

PEMULIHAN MINYAK SAWIT DARI SPENT BLEACHING EARTH DENGAN METODE EKSTRAKSI REFLUKS

PALM OIL RECOVERY THROUGH REFLUX EXTRACTION FROM SPENT BLEACHING EARTH

Muslich^{*)}, Sri Utami, dan Nastiti Siswi Indrasti

Departemen Teknologi Industri Pertanian, IPB University
Kampus IPB Dramaga P.O. Box 220, Bogor 16680, Indonesia
Tel.: +62 251 8621974; +62 251 8621974
Email: muslichmas@yahoo.com

Makalah: Diterima 3 November 2019; Diperbaiki 17 Maret 2020; Disetujui 30 Maret 2020

ABSTRACT

Spent Bleaching Earth (SBE) is a waste of oil products containing 20-40% oil, so it needs to be recovered. The purpose of this study were to analyze the ratio of ingredients/solvents to the best yield and oil as well and to determine the best treatment in the process of oil extraction from SBE. The SBE used came from the process of bleaching crude palm oil (CPO) (material A) and SBE from the bleaching process was redefined as palm oil deodorization (RDPO) which had been saved for three months (material B). The extraction process uses a reflux method with n-hexane solvents for 3 hours. This study uses a completely randomized single factor design with preparation of the material / solvent ratio (1: 4, 1: 6, 1: 8) (w/v) to each SBE material. The results showed the characteristics of sample A had an oil content of 17.17%, an ash content of 31.27%, a volatile content of 33.49%, a pH of 3.21, and a moisture content of 0.72%. Sample B had an oil content of 38.28%, an ash content of 48.33%, a volatile content of 47.33%, a pH of 7.75, and an air content of 1.00%. The ratio between sample material A to the volume of the solvent affects the yield and density of the oil, while the ratio between the sample material B to the volume of the solvent only affects the density of the oil. The ratio for the comparison of ingredients to the volume of solvent sample A is 1: 8 with the yield of oil yield of 88.31%. The resulting oil has an acid number of 84.44 mg KOH / g, a density of 0.89 g / cm³, a viscosity of 4.91 cSt, and an iodine number of 48.07 g iod / 100 g. The best ratio of material to solvent volume for sample B is 1: 8 with the highest oil yield of 75%. The resulting oil has an acid number of 2.77 mg KOH / g, a density of 0.87 g / cm³, a viscosity of 4.36 cSt, and an iod number of 40.61 g iod / 100 g.

Keywords: extraction, palm oil, recovery, reflux, spent bleaching earth

ABSTRAK

*Spent Bleaching Earth (SBE) merupakan limbah hasil pemucatan minyak yang mengandung 20-40% minyak sehingga perlu dilakukan pemulihan. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis pengaruh rasio bahan/pelarut terhadap rendemen dan mutu minyak serta mendapatkan perlakuan terbaik dalam proses ekstraksi minyak dari SBE. SBE yang digunakan berasal dari proses pemucatan *crude palm oil* (CPO) (bahan A) dan SBE dari proses pemucatan *refined bleached deodorized palm oil* (RDPO) yang telah disimpan selama tiga bulan (bahan B). Proses ekstraksi menggunakan metode refluks dengan pelarut heksan teknis selama 3 jam. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap faktor tunggal dengan perlakuan rasio bahan/pelarut (1:4, 1:6, 1:8) (b/v) terhadap masing-masing bahan SBE. Hasil penelitian menunjukkan karakteristik sampel A memiliki kadar minyak 17,17%, kadar abu 31,27%, kadar volatil 33,49%, pH 3,21, dan kadar air 0,72%. Sampel B memiliki kadar minyak 38,28%, kadar abu 48,33%, kadar volatil 47,33%, pH 7,75, dan kadar air 1,00%. Rasio antara bahan sampel A terhadap volume pelarut mempengaruhi rendemen dan densitas minyak, sedangkan rasio antara bahan sampel B terhadap volume pelarut hanya mempengaruhi densitas minyak. Perlakuan terbaik untuk rasio bahan terhadap volume pelarut sampel A adalah 1:8 dengan menghasilkan rendemen minyak tertinggi 88,31%. Minyak yang dihasilkan memiliki bilangan asam 84,44 mg KOH/g, densitas 0,89 g/cm³, viskositas 4,91 cSt, dan bilangan iod 48,07 g iod/100 g. Rasio bahan terhadap volume pelarut terbaik untuk sampel B sebesar 1:8 dengan rendemen minyak tertinggi yaitu 75%. Minyak yang dihasilkan memiliki bilangan asam 2,77 mg KOH/g, densitas 0,87 g/cm³, viskositas 4,36 cSt, dan bilangan iod 40,61 g iod/100 g.*

Kata kunci: ekstraksi, minyak sawit, recovery, refluks, spent bleaching earth

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara produsen dan eksportir minyak sawit terbesar di dunia. Pada tahun

2016 produksi minyak sawit kasar (*crude palm oil*/CPO) sebesar 31,02 juta ton. Ekspor CPO Indonesia pada tahun 2016 mencapai 22,76 juta ton, sedangkan untuk konsumsi nasional sebesar 8,26 juta

ton (BPS, 2016). Pada proses pemurnian CPO, salah satu proses yang paling banyak menghasilkan limbah adalah proses pemucatan menggunakan tanah pemucat (*bleaching earth*) dengan kadar antara 0,5-2,0% dari massa CPO (Young 1987; Oladosu *et al.*, 2017). Dalam proses penyulingan minyak sawit, *bleaching earth* digunakan untuk menghilangkan warna, fosfolipid, produk teroksidasi, logam, dan sisa getah dari minyak (Aziz *et al.*, 2019). Jika pada tahun 2016 konsumsi dalam negeri CPO sebesar 8,26 juta ton maka untuk proses pemurnian CPO diperlukan *bleaching earth* sebesar 165 200 ton.

Proses pemurnian CPO menghasilkan tanah pemucat bekas (*spent bleaching earth/SBE*) dalam jumlah banyak. SBE adalah limbah industri, terutama dihasilkan dari pengolahan minyak nabati yang umumnya masih mengandung 20-40% minyak (Musa *et al.*, 2018). Setelah digunakan dalam pemrosesan minyak nabati, SBE mengandung minyak tak jenuh yang membuat limbah tidak stabil dan menghambat proses disposasi (Bachmann *et al.*, 2020). SBE umumnya dibuang ke tempat pembuangan sampah tanpa perawatan yang sesuai karena memerlukan biaya tinggi dalam penanganannya (Loh *et al.*, 2013). Pembuangan SBE tersebut dapat menyebabkan banyak masalah lingkungan seperti potensi masalah pembakaran spontan yang dapat terjadi akibat oksidasi asam lemak tak jenuh (Merikhy *et al.*, 2019). SBE masing-masing mengandung minyak nabati 20-40% sehingga berpotensi untuk dilakukan pemulihan (*recovery*). Pemulihan minyak nabati dari SBE merupakan peluang penerapan produksi bersih (*cleaner production*) dan penghematan biaya dalam industri pengolahan minyak nabati (Oladosu *et al.*, 2017). Idealnya, sisa minyak dalam SBE dapat diperoleh kembali untuk aplikasi industri (mis. sebagai bahan baku untuk biofuel kilang minyak, pelumas, oleokimia, pakan ternak, dan pupuk) (Arpornpong *et al.*, 2018). Minyak hasil *recovery* juga dapat diolah menjadi metil ester (biodiesel), hal ini dikarenakan minyak sudah tidak lagi *food grade* (Young, 1987).

Berbagai metode pemulihan minyak dari SBE telah dikembangkan, antara lain *soxhlet extraction*, *membrane technology*, *subcritical water technology*, dan *supercritical fluid extraction* (Oladosu *et al.*, 2017). Di antara metode tersebut, metode ekstraksi menggunakan pelarut merupakan yang paling disukai dan banyak digunakan karena lebih ekonomis tanpa memerlukan tambahan teknologi mahal (Merikhy *et al.*, 2019). Pemilihan pelarut yang cocok, didasarkan pada senyawa organik dalam SBE merupakan keputusan paling penting dalam proses ekstraksi (Merikhy *et al.*, 2019).

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%. Berdasarkan hasil penelitian Chanrai dan Burde (2004) didapatkan rendemen minyak dari 4 jenis pelarut organik dengan nilai rendemen minyak 25,01% untuk aseton, lalu pelarut lainnya didapatkan nilai rendemen minyak 19,50% untuk n-heksana, 17,83% untuk isopropanol, dan 16,78% untuk toluena.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Krisyanti dan Sukandar (2011) rendemen minyak SBE dengan metode soxhlet berkisar antara 19,07-24,14% dan mutunya rendah, sedangkan rendemen minyak metode maserasi berkisar 13,09-21,82% dan mutunya baik. Permana (2009) telah melakukan penelitian metode ekstraksi soxhlet dengan waktu optimum sebesar 14 jam. Hasil rendemen maksimum untuk pelarut heksan sebesar 17,74% pada rasio bahan dan pelarut 1:8. Selain itu, Akbar (2012) juga telah melakukan penelitian menggunakan metode maserasi dengan waktu ekstraksi optimum 24 jam dan rasio bahan dengan pelarut sebesar 1:4.

Oleh sebab itu, penelitian ini menggunakan salah satu metode dari *solvent extraction* dengan jenis pelarut n-heksana teknis. Pemilihan pelarut heksan disebabkan minyak dan pelarut memiliki tingkat kepolaran yang sama. Selain itu, titik didih heksan yang rendah mempermudah proses pemisahan minyak dengan pelarut dan menghindari kerusakan minyak. Pelarut *n-hexane* juga merupakan pelarut pilihan selama beberapa dekade karena kinerjanya yang sangat baik dalam mengekstraksi residu minyak terutama minyak nabati (Ahmad *et al.*, 2020).

Pada penelitian ini, digunakan dua jenis bahan SBE yaitu SBE dari pemurnian CPO dan SBE dari pemurnian RDPO yang telah disimpan selama tiga bulan. Pemulihan minyak nabati dari SBE membutuhkan proses ekstraksi yang sesuai, menghasilkan rendemen yang tinggi dalam waktu sesingkat mungkin dengan konsumsi pelarut minimum. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan metode *solvent extraction*, perlu adanya perbaikan metode untuk menghasilkan rendemen minyak yang tinggi dan mutu yang baik dengan waktu ekstraksi lebih efisien melalui metode ekstraksi refluks yang akan dilakukan pada penelitian ini.

Menurut Nurashiah (2010) metode ekstraksi refluks menghasilkan rendemen lebih tinggi dibandingkan maserasi. Kristanti (2008) juga menjelaskan keuntungan refluks dibandingkan soxhletasi adalah pelarut yang digunakan lebih sedikit sehingga lebih ekonomis dan dapat mengekstrak bahan lebih banyak. Oleh sebab itu, dipilih metode ekstraksi refluks sebagai perbaikan dari kedua metode tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk: menganalisis pengaruh rasio bahan dan volume pelarut terhadap rendemen dan mutu minyak dari SBE; menentukan perlakuan optimum dalam proses ekstraksi minyak dari SBE tersebut.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan adalah SBE dari proses pemucatan CPO (Sampel A) dan SBE dari pemucatan RBDPO yang telah disimpan selama 3 bulan (Sampel B), n-heksana (Teknis), n-heksana (PA), alkohol netral 95%, phenolptalein (pp), kalium iodida (KI), larutan pati 1%, kalium hidroksida (KOH), kloroform, natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$), natrium bikarbonat (NaHCO_3), asam sulfat (H_2SO_4), dan larutan Wijs. Peralatan yang digunakan adalah kondensor, kompor listrik, erlenmeyer asah, oven, desikator, *furnace*, pH meter, *water bath*, piknometer, dan viskosimeter ostwald.

Metode

Karakterisasi SBE

SBE diarakterisasi sebelum ekstraksi dengan melakukan pengujian kadar minyak (SNI 01-2891-1992), kadar air (AOAC, 2005), kadar abu (AOAC, 2005), analisis pH, dan kadar volatil bahan (British 1016 Part 104.3:1998).

Penentuan Waktu Ekstraksi

Penentuan waktu ekstraksi dilakukan dengan cara mengekstrak minyak dari SBE menggunakan pelarut n-heksana teknis dengan metode refluks. Proses ekstraksi menggunakan rasio bahan terhadap volume pelarut sebesar 1:4 (b/v). Penentuan waktu ekstraksi dilakukan selama lima kali ulangan. Waktu ekstraksi yang menghasilkan nilai rendemen maksimum digunakan untuk proses ekstraksi minyak dari SBE.

Ekstraksi Minyak dari SBE

Ekstraksi minyak dari SBE dilakukan dengan metode ekstraksi refluks menggunakan pelarut n-heksana teknis yang terdiri dari dua tahapan proses, diantaranya :

1. Ekstraksi minyak menggunakan dua sampel yaitu sampel A dan sampel B dengan perlakuan rasio bahan terhadap volume pelarut (1:4 ; 1:6 ; 1:8) untuk masing-masing sampel tersebut.
2. Penyaringan menggunakan kertas saring untuk memisahkan ampas dengan pelarut dan minyak serta pemisahan pelarut dengan minyak menggunakan *water bath*.

Pengujian Mutu Minyak

Tahap akhir penelitian ini adalah pengujian mutu minyak yang dihasilkan dari proses ekstraksi SBE sampel A dan sampel B. Pengujian mutu minyak yang dilakukan adalah rendemen minyak, densitas, viskositas (SNI 04-7182-2006), bilangan asam (SNI 01-3555-1998), dan bilangan iod.

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap faktor tunggal dengan dua kali ulangan.

Perlakuan yang digunakan adalah rasio bahan terhadap volume pelarut yaitu 1:4; 1:6; dan 1:8 (b/v). Perlakuan ini digunakan untuk sampel A dan sampel B sehingga diperoleh data untuk masing-masing sampel tersebut. Berikut model rancangan penelitian ini.

$$Y_{ij} = \mu + A_i + \epsilon_{ij}$$

Keterangan :

Y_i = Pengamatan pada perlakuan ke-i dan j ulangan ke-j

μ = Nilai rata-rata umum

A_i = Pengaruh perlakuan ke-i (i = 1,2,3)

ϵ_{ij} = Pengaruh acak pada perlakuan ke-i dan k ulangan ke-j

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi SBE

SBE yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua sampel yaitu sampel A dari proses pemucatan CPO yang tidak mengalami waktu penyimpanan dan sampel B dari pemucatan RBDPO dan mengalami waktu penyimpanan selama kurang lebih tiga bulan. Karakterisasi SBE sampel A dan sampel B disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi SBE

Parameter	Spent bleaching earth (%b/b)	
	Sampel A	Sampel B
Kadar air	0,71 ± 0,48	1,00 ± 0,00
Kadar minyak	17,16 ± 0,87	38,27 ± 0,61
Kadar abu	31,26 ± 0,37	48,33 ± 0,33
pH	3,21 ± 0,33	7,74 ± 0,67
Kadar volatil	33,48 ± 0,28	47,33 ± 0,33

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa kadar air SBE rendah. Menurut Ketaren (1986) adanya air ini berasal dari bentonit itu sendiri. Adsorben yang terlalu kering menyebabkan daya kombinasi dengan air telah hilang sehingga mengurangi daya penyerapan terhadap zat warna pada minyak. Menurut Suryani *et al.* (2015) bahwa SBE mengandung minyak yang ikut terjepap selama proses pemucatan berlangsung sehingga mengurangi kemampuan SBE dalam menyerap molekul air di sekitarnya. Oleh sebab itu, waktu penyimpanan tidak berpengaruh terhadap kadar air bahan.

Kadar lemak SBE dari sampel A lebih kecil dibandingkan sampel B. Perbedaan kadar lemak tersebut dikarenakan bahan baku yang digunakan untuk proses pemucatan berbeda yaitu menggunakan CPO dan RDPO. Kadar lemak bahan penting untuk dianalisis karena mempengaruhi nilai rendemen. Kadar minyak yang diukur pada sampel ini adalah residu minyak yang tersisa selama proses pemucatan. Rendahnya kadar lemak SBE dari proses pemucatan CPO disebabkan terdapat beberapa komponen dan kotoran yang terkandung pada CPO sehingga kadar

lemak proses pemucatan CPO lebih rendah dibandingkan RBDPO. Selain itu, SBE juga mengandung komponen asam fosfat yang berasal dari proses *degumming*. Kadar lemak yang tinggi pada sampel B disebabkan RBDPO merupakan minyak yang telah mengalami serangkaian proses pemurnian mulai dari *degumming*, *bleaching*, dan *deodorizing* yang selanjutnya akan melakukan tahap fraksinasi.

Kadar abu SBE sampel B lebih tinggi dibandingkan sampel A. Tingginya kadar abu menunjukkan banyaknya bahan anorganik sisa hasil pembakaran suatu bahan organik yang berubah menjadi abu pada temperatur tinggi (Krisyanti dan Sukandar 2011). Suryani *et al.* (2015) menjelaskan bahwa nilai kadar abu SBE yang tinggi disebabkan adanya residu mineral yang ikut terbawa pada proses pemurnian CPO. Salah satu residu mineral yang terbawa dan berpengaruh terhadap tingginya kadar abu yaitu fosfat dari proses penghilangan *gum*. Hal ini menunjukkan bahwa pada dasarnya SBE merupakan campuran dari komponen *bleaching earth* dan unsur-unsur senyawa organik dari CPO.

Analisis pH dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman suatu bahan dan berkaitan dengan bilangan asam minyak hasil ekstraksi. Nilai pH yang cenderung asam karena adanya asam lemak bebas yang tinggi pada bahan (Permana, 2009). Hasil penelitian menunjukkan pH SBE sampel A sebesar 3,21, sedangkan sampel B sebesar 7,74. Perbedaan nilai pH ini disebabkan kandungan asam lemak bebas pada CPO lebih tinggi dibandingkan RBDPO. Hasil ini sesuai dengan SNI 01-2901-2006 bahwa mutu asam lemak bebas CPO maks 0,5%, sedangkan standar mutu asam lemak bebas RBDPO berdasarkan SNI 01-0018-2006 maks 0,1%. Berdasarkan PP No 101 Tahun 2014 tentang Limbah B3, SBE tidak termasuk kategori bahan yang bersifat korosif jika memiliki pH netral.

Nilai kadar volatil menunjukkan sifat kereaktifan suatu bahan (Krisyanti dan Sukandar, 2011). Kadar volatil SBE berkaitan dengan jumlah residu minyak yang terjerap pada SBE. Semakin

banyak residu minyak yang tersimpan dalam bahan maka akan meningkatkan kadar zat mudah menguap. Selain itu, CPO terdiri atas berbagai trigliserida dengan rantai asam lemak yang berbeda-beda, antara 14-20 atom karbon. Komposisi asam lemak oleat CPO lebih tinggi dibandingkan RBDPO yang menunjukkan bahwa CPO memiliki lebih banyak ikatan rangkap diantara atom-atom karbonnya (Eckey, 1995). Hal ini mengakibatkan semakin banyak ikatan karbon pada suatu bahan maka semakin rendah kadar volatil suatu bahan tersebut. Perbedaan tampilan sampel SBE dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar tersebut menunjukkan bahwa SBE dari RDPO memiliki warna yang lebih pekat dibandingkan SBE dari CPO. Hal ini dikarenakan SBE dari RDPO memiliki kadar abu yang lebih tinggi akibat banyaknya bahan anorganik sisa hasil pembakaran berubah menjadi abu pada temperatur tinggi (Krisyanti dan Sukandar, 2011).

Waktu Ekstraksi

Waktu ekstraksi yang singkat diperlukan karena kemampuan untuk meminimalkan potensi degradasi komponen aktif dan mengurangi konsumsi listrik (Oladosu *et al.*, 2017). Waktu ekstraksi ditentukan dengan metode ekstraksi refluks menggunakan pelarut heksan teknis. Penentuan waktu ini dilakukan sebanyak lima kali percobaan dengan waktu yang berbeda. Berdasarkan hasil penelitian diketahui proses ekstraksi selama 1 jam diperoleh nilai rendemen sebesar 8,60%. Nilai ini dapat ditingkatkan dengan memperlama proses ekstraksi. Menurut Nasir *et al.* (2009) salah satu faktor yang mempengaruhi proses ekstraksi adalah waktu. Semakin lama waktu ekstraksi maka semakin lama juga waktu kontak bahan dengan pelarut sehingga semakin banyak zat terlarut yang terkandung di dalam padatan dapat larut di dalam pelarut.



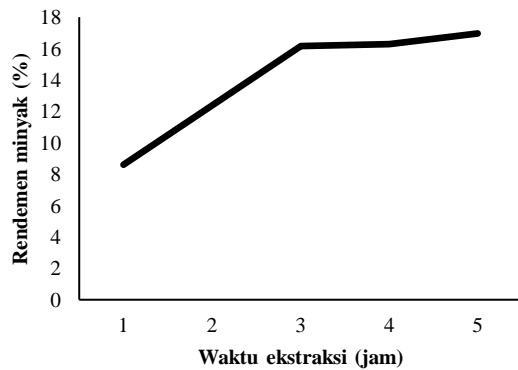
(a)



(b)

Gambar 1. Perbedaan tampilan sampel (a) SBE dari CPO tanpa penyimpanan dan (b) SBE dari RDPO dengan penyimpanan 3 bulan

Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa rendemen minyak meningkat secara signifikan sampai jam ke-3 yaitu sebesar 16,17%, sedangkan mulai jam ke-3 sampai jam ke-5 nilai rendemen meningkat secara tidak signifikan atau tidak berbeda nyata. Berdasarkan data yang dihasilkan pada penelitian tahap II dapat disimpulkan bahwa pemilihan waktu terbaik dan ekonomis yang digunakan untuk ekstraksi pada penelitian tahap III adalah 3 jam. Grafik hubungan waktu ekstraksi terhadap rendemen minyak dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh waktu ekstraksi terhadap rendemen minyak

Ekstraksi Minyak

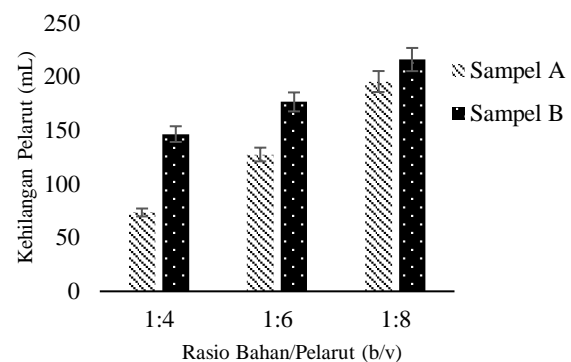
Proses ekstraksi minyak SBE pada penelitian ini menggunakan metode refluks dengan waktu ekstraksi selama 3 jam. Refluks merupakan metode ekstraksi seperti metode maserasi dengan bantuan pemanasan. Ekstraksi dapat berlangsung dengan efisien dan senyawa dalam sampel secara lebih efektif dapat ditarik oleh pelarut. Prinsip dari metode refluks adalah pelarut yang digunakan akan menguap pada suhu tinggi dan didinginkan oleh kondensor sehingga pelarut dalam bentuk uap akan mengembun dan turun ke dalam wadah reaksi dalam bentuk cairan (Winarno *et al.*, 1973). Hal ini akan mengakibatkan pelarut yang digunakan akan tetap segar selama proses ekstraksi sehingga menghindari terjadinya kejenuhan pelarut. Selanjutnya setelah proses ekstraksi selesai, larutan disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan ampasnya. Larutan diuapkan menggunakan *water bath* selama 1 jam sehingga minyak hasil ekstraksi akan terpisah dengan pelarut.

Pemilihan metode ekstraksi refluks merupakan perbaikan dari metode maserasi dan soxhlet agar diperoleh proses ekstraksi yang lebih efektif dan ekonomis. Refluks diharapkan mampu menghasilkan rendemen yang tinggi dengan waktu yang lebih singkat dan menghasilkan minyak yang memiliki kualitas lebih baik. Susanty dan Bachmid (2016) menjelaskan bahwa perbedaan nilai yang cukup signifikan antara rendemen maserasi dan refluks dipengaruhi oleh faktor pemanasan. Semakin

tinggi suhu ekstraksi maka penetrasi pelarut ke dalam bahan semakin mudah sehingga sampel yang terekstrak semakin banyak. Selain itu, nilai rendemen maserasi yang rendah disebabkan tidak ada bantuan gaya lain karena hanya dilakukan perendaman sehingga osmosis pelarut ke dalam padatan berlangsung statis.

Jenis pelarut yang digunakan dalam proses ekstraksi mempengaruhi jenis komponen aktif bahan yang terekstrak karena masing-masing pelarut mempunyai tingkat selektifitas yang berbeda untuk melarutkan komponen aktif dalam bahan. Komponen yang terkandung dalam bahan dapat larut pada pelarut yang relatif sama kepolarannya. Menurut Arifianti *et al.* (2014) senyawa polar akan larut pada pelarut yang bersifat polar, begitu juga dengan senyawa non polar akan larut pada pelarut nonpolar sesuai dengan konsep *like dissolve like*. Anggraini *et al.* (2014) menjelaskan bahwa pelarut heksan digunakan untuk mengekstraksi minyak karena bersifat non polar. Minyak larut pada pelarut non polar seperti heksan dan petroleum eter.

Heksan merupakan cairan tidak berwarna, mudah menguap, sangat mudah terbakar, serta larut dalam alkohol, aseton, dan eter (Hernawati, 2008). Kehilangan pelarut diukur setelah proses penguapan. Kehilangan pelarut dipengaruhi oleh rasio bahan terhadap volume pelarut. Hasil uji lanjut Duncan terhadap rasio bahan/pelarut menunjukkan ketiga rasio bahan/pelarut yang digunakan berbeda nyata satu dengan lainnya. Gambar 3 menunjukkan bahwa kehilangan pelarut terbesar pada kedua bahan yaitu pada sampel dengan perlakuan 1:8, sedangkan kehilangan pelarut terkecil pada perlakuan 1:4. Hal ini disebabkan semakin banyak pelarut yang digunakan maka waktu yang diperlukan untuk menyaring bahan semakin lama. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan, ketiga rasio bahan/pelarut yang digunakan berbeda nyata satu dengan lainnya.



Gambar 3. Kehilangan pelarut pada beberapa rasio bahan/pelarut

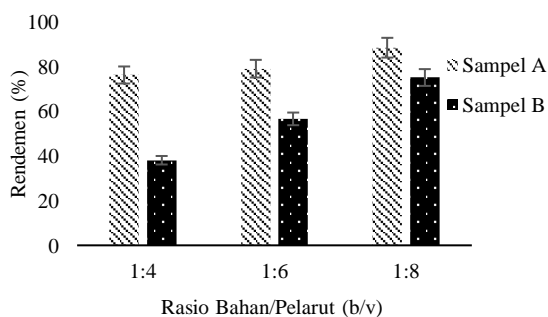
Pengujian Mutu Minyak

Rendemen Minyak

Pengukuran hasil proses ekstraksi minyak dari SBE dilakukan dengan menghitung nilai rendemen dan sifat fisikokimia minyak yang terdiri dari

densitas, viskositas, bilangan asam, dan bilangan iod. Rendemen minyak merupakan perbandingan antara berat minyak yang dihasilkan dengan bobot minyak potensial yang terdapat pada SBE. Gambar 4 menunjukkan bahwa rendemen minyak maksimum diperoleh pada perlakuan 1:8, sedangkan rendemen minyak minimum pada perlakuan 1:4, pada masing-masing jenis SBE. Semakin tinggi rasio bahan/pelarut yang ditambahkan dalam proses ekstraksi maka rendemen minyak yang dihasilkan semakin tinggi karena jumlah heksan dalam pelarut untuk mengekstraksi minyak semakin banyak. Satriana *et al.* (2012) menjelaskan bahwa perbandingan padatan dan pelarut yang tepat akan memberikan hasil ekstraksi yang diharapkan. Rasio pelarut yang dipakai terhadap padatan harus sesuai dengan kelarutan zat terlarut. Semakin kecil kelarutan padatan terhadap pelarut maka semakin besar pula perbandingan pelarut terhadap padatan.

Hasil penelitian menunjukkan rendemen minyak SBE sampel A lebih besar dibandingkan rendemen minyak SBE sampel B. Rendemen minyak SBE sampel A dipengaruhi oleh rasio bahan terhadap volume pelarut yang digunakan. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa rasio bahan/pelarut 1:4 sama dengan rasio bahan/pelarut 1:6, sedangkan rasio bahan/pelarut 1:8 berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Rendemen minyak SBE sampel B lebih rendah disebabkan waktu ekstraksi yang digunakan tidak optimal sehingga minyak yang terkandung dalam bahan belum terekstrak dengan baik. Hasil analisis ragam pada sampel B menunjukkan bahwa rendemen minyak tidak dipengaruhi oleh rasio bahan/pelarut yang digunakan selama proses ekstraksi. Oleh sebab itu, tidak dilakukan uji lanjut Duncan karena faktor yang digunakan tidak mempengaruhi rendemen minyak tersebut.



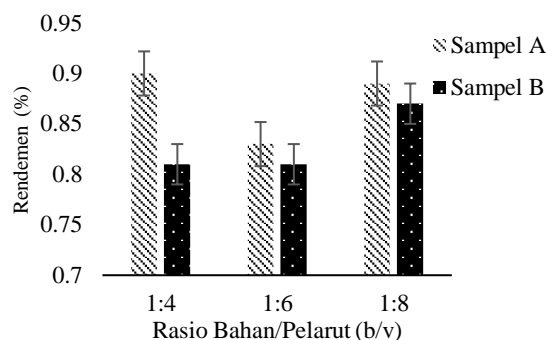
Gambar 4. Rendemen minyak dari SBE sampel A dan sampel B

Densitas

Densitas minyak merupakan massa minyak per satuan volume pada suhu tertentu. Berdasarkan SNI 04-7182-2006 densitas minyak bahan baku biodiesel sebesar 0,85-0,89 g/cm³. Densitas minyak sampel A berkisar 0,83-0,90 g/cm³. Densitas minyak dipengaruhi oleh adanya komponen pengotor seperti getah (gum) dan lendir yang kaya karbohidrat,

protein, dan fosfatida. Semakin tinggi densitas minyak menunjukkan semakin banyak zat pengotor pada minyak tersebut (Handayani *et al.*, 2015). Nilai densitas berkaitan dengan fraksi berat komponen yang terdapat dalam minyak. Semakin besar berat molekul suatu senyawa maka menghasilkan densitas yang tinggi.

Gambar 5 menunjukkan densitas minyak sampel A dan sampel B. Hasil menunjukkan bahwa densitas minyak sampel A yang memenuhi standar sebagai bahan baku biodiesel hanya pada rasio bahan/pelarut sebesar 1:6. Densitas minyak sampel B berkisar 0,81-0,87 g/cm³ sehingga minyak yang dihasilkan telah memenuhi standar sebagai bahan baku biodiesel. Densitas minyak maksimum pada sampel B diperoleh pada perlakuan 1:8, sedangkan densitas minyak minimum pada perlakuan 1:4. Semakin banyak jumlah heksan yang digunakan dalam proses ekstraksi maka densitas minyak yang dihasilkan semakin tinggi. Hal ini menunjukkan adanya zat pengotor pada minyak yang dihasilkan, seperti digliserida, monogliserida dan asam lemak bebas rantai panjang (oleat dan linoleat) yang terekstraksi oleh heksan (Pahan, 2016). Berdasarkan hasil penelitian, densitas minyak juga dipengaruhi oleh rasio bahan/pelarut. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan ketiga rasio bahan/pelarut yang digunakan berbeda nyata satu dengan yang lainnya pada masing-masing jenis sampel SBE, kecuali pada sampel B dengan rasio bahan/pelarut 1:4 dan 1:6 (b/v).



Gambar 5. Densitas minyak dari SBE sampel A dan sampel B

Nilai densitas dapat menentukan efisiensi proses dan kualitas biodiesel (Solikhah 2005). Densitas biodiesel berkaitan dengan proses penginjeksian bahan bakar melalui pompa ke ruang bakar sehingga diperoleh jumlah bahan bakar yang tepat pada proses pembakaran. Menurut Aziz *et al.* (2011), densitas berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel. Satriana *et al.* (2012) juga menjelaskan jika biodiesel yang dihasilkan memiliki densitas lebih besar dari standar maka akan terjadi reaksi yang tidak sempurna pada konversi minyak nabati. Densitas biodiesel dipengaruhi oleh jumlah tri-, di-, dan monogliserida

dalam biodiesel. Semakin rendah jumlah senyawa tersebut 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).

Viskositas

Viskositas adalah ukuran kekentalan suatu cairan atau fluida. Pada penelitian ini viskositas diukur menggunakan metode Ostwald dengan mengukur waktu mengalir minyak dari batas atas viskometer hingga mencapai batas bawah viskometer pada suhu 40°C. Hal ini dikarenakan minyak hasil ekstraksi akan mengendap pada suhu ruang (Krisyanti dan Sukandar, 2011). Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa viskositas minyak sampel A yang dihasilkan tidak dipengaruhi oleh rasio bahan/pelarut. Viskositas minyak sampel A berkisar 4,81-5,53 cSt. Nilai viskositas yang tinggi disebabkan minyak yang dihasilkan masih mengandung fraksi stearin sehingga lebih mudah membeku pada suhu ruang. Selain itu, sampel A merupakan SBE dari proses pemucatan CPO dimana minyak CPO tersusun atas 50% asam lemak jenuh sehingga mempunyai viskositas lebih tinggi dibandingkan minyak nabati yang tinggi asam lemak tidak jenuhnya (Hernawati, 2008).

Viskositas minyak sampel B berkisar 4,28-4,55 cSt. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa viskositas minyak sampel B tidak dipengaruhi oleh rasio bahan/pelarut sehingga tidak dilakukan uji lanjut Duncan untuk kedua sampel tersebut. Viskositas yang rendah disebabkan sampel B merupakan SBE dari pemucatan RBDPO sehingga sudah terpisah dari fraksi stearin. Berdasarkan SNI 04-7182-2006 viskositas minyak sebagai bahan baku biodiesel sebesar 2,3-6,0 cSt sehingga minyak yang dihasilkan dari sampel A dan sampel B telah memenuhi standar. Karakterisasi viskositas ini sangat penting karena mempengaruhi kinerja injektor mesin diesel (Prihandana *et al.*, 2006). Viskositas bahan bakar yang tinggi tidak diharapkan pada mesin diesel karena berakibat pada kesulitan pemompaan bahan bakar dari tangki ke ruang bakar mesin. Selain itu, sulitnya proses pemecahan bahan bakar dapat menyebabkan pembakaran tidak berjalan dengan lancar.

Bilangan Asam

Bilangan asam minyak merupakan total jumlah basa yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas dalam minyak. Menurut Nurhasnawati *et al.* (2015) adanya asam lemak bebas pada minyak menjadi parameter penting dalam menentukan kualitas minyak yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai asam lemak bebas pada minyak maka kualitas minyak semakin rendah. Menurut Kusdiana dan Saka (2004), adanya asam lemak bebas (FFA) tinggi dalam bahan akan mengurangi keefektifan katalis dalam reaksi transesterifikasi. Konversi bahan baku menjadi

biodiesel akan menurun karena katalis digunakan untuk menetralkan kandungan asam lemak bebas yang tinggi.

Bilangan asam minyak dari sampel A berkisar 74,75-84,44 KOH/g. Bilangan asam yang tinggi ini disebabkan SBE sampel A memiliki jumlah asam lemak bebas yang tinggi. Hal ini dapat dilihat dari hasil karakterisasi SBE bahwa nilai pH SBE sampel A rendah. Menurut Permana (2009) nilai pH yang cenderung asam karena adanya asam lemak bebas yang tinggi pada bahan sehingga mempengaruhi nilai bilangan asam minyak yang dihasilkan dari proses ekstraksi. Hasil penelitian untuk sampel A menunjukkan bahwa bilangan asam minyak tidak dipengaruhi oleh rasio bahan/pelarut. Bilangan asam minyak dari sampel B berkisar 2,77-3,95 KOH/g. Analisis ragam menunjukkan bahwa bilangan asam minyak dari sampel B tidak dipengaruhi oleh rasio bahan/pelarut yang digunakan sehingga tidak dilakukan uji lanjut Duncan untuk kedua sampel tersebut. Berdasarkan SNI 04-7182-2006, syarat mutu bilangan asam biodiesel maksimal 0,8 mg KOH/g sehingga minyak hasil ekstraksi dari SBE sampel A dan sampel B tidak memenuhi syarat mutu sebagai bahan baku biodiesel.

Bilangan asam minyak akan menentukan metode yang digunakan untuk proses produksi biodiesel. Bilangan asam ≥ 5 mg KOH/g perlu dilakukan proses esterifikasi terlebih dahulu sebelum dilakukan proses transesterifikasi untuk mengkonversi asam lemak bebas yang terkandung di dalam bahan menjadi metil ester. Jika kadar asam lemak bebas tinggi dan menggunakan katalis basa, maka akan menghasilkan reaksi penyabunan yang mengakibatkan kesulitan dalam proses pemisahan sehingga rendemen biodiesel menjadi rendah (Jain dan Sharma, 2010). Oleh sebab itu, proses esterifikasi harus menggunakan katalis yang berkarakter asam kuat. Hasil samping dari proses esterifikasi berupa air akan dipisahkan dengan minyak hasil ekstraksi. Setelah itu minyak hasil ekstraksi dilanjutkan dengan proses transesterifikasi menjadi biodiesel (Buchori *et al.*, 2012).

Bilangan Iod

Bilangan iod merupakan penentu ketidakjenuhan minyak atau lemak. Bilangan iod yang tinggi menunjukkan jumlah ikatan rangkap atau ikatan tidak jenuh yang terbentuk cukup banyak (Carolina, 2008). Bilangan iod sampel A berkisar 47,51-50,37 g iod/100 g. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bilangan iod minyak hasil ekstraksi dari sampel A maupun sampel B tidak dipengaruhi oleh rasio bahan/pelarut. Bilangan iod sampel B berkisar 40,61-48,90 g iod/100 g. Berdasarkan hasil analisis bilangan iod, minyak hasil ekstraksi dari SBE sampel A dan sampel B telah memenuhi persyaratan SNI 04-7182-2006 sebagai bahan baku biodiesel yaitu maks 115 g iod/100 g. Bilangan iod yang rendah dari kedua sampel ini

dikarenakan minyak CPO tersusun atas 50% asam lemak jenuh sehingga tingkat ketidakjenuhan minyak rendah (Hernawati, 2008).

Penentuan nilai bilangan iod dapat menentukan jenis minyak yang dihasilkan yaitu minyak pengering dan minyak non pengering. Minyak pengering memiliki nilai bilangan iod lebih dari 130. Minyak yang memiliki nilai bilangan iod antara 100-130 adalah minyak semi pengering. Sedangkan minyak non pengering memiliki nilai bilangan iod kurang dari 100 (Ketaren, 1986). Berdasarkan hasil penelitian, semua jenis minyak hasil ekstraksi tergolong minyak non pengering. Menurut Axelrod dan Gajria (2011), minyak non pengering dapat dimanfaatkan untuk biodiesel dan lotion. Menurut Satriana *et al.* (2012), bilangan iod penting untuk diketahui karena bahan bakar dengan bilangan iod yang tinggi cenderung terjadi polimerisasi dan membentuk deposit pada lubang injektor, cincin piston dan alur cincin piston ketika dipanaskan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Rendemen dan kualitas minyak yang dihasilkan dari sampel A (SBE CPO) maupun sampel B (SBE RDPO dengan penyimpanan 3 bulan) dipengaruhi oleh rasio bahan terhadap volume pelarut pada kondisi proses ekstraksi. Rasio antara bahan sampel A terhadap volume pelarut mempengaruhi rendemen dan densitas minyak, sedangkan rasio antara bahan sampel B terhadap volume pelarut hanya mempengaruhi densitas minyak. Perlakuan terbaik untuk rasio bahan terhadap volume pelarut pada sampel A adalah 1:8 dengan menghasilkan rendemen minyak tertinggi sebesar 88,31%. Minyak yang dihasilkan memiliki bilangan asam 84,44 mg KOH/g, densitas 0,89 g/cm³, viskositas 4,91 cSt, dan bilangan iod 48,07 g iod/100 g. Rasio bahan terhadap volume pelarut terbaik untuk sampel B sebesar 1:8 dengan rendemen minyak tertinggi yaitu 75%. Minyak yang dihasilkan memiliki bilangan asam 2,77 mg KOH/g, densitas 0,87 g/cm³, viskositas 4,36 cSt, dan bilangan iod 40,61 g iod/100 g. Berdasarkan beberapa parameter pengujian mutu minyak, bilangan asam minyak tidak memenuhi syarat mutu sebagai bahan baku biodiesel.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk memanfaatkan minyak hasil ekstraksi sebagai biodiesel dengan melakukan beberapa tahapan proses terlebih dahulu agar minyak dapat memenuhi standar mutu sebagai bahan baku biodiesel. Perlu dilakukan peningkatan rendemen ekstraksi dengan meningkatkan jumlah volume pelarut dan waktu ekstraksi sampai diperoleh hasil optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad SI, Yunus NA, Akbar Ali MR, Hashim H, Mustaffa AA, Rashid R. 2020. Solvent design and inherent safety assessment of solvent alternatives for palm oil recovery. *J. Loss Prev. Process Ind.* 65(March):104120. doi:10.1016/j.jlp.2020.104120.
- Akbar MA. 2012. Optimasi ekstraksi *spent bleaching earth* dalam recovery minyak sawit. [Skripsi]. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Angraini D, Istianingsih D, Gunawan S. 2014. Pengaruh prosentase *solvent* non polar dalam campuran pelarut terhadap pemisahan senyawa non polar dari minyak nyamplung (*Calophyllum inophyllum*). *Jurnal Teknik Pomits.* 3(1): 23-26.
- Arifianti L, Oktarina RD, dan Kusumawati I. 2014. Pengaruh jenis pelarut pengekraksi terhadap kadar sinensetin dalam ekstrak daun *Orthosiphonstamineus benth.* *E-Journal Planta Husada.* 2(1):1-4.
- Arpornpong N, Charoensaeng A, Khaodhiar S, Sabatini DA. 2018. Formulation of microemulsion-based washing agent for oil recovery from spent bleaching earth-hydrophilic lipophilic deviation concept. *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.* 54187-96. doi:10.1016/j.colsurfa.2018.01.026.
- Axelrod GS dan Gajria A. 2011. *Tamanu Oil Product*. US Patent. US 7959905 B2. New Jersey (US): T.H.F Publication Inc.
- Aziz I, Nurbayti S, dan Ulum B. 2011. Pembuatan produk biodiesel dari minyak goreng bekas dengan cara esterifikasi dan transesterifikasi. *Valensi.* 2(3): 443-448.
- Aziz MKA, Okayama T, Kose R, Morad NA, Muhamad NBN, Mansor MRB, Panau F. 2019. Green extraction process for oil recovery using bioethanol. Di dalam Foo DCY, Aziz MKTA (ed.), *Green Technologies for the Oil Palm Industry*. Singapore: Springer Nature.
- Bachmann SAL, Valle RDCSC, Vegini AA, Tavares LBB. 2020. Determination of optimum conditions for thermal regeneration and characterization of a spent bleaching earth. *Journal Environ. Chem. Eng.* 8(2): doi:10.1016/j.jece.2019.103503.
- Buchori L, Sasongk SB, Anggoro DD, Aryanti N. 2012. Pengambilan minyak kedelai dari ampas tahu sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. *Jurnal Ilmu Lingkungan.* 10 (2): 146-150.
- [BPS] Badan Pusat Statistika. 2016. Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2016. Jakarta.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2006. Minyak sawit mentah (*crude palm oil*). SNI 01-2901-2006. Jakarta (ID): Badan Standarisasi Nasional.

- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2006. *Refined bleached deodorized palm olein (RBD palm olein)*. SNI 01-0018-2006. Jakarta (ID): Badan Standarisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2006. Biodiesel. SNI 04-7182-2006. Jakarta (ID): Badan Standarisasi Nasional.
- Carolina D. 2008. Penentuan kadar asam lemak bebas dan bilangan iodin dari minyak hasil ekstraksi kacang tanah dengan pelarut n-heksana [skripsi]. Medan (ID): Universitas Sumatera Utara.
- Chanrai NG dan Burde SG. 2004. *Recovery Oil From Spent Bleaching Earth*. US Patent. US 6780321 B2. New Jersey (US): T.H.F Publication Inc.
- Eckey SW. 1995. *Vegetable fat and oil*. Di dalam: Handbook of Food Agriculture. New York (NY): Reinhold Publishing Corporation.
- Ehimen EA, Sun ZF, dan Carrington CG. 2010. Variabel affecting the in situ transesterification of microalgae lipids. *Fuel*. 89: 677-684.
- Handayani R, Santi RA, dan Iwang G. 2015. Karakteristik fisiko-kimia minyak biji bintang (Cerbera manghas L) dan potensinya sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. *Jurnal Akuatik*. 6(2) : 177-186.
- Hernawati H. 2008. Kajian proses fraksinasi minyak sawit kasar dengan pelarut organik dalam upaya pembuatan konsentrat karotenoid [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Jain S dan Sharma MP. 2010. Kinetics of acid base catalyzed transesterification of Jatropha Curcas Oil. *Biores Technol*. 101:7701-7706.
- Ketaren S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta (ID): UI-Press.
- Kheang LS, Cheng SF, Choo YM, Ma AN. 2006. A study of residual oils recovery from spent bleaching earth: Their characteristics and applications. *J Am App Sci*. 3(10): 2063-2067.
- Krisyanti S dan Sukandar. 2011. *Recovery* minyak dari limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) spent bleaching earth dengan metode ekstraksi pelarut. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 17(1) : 35-46.
- Kristanti AN. 2008. *Buku Ajar Fitokimia*. Surabaya (ID): Universitas Airlangga Press.
- Kusdiana D dan Saka S. 2004. Two step preparation for a catalyst-free biodiesel production; hydrolisis and methyl esterification. *Applied Biochem. Biotechnol*. 113-116.
- Loh SK, James S, Ngatiman M, Cheong KY, Choo YM, Lim WS. 2013. Enhancement of palm oil refinery waste - Spent bleaching earth (SBE) into bio organic fertilizer and their effects on crop biomass growth. *Ind. Crops Prod*. 49775-781. doi:10.1016/j.indcrop.2013.06.016.
- Merikhy A, Heydari A, Eskandari H, Nematollahzadeh A. 2019. Revalorization of Spent Bleaching Earth a Waste from Vegetable Oil Refinery Plant by an Efficient Solvent Extraction System. *Waste and Biomass Valorization* 10(10):3045-3055. doi:10.1007/s12649-018-0311-0.
- Musa ML, Mat R, dan Abdullah TAT. 2018. Catalytic Conversion of Residual Palm Oil in Spent Bleaching Earth (SBE) by HZSM-5 Zeolite based-Catalysts. *Bull. Chem. React. Eng. & Catal.* 13(3):456-465. doi:10.9767/brec.13.3.1929.456-465.
- Nasir S, Fitriyanti, dan Kamila H. 2009. Ekstraksi dedak padi menjadi minyak mentah dedak padi (crude rice bran oil) dengan pelarut n-hexane dan ethanol. *Jurnal Teknik Kimia*. 16(2): 1-10.
- Nurhasnawati H, Supriningrum R, dan Caesariana N. 2015. Penetapan kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida pada minyak goreng yang digunakan pedagang gorengan di jalan Aw Sjahranie Samarinda. *Jurnal Ilmiah Manuntung*. 1(1): 25-30.
- Nurasiah ES. 2010. Pengoptimuman ekstraksi *Andrografolida* dari sambiloto dengan rancangan fraksional faktorial [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Oladosu WA, Manan ZA, dan Alwi SRW. 2017. Recovery of vegetable oil from spent bleaching earth: State-of-The-Art and prospect for process intensification. *Chem. Eng. Trans*. 56(October):133-138. doi:10.3303/CET1756023.
- Pahan AF. 2016. Ekstraksi minyak dan resin nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) dengan campuran pelarut heksan-metanol. [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Permana DG. 2009. *Recovery* minyak sawit dari limbah bahan pemucat dengan metode ekstraksi menggunakan pelarut organik [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Prihandana R, Hendroko R, dan Nuramin M. 2006. *Menghasilkan Biodiesel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*. Jakarta (ID): PT Agro Media Pustaka.
- Satriana, Husna NE, Desrina, Supardan MD. 2012. Karakteristik biodiesel hasil transesterifikasi minyak jelantah menggunakan teknik kavitas hidrodinamik. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 4(2): 15-20.
- Suryani A, Pari G, dan Aswad A. 2015. Proses reaktivasi tanah pemucat bekas sebagai adsorben untuk pemurnian minyak sawit kasar dan biodiesel. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 25(1) : 52-67.
- Susanty dan Bachmid F. 2016. Perbandingan metode ekstraksi maserasi dan refluks terhadap kadar fenolik dari ekstrak tongkol jagung (*Zea mays L.*). *Konversi*. 5(2) : 87-93.

- Solikhah MD, Nuramin M, Rizal S, Wirawam SS. 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.
- Winarno FG, Fardiaz D, dan Fardiaz S. 1973. *Ekstraksi, Kromatografi, dan Elektrophoresis*. Bogor (ID): Intitut Pertanian Bogor.
- Young FVK. 1987. Refining and Fractination of Palm Oil. Gustone FD (ed.). *Palm Oil: Critical Reports on Applied Chemistry*. New York (NY): John Wiley and Sons.