

KARAKTERISTIK FISIK DAN KIMIA MINYAK GORENG SAWIT HASIL PROSES PENGGORENGAN DENGAN METODE *DEEP-FAT FRYING*

Moh. Taufik^{1,*}, Hermawan Seftiono²

^{1,2}Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Bioindustri, Universitas Trilogi, Jakarta
Jl. TMP. Kalibata No. 1 Kalibata-Jakarta Selatan 12760 Indonesia

*Email: filik_fik36@yahoo.co.id

Diterima: 24 Juli 2017

Direvisi: 28 Agustus 2017

Disetujui: 12 September 2017

ABSTRAK

Minyak sawit merupakan salah satu jenis minyak yang sering digunakan dalam proses pengolahan pangan. Minyak yang digunakan dalam jangka waktu lama akan mengalami perubahan karakteristik fisik dan kimia. Tujuan penelitian ini adalah menentukan perubahan karakteristik fisik dan kimia dari minyak goreng sawit hasil proses penggorengan dengan metode *deep fat frying* pada suhu $180\pm 20^{\circ}\text{C}$ selama dua hari dengan lama penggorengan 11 jam setiap harinya. Hasil penelitian menunjukkan nilai indeks bias mengalami peningkatan dari 1.4625 ± 0.0007 menjadi 1.4645 ± 0.0007 , bilangan asam juga mengalami peningkatan dari 0.44 ± 0.01 menjadi 0.74 ± 0.02 mg NaOH/g minyak. Nilai bilangan peroksida meningkat melebihi nilai yang dipersyaratkan oleh SNI 3741 2013, yaitu 8.09 menjadi 62.91 meq O_2/kg sampel. Komposisi asam lemak setelah proses penggorengan juga mengalami perubahan. Asam lemak jenuh cenderung mengalami peningkatan (asam oleat/C18:1, linoleat/C18:2 dan α -linolenat/C18:3), sedangkan asam lemak tidak jenuh cenderung mengalami penurunan (asam palmitat/C16:0 dan stearat/C18:0).

Kata kunci: Minyak Goreng Sawit, Deep Fat Frying, Karakteristik Fisik, Karakteristik Kimia

ABSTRACT

Palm oil is one type of commonly used vegetable oil in food processing. Oil used in the long term will changes in physical and chemical characteristics. The purpose of this research was to determine the change of physical and chemical characteristics of palm oil from deep frying process with temperature of $180\pm 20^{\circ}\text{C}$ for two days with frying time 11 hours per day. The results showed that the refractive index value increased from 1.4625 ± 0.0007 to 1.4645 ± 0.0007 , acid value also increased from 0.44 ± 0.01 to 0.74 ± 0.02 mg NaOH/g oil. The peroxide value (PV) increased from 8.09 to 62.91 meq O_2/kg sample. Fatty acid composition after the frying process also changed. Saturated fatty acids increased (oleic acid/C18:1, linoleic acid/C18:2 and α -linolenic acid/C18:3), whereas unsaturated fatty acids decreased (palmitic acid/C16:0 and stearate acid/C18:0).

Keywords: Palm Oil, Deep Fat Frying, Physical Characteristic, Chemical Characteristic

PENDAHULUAN

Minyak nabati merupakan bagian penting dalam diet manusia dan produksinya meningkat dalam satu dekade terakhir karena konsumsi yang besar (Mohdaly *et al.*, 2017). Menurut Zulkurnain *et al.* (2012), minyak (*edible oil*) banyak digunakan di industri karena nutrisinya dan pengaruhnya terhadap rasa dan aroma produk makanan. Salah satu jenis minyak nabati yang banyak digunakan dalam proses pengolahan makanan adalah minyak sawit. Minyak sawit berasal dari ekstraksi mesokarp buah kelapa sawit (Yustina & Rahayu, 2014), yang dilanjutkan tahap pemurnian dan tahap fraksinasi. Minyak sawit banyak digunakan karena harganya yang murah, tersedia dalam jumlah banyak dan stabilitas terhadap oksidasi yang tinggi (Matthäus, 2007). Data dari oil world (2013) menunjukkan konsumsi minyak sawit pada tahun 2012 adalah 52.1 juta ton. Menurut Valenzuela *et al.* (2003), minyak sawit banyak digunakan dalam proses penggorengan makanan, selain minyak jagung, minyak biji kapas, minyak kedelai, minyak kanola, minyak wijen dan minyak bunga matahari.

Metode penggorengan makanan yang umum digunakan adalah *deep-fat frying* (Alireza *et al.*, 2010). *Deep-fat frying* merupakan proses pengolahan pangan yang dilakukan dengan cara merendam pangan dalam minyak pada suhu tinggi. Metode ini merupakan metode yang populer karena mudah digunakan, cepat, murah dan produknya disukai oleh konsumen (Matthäus, 2007). Suhu pada proses penggorengan dengan metode *deep-fat frying* adalah 175-195°C, selama 5-10 menit (Aladedunye & Przybylski, 2009). Selama proses penggorengan akan terjadi perubahan karakteristik fisik dan kimia minyak (Moreira, 2007). Minyak yang digunakan dalam jangka waktu lama, akan menimbulkan *off-flavor*. Hal ini karena terjadi beberapa reaksi pada minyak selama proses pengolahan, seperti oksidasi, polimerisasi dan hidrolisis (Matthäus, 2007), sehingga mutu minyak akan menurun. Menurut Alireza *et al.* (2010), beberapa reaksi yang terjadi akan membentuk senyawa-senyawa volatil dan nonvolatil yang akan mempengaruhi karakteristik sensori, fungsional dan nutrisi dari minyak.

Karakteristik minyak dapat dibagi menjadi dua, yaitu karakteristik fisik dan

karakteristik kimia (Sutiah *et al.*, 2008). Karakteristik fisik meliputi warna, bau, kelarutan, titik cair, titik didih, titik leleh, bobot jenis, viskositas dan indeks bias, sedangkan karakteristik kimia meliputi jumlah asam lemak bebas (*free fatty acid/FFA*), bilangan peroksida (*peroxide value/PV*), bilangan asap (*smoke point*) dan komposisi asam lemak. Menurut Fan *et al.* (2015), ada beberapa karakteristik yang dapat digunakan untuk menilai mutu minyak, yaitu asam lemak bebas, bilangan peroksida, warna minyak, bilangan asap dan komposisi asam lemak. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan perubahan karakteristik fisik dan kimia dari minyak goreng sawit hasil proses penggorengan dengan metode *deep fat frying*. Karakteristik fisik yang diamati adalah indeks bias (*refractive index/RI*), sedangkan karakteristik kimia yang diamati adalah bilangan peroksida, bilangan asam dan komposisi asam lemak.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak goreng sawit (Bogor, Indonesia). Bahan kimia yang digunakan adalah standar eksternal asam lemak (FAME Mix C8-C22) yang dibeli dari Supelco (Bellefonte, US), standar internal (asam margarat/C17:0) yang dibeli dari Sigma-Aldrich (Steinheim, Germany). Bahan kimia lain yang digunakan adalah NaOH, metanol, BF₃-metanolik (14% b/v), heksana, NaCl, Na₂SO₄ *anhydrous*, Na₂S₂O₃, indikator fenofalein, KI, NaS₂O₃ dan larutan pati. Semua bahan kimia tersebut berkualitas *pro analysis* (pa).

Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat *gas chromatography* GC 2010 Shimadzu (Kyoto, Japan) dengan *detector flame ionization detector* (FID) dan kolom kapiler DB-23 (30 m × 0.32 mm), penangas air, *hotplate*, *refractometer-spectronic*, neraca analitik dan seperangkat alat-alat gelas.

Metode Penelitian

Sampel minyak goreng yang diamati berasal dari penjual ayam goreng *crispy* di Perumahan Budi Agung, Bogor, Jawa Barat. Metode penggorengan yang digunakan adalah *deep fat frying*. Suhu yang digunakan adalah 180±20°C, sedangkan lama penggorengan

setiap harinya adalah 11 jam. Penambahan 5 liter minyak goreng dilakukan setiap hari selama pengamatan untuk mengganti minyak yang menguap selama proses penggorengan.

Pengamatan karakteristik fisik dan kimia dilakukan terhadap minyak goreng sebelum dan sesudah penggorengan selama dua hari. Karakteristik fisik yang diamati adalah indeks bias, sedangkan karakteristik kimia yang diamati adalah bilangan peroksida, bilangan asam dan komposisi asam lemak.

Prosedur Analisis

1. Indeks Bias

Indeks bias ditentukan dengan menggunakan *refractometer-spectronic*. Tempat peletakkan sampel pada alat tersebut dibersihkan menggunakan tissue beralkohol. Sampel minyak diteteskan pada tempat peletakkan sampel sebanyak tiga tetes. Skala yang terbaca disesuaikan dan dilakukan pembacaan pada skala indeks bias.

2. Bilangan Asam

Analisis bilangan asam mengikuti AOAC Official Methods 940.28. Sebanyak 5 g sampel minyak ditambahkan 50 mL alkohol 95%, kemudian dipanaskan selama 10 menit pada suhu 60-65°C, lalu ditambahkan 3 tetes indikator fenoftalein 1%. Titrasi dilakukan dengan NaOH 0.1N sampai terlihat warna merah muda permanen (tidak hilang dalam 15 detik).

$$\text{Bilangan asam (mg NaOH/g sampel)} = \frac{V \times N \times 40}{w}$$

Keterangan:

V = Volume NaOH yang digunakan untuk titrasi (mL)

N = Normalitas NaOH (N)

w = Berat sampel (g)

3. Bilangan Peroksida

Pengujian bilangan peroksida mengikuti AOAC Official Methods 965.33. Minyak ditimbang sebanyak 5 g, kemudian ditambahkan 30 mL larutan CH₃COOH-CHCl₃ lalu dikocok hingga minyak larut. Sebanyak 0.5 mL larutan KI jenuh ditambahkan dan didiamkan selama 1 menit ditempat gelap sambil sesekali dikocok. Penambahan 30 mL air destilata dilakukan untuk mempermudah pembacaan titik akhir titrasi. Titrasi dilakukan dengan larutan Na₂S₂O₃ 0.1 N sampai warna kuning hampir hilang, kemudian ditambahkan

0.5 mL indikator larutan pati 1% lalu titrasi dilanjutkan. Titrasi dihentikan saat warna biru menghilang. Jumlah ulangan yang digunakan adalah dua kali.

$$\text{Bilangan peroksida (meq O}_2\text{/g sampel)} = \frac{(V_s - V_b) \times N}{w} \times 1000$$

Keterangan:

V_s : Volume Na₂S₂O₃ yang digunakan untuk mentitrasi sampel (mL)

V_b : Volume Na₂S₂O₃ yang digunakan untuk mentitrasi blanko (mL)

N : Konsentrasi Na₂S₂O₃ hasil standardisasi (N)

w : Berat sampel (g)

4. Komposisi Asam Lemak

Analisis komposisi asam lemak mengikuti AOAC Official Method 991.39 yang terdiri dari beberapa tahapan, yaitu

a. Derivatisasi Asam Lemak dengan Larutan BF₃-Metanolik

Sebanyak 100 mg sampel ditimbang dalam tabung reaksi dan ditambahkan dengan 1 mL larutan standar internal (C17:0) yang konsentrasinya 1 mg/mL, kemudian ditambahkan 1.5 mL NaOH-metanol 0.5 N. Gas N₂ dialirkan untuk mengusir oksigen, kemudian ditutup rapat dan divorteks. Tabung reaksi dipanaskan dalam penangas air pada suhu 80-100°C selama 5 menit. Tabung reaksi diangkat dan didinginkan dan ditambahkan 2 mL BF₃-metanol (14% b/v). Tabung reaksi dihembus dengan gas N₂, kemudian ditutup rapat dan divorteks. Tabung reaksi dipanaskan kembali pada suhu 80-100°C selama 30 menit. Tabung didinginkan di bawah air mengalir hingga suhu ruang, kemudian ditambahkan 1 mL heksana dan divorteks. Dipisahkan lapisan heksana yang ada dibagian atas, lalu dimasukkan ke dalam vial. Na₂SO₄ anhidrous ditambahkan ke dalam vial hingga Na₂SO₄ anhidrous tidak menyerap air lagi. Lapisan di bagian atasnya dipisahkan ke dalam vial yang baru. Larutan FAMES dalam heksana selanjutnya dianalisa dengan instrumen GC-FID.

b. Analisis dengan Instrumen GC-FID

FAMES hasil derivatisasi sampel minyak atau FAMES dari standar eksternal

diinjeksikan sebanyak 1 µL ke dalam alat Gas Kromatografi dengan sistem *Split* pada suhu injector 250°C dan suhu detector 260°C. Suhu kolom diatur secara gradien, suhu awal 120°C yang dipertahankan selama 6 menit, penambahan suhu kolom 3°C/ menit hingga mencapai 230°C dan dipertahankan selama 25 menit. Suhu kolom diturunkan kembali sampai 120°C untuk menginjek sampel berikutnya. Gas Helium sebagai gas pembawa diset tekanannya sebesar 100 KPa, sebagai pembakar digunakan gas H₂ dan O₂, sedangkan gas N₂ digunakan sebagai *carrier gas*.

c. Identifikasi dan Penentuan Konsentrasi Asam Lemak

Identifikasi asam lemak dari hasil analisis dilakukan dengan membandingkan waktu retensi dari suatu *peak* dengan waktu retensi dari standar eksternal. Konsentrasi asam lemak ditentukan dengan menggunakan rumus dibawah ini

$$[ALx] = \frac{Aalxs}{ASIs} \times \frac{BSIs}{BS} \times \frac{ASie}{Aalxe} \times \frac{[Balxe]}{[BSie]}$$

Keterangan:

- ALx : Konsentrasi asam lemak x dalam sampel (mg/g)
- Aalxs : Luas area asam lemak x pada kromatogram sampel
- ASIs : Luas area standar internal pada kromatogram sampel
- BSIs : Berat standar internal yang ditambahkan pada sampel
- BS : Berat sampel (g)
- ASie : Luas area standar internal pada kromatogram standar eksternal
- Aalxe : Luas area asam lemak x pada kromatogram standar eksternal
- [BSie] : Konsentrasi standar internal pada standar eksternal
- [Balxe] : Konsentrasi asam lemak x pada standar eksternal

HASIL DAN PEMBAHASAN

Indeks Bias

Indeks bias merupakan parameter fisik yang bergantung pada berat molekul, panjang rantai asam lemak, derajat ketidakjenuhan dan derajat konjugasi (Mohdaly *et al.*, 2017). Perubahan indeks bias minyak dapat dilihat

pada Tabel 1. Berdasarkan tabel tersebut terlihat terjadi peningkatan indeks bias minyak setelah proses penggorengan. Menurut Mahlody *et al.* (2017) indeks bias dipengaruhi kerusakan akibat oksidasi yang terjadi pada minyak. Hasil penelitian ini sama dengan hasil penelitian Farhoosh *et al.* (2008). Nilai indeks bias minyak hasil penelitian Farhoosh *et al.* (2008) meningkat selama proses penggorengan 48 jam dari 1.468313±0.00051 menjadi 1.469671±0.00032.

Tabel 1. Nilai Indeks Bias Minyak Goreng Sawit sebelum dan sesudah Penggorengan

Perlakuan	Indeks bias
Sebelum penggorengan	1.4625 ± 0.0007
Setelah penggorengan	1.4645 ± 0.0007

Bilangan Asam

Bilangan asam merupakan bilangan yang menunjukkan berapa mg NaOH yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 mg lemak. Pada penelitian ini, bilangan asam ditentukan dengan cara titrasi alkalimetri dengan menggunakan NaOH sebagai titran. Perubahan bilangan asam pada minyak goreng sawit sebelum dan sesudah penggorengan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Bilangan Asam Minyak sebelum dan sesudah Penggorengan

Perlakuan	Bilangan asam (mg NaOH/g minyak)
Sebelum penggorengan	0.44 ± 0.01
Setelah penggorengan	0.74 ± 0.02

Hasil penelitian ini menunjukkan terjadi peningkatan bilangan asam setelah proses penggorengan. Hal yang sama juga diperoleh oleh Suroso (2013), yang menentukan kualitas minyak goreng habis pakai ditinjau dari bilangan asam. Hasil penelitian Suroso (2013) menunjukkan nilai bilangan asam dari minyak jelantah lebih besar dari minyak sebelum digunakan untuk proses penggorengan.

Peningkatan bilangan asam kemungkinan disebabkan meningkatnya kadar asam lemak bebas yang terbentuk selama proses penggorengan. Peningkatan asam lemak bebas terjadi pada penelitian Bangash dan khattak (2006). Hasil penelitian Bangash &

khattak (2006) menunjukkan terjadi peningkatan kadar asam lemak bebas dari 8.21% menjadi 23.2% selama lima kali periode penggorengan.

Bilangan Peroksida

Bilangan peroksida merupakan salah satu parameter mutu yang menunjukkan jumlah lemak atau minyak yang telah teroksidasi. Pada prinsipnya, pengukuran bilangan peroksida mengukur kadar peroksida dan hidroperoksida yang terbentuk pada tahap awal reaksi oksidasi pada lemak. Menurut SNI 3741 2013, nilai maksimal bilangan peroksida adalah 10 meq O₂/kg.

Tabel 3. Bilangan Peroksida Minyak sebelum dan sesudah Penggorengan

Perlakuan	Bilangan peroksida (meq O ₂ /kg sampel)
Sebelum penggorengan	8.09
Setelah penggorengan	62.91

Bilangan peroksida minyak sebelum dan sesudah penggorengan dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan tabel tersebut terlihat bilangan peroksida minyak setelah penggorengan melebihi nilai bilangan peroksida yang dipersyaratkan oleh SNI 3741 2013. Hal ini menandakan minyak setelah proses penggorengan pada penelitian ini mempunyai kualitas yang kurang baik.

Bilangan peroksida setelah proses penggorengan mengalami peningkatan yang signifikan. Peningkatan bilangan peroksida juga dialami oleh Sharifudin *et al.* (2013) yang mengamati perubahan bilangan peroksida dari minyak olein yang digunakan dalam proses penggorengan pada suhu 185 ± 5°C, selama lima hari. Hasil penelitian Sharifudin *et al.* (2013) menunjukkan bilangan peroksida berubah dari 3.4 meq/kg menjadi 34.6 meq/kg.

Komposisi Asam Lemak

Minyak atau lemak terdiri dari dua komponen utama, yaitu asam lemak dan gliserol. Masing-masing jenis minyak mempunyai komposisi asam lemak yang berbeda-beda. Hasil penelitian Sundram *et al.* (2003) menunjukkan ada tiga asam lemak yang dominan, yaitu asam palmitat (C16:0), oleat

(C18:1) dan linoleat (C18:2). Komposisi asam lemak pada minyak sebelum dan setelah penggorengan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi Asam Lemak pada Minyak sebelum dan setelah Penggorengan

Jenis Asam Lemak	Konsentrasi asam lemak (g/100g)	
	Sebelum penggorengan	Setelah penggorengan
Asam lemak jenuh		
1. Kaprilat (C8:0)	0.02	0.00
2. Laurat (C12:0)	0.17	0.14
3. Miristat (C14:0)	0.92	0.82
4. Palmitat (C16:0)	37.71	38.46
5. Stearat (C18:0)	3.76	4.00
6. Arakidat (C20:0)	0.31	0.39
Asam lemak tidak jenuh		
1. Palmitoleinat (C16:1)	0.14	0.12
2. Oleat (C18:1)	42.56	39.15
3. Linoleat (C18:2)	13.59	11.04
4. α-linolenat (C18:3)	0.27	0.25
5. Eikosenat (C20:1)	0.00	0.14

Berdasarkan tabel tersebut terlihat terjadi penurunan asam lemak tidak jenuh, yaitu asam oleat (C18:1), linoleat (C18:2) dan α-linolenat (C18:3), selain itu juga terjadi peningkatan kadar asam lemak jenuh, yaitu asam palmitat (C16:0) dan stearat (C18:0). Hasil penelitian Tynek *et al.* (2001) dan Cuesta *et al.* (1991) menunjukkan terjadi penurunan kandungan asam linoleat (C18:2) setelah proses penggorengan. Hal ini juga diperkuat oleh hasil penelitian Serjouie *et al.* (2010). Serjouie *et al.* (2010) mengamati pengaruh proses penggorengan terhadap perubahan komposisi asam lemak pada minyak. Hasil penelitian Serjouie *et al.* (2010) menunjukkan terjadi penurunan asam lemak tidak jenuh, yaitu asam linoleat (C18:2) dan linolenat (C18:3), tetapi terjadi peningkatan asam lemak jenuh, yaitu asam palmitat (C16:0).

KESIMPULAN

Minyak goreng sawit hasil proses penggorengan dengan metode *deep-fat frying* pada suhu 180±20°C selama dua hari dengan lama penggorengan 11 jam setiap harinya, mengalami perubahan karakteristik fisik dan kimia. Nilai indeks bias mengalami peningkatan dari 1.4625±0.0007 menjadi 1.4645±0.0007, bilangan asam juga mengalami

peningkatan dari 0.44 ± 0.01 menjadi 0.74 ± 0.02 mg NaOH/g minyak. Nilai bilangan peroksida meningkat melebihi nilai yang dipersyaratkan oleh SNI 3741 2013. Komposisi asam lemak setelah proses penggorengan juga mengalami perubahan. Asam lemak jenuh cenderung mengalami peningkatan, sedangkan asam lemak tidak jenuh cenderung mengalami penurunan.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2012. *Official Methods of Analysis*. Arlington: AOAC.
- Aladedunye, F.A. dan Przybylski, R. 2009. Degradation and nutritional quality changes of oil during frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(2):149–156.
- Alireza, S., Tan, C.P., Hamed, M. dan Che Man, Y.B. 2010. Effect of frying process on fatty acid composition and iodine value of selected vegetable oils and their blends. *International Food Research Journal*, 17(2): 295-302.
- Arya, S.S., Ramanujam, S. dan Vijayaraghavan, P.K. 1969. Refractive index as an objective method for evaluation of rancidity in edible oils and fats. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 46(1):28-30.
- Cuesta, C., Sa´nchez-Muniz, F.J. dan Hernandez, I. 1991. Evaluation of nonpolar methyl esters by column and gas chromatography for the assessment of used frying oils. *Journal of American Oil Chemistry Society*, 68(6): 443–445.
- Farhoush, R., Mousavi, S.M.R. dan Sharif, A. 2008. Investigation on frying oils quality in terms of color index, refractive index and viscosity values during frying process. *Quarterly Iranian Journal of Food Science and Technology*, 5(1):13-19
- Matthäus, B. 2007. Use of palm oil for frying in comparison with other high-stability oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109(4): 400-409.
- Mohdaly, A.A.E.R., Seliem, K.A.E.H., Abd, E.L., Abu, E.H. dan Mahmoud, A.A.T. 2017. Effect of Refining Process on the Quality Characteristics of Soybean and Cotton seed Oils. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(1): 207-222.
- Serjouie, A., Tan, C.P., Mirhosseini, H. dan Che Man, Y. 2010. Effect of frying process on fatty acid composition and iodine value of selected vegetable oils and their blends. *International food research journal*, 17(2): 295-302.
- Suroso, A.S. 2013. Kualitas minyak goreng habis pakai ditinjau dari bilangan peroksida, bilangan asam dan kadar air. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 3(2):77-88.
- Sutiah, S., Firdausi, K.S. dan Budi, W.S. 2008. Studi kualitas minyak goreng dengan parameter viskositas dan indeks bias. *Berkala Fisika*, 11(2): 53-58.
- Tynek, M., Hazuka, Z., Pawlowicz, R. dan Dudek, M. 2001. Changes in the frying medium during deepfrying of food rich in proteins and carbohydrates. *Journal of Food Lipids*, 8(4): 251–261
- Valenzuela, A., Sanhueza, J., Nieto, S., Petersen, G. dan Tavella, M. 2003. Estudio comparativo, en fritura, de la estabilidad de diferentes aceites. *Grasas y Aceites*, 53 (13): 568–573.
- Yustinah, Y. dan Rahayu, R.A.N. 2014. Pengaruh lama proses adsorpsi terhadap penurunan kadar asam lemak bebas (FFA) dan bilangan peroksida (PV) pada minyak sawit mentah (CPO) menggunakan bioadsorben dari enceng gondok. *Jurnal Teknologi*, 6(2): 131-136.
- Zulkurnain, M., Lai, O.M., Latip, R.A., Nehdi, I.A., Ling, T.C. dan Tan, C.P. 2012. The effects of physical refining

on the formation of
3monochloropropane-1,2-diol esters
in relation to palm oil minor
components. *Food Chemistry*,
135(2): 799–805.

