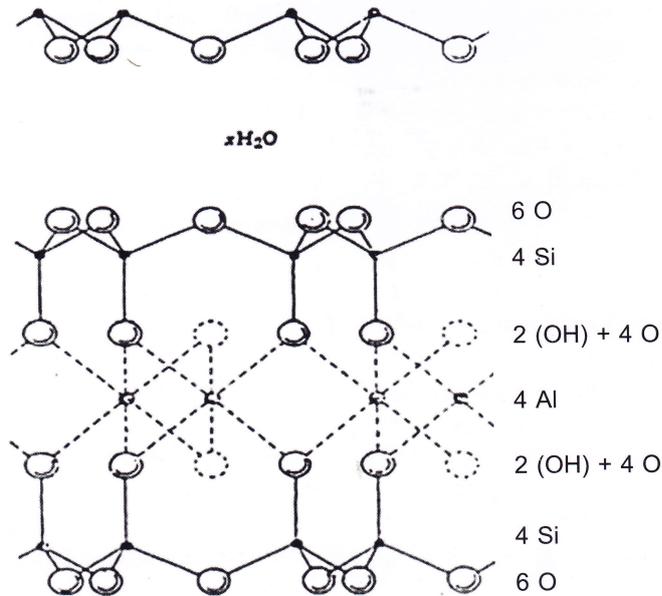
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan *Bleaching Earth* (BE) atau bentonit mengadsorpsi karotenoid di dalam *Crude Palm Oil* (CPO) disebabkan struktur kimia dari BE mempunyai tiga lapisan yaitu lapisan oktahedral dari alumunium dan oksigen yang terletak antara dua lapisan tetrahedral dari silikon dan oksigen. Pada Gambar 1 disajikan struktur kimia bentonit (Yolani, 2012).

Pada Gambar 1 terlihat bahwa penggabungan pada satu lapisan tetrahedral silika dengan satu lapisan oktahedral alumina membentuk dua lapisan silika-alumina. Struktur ini yang menyebabkan BE dapat menyerap karotenoid dari CPO. Senyawa karotenoid dan juga sebagian kecil minyak dapat diserap oleh BE. Pada Gambar 2. di bawah ini disajikan hasil analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM) dari BE dan SBE.

Pada Gambar 2 di atas terlihat bahwa pada BE (pure) masih banyak terdapat partikel-partikel BE, sedangkan pada SBE (bekas) partikel-partikel BE sudah tergantikan oleh komponen-komponen yang terserap seperti karotenoid dan minyak.

SBE memungkinkan untuk di regenerasi sehingga menghasilkan daya pemucatan mendekati daya pemucatan BE. Hal ini dikarenakan bentonit memiliki kemampuan untuk melakukan pertukaran ion, selain itu peristiwa adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi fisik



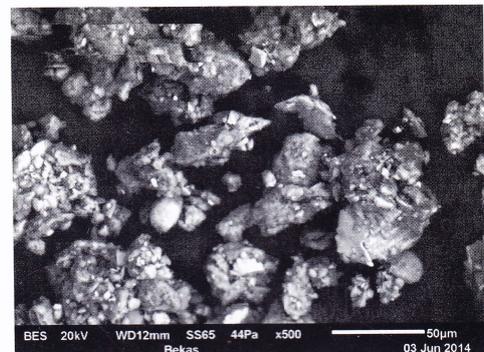
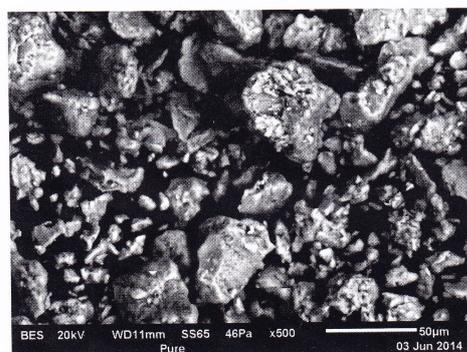
Gambar 1. Struktur kimia bentonit

yang bersifat reversibel. Gaya yang dihasilkan pada adsorpsi fisik ini adalah gaya van der Waals dengan membentuk ikatan hidrogen yang lemah sehingga mudah diputuskan. Zat yang diadsorpsi bersifat reversibel, sehingga relatif mudah dilepaskan dari permukaan adsorben dengan cara melakukan regenerasi (Yolani, 2012). SBE hasil regenerasi tersebut diharapkan dapat digunakan kembali sebagai adsorben pada pemucatan CPO, dengan cara ini maka dapat menghemat penggunaan BE.

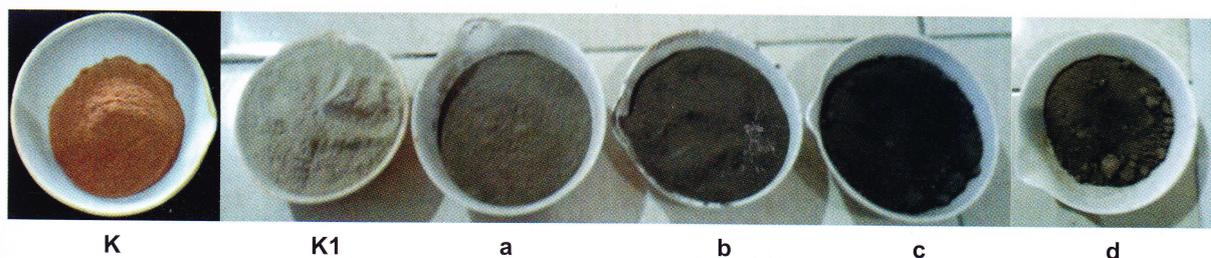
Regenerasi SBE yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan variasi suhu dan waktu pemanasan. Penampakan fisik hasil pemanasan SBE yang telah

di-recovery pada suhu 200, 400, 600, dan 800°C, K (BE), K1 (SBE yang telah di-recovery minyaknya tanpa pemanasan) dan variasi waktu pemanasan (1-6 jam) disajikan pada Gambar 3-6 di bawah ini. Proses pemanasan ini bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang terdapat pada SBE sehingga pori-porinya akan terbuka atau terbebas dari pengotor-pengotor tersebut. Hal ini berdampak pada semakin besarnya luas permukaan dari *bleaching earth* sehingga memperbesar daya absorpsi dari *bleaching earth* tersebut.

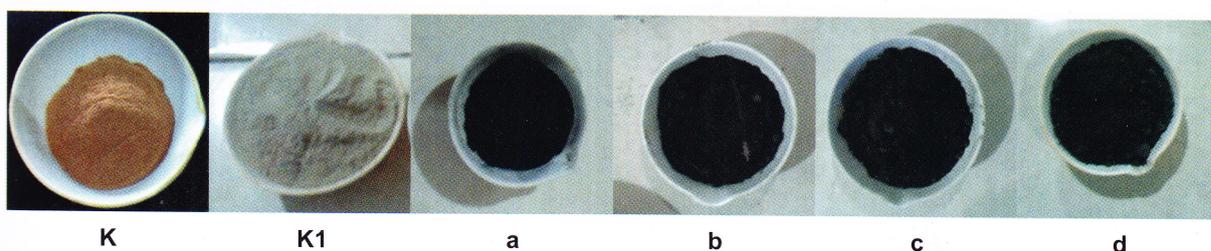
Kontrol yang digunakan adalah K (BE) dan K1 (SBE yang telah di-recovery minyaknya tanpa pemanasan).



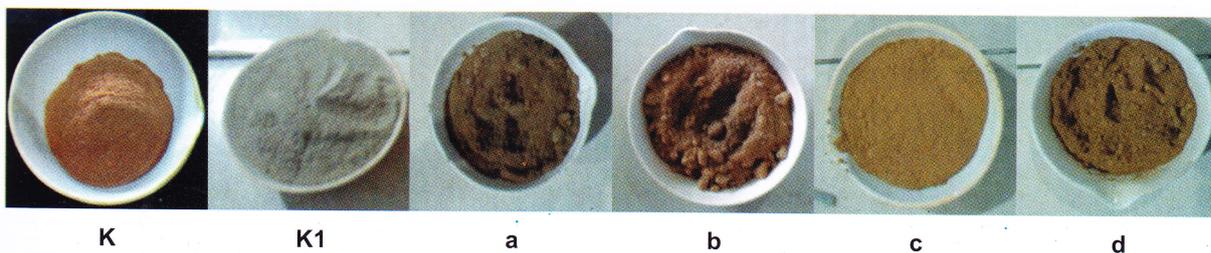
Gambar 2. Hasil analisis SEM untuk *Bleaching Earth* (pure) dan *Spent Bleaching Earth* (bekas) pada perbesaran 500x



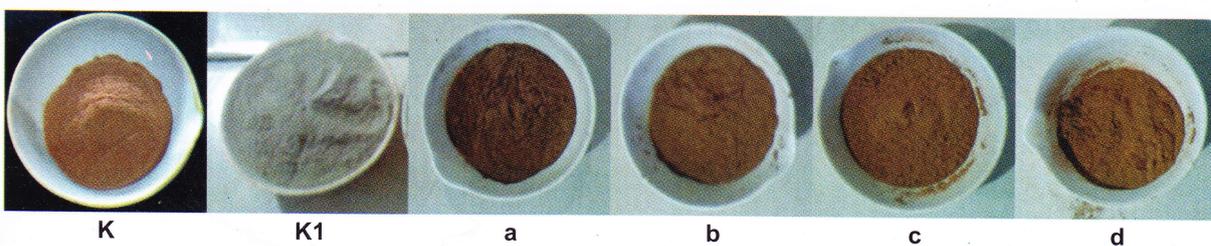
Gambar 3. Penampakan hasil pemanasan SBE pada suhu 200°C untuk a. 1 jam, b. 2 jam, c. 4 jam, dan d. 6 jam



Gambar 4. Penampakan hasil pemanasan SBE pada suhu 400°C untuk a. 1 jam, b. 2 jam, c. 4 jam, dan d. 6 jam



Gambar 5. Penampakan hasil pemanasan SBE pada suhu 600°C untuk a. 1 jam, b. 2 jam, c. 4 jam, dan d. 6 jam



Gambar 6. Penampakan hasil pemanasan SBE pada suhu 800°C untuk a. 1 jam, b. 2 jam, c. 4 jam, dan d. 6 jam

Dari Gambar 3-6 di atas terlihat bahwa suhu dan lamanya pemanasan memberikan penampakan fisik yang berbeda-beda. Pada suhu pemanasan 200 dan 400°C untuk lama pemanasan 1 - 6 jam, secara visual produk pemanasan berwarna hitam, sedangkan pada suhu 600 dan 800 °C untuk lama pemanasan 1-6 jam, secara visual produk pemanasan berwarna coklat dan merah bata atau mendekati warna dari BE. Perbedaan warna yang

terjadi diakibatkan oleh faktor suhu dan lama pemanasan. Semakin tinggi suhu yang digunakan akan mengakibatkan SBE menjadi semakin pudar karena pori-pori semakin terbuka sehingga sisa-sisa pigmen yang terperangkap di dalam pori-pori itu menguap seluruhnya. Selain faktor suhu, lamanya waktu pemanasan juga mengakibatkan warna dari SBE terlihat lebih pudar dikarenakan semakin lama proses pemanasan akan semakin banyak pigmen-

pigmen yang meguap. Warna SBE pada pemanasan suhu 600 dan 800°C lebih mendekati warna BE dan ini diharapkan kemampuan adsorpsi dari SBE yang dipanaskan tersebut akan mempunyai kemampuan adsorpsi mendekati atau sama dengan BE.

PROSES PEMUCATAN CPO

Proses pemucatan CPO dilakukan dengan menggunakan adsorben berupa *Spent Bleaching Earth* (SBE) yang telah diregenerasi dengan cara pemanasan. SBE yang digunakan di dalam pemucatan ini sebanyak 1,5 dan 3,0% b/b dari jumlah CPO. Parameter yang diamati pada proses pemucatan ini adalah tingkat kecerahan warna, kandungan karoten, dan angka DOBI. Pada Tabel 1 disajikan tingkat kecerahan warna dari CPO setelah proses pemucatan dengan SBE 1,5 dan 3,0% b/b.

Dari Tabel 1 terlihat bahwa tingkat kecerahan warna CPO hasil pemucatan dengan adsorben K1, SBE yang telah dipanaskan pada suhu 200, 400, dan 600°C, memberikan tingkat kecerahan warna merah

antara 18-20,1 sedangkan tingkat kecerahan warna kuning antara 8-10. Sementara untuk pemucatan CPO menggunakan adsorben K, SBE dengan pemanasan 800°C, tingkat kecerahan warna merah yang teramati oleh alat Lovibond Tintometer adalah 17,0-17,1 dan untuk tingkat kecerahan warna kuning antara 8-9. Hasil-hasil tersebut untuk penggunaan adsorben sebanyak 1,5% b/b dari CPO. Sedangkan untuk penggunaan adsorben sebanyak 3% memberikan angka tingkat kecerahan warna merah dan kuning yang lebih rendah lagi. Untuk adsorben K dan SBE dengan pemanasan 800°C sebanyak 3%, memberikan tingkat kecerahan warna merah antara 16-16,1 kecuali untuk waktu pemanasan 1 jam memberikan angka 20. Sedangkan untuk tingkat kecerahan warna kuning adalah 7, kecuali untuk waktu pemanasan 1 jam memberikan angka 9. Semakin tinggi suhu pemanasan SBE dan semakin lama waktu pemanasannya, akan menghasilkan SBE yang hampir sama dengan BE. Kemiripan ini diperlihatkan secara visual, yaitu dari penampakan warna SBE setelah pemanasan maupun dari hasil pemucatan CPO.

Tabel 1. Tingkat Kecerahan Warna CPO Hasil Pemucatan Menggunakan SBE 1,5 dan 3%

No	Sampel/Pemanasan (C)	Waktu Pemanasan (jam)	1,5%		3,0%	
			Merah	Kuning	Merah	Kuning
1	K (BE segar)	-	17,1	8,2	16,0	8,0
2	K1 (SBE ekstrak)	-	20,0	10,1	19,0	9,0
3	200	1	20,1	10,1	20,0	9,0
4	200	2	20,0	10,0	20,0	10,0
5	200	4	20,0	10,0	20,0	9,0
6	200	6	20,0	10,0	20,0	8,9
7	400	1	20,0	9,0	20,0	9,0
8	400	2	20,0	9,4	20,0	9,0
9	400	4	20,1	8,0	19,0	8,0
10	400	6	20,0	8,0	20,0	8,0
11	600	1	20,0	9,0	20,0	9,0
12	600	2	20,0	8,0	20,0	8,0
13	600	4	18,0	8,0	16,0	8,0
14	600	6	18,0	10,0	16,0	8,0
15	800	1	19,0	8,0	20,0	8,0
16	800	2	17,1	9,0	16,1	7,0
17	800	4	17,0	8,0	16,0	7,0
18	800	6	17,1	8,0	16,0	7,0

ANALISA KANDUNGAN β -KAROTEN PADA CPO HASIL PEMUCATAN

Karoten adalah salah satu komponen minor yang terdapat dalam minyak sawit yang menyebabkan warna merah. Minyak sawit mengandung karoten sebesar 500-1.200 ppm sesuai dengan varietas tanaman kelapa sawitnya. Karoten diketahui memiliki aktifitas provitamin A yang tinggi, dimana nilai ekuivalen vitamin A dari α - dan β -karoten masing-masing 0,9 dan 1,67 (Siahaan, 2008). Pada Tabel 2 di bawah ini disajikan kandungan karoten dari CPO yang telah ditambahkan adsorben sebanyak 1,5 dan 3% b/b.

Berdasarkan analisa karoten yang dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Visible terhadap 18 sampel CPO yang telah dipucatkan menggunakan adsorben K (BE segar), K1 (SBE ekstrak), dan SBE yang telah dipanaskan memberikan data-data seperti disajikan pada Tabel 2. Untuk penggunaan adsorben 1,5%, kandungan karoten dengan adsorben K1 dan SBE dengan pemanasan 200, 400, dan 600°C adalah 425-522 ppm, sedangkan untuk adsorben K dan SBE dengan pemanasan 800°C adalah 211-241 ppm. Sementara itu, untuk penggunaan adsorben sebanyak 3%, kandungan karoten dengan adsorben K1 dan SBE

dengan pemanasan 200, 400, dan 600°C adalah 209-509 ppm, sedangkan untuk adsorben K dan SBE dengan pemanasan 800°C adalah 105-208 ppm. Semakin banyak jumlah adsorben yang digunakan maka karoten yang terserap juga akan semakin banyak, sehingga karoten yang tertinggal di dalam CPO akan semakin sedikit.

Berdasarkan hasil analisis tingkat kecerahan warna merah (Tabel 1) dan kandungan karoten (Tabel 2) pada CPO hasil pemucatan menunjukkan adanya korelasi di antara kedua parameter tersebut. Semakin rendah tingkat kecerahan warna merah, maka akan semakin rendah juga kandungan karotennya. Hal ini bisa dimengerti karena warna merah yang terdapat di dalam CPO itu disebabkan oleh adanya karoten. Sementara itu kaitannya kedua parameter ini dengan pemanasan SBE adalah semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu pemanasan SBE akan memberikan tingkat kecerahan warna dan kandungan karoten dari CPO yang semakin rendah. Hal ini juga didukung dengan penampakan secara visual (Gambar 3-6) yang menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu pemanasan SBE memperlihatkan warna SBE semakin mendekati warna BE.

Tabel 2. Kandungan Karoten pada CPO hasil pemucatan menggunakan SBE 1,5 dan 3% b/b

No	Sampel/Pemanasan (C)	Waktu Pemanasan (jam)	1,5%	3,0%
			Karoten (ppm)	Karoten (ppm)
1	K (BE segar)	-	212	100
2	K1 (SBE ekstrak)	-	412	309
3	200	1	522	509
4	200	2	514	446
5	200	4	490	404
6	200	6	494	343
7	400	1	425	424
8	400	2	438	393
9	400	4	430	292
10	400	6	479	384
11	600	1	435	419
12	600	2	438	434
13	600	4	445	439
14	600	6	429	376
15	800	1	241	217
16	800	2	211	208
17	800	4	192	181
18	800	6	141	105

KESIMPULAN

Suhu dan lamanya pemanasan SBE yang telah diekstrak minyaknya mempengaruhi terhadap kemampuan memucatkan kembali dari SBE tersebut. Semakin tinggi suhu dan lama waktu pemanasan akan meningkatkan daya memucatkan dari SBE. Pada suhu pemanasan 800 °C dengan waktu pemanasan 1, 2, 4, dan 6 jam membuat SBE tersebut mempunyai daya memucatkan yang relatif sama dengan BE.

Tingkat kecerahan warna merah dari CPO menggunakan adsorben BE dan SBE dengan pemanasan 800 °C sebanyak 1,5% adalah 17,0-17,1 dan untuk tingkat kecerahan warna kuning antara 8-9. Sedangkan untuk penggunaan adsorben sebanyak 3% memberikan angka tingkat kecerahan warna merah antara 16-16,1 kecuali untuk waktu pemanasan 1 jam memberikan angka 20 dan untuk tingkat kecerahan warna kuning adalah 7, kecuali untuk waktu pemanasan 1 jam memberikan angka 9.

Kandungan karoten dengan adsorben BE dan SBE dengan pemanasan 800 °C sebanyak 1,5% adalah 211-241 ppm. Sementara itu, untuk penggunaan adsorben sebanyak 3%, kandungan karotennya adalah 105-208 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2011. Official methods and recommended practices of the AOCS. Sixth Edition, AOCS. Urbana, Illinois USA.
- Anonim, 2012. Indonesian oil palm & refinery directory. PT. Central Data Medatama Indonesia.
- Abdulbari, H.A., M.Y. Rosli, H.N. Abdurrahman, and M. K. Nizam. 2011. Lubricating grease from spent bleaching earth and waste cooking oil: tribology properties. *International Journal of the Physical Sciences* Vol. 6(20), p. 4695-4699
- Alhamed, Y.A. and A.A. Al-Zahrani. 2002. Regeneration of Spent Bleaching Clay Used in Edible Oil Refining in Saudi Arabia. The 6th Saudi Engineering Conference, KFUPM, Dhahran, Vol. 2.
- Gibon, V., W.D. Greyt, and M. Kellens. 2007. Palm oil refining. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 109(4):315-335
- Kheang, L.S., C.Y. May, C.S. Foon, and M.A. Ngan. 2006. Recovery and conversion of palm olein-derived used frying oil to methyl esters for biodiesel. *Journal of Oil Palm Research*, Vol. 18. p. 247-252.
- Loh, S. K., S. James, M. Ngatiman, K.Y. Cheong, Y.M. Choo, and W.S. Lim. 2013. Enhancement of palm oil refinery waste – spent bleaching earth (SBE) into bio organic fertilizer and their effects on crop biomass growth. *Industrial Crops and Products*, 49, p. 775-781.
- Low, K.S., Lee, C.K., and Lee, T.S. 1996. Hexane-Extracted Spent Bleaching Earth As Adsorbent For Copper In Aqueous Solution. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*; 56: 405-412.,
- Mahmoud, N.S., S.T. Atwa, A.K. Sakr, M. A. Geleel. 2012. Kinetic and Thermodynamic Study of the Adsorption of Ni (II) using Spent Activated Clay Mineral. *New York Science*
- Nuryanto, E., Eddyanto, and H.A. Hasibuan. 2014. Oil recovery from spent bleaching earth with reflux and maceration methods. *Indonesian Oil Palm Conference*, Bali.
- Ramli, M., O.S. Ling, A. Johari, and M. Mohamed. 2011. In situ biodiesel production from residual oil recovered from spent bleaching earth. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 6 (1), p. 53 - 57
- Siahaan, D. dan M. Lamria. 2006. Kajian produksi terpadu karoten, vitamin e, biodiesel dari minyak sawit mentah. *Warta PPKS* Vol. 14(3), p.11-22.
- Wambu, E. W., G. K. Muthakia, K. J. wa Thiongo, and P. M. Shiundu. 2009. Regeneration of Spent Bleaching Earth and its Adsorption of Copper (II) Ions from Aqueous Solutions. *Applied Clay Science* 46, 176–180.
- Toliwal, S.D. and K. Patel. 2009. Utilization Of By-Products Of Oil Processing Industries For PVC Stabilizers. *Journal of Scientific & Industrial Research*, Vol 68, March 2009, p.229-234.
- Tsai, W.T., 2002, Regeneration of Spent Bleaching Earth by Pyrolysis in a Rotary Furnace, *J. Analytical and Applied Pyrolysis*, 63, 157-1790.
- Yolani, D. 2012. Modifikasi Bentonit Terpilar Al menggunakan *Polydiallyl Dimethyl Ammonium* sebagai Adsorben *Sodium Dodecyl Benzene-Sulfonate*. Universitas Indonesia, Jakarta.