

Recovery Minyak dari Spent Bleaching Earth (SBE)

Ade Berlian Saputra, Yusnimar Sahan, Ida Zahrina

Laboratorium Dasar Teknik Kimia, Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik,
Universitas Riau, Pekanbaru 28293

Email : adhe.berlian@gmail.com

ABSTRACT

The highest waste of crude palm oil (CPO) refinery industry is spent bleaching earth (SBE), which is usually handled by landfill. SBE still contains high vegetable oil approximately 20-40%, and can be potential for utilization. This research aims to get the oil yield maximum by using solvent extraction under solvent and particle size variations. Oil recovered from this process can be used as a raw material for biodiesel production. Based on this result, it has been found that solvent and particle size variations were influenced by the oil yield. The oil yield is 22.01% which was obtained by using n-hexane, 19.58% by ethanol and 21.07% by acetone. The particle size variations affect the oil yield, for example the oil yield of SBE by using n-hexane are 18.57% for 60 mesh, 20.03% for 100 mesh, and 22.01% for 200 mesh. The analyzed result of oil recovered under conditions n-hexane as a solvent with 200 mesh particle size are water content 0.068%, density 880.3 kg/m³, viscosity 45.69 cSt, and FFA content 14.50%. This oil properties are compared to raw material and biodiesel standard and will be concluded that the oil recovered from SBE can be used as a raw material alternative for biodiesel production.

Keywords : Extraction, Oil recovery, Spent bleaching earth.

1. PENDAHULUAN

Crude Palm Oil (CPO) banyak digunakan di berbagai industri, baik untuk industri pangan ataupun industri non pangan. Salah satunya adalah produk minyak goreng. Pada industri *refinery* CPO terdapat beberapa tahapan proses antara lain penghilangan gum (*degumming*), penghilangan asam lemak bebas (netralisasi), pemucatan warna (*bleaching*) serta penghilangan bau (deodorisasi) [Ketaren, 2005].

Pemucatan warna CPO dalam industri *refinery* bertujuan untuk mengurangi warna CPO dari berwarna coklat menjadi kuning jernih, selain itu juga berfungsi untuk menghilangkan sisa kotoran dan

getah, dan sisa asam lemak bebas dari proses penetralan minyak [Waldmann dan Eggers, 1991]. Pada proses *refinery* CPO, pemucatan dilakukan dengan menggunakan *bleaching earth* (BE).

Limbah terbesar pada industri *refinery* minyak nabati adalah *Spent Bleaching Earth* (SBE). Menurut PP No. 85 tahun 1999, SBE merupakan limbah bahan berbahaya dan beracun (limbah B3). Karena SBE dapat menimbulkan polusi dan reaksi pembakaran akibat jenuh dengan minyak yang tertahan. Pada industri *refinery* minyak nabati penanganan SBE dilakukan secara *landfill*, yaitu SBE ditumpuk pada suatu lahan khusus. Diperkirakan SBE yang

dihasilkan semakin meningkat karena kebutuhan industri akan BE tiap tahun semakin meningkat. Oleh karena itu dibutuhkan lahan yang lebih luas untuk membuang SBE pada industri.

SBE memiliki kandungan minyak nabati yang tinggi yaitu sekitar 20-40%, sehingga merupakan suatu bahan yang sangat potensial untuk dimanfaatkan. Pada penelitian ini dilakukan suatu upaya *recovery oil* dari SBE. Karena semakin tahun jumlah CPO yang dipakai di Indonesia untuk proses *bleaching* semakin besar, contoh jika sebesar 5 juta ton *bleaching earth* yang digunakan per tahun, maka dalam proses pemurnian CPO menghasilkan *spent bleaching earth* sebesar 100.000 ton per tahun [Kaimal et al, 2002].

Pada industri *refinery* CPO salah satunya terdapat proses *bleaching*. Dengan semakin banyak CPO yang di-*bleaching* maka jumlah SBE yang dihasilkan semakin meningkat pula, sehingga untuk penanganan limbah ini dibutuhkan lahan yang lebih luas. Oleh karena itu penanganan limbah SBE sangat penting dilakukan, terkait dengan besarnya potensi limbah yang dihasilkan, dan mengingat perkembangan industri *refinery* minyak nabati di Indonesia pada umumnya, khususnya di Riau yang semakin pesat pertumbuhannya.

Kheang et al [2006] telah melakukan penelitian mengenai proses pengambilan minyak dari *spent bleaching earth* dengan dua metode yaitu *solvent extraction* (heksana) dan *supercritical extraction* (SC-CO₂). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kandungan minyak yang didapatkan dengan metode *solvent extraction* lebih besar dibanding *supercritical*

extraction (SC-CO₂) yaitu sebesar 30%.

Dibandingkan dengan hasil dari Chanrai et al [2004] didapatkan rendemen minyak dari 4 jenis pelarut organik bernilai 16,78 sampai 25,01 %. Pelarut yang menghasilkan rendemen minyak paling banyak dihasilkan oleh aseton dengan nilai rendemen minyak 25,01 %, lalu pelarut lainnya didapatkan nilai rendemen minyak 19,50 % untuk n-heksana, 17,83 % untuk isopropanol, dan 16,78 % untuk toluena.

Pada penelitian ini, proses *recovery oil* dilakukan dengan metode ekstraksi pelarut. Pelarut yang digunakan adalah heksana teknis, etanol teknis, dan aseton teknis. Dalam penelitian ini digunakan pelarut teknis bertujuan untuk mendapatkan hasil rendemen minyak yang ekonomis, dibandingkan dengan menggunakan pelarut p.a yang harganya jauh lebih mahal.

Untuk meningkatkan proses *recovery oil* dari SBE, maka dilakukan variasi ukuran partikel, dan jenis pelarut. Jika dilakukan pengecilan ukuran partikel SBE maka akan meningkatkan proses ekstraksi minyak di dalamnya, karena dengan ukuran partikel yang bertambah kecil, maka akan memperbesar luas permukaan kontak SBE dengan pelarut. Variasi ukuran partikel SBE yang dilakukan adalah 60 *mesh*, 100 *mesh*, dan 200 *mesh*.

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh jenis pelarut terhadap rendemen minyak pada proses *recovery* minyak pada SBE, untuk menentukan pengaruh ukuran partikel SBE terhadap rendemen minyak pada proses *recovery* minyak pada SBE,

dan untuk menentukan kadar air, densitas, viskositas, dan kadar asam lemak bebas pada minyak hasil ekstraksi dan dibandingkan dengan standar bahan baku untuk pembuatan biodiesel dan standar biodiesel.

2. METODE PENELITIAN

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai sampel dan menggunakan pelarut heksana teknis, etanol teknis, aseton teknis sebagai pelarut. Untuk analisa hasil digunakan etanol 95%, asam oksalat, aquades, natrium tiosulfat, indikator fenolftalein, dan KOH.

Pada penelitian ini digunakan beberapa alat untuk mendukung kelancaran penelitian sebagai berikut: alat sokletasi, termometer, gelas ukur, gelas piala 500 ml, desikator, buret 50 ml, corong, erlenmeyer 250 ml, piknometer, mantel pemanas, statip, klem, gelas ukur 50 ml, cawan porselen, pipet tetes, oven, neraca analitik, viskometer oswald.

Penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahap yaitu tahap pengambilan sampel/SBE, tahap preparasi sampel, tahap *recovey oil* pada SBE dan tahap analisa.

2.1 Tahap Pengambilan Sampel

Sampel SBE diperoleh dari PT. Wilmar – Pelintung Dumai, sampel diambil dari 5 titik yang ada di lokasi penimbunan SBE, dan sampel dari 5 titik tersebut dikumpul menjadi satu.

2.2 Tahap Preparasi Sampel

Sampel SBE sebelum digunakan mula-mula digerus, kemudian discreening ukuran partikelnya 60, 100, dan 200 *mesh*.

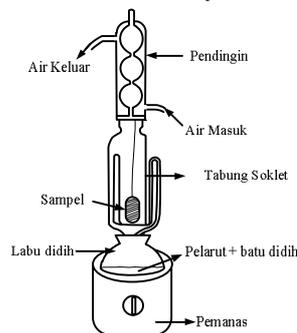
2.3 Tahap *Recovery Oil* pada SBE

1. Seperangkat alat soklet disiapkan.
2. Labu soklet kosong ditimbang beratnya.
3. SBE yang telah discreening ditimbang beratnya 50 gram.
4. Pelarut sebanyak 500 ml dimasukkan ke dalam labu soklet.
5. Kemudian SBE dimasukkan ke dalam timbel, kemudian timbel yang telah berisi SBE diletakkan dalam tabung soklet.
6. Selanjutnya dihidupkan alat pemanas dan suhu diatur sesuai yang dibutuhkan.
7. Kemudian dilakukan proses ekstraksi *recovery oil* pada SBE.
8. Proses sokletasi dihentikan apabila minyak dari sampel dirasa sudah terekstrak habis, yaitu dengan mengambil thimbel pada tabung soklet dan kemudian diperas dan ditampung, setelah itu dilakukan pengujian kadar minyak yang masih terkandung dalam hasil perasan dengan larutan $KMnO_4$. Apabila suatu larutan sampel dicampur dengan $KMnO_4$ berubah warna berarti kandungan minyak masih ada dan begitu sebaliknya.
9. Setelah proses ekstraksi selesai, labu yang berisi minyak dipanaskan untuk memisahkan pelarut dari senyawa hasil ekstraksi.
10. Labu yang telah berisi minyak dipanaskan dalam oven dengan suhu $5-10^\circ$ di atas suhu titik

didih pelarut selama 15 menit, kemudian labu dimasukkan ke dalam desikator selama 10 menit, lalu labu ditimbang.

11. Kemudian labu berisi minyak dipanaskan, lalu didinginkan, dan ditimbang beratnya sampai beratnya konstan.

$$\text{Oil Recovery} = \frac{\text{berat labu berisi minyak} - \text{berat labu kosong}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$



Gambar 2.1 Alat Sokletasi

2.4 Tahap Analisa

Pada SBE sebelum diekstraksi dianalisa kadar airnya. Pada minyak hasil ekstraksi / *recovery oil* dianalisa kadar air, densitas, viskositas, dan asam lemak bebas.

1. Kadar air dengan metoda oven [SNI 01-355S-1998]

Sampel dipanaskan dalam oven 105°C selama 1 jam, kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit kemudian ditimbang. Setelah ditimbang, berat sampel dicatat. Ulangi pemanasan dan penimbangan sampai diperoleh bobot tetap.

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{berat sampel} - \text{berat sampel setelah dioven}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

2. Kadar Asam Lemak Bebas [SNI 01-355S-1998]

- a. Ditimbang dengan teliti 2 - 5 gram contoh ke dalam erlenmeyer 250 ml.
- b. Ditambahkan 50 ml etanol 95% netral, kemudian dipanaskan sampai suhu 70°C selama 20 menit.
- c. Ditambahkan 3 - 5 indikator PP dan dititrasikan dengan standar KOH 0,1 N hingga warna merah muda tetap (tidak berubah selama 15 detik).
- d. Dilakukan penetapan duplo.
- e. Dihitung kadar asam lemak bebas dalam contoh.

Kadar asam lemak bebas dinyatakan sebagai mg KOH/gram lemak, dihitung sampai 2 desimal dengan menggunakan rumus :

$$\% \text{ ALB} = \frac{\text{ml KOH} \times \text{N} \times \text{berat molekul asam lemak}}{\text{berat sampel} \times 1000} \times 100\%$$

3. Densitas [SNI 01-2891-1992]

Piknometer dibersihkan dan dikeringkan, kemudian ditimbang berat piknometer kosong. Kemudian minyak dipanaskan sampai suhu minyak 40°C, lalu dimasukkan ke dalam piknometer sampai meluap dan diusahakan tidak terbentuk gelembung udara. Kemudian piknometer ditutup, dan minyak yang meluap dan menempel di bagian luar piknometer dibersihkan. Lalu piknometer ditimbang beserta isinya, dan bobot sampel dihitung dengan mengurangi bobot piknometer berisi

dengan bobot piknometer kosong.

$$\text{Densitas} = \frac{\text{Berat piknometer dan sampel} - \text{berat piknometer kosong}}{\text{Volume piknometer}}$$

4. Viskositas [ASTM D445]

- Viskometer yang bersih dipergunakan.
- Viskometer diletakkan dalam termostat pada posisi vertikal.
- Dipanaskan minyak sampai suhunya mencapai 40°C.
- Setelah suhu minyak tercapai, dimasukkan minyak ke dalam viskometer.
- Dihitung waktu cairan turun minyak dari batas atas sampai batas bawah viskometer.
- Ditatat waktu alirnya.

Perhitungan :

$$\mu = k \cdot t$$

Keterangan :

μ = viskositas cairan (cSt)

k = konstanta viskometer (cSt/s)

t = waktu alir (s)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

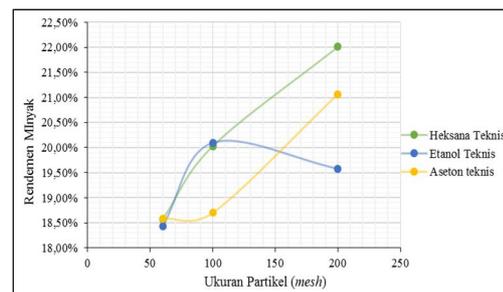
Hasil penelitian yang didapatkan berupa data meliputi kinerja proses ekstraksi minyak yang terdapat dalam SBE dibawah kondisi variasi ukuran partikel SBE dan jenis pelarut yang digunakan serta hasil pengujian karakteristik minyak yang terekstrak.

3.1 Pengaruh Jenis Pelarut dan Ukuran Partikel SBE terhadap Rendemen Minyak

Pada penelitian ini dilakukan proses ekstraksi minyak pada SBE diantaranya variasi jenis pelarut (heksana, etanol, aseton) dan ukuran partikel SBE (60 mesh, 100 mesh, 200 mesh). Hasil proses ekstraksi minyak pada SBE dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Gambar 3.1.

Tabel 3.1 Pengaruh Ukuran Partikel SBE dan Jenis Pelarut terhadap Rendemen Minyak

Ukuran Partikel	% Rendemen Minyak			Chanrai et al [2004]	
	Heksana	Etanol	Aseton	Heksana	Aseton
60 mesh	18,57%	18,44%	18,59%		
100 mesh	20,03%	20,10%	18,70%	17,83 %	25,01 %
200 mesh	22,01%	19,58%	21,07%		



Gambar 3.1 Pengaruh Jenis Pelarut dan Ukuran Partikel terhadap Rendemen Minyak

Pada penelitian ini dilakukan variasi jenis pelarut yang digunakan untuk mengekstrak minyak dalam SBE supaya didapatkan proses yang lebih optimal. Pada proses ekstraksi dengan menggunakan pelarut heksana teknis didapatkan rendemen minyak 18,57 % untuk ukuran partikel SBE 60 mesh, dengan rendemen minyak 20,03% untuk ukuran partikel 100 mesh, dan rendemen minyak 22,01% untuk ukuran partikel 200 mesh. Sedangkan dengan menggunakan pelarut etanol, didapatkan rendemen minyak 18,44% untuk ukuran partikel

60 mesh, dengan rendemen minyak 20,10% untuk ukuran partikel 100 *mesh*, dan rendemen minyak 19,58% untuk ukuran partikel 200 *mesh*. Pada penggunaan pelarut etanol teknis dengan ukuran partikel 200 mesh, rendemen minyak sedikit lebih kecil dibandingkan dengan ukuran partikel 100 *mesh*. Hal ini disebabkan etanol teknis mengandung kadar air yang tinggi maka minyak tersebut terhidrolisa, sehingga keefektifan pelarut etanol yang digunakan berkurang. Hal ini dapat diketahui bahwa kadar ALB pada minyak hasil ekstraksi dengan pelarut etanol lebih tinggi daripada dengan pelarut heksana.

Pada Tabel 3.1 dan Gambar 3.1 dapat dilihat rendemen minyak yang paling tinggi pada penggunaan pelarut heksana teknis, tingginya rendemen minyak dikarenakan beda polaritas yang kecil antara heksana (*polarity index* = 0,0) dengan minyak yang diekstrak. Sedangkan untuk pelarut aseton dan etanol memiliki beda polaritas yang lebih besar dibandingkan dengan beda polaritas heksana dengan minyak. Sehingga dari variasi jenis pelarut pada proses ekstraksi minyak dari SBE dapat diambil kesimpulan bahwa pelarut yang terbaik untuk ekstraksi minyak yang terkandung dalam SBE adalah heksana teknis. Pada Tabel 3.1 dan Gambar 3.1 dapat diketahui bahwa ada pengaruh variasi ukuran partikel SBE (60, 100, dan 200 mesh) pada rendemen minyak hasil proses ekstraksi. Semakin kecil ukuran partikel maka rendemen minyak yang diperoleh semakin tinggi, karena SBE dengan ukuran partikel yang terkecil mempunyai luas permukaan kontak yang semakin besar dengan pelarut.

Dari Tabel 3.1 dapat dilihat perbandingan nilai rendemen minyak hasil ekstraksi dengan rendemen yang didapatkan oleh Chanrai et al [2004], Nilai rendemen minyak penelitian ini berbeda dengan rendemen minyak yang diperoleh Chanrai et al [2004], hal ini disebabkan oleh perbedaan metode yang digunakan. Chanrai et al [2004] melakukan ekstraksi minyak dengan cara maserasi yaitu dengan mencampurkan pelarut dan SBE pada suhu 35-50°C dalam reaktor selama 15 – 45 menit. Kemudian *slurry* atau campuran disaring dan dilakukan pemisahan minyak yang diperoleh dengan pelarut dan SBE yang sudah diambil minyaknya. Dibandingkan dengan metode yang digunakan yaitu dengan sokletasi. Sampel diekstraksi dengan sempurna karena dilakukan berulang-ulang dan penggunaan pelarut lebih sedikit daripada metoda maserasi.

3.2 Hasil Penentuan Kadar Air, Densitas, Viskositas, dan Kadar Asam Lemak Bebas (ALB) pada Minyak Hasil Ekstraksi

Pada minyak hasil ekstraksi dilakukan pengujian karakteristiknya berupa pengujian kadar air, densitas, viskositas dan kadar asam lemak bebas. Pengujian karakteristik ini dilakukan dengan menguji kandungan minyak hasil ekstraksi dengan 3 jenis pelarut yang digunakan yaitu heksana teknis, etanol teknis, dan aseton teknis, hasil pengujian karakteristik minyak yang terekstrak pada tiap pelarut dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Minyak hasil ekstraksi dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan biodiesel, karena minyak hasil ekstraksi berasal dari SBE yang

memiliki kandungan minyak nabati yang tinggi yaitu sekitar 20-40% [Kaimal, 2002]. Setiap bahan baku pada proses pengolahan biodiesel memiliki karakteristik karakteristik yang berbeda seperti massa jenis, viskositas, bilangan asam, asam lemak bebas, angka setana, titik awan/kabut, kadar air dan sedimen, dan titik tuang. Sifat-sifat ini nantinya akan berpengaruh terhadap mutu biodiesel yang dihasilkan. Selain bahan baku, proses pengolahan juga berpengaruh terhadap mutu biodiesel yang dihasilkan. Beberapa proses pengolahan biodiesel diantaranya adalah transesterifikasi (satu tahap), esterifikasi (dua tahap), *degumming* dengan proses satu tahap, dan *degumming* dengan proses dua tahap [Arifah, 2012].

Tabel 3.2 Karakteristik Minyak Hasil Ekstraksi SBE

Pelarut	Karakteristik Minyak			
	Kadar Air (%)	Densitas, 40°C (kg/m ³)	Viskositas Kinematik, 40°C (cSt)	Kadar ALB (%)
Heksana	0,068	880,3	45,69	14,50
Etanol	0,190	903,1	65,87	15,20
Aseton	0,194	906,9	67,86	15,95
Standar Bahan Baku Biodiesel [RBS, 2008]	< 1	920*	16,65*	ALB Standar (<5%) ALB Tinggi (5-20%)
Standar Biodiesel [SNI 04-7182-2006]	Maks. 0,05	850-890	2,3 – 6,0	0,8

Sumber : Zachawerus, 2008

Proses pembuatan biodiesel sangat sensitif terhadap keberadaan air. Kandungan air dalam bahan baku pembuatan biodiesel dipersyaratkan tidak lebih dari 1% [RBS, 2008]. Dari Tabel 3.2 dapat dilihat, kadar air minyak hasil ekstraksi memenuhi syarat bahan baku untuk pembuatan biodiesel yaitu berkisar 0,068 – 0,194%. Kandungan air yang tinggi menyebabkan terjadinya reaksi penyabunan. Ada berbagai metode penghilangan air dari bahan baku. Sentrifugasi dapat memecah ikatan air

sehingga air akan turun dan mengendap. Cara lain adalah bahan baku dipanaskan dengan tekanan dinaikkan selanjutnya disemprotkan ke dalam tangki vakum. Cara ini mampu menjadikan bahan baku memiliki kandungan air yang sangat rendah [Anonim, 2001].

Dari Tabel 3.2 dapat dilihat kadar ALB pada minyak hasil ekstraksi berkisar 14,50-15,95%. Kadar ALB minyak hasil ekstraksi ini memenuhi syarat sebagai bahan baku pembuatan biodiesel yaitu ALB standar (<5%), dan ALB tinggi (5-20%) [RBS, 2008]. Kadar ALB yang tinggi akan mengganggu pada proses pembentukan biodiesel, oleh karena itu pada minyak hasil ekstraksi perlu dilakukan *pretreatment* terlebih dahulu untuk mengurangi kadar FFA. *Pretreatment* yang dilakukan adalah dengan esterifikasi untuk mengurangi kadar FFA. Air yang menjadi hasil samping dipisahkan dari minyak hasil ekstraksi. Setelah itu minyak hasil ekstraksi dapat dilakukan transesterifikasi menjadi biodiesel [Buchori, 2012].

Pada Tabel 3.2 dapat dilihat nilai densitas minyak hasil ekstraksi memenuhi standar bahan baku biodiesel yaitu 920 kg/m³. Nilai densitas ini dapat menentukan efisiensi proses dan kualitas biodiesel, dan nilai densitas berhubungan dengan kadar sedimen, kadar air, serta kadar abu. Sifat-sifat ini erat kaitannya dengan kualitas proses pemurnian biodiesel [Solikhah, 2005].

Dari hasil karakteristik pada Tabel 3.2 dapat dilihat nilai viskositas minyak hasil ekstraksi tinggi dan tidak memenuhi standar bahan baku biodiesel. Hal ini dikarenakan minyak hasil ekstraksi berasal dari SBE yang

memiliki kandungan minyak nabati. Viskositas yang tinggi dari minyak nabati disebabkan karena adanya percabangan pada rantai karbonnya yang cenderung panjang. Untuk mengurangi viskositasnya, minyak nabati dapat direaksikan dengan alkohol rantai pendek menghasilkan ester (biodiesel) dan gliserol [Aziz, 2008]. Apabila biodiesel yang dihasilkan telah mencapai viskositas yang ditentukan dalam standar, maka bisa dikatakan reaksi telah berhasil. Kemudian dilanjutkan ke tahap pemurnian.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Variasi pelarut mempengaruhi jumlah rendemen minyak yang diperoleh pada proses *recovery* minyak dari SBE. Rendemen minyak yang maksimal diperoleh dengan menggunakan heksana. Dengan pelarut heksana, rendemen minyak 22,01%, untuk pelarut etanol didapatkan rendemen minyak 19,58%, dan dengan aseton didapatkan rendemen minyak 21,07%.
2. Dengan memperkecil ukuran partikel SBE terbukti dapat meningkatkan proses *recovery* minyak dalam SBE, adapun hasil rendemen minyak yang diperoleh pada ukuran partikel SBE 60 *mesh* didapatkan rendemen minyak 18,57 %, dengan ukuran partikel 100 *mesh* didapatkan rendemen minyak 20,03% dan rendemen minyak 22,01% untuk ukuran partikel 200 *mesh*.

3. Hasil analisa minyak hasil ekstraksi dengan rendemen minyak tertinggi yaitu dengan menggunakan pelarut heksana dan ukuran partikel SBE 200 *mesh*, diperoleh kadar air 0,068%, densitas 880,3 kg/m³, viskositas 45,69 cSt, dan kadar ALB 14,50%.
4. Minyak hasil ekstraksi jika dibandingkan dengan syarat bahan baku biodiesel, maka minyak hasil ekstraksi dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan biodiesel.

4.2 Saran

Kemungkinan rendemen minyak hasil ekstraksi dapat ditingkatkan dengan menggunakan ukuran partikel SBE yang lebih kecil, misalnya 250 *mesh* dan 300 *mesh*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2001, *Teknologi Lengkap Biodiesel*, <http://www.pdf4free.com>, diakses pada 14 Januari 2012.
- Arifah, E., Setyaningsih, D., Marimin, 2012, *Sistem Penunjang Keputusan Mutu Biodiesel Berbasis Web*, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- ASTM International, 2006, Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity), *D 445-06*.
- Aziz, I., 2008, *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dalam Reaktor Tangki Alir Berpengaduk*, UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta.

- Buchori, L., Sasongko, S.B., Anggoro, D.D., Aryanti, N., 2012, *Pengambilan Minyak Kedelai dari Ampas Tahu Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel*, Jurnal Ilmu Lingkungan, Volume 10, Issue 2: 146-150 (2012) ISSN 1829-8907.
- Badan Standarisasi Nasional, 1992, Cara Uji Makanan dan Minuman, SNI 01-2891-1992.
- Badan Standarisasi Nasional, 1998, Cara Uji Minyak dan Lemak, SNI 01-3555-1998.
- Bernasconi, G., Gerster, H., Hauser, H., Stauble, H., Schneiter, E., 1987, *Teknologi Kimia Bagian 2*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Chanrai, N.G., Burde, S.G., 2004, Recovery Oil From Spent Bleaching Earth, *U.S. Patent No. 6,780,321 B2*.
- Kaimal, T.N.B., Vijayalakshmi, P., Laximi, A.A., dan Ramakinga, B., 2002, Process for simultaneous conversion of adsorbed oil to alkyl esters and regeneration of commercial spent bleaching earth for reuse, *U.S. Patent No. 0115875 A1*.
- Ketaren, S. 2005. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, UI-Press, Jakarta.
- Kheang, L.S., Foon, C.S., May, C.Y., dan Ngan, M.A., 2006, Malaysian Palm Oil Board. *A Study of Residual Oils Recovered from Spent Bleaching Earth : Their Characteristics and Applications*, American Journal of Applied Sciences 3 (10): 2063-2067.
- RBS, 2008, *Pabrik Biodiesel (Fatty Acid Methyl Ester) Multi Feed Stock Plant, Produksi Dalam Negeri*, PT. Rancang Bangun Sejahtera, Tangerang.
- Solikhah, M.D., Nuramin, M., Rizal, S., Wirawam, S.S., 2005, *Biodiesel Pilot Plant Kapasitas 1,5 ton/hari Sebuah Langkah Kecil dalam Road Map Biodiesel*, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses, ISSN : 1411 – 4216 Indonesia
- Waldmann, C., Eggers R, 1991, De-oiling contaminated bleaching clay by high - pressure extraction, *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 68, 922- 930.
- Zachawerus, D.F., 2008, *Pengaruh Kecepatan Pengadukan pada Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar*, Skripsi Universitas Riau, Pekanbaru.