

PROSES REAKTIVASI TANAH PEMUCAT BEKAS SEBAGAI ADSORBEN UNTUK PEMURNIAN MINYAK SAWIT KASAR DAN BIODIESEL

REACTIVATION PROCESS OF SPENT BLEACHING EARTH AS AN ADSORBENT FOR PURIFICATION OF CRUDE PALM OIL AND BIODIESEL

Ani Suryani^{1)*}, Gustan Pari²⁾, dan Amelia Aswad¹⁾

¹⁾Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Darmaga PO Box 220, Bogor 16680, Indonesia
Email: anisuryani2526@yahoo.com

²⁾Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Teknik dan Pengolahan Hasil Hutan, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

Diterima 12 Agustus 2013; Diperbaiki 14 Februari 2014; Disetujui 20 Juli 2014

ABSTRACT

Spent Bleaching Earth (SBE) is a solid waste material generated as a part of the refining process in frying oil industry. Large quantity of SBE is disposed in landfills, causing fire and environmental hazards due to its substantial oil content. There is a need for a process to recover it. The high content of the oil represents a high potential as material for biodiesel production. The purpose of this research was to obtain the best method of SBE reactivation to reuse it as an adsorbent for refining of Crude Palm Oil (CPO) and biodiesel. SBE could be reused with reactivation by acid activation and heat treatment. SBE was activated by various types of acids (H_3PO_4 2%, HNO_3 5%, and H_2SO_4 10% (v/v)) and various ratio (1:1, 1:2, and 1:3 (w/v)) at temperature of 400°C. Measurements of quality of Reactivated Bleaching Earth (RBE) were carried out by adsorption of colour pigments from degummed palm oil. Bleaching efficiency of RBE was determined by measuring the absorbance value of oil that has been bleached with RBE. The experimental results indicated that treatment of SBE with HNO_3 5% (1:2) was the best condition and produced material which most effective in removing coloured pigments from CPO. This best condition was used to five times repetitive reactivation process. The ability of each RBE would be applied for the purification of biodiesel and CPO. Measurements of various quality parameters of biodiesel and CPO were carried out. They included free fatty acid, iodine value, density, viscosity, bleaching efficiency, and % T. The results showed that the quality of bleached palm oil and biodiesel increased after bleaching with RBE.

Keywords: spent bleaching earth (SBE), reactivated bleaching earth (RBE), crude palm oil (CPO), biodiesel, reactivation, bleaching efficiency

ABSTRAK

Tanah pemucat bekas (SBE) adalah limbah padat yang dihasilkan dari industri pemurnian minyak goreng. Sebagian besar SBE dibuang ke lahan kosong yang dapat menyebabkan kebakaran dan bahaya bagi lingkungan karena kandungan minyaknya, sehingga dibutuhkan proses yang dapat mengkonversi kandungan minyak tersebut. Tingginya kandungan minyak dalam SBE berpotensi untuk dikonversi menjadi biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan metode terbaik proses reaktivasi SBE agar dapat digunakan kembali untuk pemurnian CPO dan biodiesel. Pada proses reaktivasi dilakukan pemanasan pada temperatur 400°C dan penambahan asam dengan perlakuan jenis asam dan rasio (SBE:asam). Jenis asam yang digunakan yaitu H_3PO_4 (2%), HNO_3 (5%), dan H_2SO_4 (10%) (v/v), sedangkan rasio (SBE:asam) yang digunakan yaitu 1:1, 1:2, dan 1:3 (b/v). Pengukuran kualitas RBE yang dihasilkan dilakukan dengan cara pemucatan terhadap CPO. Berdasarkan nilai absorbansi minyak dapat dihitung efisiensi pemucatan RBE terhadap CPO. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan HNO_3 5% (1:2) merupakan kondisi terbaik untuk reaktivasi dan menghasilkan bahan yang paling efektif untuk menghilangkan pigmen warna CPO. Jenis asam dan rasio terbaik yang dihasilkan, digunakan untuk reaktivasi berulang sebanyak lima kali. RBE yang dihasilkan kemudian diaplikasikan untuk pemucatan CPO dan biodiesel. CPO dan biodiesel yang telah dipucatkan kemudian dianalisis meliputi analisis bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan yodium, densitas, viskositas, efisiensi pemucatan, dan % T. Hasil analisis menunjukkan bahwa CPO dan biodiesel menunjukkan peningkatan mutu setelah dipucatkan menggunakan RBE.

Kata kunci: tanah pemucat bekas (SBE), tanah pemucat hasil reaktivasi (RBE), minyak sawit kasar (CPO), biodiesel, reaktivasi, efisiensi

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Pada tahun 2013 produksi CPO Indonesia sebesar 25 juta ton. Ekspor CPO Indonesia pada tahun 2013 mencapai 17.5 juta

ton, sedangkan untuk konsumsi nasional sebesar 7.5 juta ton (BPS, 2013). Pada proses pemurnian CPO salah satu proses penting yaitu proses pemucatan. Proses pemucatan CPO menggunakan tanah pemucat dengan kadar antara 0,5-2,0% dari massa CPO (Young, 1987). Dengan asumsi pada tahun

2013 konsumsi dalam negeri CPO sebesar 7.5 juta ton digunakan untuk membuat minyak goreng dan turunannya, maka dalam proses pemurnian CPO diperlukan tanah pemucat sebesar 150,000 ton per tahun. Komposisi utama dari tanah pemucat adalah *montmorillonite*, yang terdiri dari kristal aluminium silikat (SiO_2 , Al_2O_3), air terikat, logam alkali (kalsium oksida, CaO , magnesium oksida, MgO) dan logam transisi lainnya (seperti besi oksida, Fe_2O_3) (Tsai *et al.*, 2002).

Proses pemurnian CPO menghasilkan tanah pemucat bekas (SBE) dalam jumlah banyak. SBE yang telah digunakan dalam proses pemurnian lama kelamaan akan terdeaktivasi karena permukaannya telah tertutupi oleh bahan-bahan pengotor yang terbawa pada proses pemurnian CPO antara lain fosfatida, gum, logam, asam lemak serta zat warna pada CPO sehingga tidak dapat digunakan kembali. Proses reaktivasi SBE dilakukan dengan memulihkan kemampuan penyerapannya. SBE merupakan bahan yang tidak terbarukan sehingga perlu digunakan secara efisien dengan melakukan reaktivasi untuk digunakan kembali sebagai adsorben. Proses reaktivasi ini diharapkan akan mengurangi ketergantungan industri minyak goreng pada tanah pemucat.

SBE merupakan campuran antara lempung dengan senyawa hidrokarbon dari CPO. Menurut Kheang *et al.* (2006), kandungan minyak dalam SBE sebesar 20-30%. Hidrokarbon dalam CPO sebagian besar merupakan senyawa trigliserida (fat). Senyawa trigliserida tersusun dari gliserol dengan tiga asam lemak. Asam-asam lemak yang terdapat dalam CPO umumnya berasal dari asam oleat (39,5%) dan palmitat (41,6%).

Pada proses pemanasan pada suhu 180°C diharapkan terjadi reaksi polimerisasi pada minyak yang menempel di tanah pemucat bekas. Reaksi polimerisasi ini diharapkan membentuk senyawa hidrokarbon yang mempunyai struktur kimia kompleks dengan berat molekul yang tinggi. Pemanasan lanjutan ($300-700^\circ\text{C}$) diharapkan dapat merubah senyawa hidrokarbon tersebut menjadi *coke* (arang). *Coke* tersebut dengan bantuan asam dan suhu tinggi diharapkan menjadi bahan yang mempunyai permukaan aktif. Oleh sebab itu metode reaktivasi yang digunakan yaitu perendaman dalam larutan asam disertai pemanasan. Menurut Falaras *et al.* (1999), bagian tanah pemucat seperti bagian permukaan dan sifat asam dapat dioptimalkan dengan mengontrol kondisi aktivasi seperti jenis dan jumlah asam, suhu, dan waktu aktivasi. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan metode terbaik untuk proses reaktivasi SBE agar dapat digunakan kembali sebagai adsorben untuk pemurnian CPO dan biodiesel.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah SBE, tanah pemucat segar

(FBE), dan CPO. SBE dan FBE yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari Asian Agri Group Jakarta, sedangkan CPO diperoleh dari PT Mikie Oleo Nabati Industri. Bahan kimia yang digunakan antara lain metanol, H_2SO_4 , HNO_3 , H_3PO_4 , NaOH , akuades, heksan, CaCO_3 , KOH , dan alkohol netral. Peralatan yang dibutuhkan yaitu peralatan gelas, reaktor esterifikasi-transesterifikasi *in situ* volume 10 L, tanur, *soxhlet apparatus*, pompa vakum, *hot plate*, pH-meter, cawan porselen, neraca analitik, kertas saring, buret, oven, cawan aluminium, ayakan 150 mesh, erlenmeyer, termometer, spektrofotometer HACH 2005, *colorimeter*, *centrifuge*, *rotary evaporator*, tungku aktivasi, *X-Ray Diffractometer* (Merk Shimadzu XRD-7000), *Scanning Electron Microscope* (Merk Bruker), dan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (Merk Bruker).

Metode

Karakterisasi FBE, SBE dan SBE sisa Produksi Biodiesel secara In Situ

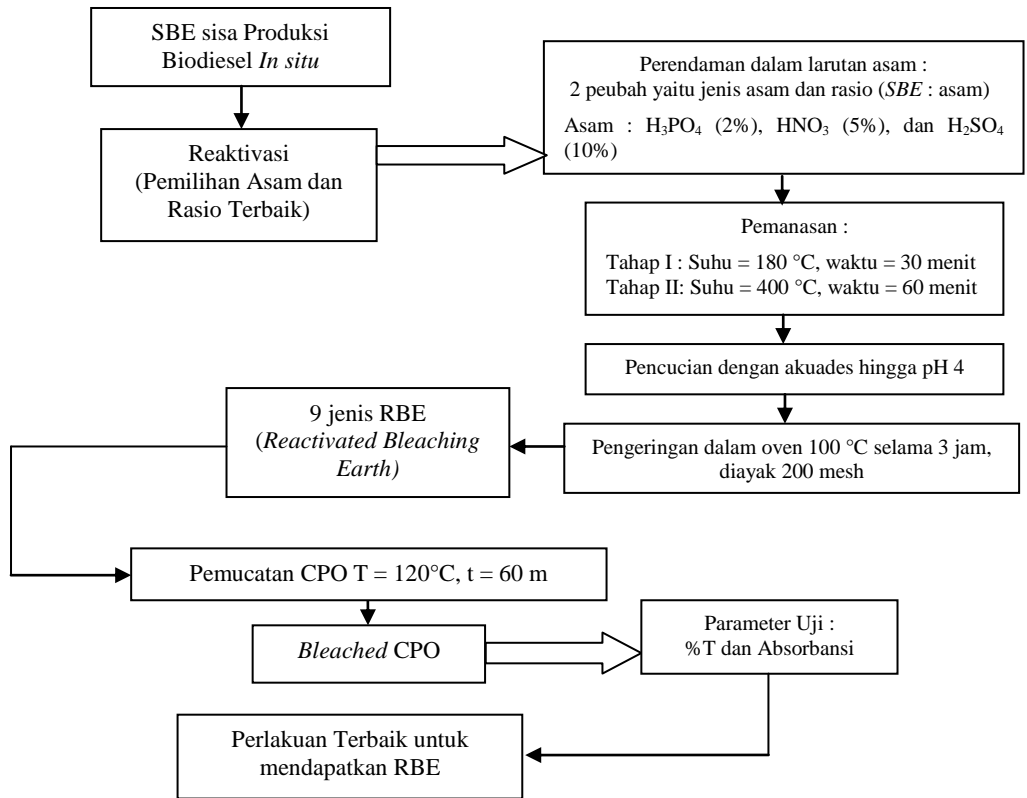
Karakterisasi terhadap bahan yang dilakukan, antara lain kadar air (AOAC, 1999), kadar abu (AOAC, 1999), kadar lemak (AOAC, 1999), bilangan asam (AOAC, 1999), dan pH (SNI 15-3039-1992).

Konversi Kandungan Minyak dalam SBE menjadi Biodiesel secara In situ

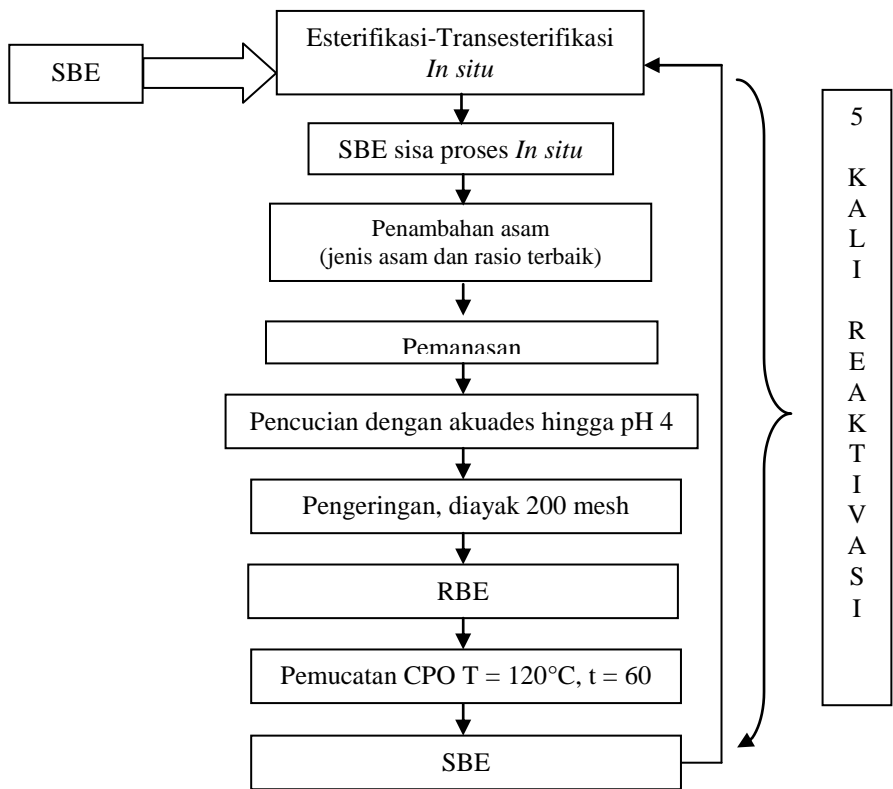
Proses konversi minyak dalam SBE menjadi biodiesel menggunakan proses dua tahap yaitu proses esterifikasi dan transesterifikasi *in situ* dalam reaktor 10 L. Esterifikasi *in situ* dilakukan dengan mereaksikan 1 kg tanah pemucat bekas dengan metanol dan katalis H_2SO_4 . Perbandingan jumlah metanol/SBE adalah 6:1 (v/b) dan katalis 1,5% (v/b) terhadap SBE dengan kecepatan pengadukan sebesar 625 rpm. Proses esterifikasi *in situ* dilangsungkan pada suhu 65°C selama 3 jam. Setelah waktu reaksi tercapai, reaksi dilanjutkan dengan proses transesterifikasi *in situ* selama 1 jam dengan menambahkan katalis NaOH sejumlah 1,5% (b/b) terhadap SBE. Biodiesel yang diperoleh dipisahkan dari SBE dengan cara penyaringan vakum. Pelarut dipisahkan dengan biodiesel yang dihasilkan dengan menggunakan *rotary evaporator*. Setelah biodiesel dipisahkan, dilakukan pencucian basah menggunakan air dan pencucian kering menggunakan adsorben. SBE sisa dikeringkan dan di reaktivasi sebanyak lima kali.

Penentuan Jenis Asam dan Rasio (SBE:Asam) Terbaik untuk Reaktivasi SBE dan Proses Reaktivasi Berulang

Diagram alir proses pemilihan perlakuan terbaik dalam reaktivasi tanah pemucat dapat dilihat pada Gambar 1 dan diagram alir proses reaktivasi berulang dan aplikasi pada produksi biodiesel secara *in situ* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram alir proses pemilihan perlakuan terbaik dalam reaktivasi tanah pemucat



Gambar 2. Diagram alir proses reaktivasi berulang dan aplikasi pada produksi biodiesel secara *in situ*

Karakterisasi Tanah Pemucat hasil Reaktivasi (RBE)

Karakterisasi yang dilakukan terhadap RBE meliputi kadar air (AOAC 1999), kadar abu (AOAC 1999), ayak kering (SNI 15-3039-1992), hilang pijar (SNI 15-3039-1992), dan pH (SNI 15-3039-1992). Selain itu, juga dilakukan analisis terhadap SBE sisa produksi biodiesel secara *in situ* dan RBE hasil reaktivasi ke-5 untuk melihat perubahan yang terjadi antara sebelum dan setelah reaktivasi. Analisis yang dilakukan meliputi analisis topografi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (Merk Bruker), analisis komposisi kimia menggunakan *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (Merk Bruker), dan analisis derajat kristalinitas menggunakan *X-ray Diffractometer* (Merk Shimadzu XRD-7000).

Pemucatan CPO dan Biodiesel

RBE yang dihasilkan digunakan untuk pemucatan CPO dan biodiesel. Kemudian dilakukan analisis terhadap CPO hasil pemucatan menggunakan RBE hasil reaktivasi 1-5, RBPO hasil pemucatan menggunakan FBE, dan CPO sebagai pembanding. Analisis yang dilakukan meliputi asam lemak bebas (SNI 01-2901-2006), bilangan yodium (SNI 01-2901-2006), % Transmisi (%T), dan nilai absorbansi (Foletto *et al.*, 2002). Pemucatan dan analisis juga dilakukan terhadap biodiesel. Biodiesel yang dianalisis terdiri dari biodiesel kasar, biodiesel hasil pencucian basah menggunakan air, biodiesel hasil pencucian kering menggunakan RBE hasil reaktivasi 1-5, dan biodiesel hasil pencucian kering menggunakan FBE. Analisis yang dilakukan meliputi bilangan penyabunan (SNI 04-7182-2006), bilangan asam (SNI 01-2901-2006), viskositas (SNI 04-7182-2006), densitas (AOCS Cc 10c-95), %T, dan nilai absorbansi (Foletto *et al.*, 2002). Hasil pengujian beberapa parameter tersebut dianalisis menggunakan analisa keragaman dan uji lanjut Duncan.

Berdasarkan nilai absorbansi minyak dapat dihitung efisiensi pemucatan tanah pemucat pada pemucatan CPO dan biodiesel. Blanko yang digunakan adalah CPO yang belum dipucatkan. Efisiensi pemucatan bagi tanah pemucat merupakan penyisihan zat warna dengan proses adsorpsi dan dihitung dengan persamaan berikut (Foletto *et al.*, 2000) :

$$BE (\%) = \frac{(A_0 - A)}{A_0} \times 100 \% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- BE : *Bleaching Efficiency* (%)
- A₀ : Absorbansi minyak sebelum dipucatkan
- A : Absorbansi minyak setelah dipucatkan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah Pemucat

Karakteristik FBE dan SBE sisa dari proses esterifikasi-transesterifikasi *in situ* yang dianalisis meliputi kadar air, kadar abu, bilangan asam, kadar lemak, dan pH. Hasil karakterisasi tanah pemucat dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari data pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kadar air bahan setelah proses *in situ* dibandingkan sebelum proses *in situ*. Persentase kadar air dalam FBE cukup tinggi yaitu 4,09±0,10%, disebabkan adanya kontak dengan udara luar. Lamanya penyimpanan bahan berpengaruh pada persentase kadar air karena sifat bahan yang mudah menyerap molekul air di sekitarnya. Persentase kadar air dalam SBE lebih rendah dibandingkan FBE karena SBE mengandung minyak yang ikut terjerap ketika proses pemucatan berlangsung sehingga mengurangi kemampuan SBE dalam menyerap molekul air di sekitarnya. Setelah proses *in situ* terjadi kenaikan persen kadar air yang disebabkan adanya proses pengeringan bahan untuk menghilangkan sisa metanol sehingga pada proses tersebut SBE sisa proses *in situ* juga ikut menyerap molekul air di sekitarnya. Selain itu pada SBE sisa proses *in situ*, sebagian besar kandungan minyaknya telah dikonversi menjadi biodiesel sehingga kemampuan menyerap air menjadi lebih tinggi.

Menurut Kurashige *et al.* (1993), efek air terhadap kinetika reaksi hidrolisis sangat penting karena air dapat menyebabkan proses hidrolisis minyak. Adanya kandungan air dalam bahan akan menyebabkan terjadinya hidrolisis trigliserida menjadi asam lemak bebas. Konversi bahan baku menjadi produk akan menurun karena katalis digunakan untuk menetralkan kandungan asam lemak bebas yang tinggi. Penurunan kadar air dalam bahan dapat meningkatkan rendemen dan menurunkan jumlah katalis yang digunakan dalam proses transesterifikasi.

Tabel 1. Karakteristik SBE, FBE, dan SBE (sisa proses produksi biodiesel *In situ*)

Komponen Uji	Satuan	FBE	SBE	SBE (sisa proses produksi biodiesel <i>In situ</i>)
Kadar Air (bk)	(%)	4,09±0,10	3,78±0,08	6,26±0,03
Kadar Abu (bk)	(%)	67,25±0,05	71,03±0,05	65,65±0,07
Kadar Lemak (bk)	(%)	-	18,26±0,02	5,54±0,09
Bilangan Asam	mg KOH/g	0,55±0,09	8,70±0,03	0,98±0,01
pH		3,51±0,03	3,44±0,04	7,00±0,04

Kadar abu menunjukkan banyaknya bahan non-organik yang terkandung dalam bahan. Kadar abu pada SBE lebih tinggi dibandingkan FBE dan SBE sisa proses *in situ*, namun nilai kadar abu masing-masing jenis tanah pemucat tersebut tidak berbeda jauh. Pada dasarnya SBE merupakan campuran dari FBE dan CPO. Apabila melihat kadar abu SBE pada Tabel 1, maka kandungan abu dalam SBE dapat dikatakan hampir semuanya berasal dari komponen FBE. Menurut Wahyudi (2000), komponen abu tersebut didominasi oleh senyawa SiO_2 dan Al_2O_3 . Nilai kadar abu SBE lebih tinggi kemungkinan disebabkan adanya residu mineral yang ikut terbawa pada saat proses pemurnian CPO. Salah satu residu mineral yang kemungkinan terbawa dan berpengaruh terhadap tingginya kadar abu SBE yaitu fosfat yang terbawa dari proses penghilangan gum CPO.

Kadar lemak digunakan untuk mengetahui seberapa besar minyak yang terkandung di dalam SBE sehingga menjadi dasar untuk perhitungan rendemen biodiesel. Kadar lemak pada SBE sisa proses *in situ* digunakan untuk mengetahui seberapa besar minyak yang terkonversi pada proses pembuatan biodiesel. Berdasarkan hasil analisis dapat dilihat bahwa ada penurunan kadar lemak pada SBE. Hal ini membuktikan telah terjadi proses konversi residu minyak dalam SBE menjadi metil ester.

Nilai pH menunjukkan keasaman suatu bahan. FBE yang dianalisis merupakan tanah pemucat yang telah diaktivasi sehingga bersifat asam. SBE sisa proses *in situ* memiliki pH netral karena pada proses transesterifikasi digunakan katalis basa sehingga kemungkinan terdapat sisa katalis pada SBE yang menyebabkan SBE menjadi netral.

Bilangan asam penting untuk menentukan metode yang digunakan untuk produksi biodiesel, karena jika bilangan asam di atas 2%, maka perlu dilakukan proses esterifikasi untuk mengkonversi asam lemak bebas yang terkandung di dalam bahan menjadi metil ester. Jika kadar asam lemak bebas pada minyak tinggi dan katalis yang digunakan adalah katalis basa, maka akan menghasilkan reaksi penyabunan yang mengakibatkan kesulitan dalam proses pemisahan sehingga rendemen biodiesel menjadi rendah (Jain dan Sharma, 2010). Kadar air dan kadar lemak bahan adalah parameter penting yang akan mempengaruhi produksi biodiesel. Semakin tinggi kadar lemak dalam bahan baku, tingkat konversi menjadi biodiesel akan semakin tinggi.

Penentuan Jenis Asam dan Rasio SBE: Asam (B/V) Terbaik untuk Reaktivasi

Penentuan perlakuan terbaik untuk reaktivasi tanah pemucat diukur dari nilai efisiensi pemucatan RBE hasil perlakuan dengan dua peubah yaitu jenis asam dan rasio (SBE:asam). Pada

penelitian sebelumnya Low (1998) telah melakukan reaktivasi SBE suhu 120-350°C dengan penambahan asam sulfat sebesar 1-40%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu reaktivasi 350°C dengan penambahan asam sulfat 10% merupakan kondisi terbaik untuk proses reaktivasi. Wahyudi (2000) juga melakukan proses reaktivasi SBE selama 1 jam pada suhu 300-700°C dengan penambahan asam fosfat sebesar 0-3%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu reaktivasi 400°C dengan penambahan asam fosfat 2% merupakan kondisi terbaik untuk proses reaktivasi. Selain itu juga, Fatmayati (2011) telah melakukan reaktivasi SBE pada suhu 300 °C dengan penambahan asam nitrat sebesar 2, 3,5 dan 5%, serta digunakan pada pemucatan CPO dengan jumlah tanah pemucat sebesar 1-5 % dari berat CPO. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan tanah pemucat sebanyak 5% dari berat CPO pada penggunaan konsentrasi asam nitrat 5% untuk reaktivasi menghasilkan kondisi pemucatan CPO terbaik. Jenis asam beserta konsentrasinya yang digunakan pada penelitian ini merupakan jenis asam dan konsentrasi yang memberikan hasil terbaik untuk pemucatan CPO pada penelitian terdahulu.

Daya pemucat pada tanah pemucat disebabkan karena ion Al pada permukaan adsorben dapat mengadsorpsi partikel zat warna. Aktivasi adsorben dengan asam akan meningkatkan daya pemucat karena asam mineral tersebut melarutkan atau bereaksi dengan komponen berupa tar, garam Ca dan Mg yang menutupi pori-pori adsorben, sehingga luas permukaan adsorben menjadi lebih besar. Pada aktivasi menggunakan asam mula-mula terjadi pertukaran kation dari garam mineral (Ca^{+2} dan Mg^{+2}) pada lapisan *interlayer* tanah pemucat dengan ion H^+ dari asam, kemudian diikuti dengan pelarutan ion Al^{3+} dan ion logam lainnya seperti Fe^{3+} dari lapisan *lattice* tanah pemucat. Akibat pelarutan ion Al^{3+} , maka tanah pemucat menjadi bermuatan negatif sehingga meningkatkan kemampuan penyerapannya dan meningkatkan luas permukaannya (Hymore, 1996).

Pengaruh perlakuan faktor jenis asam dan rasio (SBE:asam) terhadap RBE dapat dilihat pada Gambar 3. Nilai efisiensi pemucatan yang diperoleh dari hasil perhitungan nilai absorbansi berkisar antara $64,61 \pm 0,52\%$ - $77,92 \pm 0,55\%$ (Gambar 3). Berdasarkan nilai efisiensi pemucatan tersebut diketahui bahwa perlakuan yang menghasilkan RBE yang memiliki efisiensi pemucatan terbaik adalah HNO_3 5% (v/v) dan rasio 1:2 (b/v). Hasil ini membuktikan bahwa jenis asam kuat lebih efektif mengaktivasi permukaan pori tanah pemucat dibandingkan asam lemah.

Walaupun HNO_3 dan H_2SO_4 sama-sama tergolong dalam asam kuat, namun proses perlakuan dengan menggunakan HNO_3 memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan H_2SO_4 . Hal ini disebabkan H_2SO_4 merupakan asam yang lebih kuat dibandingkan HNO_3 dan konsentrasi asam yang

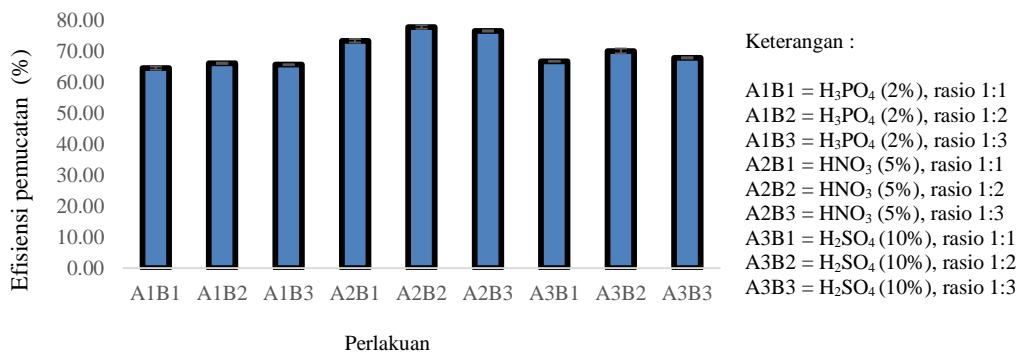
digunakan lebih tinggi. Semakin tinggi konsentrasi asam, ion H^+ yang ditukarkan ke lapisan *interlayer* dan lapisan *lattice* tanah pemucat semakin banyak, sehingga semakin banyak pula ion Al^{3+} yang larut. Hal ini berakibat pada rusaknya struktur *lattice* dari tanah pemucat, yang berdampak pada turunnya luas permukaan dan kemampuan penyerapannya (Hymore, 1996).

Selain nilai absorbansi, juga dilakukan perhitungan nilai %T dari CPO untuk melihat tingkat kejernihan CPO yang dipucatkan. Nilai %T yang diperoleh berkisar antara $16,80 \pm 0,42\%$ – $32,85 \pm 0,92\%$ (Gambar 4). Tingkat kejernihan CPO tergantung dari banyaknya pigmen warna merah jingga atau kuning CPO yang disebabkan oleh karotenoid yang bersifat larut dalam minyak. Karotenoid bersifat stabil pada suhu tinggi dan tidak bias dihilangkan dengan proses oksidasi (Ketaren, 2008). Warna pada CPO berasal dari zat warna alamiah yang berasal dari tanaman asalnya. Zat warna itu meliputi α dan β karoten, xanthofil, klorofil, dan anthosianin. Pada proses pemucatan, zat warna tersebut diserap oleh tanah pemucat.

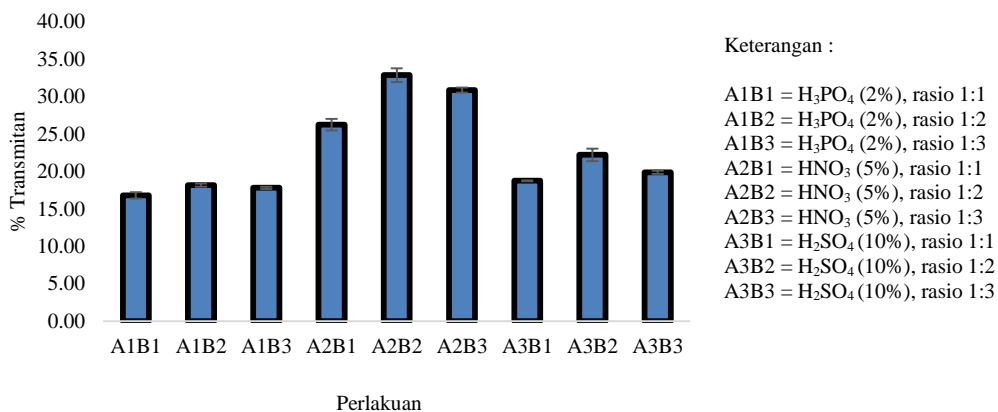
Semakin rendah pigmen warna merah jingga dan kuning, maka semakin jernih CPO yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil reaktivasi menggunakan variasi perlakuan jenis asam dan rasio (SBE:asam) diperoleh bahwa kombinasi terbaik dari perlakuan yang digunakan adalah HNO_3 (5%) dengan rasio 1:1. Kombinasi ini kemudian digunakan pada proses reaktivasi SBE sebanyak lima kali ulangan sehingga diperoleh RBE 1-5. Perbandingan karakteristik RBE dengan Standar Nasional Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 terlihat bahwa karakteristik RBE masih memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 15-3039-1992 hingga reaktivasi ke-5. Hal ini mengindikasikan bahwa RBE yang direaktivasi hingga 5 kali masih dapat digunakan kembali dalam pemucatan. Dari kelima jenis RBE tersebut, RBE5 menunjukkan kinerja sebagai adsorben yang terbaik. Hal ini disebabkan semakin sering RBE tersebut direaktivasi, semakin banyak asam yang kontak dengan bahan tersebut sehingga pori-pori permukaan RBE semakin terbuka. Kemampuan pemucatan RBE dapat dilihat pada aplikasinya terhadap CPO dan biodiesel.



Gambar 3. Pengaruh jenis asam dan rasio terhadap efisiensi pemucatan RBE



Gambar 4. Pengaruh jenis asam dan rasio terhadap nilai % Transmiteman CPO

Tabel 2. Perbandingan karakteristik RBE dengan SNI

Komponen Uji	SNI 15-3039- 1992	RBE hasil reaktivasi 1 kali (RBE1)	RBE hasil reaktivasi 2 kali (RBE1)	RBE hasil reaktivasi 3 kali (RBE1)	RBE hasil reaktivasi 4 kali (RBE1)	RBE hasil reaktivasi 5 kali (RBE1)
Kadar Air (bb) (%)	Maks.10	1,85±0,03	1,85±0,04	1,68±0,05	1,59±0,08	1,72±0,01
Kadar Abu (bb) (%)	-	69,56±0,08	69,25±0,07	71,60±0,08	66,96±0,04	68,88±0,05
Ayak Kering (%)	Min.90	98,36±0,03	98,62±0,06	98,08±0,06	98,32±0,06	98,08±0,06
Hilang pijar (bb) (%)	Maks.15	11,32±0,09	11,32±0,01	10,85±0,01	10,37±0,00	10,70±0,01
pH	2-4	3,54±0,02	3,51±0,01	3,51±0,02	3,47±0,01	3,42±0,01

Selain parameter yang telah dijelaskan sebelumnya, dilakukan analisis topografi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), analisis komposisi kimia menggunakan *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDS), dan analisis derajat kristalinitas menggunakan *X-ray Diffractometer* (XRD).

SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Pengujian SBE dan RBE menggunakan SEM bertujuan untuk melihat ada tidaknya perubahan topografi tanah pemucat sebelum dan sesudah direaktivasi. Hasil SEM dapat dilihat pada Gambar 5. Pengujian SBE dan RBE menggunakan SEM dilakukan pada perbesaran 500x, 750x, 1000x, dan 2000x. Dari keempat perbesaran tersebut belum terlihat jelas struktur pori dari kedua jenis tanah pemucat. Pada Gambar 5, dengan perbesaran 1000x dapat dilihat secara keseluruhan terdapat perbedaan struktur permukaan antara tanah pemucat sebelum dan sesudah direaktivasi. Gambar 5a yang merupakan SBE sisa proses *in situ* sebelum diaktivasi dilihat dengan SEM pada perbesaran 1000x menunjukkan masih banyak pengotor yang menempel pada permukaan, sedangkan Gambar 5 b yang merupakan RBE hasil reaktivasi berulang sebanyak 5 kali menunjukkan bahwa pengotor pada permukaan telah dihilangkan sehingga permukaannya menjadi lebih halus dan bersih. Pori-pori yang lebih besar pada permukaan RBE5 memungkinkan bahan ini melakukan kinerja adsorpsi dengan lebih baik dibandingkan yang belum teraktivasi.

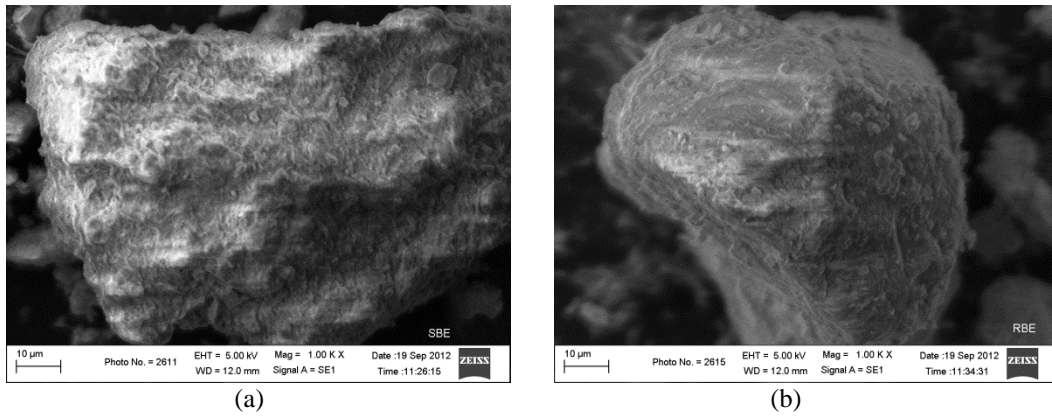
Selain dilihat topografinya, dilakukan juga analisis terhadap komponen kimia yang terkandung dalam SBE sisa produksi biodiesel secara *in situ* dan RBE hasil reaktivasi ke-5 menggunakan *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDS). Hasil EDS untuk bahan SBE sisa proses *in situ* dapat dilihat pada Gambar 6. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa elemen yang mendominasi kandungan SBE sisa proses *in situ* berturut-turut dari yang terbesar hingga terkecil adalah oksigen (56,55%), silikon (20,75%), aluminium (10,07%), sodium (5,65%), fosfor (2,42%), timah (1,57%), besi (1,16%), dan antimoni (0,92%). Untuk RBE hasil reaktivasi ke-5, elemen yang mendominasi kandungannya berturut-turut dari yang terbesar

hingga terkecil adalah oksigen (63,56%), silikon (20,74%), aluminium (10,80%), besi (2,47%), magnesium (0,99%), barium (0,90%), dan potassium (0,53%).

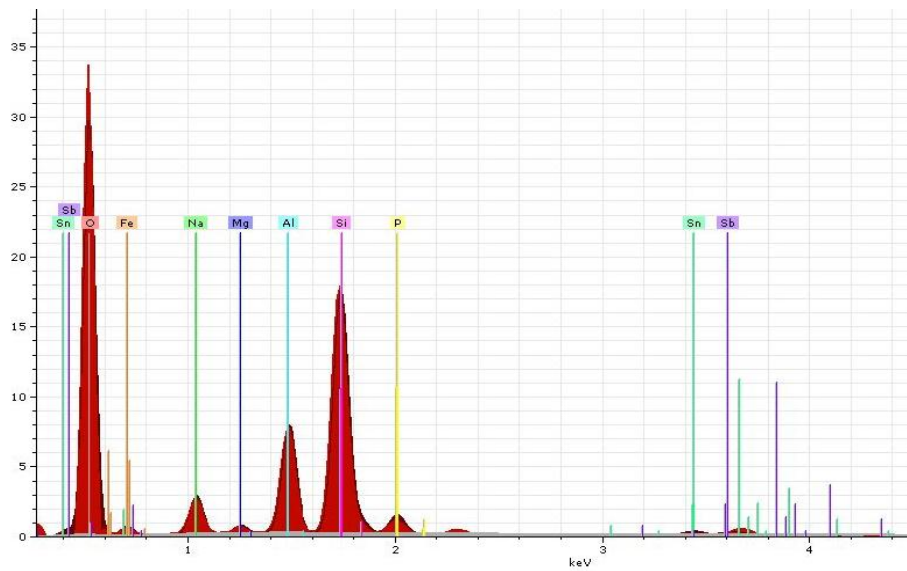
Derajat kristalinitas juga diujikan terhadap kedua bahan menggunakan *X-ray Diffractometer* (XRD). Derajat kristalinitas merupakan salah satu uji untuk mengetahui struktur kristalinitas suatu bahan. Derajat kristalinitas dihitung dengan cara membandingkan bagian kristalin dengan jumlah bagian kristal dan bagian amorf pada bahan. Semakin tinggi derajat kristalinitas maka tinggi pula tingkat keteraturan struktur suatu bahan. Grafik derajat kristalinitas SBE sisa proses *in situ* dan RBE5 dapat dilihat pada Gambar 7. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan XRD diperoleh data derajat kristalinitas SBE sisa proses *in situ* sebesar 58,77%, sedangkan derajat kristalinitas RBE hasil reaktivasi ke-5 sebesar 42,32%. Reaktivasi berulang menyebabkan derajat kristalinitas mengalami penurunan. Hal ini disebabkan proses aktivasi menyebabkan pergeseran pada lapisan *lattice* tanah pemucat sehingga yang semula keteraturannya tinggi (kristalin) menjadi tidak beraturan (amorf) (Tanaka *et al.*, 1997).

Karakteristik CPO yang dipucatkan dengan RBE Asam Lemak Bebas

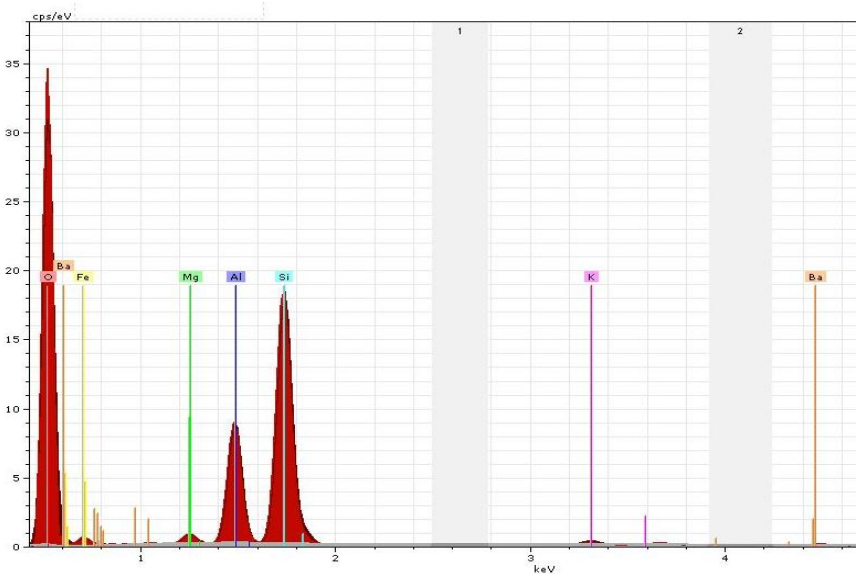
Pengaruh pemucatan CPO menggunakan RBE terhadap ALB dapat dilihat pada Gambar 8. Nilai asam lemak bebas yang diperoleh dari hasil pengujian berkisar antara 4,18±0,03% – 874±0,06%. Nilai SNI untuk asam lemak bebas CPO maksimal 0,5%. Walaupun terdapat penurunan nilai asam lemak bebas antara CPO yang dipucatkan dan CPO kasar, penurunan tersebut tidak terlalu signifikan dan kadar asam lemak bebas yang dihasilkan masih belum memenuhi SNI. Asam lemak bebas yang terkandung pada CPO yang dipucatkan lebih rendah dibandingkan CPO yang tidak dipucatkan. Hal ini disebabkan tanah pemucat akan menyerap suspensi koloid (gum dan resin), asam lemak bebas serta hasil oksidasi minyak seperti peroksida (Ketaren, 2008). Semakin sering direaktivasi kemampuan RBE menyerap asam lemak bebas semakin tinggi. CPO yang dipucatkan menggunakan RBE 5 menghasilkan asam lemak bebas terendah karena semakin sering tanah pemucat direaktivasi maka semakin banyak gugus silanol terdapat pada RBE tersebut.



Gambar 5. Topografi permukaan (a) SBE sisa proses *in situ* dan (b) RBE ke-5 pembesaran 1000 kali

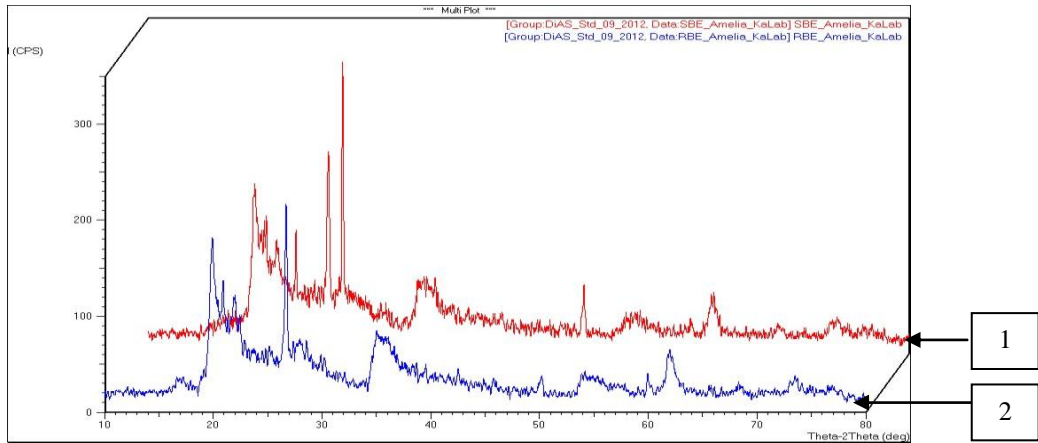


(a)

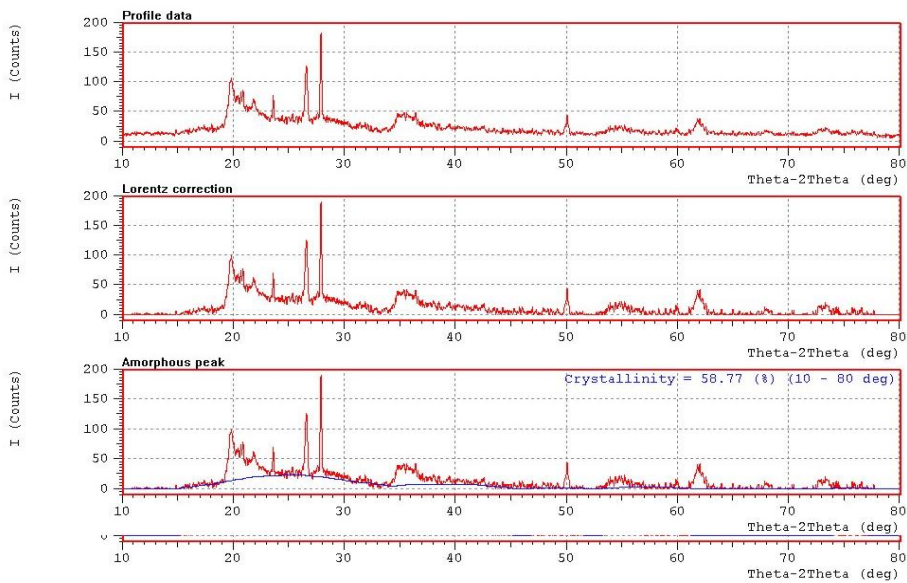


(b)

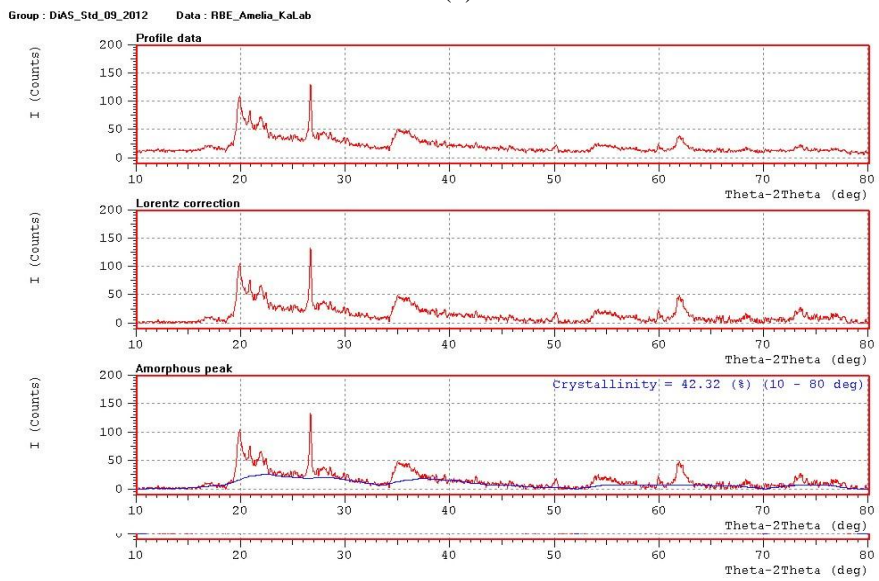
Gambar 6. Komponen kimia (a) SBE sisa proses *in situ* dan (b) RBE ke-5



(a)

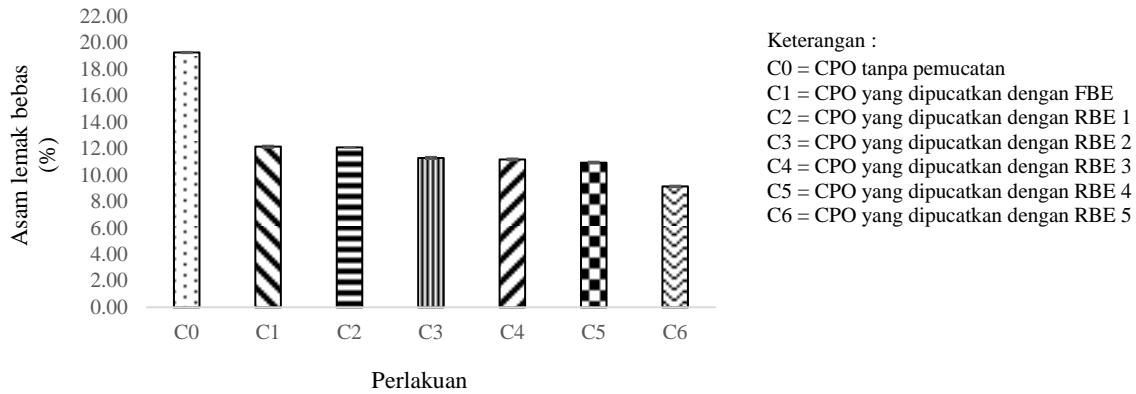


(b)



(c)

Gambar 7. (a) Perbandingan kristalinitas SBE sisa *in situ* (Piktogram 1) dan RBE hasil reaktivasi ke-5 (Piktogram 2), (b) Derajat kristalinitas SBE sisa *in situ*, dan (c) Derajat kristalinitas RBE hasil reaktivasi ke-5



Gambar 8. Pengaruh perlakuan pemucatan terhadap kadar ALB CPO

Kemampuan tanah pemucat menyerap asam lemak bebas disebabkan oleh adanya gugus silanol (Si-O-H) yang merupakan gugus reaktif pada tanah pemucat yang terbentuk dari senyawa SiO_2 dalam tanah pemucat pada saat reaktivasi dengan asam. Semakin banyak jumlah SiO_2 pada adsorben, maka akan meningkatkan jumlah gugus Si-OH (silanol) pada permukaan adsorben. Gugus silanol tersebut yang akan menyerap asam lemak bebas, zat-zat organik dan zat-zat lain yang bersifat polar seperti senyawa peroksida (Yang, 2003).

Bilangan Iodium

Bilangan iodium merupakan jumlah gram iodium yang diserap per 100 g minyak. Asam lemak yang tidak jenuh dalam minyak dan lemak mampu menyerap sejumlah iodium dan membentuk senyawa yang jenuh. Besarnya jumlah iod yang diserap menunjukkan banyaknya ikatan rangkap atau ikatan tidak jenuh.

Pengaruh pemucatan CPO menggunakan RBE terhadap bilangan yodium dapat dilihat pada Gambar 9. Bilangan iodium yang diperoleh dari hasil pengujian berkisar antara $53,82 \pm 0,08$ – $56,00 \pm 0,05$ g Iod/100 g. Nilai bilangan iodium berdasarkan SNI berkisar antara 50-55 g Iod/100g. Data menunjukkan bahwa tingkat reaktivasi tidak terlalu berpengaruh terhadap bilangan iodium CPO yang dipucatkan. Hal ini menunjukkan bahwa besar kecilnya kekuatan menyerap dari RBE tidak mempengaruhi tingkat ketidakjenuhan minyak.

Efisiensi Pemucatan dan %Transmitan

Pengaruh jenis RBE terhadap efisiensi pemucatan pada CPO dapat dilihat pada Gambar 10. Nilai efisiensi pemucatan yang diperoleh dari hasil pengujian berkisar antara $95,27 \pm 0,03\%$ – $98,77 \pm 0,03\%$. FBE memiliki efisiensi pemucatan yang paling tinggi dari keseluruhan adsorben, dan semakin tinggi tingkat reaktivasi RBE maka efisiensi pemucatan yang dimiliki juga semakin tinggi. RBE hasil reaktivasi ke-5 memiliki kemampuan memucatkan yang hampir setara dengan FBE. FBE

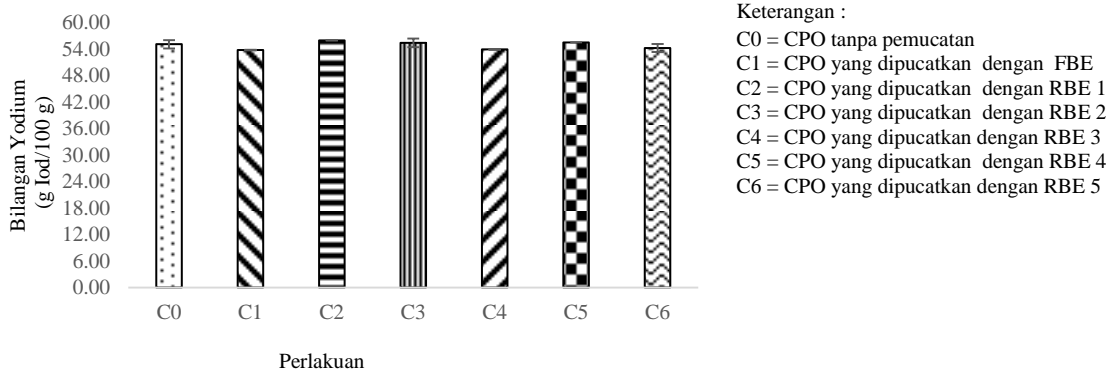
dapat memiliki kemampuan memucatkan yang paling baik karena adsorben ini merupakan adsorben yang masih baru sehingga belum terkandung pengotor pada adsorben ini. Diduga RBE hasil reaktivasi ke-1 masih memiliki pengotor yang belum hilang pada saat reaktivasi, sehingga kemampuan memucatkannya masih lebih rendah dibandingkan FBE. Namun, seiring banyaknya reaktivasi yang dilakukan, maka semakin banyak pengotor yang hilang dari permukaan RBE, sehingga RBE hasil reaktivasi ke-5 memiliki kemampuan memucatkan yang hampir sama dengan FBE.

Pengaruh jenis RBE terhadap %T CPO dapat dilihat pada Gambar 11. %T yang diperoleh dari hasil pengujian berkisar antara $0,20 \pm 0,00\%$ – $92,35 \pm 0,07\%$. CPO yang dipucatkan menggunakan FBE memiliki %T yang paling tinggi dari keseluruhan adsorben, dan semakin tinggi tingkat reaktivasi RBE maka %T CPO yang dipucatkan juga semakin tinggi. RBE hasil reaktivasi ke-5 memiliki kemampuan memucatkan yang hampir setara dengan FBE.

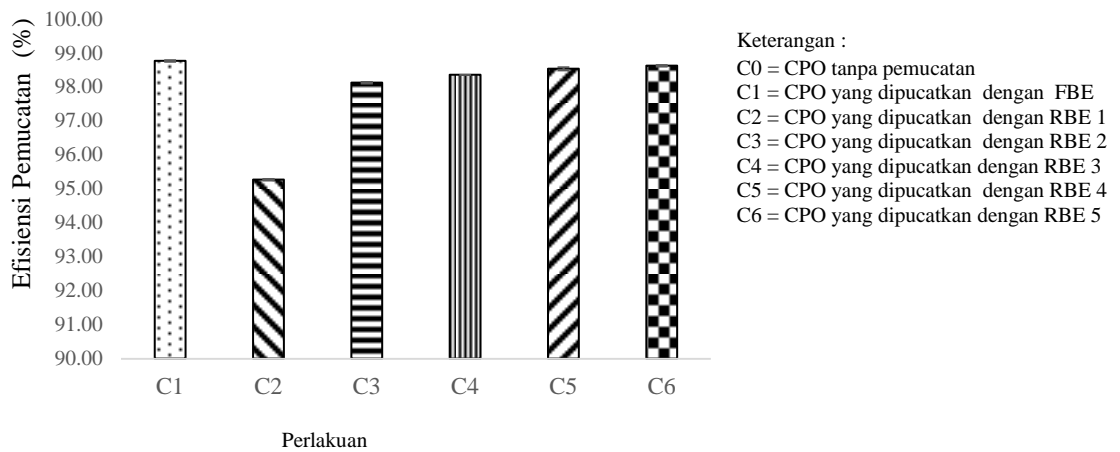
CPO yang dipucatkan menggunakan RBE 1 menghasilkan nilai efisiensi pemucatan dan %T terendah. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian karakteristik RBE pada Tabel 2. RBE 1 memiliki kadar air tertinggi di antara RBE lainnya sehingga banyaknya kandungan air yang terdapat di dalam RBE1 mengurangi kemampuannya untuk menyerap pigmen warna dari CPO.

Karakteristik Biodiesel yang dipucatkan dengan RBE

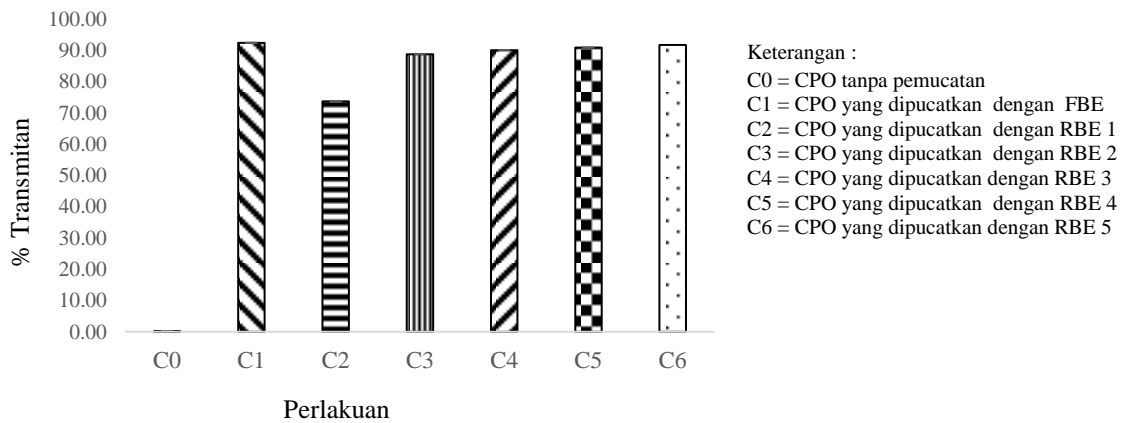
Biodiesel yang dihasilkan dari proses esterifikasi transesterifikasi *in situ* tidak bisa langsung digunakan karena masih banyak mengandung sisa reaksi dan pengotor lain yang dapat menimbulkan bahaya pada sistem pembakaran. Zat pengotor yang terkandung di dalam biodiesel kasar antara lain sabun, gliserol, sisa metanol, katalis, dan air. Oleh karena itu, biodiesel yang akan digunakan harus dimurnikan terlebih dahulu, agar memenuhi standar biodiesel yang ada.



Gambar 9. Pengaruh perlakuan pemucatan terhadap bilangan yodium CPO



Gambar 10. Pengaruh perlakuan pemucatan terhadap nilai efisiensi pemucatan RBE



Gambar 11. Pengaruh perlakuan pemucatan terhadap nilai %Transmitan CPO

Pada penelitian ini digunakan metode pencucian kering menggunakan adsorben. RBE dari hasil reaktivasi berulang, masing-masing digunakan untuk pemurnian biodiesel. Selain pemurnian menggunakan lima jenis RBE dari berbagai tahap reaktivasi, juga dilakukan pemurnian dengan menggunakan pencucian basah.

Bilangan Asam

Bilangan asam menunjukkan jumlah asam lemak bebas yang masih tersisa setelah proses transesterifikasi. Bilangan asam maksimal dalam biodiesel adalah 0,8 mg KOH/g (SNI 04-7182-2006).

Pengaruh pemurnian biodiesel menggunakan RBE terhadap bilangan asam dapat dilihat pada Gambar 12. Bilangan asam yang diperoleh dari hasil pengujian berkisar antara 0,47±0,00-1,96±0,02 mg KOH/g. Beberapa dari biodiesel yang dimurnikan menggunakan RBE telah memenuhi SNI, kecuali untuk perlakuan B0 dan B1 masih belum memenuhi standar. Bilangan asam yang terkandung pada biodiesel yang dimurnikan lebih rendah dibandingkan biodiesel yang tidak dimurnikan dan semakin tinggi tingkat reaktivasi RBE menunjukkan penurunan bilangan asam yang semakin tinggi pula.

Biodiesel yang dimurnikan menggunakan RBE 5 menghasilkan bilangan asam terendah karena semakin sering tanah pemucat direaktivasi maka semakin banyak gugus silanol terdapat pada RBE tersebut. Bilangan asam biodiesel yang dicuci menggunakan metode pencucian basah belum memenuhi standar. Hal ini disebabkan adanya air yang tersisa pada biodiesel, karena air akan menyebabkan terjadinya proses oksidasi dan juga menyebabkan terbentuknya kembali asam lemak bebas melalui reaksi hidrolisis. Bilangan asam diharapkan sekecil mungkin karena bersifat korosif sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen mesin diesel. Biodiesel yang dicuci menggunakan metode pencucian kering dengan FBE dan RBE menunjukkan bilangan asam yang nilainya lebih kecil dari biodiesel kasar dan

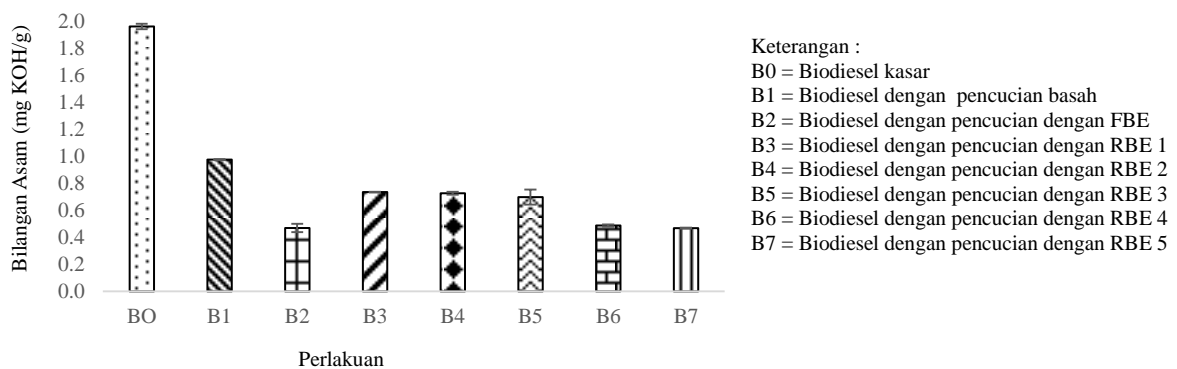
biodiesel pencucian basah. Hal ini membuktikan bahwa tanah pemucat mampu menyerap zat-zat organik seperti asam lemak bebas. Meskipun telah memenuhi standar, bilangan asam yang dimiliki biodiesel masih relatif

Bilangan Penyabunan

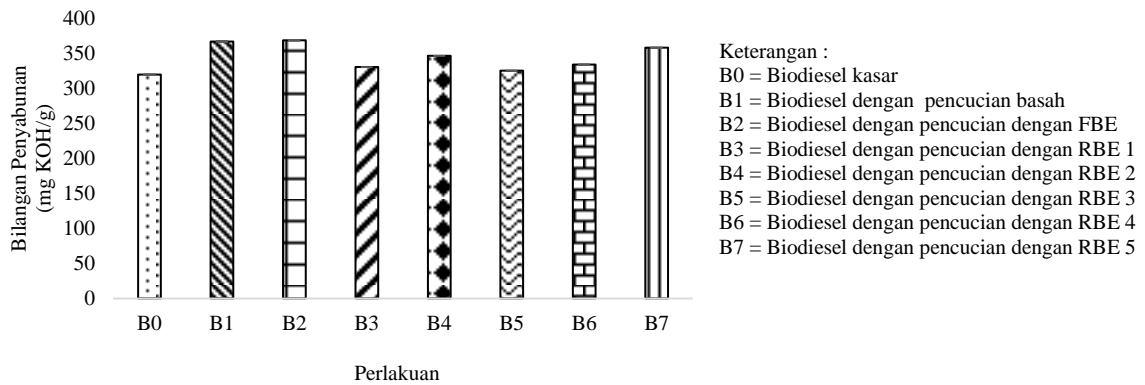
Bilangan penyabunan dinyatakan dalam jumlah miligram KOH yang dibutuhkan untuk menyabunkan 1 g minyak atau lemak (Ketaren, 2008). Bilangan penyabunan menunjukkan berat molekul trigliserida yang diuji sehingga dapat diperkirakan komponen terbesar dalam bahan. Minyak atau lemak yang memiliki bobot molekul rendah akan memiliki bilangan penyabunan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan minyak atau lemak yang memiliki bobot molekul tinggi.

Pengaruh pemurnian biodiesel menggunakan RBE terhadap bilangan penyabunan dapat dilihat pada Gambar 13. Bilangan penyabunan yang diperoleh dari hasil pengujian berkisar antara 319,37±0,26-368,27±0,17 mg KOH/g. Bilangan penyabunan yang terkandung pada biodiesel yang dimurnikan lebih tinggi dibandingkan biodiesel yang tidak dimurnikan.

Bilangan penyabunan biodiesel dipengaruhi oleh senyawa-senyawa seperti tri-, di-, dan monogliserida yang masih terdapat setelah proses transesterifikasi. Keberadaan tri-, di-serta monogliserida akan menyebabkan bilangan penyabunan biodiesel menjadi lebih rendah karena bobot molekulnya yang tinggi. Sebaliknya, bilangan penyabunan yang tinggi menunjukkan bahwa jumlah senyawa-senyawa tersebut telah berkurang karena terkonversi menjadi metil ester. Metil ester memiliki bobot molekul yang lebih rendah sehingga bilangan penyabunannya lebih tinggi. Bilangan penyabunan yang tinggi mengindikasikan bahwa biodiesel memiliki kemurnian yang tinggi. Hal ini membuktikan bahwa pencucian dapat meningkatkan bilangan penyabunan karena dengan adanya perlakuan pencucian terhadap biodiesel, maka dapat dihasilkan biodiesel yang memiliki tingkat kemurnian lebih tinggi dibandingkan biodiesel kasar.



Gambar 12. Pengaruh perlakuan pencucian terhadap nilai bilangan asam biodiesel



Gambar 13. Pengaruh perlakuan pencucian terhadap bilangan penyabunan biodiesel

Efisiensi pemucatan dan %Transmitan

Efisiensi pemucatan dan %T berkaitan dengan kejernihan biodiesel hasil pencucian. Semakin tinggi nilai efisiensi pemucatan dan %T, menunjukkan bahwa adsorben yang digunakan dalam pencucian biodiesel memiliki efisiensi pemucatan yang tinggi sehingga memberikan kejernihan yang tinggi pula terhadap biodiesel yang dipucatkan. Pengaruh jenis RBE terhadap efisiensi pemucatan pada biodiesel dapat dilihat pada Gambar 14. Nilai efisiensi pemucatan yang diperoleh dari hasil pengujian berkisar antara 15,30±0,53% – 45,90±0,53%. FBE memiliki nilai efisiensi pemucatan yang paling tinggi dari keseluruhan adsorben, dan semakin tinggi tingkat reaktivasi RBE maka nilai efisiensi pemucatan yang dimiliki juga semakin tinggi. RBE hasil reaktivasi ke-5 memiliki kemampuan memucatkan yang hampir setara dengan FBE.

Pengaruh jenis RBE terhadap %T pada biodiesel dapat dilihat pada Gambar 15. %T yang diperoleh dari hasil pengujian berkisar antara 73,40±0,00% – 84,70±0,00%. Sama halnya seperti pada nilai efisiensi pemucatan, biodiesel yang dipucatkan menggunakan FBE memiliki %T yang paling tinggi dari keseluruhan adsorben, dan semakin tinggi tingkat reaktivasi RBE maka %T biodiesel yang dipucatkan juga semakin tinggi. RBE hasil reaktivasi ke-5 memiliki kemampuan memucatkan yang hampir setara dengan FBE. FBE dapat memiliki kemampuan memucatkan yang paling baik karena adsorben ini merupakan adsorben yang masih baru sehingga belum terkandung pengotor pada adsorben ini. Diduga RBE hasil reaktivasi ke-1 masih memiliki pengotor yang belum hilang pada saat reaktivasi, sehingga kemampuan memucatkannya masih lebih rendah dibandingkan FBE. Namun, seiring banyaknya reaktivasi yang dilakukan, maka semakin banyak pengotor yang hilang dari permukaan RBE, sehingga RBE hasil reaktivasi ke-5 memiliki kemampuan memucatkan yang hampir sama dengan FBE.

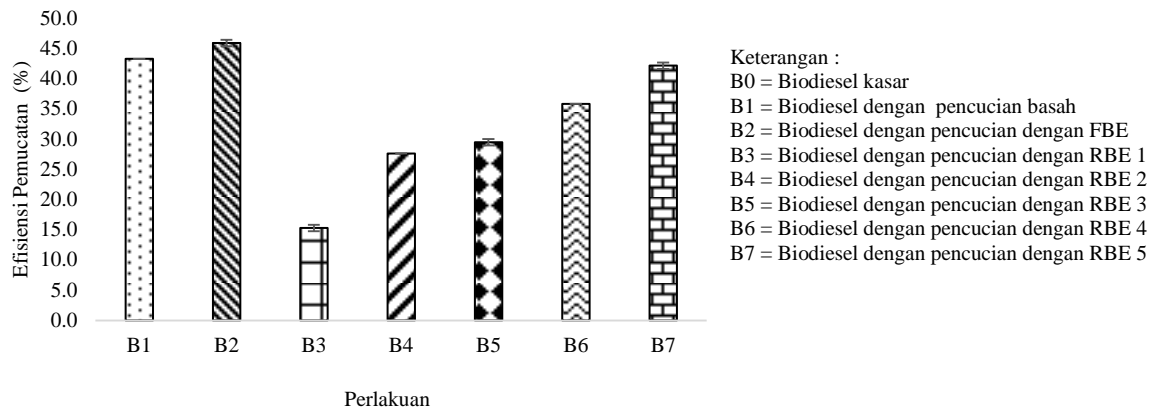
Densitas

Berat jenis perbandingan berat contoh pada suhu 25°C dengan berat air pada volume dan suhu yang sama. Berat jenis minyak biasanya diukur pada suhu 25°C, akan tetapi dapat pula diukur pada suhu 40°C atau 60°C untuk minyak dengan titik cair yang tinggi (Ketaren, 2008). Densitas biodiesel berkaitan dengan proses penginjeksian bahan bakar melalui pompa ke ruang bakar sehingga diperoleh jumlah bahan bakar yang tepat pada proses pembakaran. Jumlah bahan bakar yang diinjeksikan, waktu injeksi dan pola penyemprotan dipengaruhi oleh densitas bahan bakar. Densitas biodiesel dipengaruhi oleh jumlah tri-, di-, dan monogliserida dalam biodiesel. Semakin rendah jumlah senyawa tersebut dalam biodiesel maka akan semakin kecil nilai densitas, artinya semakin banyak trigliserida yang terkonversi menjadi metil ester maka akan semakin rendah nilai densitas biodiesel (Ehimen *et al.*, 2010).

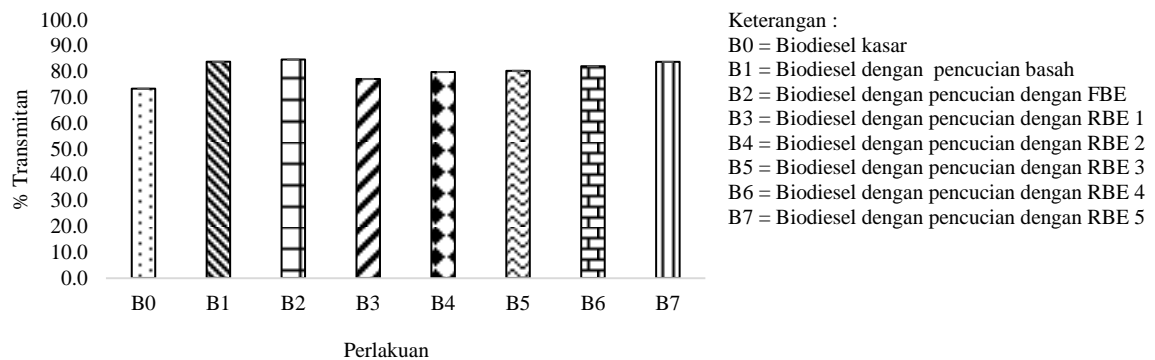
Nilai densitas masing-masing biodiesel dapat dilihat pada Tabel 3. Densitas yang diperoleh dari hasil pengujian berkisar antara 0,8511±0,0036 – 0,8621±0,0076 g/mL. Pencucian tidak memiliki pengaruh yang berbeda nyata terhadap densitas karena nilai densitas biodiesel lebih dipengaruhi oleh proses pembuatan biodiesel itu sendiri. Banyaknya jumlah trigliserida yang terkonversi menjadi metil ester akan mempengaruhi tinggi rendahnya densitas biodiesel.

Viskositas

Viskositas merupakan salah satu salah satu parameter kualitas biodiesel yang sangat penting. Hal ini berhubungan dengan laju alir bahan bakar melalui injektor menuju ruang pembakaran. Viskositas merupakan sifat intrinsik fluida yang menunjukkan ketahanan fluida untuk mengalir. Knothe (2005) menyatakan bahwa viskositas meningkat seiring dengan panjang rantai karbon asam lemak dan derajat kejenuhan, semakin banyak asam lemak tidak jenuh maka viskositas semakin rendah.



Gambar 14. Pengaruh perlakuan pencucian terhadap nilai efisiensi pemucatan RBE terhadap biodiesel



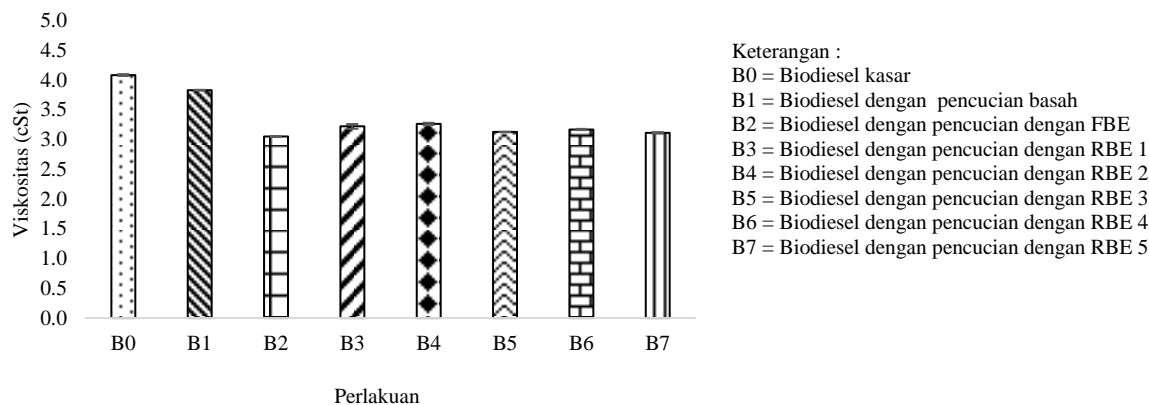
Gambar 15. Pengaruh perlakuan pencucian terhadap nilai %transmitan biodiesel

Tabel 3. Nilai densitas biodiesel

Sampel	Nilai Densitas (gr/mL)	Standar Deviasi
Biodiesel kasar	0,8621 ^a	0,0076
Biodiesel hasil pencucian basah	0,8562 ^a	0,0002
Biodiesel hasil pencucian dengan FBE	0,8570 ^a	0,0055
Biodiesel hasil pencucian dengan RBE 1	0,8604 ^a	0,0071
Biodiesel hasil pencucian dengan RBE 2	0,8543 ^a	0,0049
Biodiesel hasil pencucian dengan RBE 3	0,8511 ^a	0,0036
Biodiesel hasil pencucian dengan RBE 4	0,8609 ^a	0,0067
Biodiesel hasil pencucian dengan RBE 5	0,8621 ^a	0,0115

Pengaruh pemurnian biodiesel menggunakan RBE terhadap viskositas dapat dilihat pada Gambar 16. Viskositas biodiesel yang dihasilkan sudah memenuhi Standar Biodiesel Indonesia yaitu berada pada kisaran 2,6-6,0 cSt. Viskositas yang diperoleh dari hasil pengujian berkisar antara 3,0516±0,0050 – 4,0823±0,0150 cSt. Pencucian biodiesel dapat menurunkan viskositas

karena dengan adanya pencucian, maka pengotor-pengotor yang terdapat pada biodiesel dapat dihilangkan sehingga dapat membuat biodiesel menjadi lebih encer. Hal ini akan sangat berguna dalam hal penginjeksian biodiesel pada ruang pembakaran. Selain itu juga, pencucian kering menggunakan adsorben menurunkan nilai viskositas lebih besar dibandingkan dengan pencucian basah.



Gambar 16. Pengaruh pencucian terhadap viskositas biodiesel

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

SBE dapat digunakan berulang kali dalam pemucatan minyak di industri minyak goreng dengan cara reaktivasi menggunakan perlakuan asam dan pemanasan. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kombinasi terbaik untuk reaktivasi adalah menggunakan HNO₃ (5%) dengan rasio (1:2). Kombinasi ini kemudian digunakan pada proses reaktivasi SBE sebanyak lima kali ulangan. RBE yang direaktivasi sebanyak lima kali masih memiliki karakteristik yang memenuhi Standar Nasional Indonesia.

Analisis lanjutan dilakukan terhadap SBE sisa produksi biodiesel secara *in situ* dan RBE hasil reaktivasi ke-5 untuk melihat perubahan yang terjadi antara sebelum dan setelah reaktivasi. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan mesin SEM, EDS, dan XRD diperoleh bahwa topografi permukaan RBE lebih halus dibandingkan SBE, terdapat perubahan komponen kimia, dan terdapat penurunan derajat kristalinitas setelah reaktivasi. Hal ini disebabkan proses aktivasi menyebabkan pergeseran pada lapisan *lattice* tanah pemucat sehingga yang semula keteraturannya tinggi (kristalin) menjadi tidak beraturan (amorf).

RBE hasil reaktivasi juga digunakan untuk pemucatan terhadap CPO dan biodiesel. Dari hasil analisis diperoleh bahwa pemucatan menggunakan RBE hasil reaktivasi ke-5 menghasilkan bilangan asam dan bilangan yodium terendah pada CPO. Pemucatan menggunakan FBE menghasilkan CPO yang memiliki %T atau kejernihan tertinggi dan FBE merupakan adsorben dengan efisiensi pemucatan tertinggi. Penggunaan RBE untuk pencucian kering pada biodiesel juga dapat meningkatkan mutu biodiesel. RBE hasil reaktivasi ke-5 dapat menurunkan bilangan asam biodiesel paling tinggi, sedangkan pencucian biodiesel menggunakan FBE menghasilkan bilangan penyabunan, kejernihan, efisiensi pemucatan, dan viskositas terbaik pada biodiesel. Pemucatan yang

dilakukan menggunakan tanah pemucat menghasilkan peningkatan kualitas pada CPO dan biodiesel hasil pemucatan. Dari data tersebut menunjukkan bahwa kemampuan penyerapan FBE yang paling baik di antara tanah pemucat lainnya. FBE merupakan tanah pemucat yang masih segar sehingga pori permukaannya belum tertutupi oleh kotoran. Namun dengan semakin tinggi tingkat reaktivasi RBE, kemampuannya dalam meningkatkan mutu CPO dan biodiesel hampir mendekati FBE. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa reaktivasi berulang RBE akan meningkatkan kemampuan menyerapnya karena semakin sering direaktivasi maka luas permukaan pori RBE tersebut semakin besar.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui tingkat keamanan dari pemakaian adsorben hasil reaktivasi dengan cara meneliti tingkat toksisitas adsorben terhadap bahan yang dipucatkan. Hal ini sangat perlu dilakukan karena mengingat sebagian besar tanah pemucat digunakan dalam pemurnian minyak dan hal ini sangat erat kaitannya dengan keamanan pangan. Selain itu perlu juga dilakukan penelitian untuk mengetahui batas dapat direaktivasinya tanah pemucat dan penggunaan lain tanah pemucat jika tidak dapat lagi direaktivasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistika. 2013. Data Ekspor Menurut Komoditi (*Crude Palm Oil*). www.bps.go.id.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2006. Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 04-7182-2006 tentang Biodiesel. Jakarta: BSN.
- Ehimen EA, Sun ZF, dan Carrington CG. 2010. Variabel affecting the in situ transesterification of microalgae lipids. *Fuel*. 89: 677-684.

- Falaras P, Kovasis I, Lezou F, Seiragakis G. 1999. Cotton seed oil bleaching by acid-activated montmorillonite. *Clay Miner.* (34) 221-232.
- Fatmayati. 2011. Pemucatan minyak sawit kasar menggunakan tanah pemucat hasil reaktivasi. [Skripsi]. Bogor: Departemen Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Foletto EL, Alves CCA, Sganzeria LR, Porto LM. 2002. Regeneration and utilization of spent bleaching clay. *Latin American App Res.* 32:205-208.
- Hymore FK. 1996. Effects of some additives on the performance of acid-activated clays in bleaching of palm oil. *Appl Clay Sci.* 10: 379-385.
- Jain S dan Sharma MP. 2010. Kinetics of acid base catalized transesterification of *Jatropha Curcas Oil*. *Biores Technol.* 101:7701-7706.
- Ketaren S. 2008. *Pengantar Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: UI Press.
- Kheang LS, Cheng SF, Choo YM, Ma AN. 2006a. A study of residual oils recovery from spent bleaching earth: Their characteristics and applications. *J Am App Sci.* 3(10): 2063-2067.
- Knothe G. 2005. Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl ester. *Fuel Process Technol.* 86:1059-1070.
- Kurashige J, Matsuzaki N, dan Takashi H. 1993. Enzymatic modification of canola/palm oil mixture effects on the fluidity of the mixture. *J Am Oil Chem Soc.* 70(9): 849-852.
- Low KS, Lee CK, dan Lee YK. 1998. Decolorisation of CPO by Acid Activated Spent Bleaching Earth. *J Chem Technol and Biotech.* 72: 67-73.
- Tanaka K, Aoki H, Ago H, Yamake T, Okahara K. 1997. Interlayer interaction of two grapheme sheets as a model of double layer carbonnanotubes. *Carbon.* 35 (1): 121-125.
- Tsai WT, Chen HP, Hsieh MF, Sun HF, Chien SF. 2002. Regeneration of spent bleaching earth by pyrolysis in a rotary furnace. *J Analy and Appl Pyrolis.* 63: 157-170.
- Wahyudi MY. 2000. Studi penggunaan kembali *bleaching earth* bekas sebagai adsorben dalam proses *refining* CPO. [Tesis]. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Yang TR. 2003. *Adsorbents Fundamentals and Applications*. New York: John Wiley and Sons Inc.,
- Young FVK. 1987. Refining and Fractination of Palm Oil. Gustone FD (ed.). *Palm Oil: Critical Reports on Applied Chemistry*. New York: John Wiley and Sons.