

STABILITAS TERMAL MINUMAN EMULSI DARI PEKATAN KAROTEN MINYAK SAWIT MERAH SELAMA PENYIMPANAN

Mursalin¹⁾, Surhaini¹⁾ dan Ade Yulia¹⁾

¹⁾Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jambi
mursalin_murod@yahoo.com

ABSTRAK. Minuman emulsi, sebagai produk dengan kadar air yang tinggi (30-40%, mudah untuk mengalami kerusakan akibat reaksi hidrolisis dan oksidasi, selanjutnya dapat menghasilkan produk lanjut berupa prooksidan dan radikal bebas yang sangat berbahaya bagi kesehatan dan bersifat karsinogenik. Analisis terhadap kestabilan oksidatif- termal minuman emulsi perlu dilakukan untuk menentukan status keamanan pangan produk tersebut. Bilangan peroksida (PV) digunakan sebagai penanda tingkat oksidasi dan kerusakan lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan mengetahui stabilitas oksidatif-termal minuman emulsi yang diproduksi dari minyak sawit merah dan mengetahui kinetika perubahan bilangan peroksida selama penyimpanan. Penyimpanan dilakukan pada empat macam suhu (lemari es, suhu ruang, 30 °C, 40 °C, dan 50 °C) dan pengukuran PV dilakukan secara titrasi menggunakan 0,1N Na₂S₂O₃. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama penyimpanan, PV mengalami peningkatan signifikan, padahal dalam produk terkandung karoten (anti oksidan alami) yang tinggi. Laju peningkatan PV terendah teramati pada penyimpanan di suhu refrigerasi (9°C) yaitu 0.354 meq O₂/kg produk/minggu dan meningkat dengan persamaan $PV = PV_0 + t \cdot e^{-\frac{827.8}{1/T} + 1.866}$ sejalan dengan peningkatan suhu (T dalam Kelvin) dan masa simpan (t dalam minggu). Berdasarkan batas maksimum PV yang direkomendasi oleh Palm Oil Refiners Association of Malaysia (PORAM) produk pangan berminyak, yaitu 5 meq O₂/kg produk, masa kadaluarsa minuman emulsi tiap suhu penyimpanan (refrigerasi, suhu kamar, dan suhu 30 °C, 40 °C, dan 50 °C) adalah 11.8; 5.0; 9.7; 9.5 and 8.6 minggu. Tingginya PV menunjukkan stabilitas oksidasi-termal relatif rendah.

Kata kunci: Minuman emulsi, bilangan peroksida, minyak sawit merah, stabilitas

PENDAHULUAN

Manfaat kesehatan dan nutrisi dari kandungan karoten dalam minyak sawit telah diteliti oleh banyak ahli. Salah satunya dapat menggulangi defisiensi vitamin A dan zat besi pada anak-anak (Lam *et al.* 2001; Manorama *et al.* 1996), pemberian suplementasi β -karoten dari minyak sawit merah pada ibu menyusui dapat memperbaiki status vitamin A pada bayi (Canfield *et al.* 2001), dapat meningkatkan pengaruh anti kanker dan tumor pada sel NK (natural killer) yang berkontribusi pada kekebalan tubuh melawan infeksi dan penyakit berbahaya pada tubuh manusia (Ashfaq *et al.* 2001), mempunyai potensi melawan kardiovaskular dan karsinogenesis kanker payudara (Arumughan *et al.* 1996), dan dapat mengurangi resiko arteriosklerosis (Kritchevsky *et al.* 2001).

Mengolah minyak sawit menjadi minuman emulsi serupa produk sejenis yang telah beredar di pasaran dengan merk dagang "Scott's Emulsion" adalah alternatif untuk menjadikan minyak sawit sebagai pangan suplemen. Minuman emulsi dari minyak sawit diperkirakan mempunyai kestabilan oksidatif yang rendah karena adanya kandungan klorofil dalam minyak. Menurut Choe dan Min (2006), klorofil merupakan sensitizer umum yang berperan sebagai promotor fotooksidasi dalam minyak nabati. Setelah menyerap energi dari cahaya, klorofil dapat mentransfer energi ke triplet oksigen ($3O_2$) membentuk oksigen singlet yang lebih reaktif. Oksigen singlet bereaksi cepat dengan C-C tidak jenuh menghasilkan peroksida, menginisiasi autooksidasi radikal bebas konvensional untuk memproduksi lebih banyak hidroperoksida. Selanjutnya minyak yang mengalami fotooksidasi, produk oksidasi akan mengkatalis rantai reaksi oksidasi menghasilkan penurunan mutu minyak (Belitz dan Grosch, 2009).

Analisis terhadap kestabilan termal oksidatif minuman emulsi perlu dilakukan secara intensif untuk menjamin keamanan pangan produk tersebut dari bahan berbahaya berupa produk oksidatif yang

reaktif dan karsinogenik. Minuman emulsi, sebagai produk yang mengandung air tinggi (30-40%) mudah mengalami kerusakan akibat reaksi hidrolisis, oksidasi, dan polimerisasi. Kerusakan produk ini akan menurunkan nilai gizi bahkan dapat membahayakan kesehatan para konsumennya karena produk lanjut oksidasi adalah prooksidan dan radikal bebas yang sangat reaktif sedangkan produk lanjut dari polimerisasi adalah polimer trigliserida yang tidak tercerna. Ketiga jenis produk lanjut ini, baik prooksidan, radikal bebas, maupun polimer trigliserida bersifat karsinogenik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas oksidatif-termal minuman emulsi yang diproduksi dari minyak sawit merah dan mengetahui kinetika perubahan bilangan peroksida (PV) produk selama penyimpanan sehingga dapat ditentukan status keamanan pangan produk sepanjang waktu simpan.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan baku minuman emulsi ini adalah minyak sawit merah yang kadar karotennya dipekatkan dengan cara fraksinasi kering bertingkat tiga.

Metode Penelitian

Pada tingkat pertama minyak dipanaskan hingga suhu 70 °C lalu didinginkan perlahan dengan laju 0.5 °C/menit hingga suhu mencapai 22 °C, suhu ini dipertahankan selama setengah jam sampai terbentuk kristal yang selanjutnya dipisahkan dari massa minyak menggunakan filter press. Untuk tingkat kedua, fraksi minyak dari fraksinasi tingkat pertama difraksinasi lagi dengan cara yang sama tetapi pada suhu kristalisasi yang lebih rendah, yaitu 20 °C. Pada fraksinasi tingkat ketiga, fraksi minyak dari fraksinasi tingkat kedua difraksinasi lagi dengan cara yang sama tetapi pada suhu kristalisasi 18 °C. Dengan cara ini maka diperoleh minyak sawit merah dengan kandungan karoten sekitar 1000 ppm.

Pembuatan minuman emulsi dilakukan dengan memodifikasi cara Mursalin *et al.* (2009), yaitu mengatur rasio minyak:air (7:3), menggunakan *emulsifier* Tween 80 pada konsentrasi 1.25%, mengecilkan ukuran globula lemak dengan nozzle bertekanan, homogenisasi dengan *mixer*, menggunakan bahan tambahan pangan (BTP) berupa benzoat (0,2%), BHT (200 ppm), EDTA (200 ppm), flavor jeruk (1,5%) dan gula pasir (15%).

Karakteristik stabilitas oksidatif-termal minuman emulsi selama penyimpanan, dianalisis dengan cara menempatkan produk masing-masing pada 5 macam suhu (lemari es, suhu ruang, dalam oven suhu 30, suhu 40 dan suhu 50 °C). Setiap minggu selama 7 bulan, dilakukan pengamatan untuk parameter bilangan peroksida.

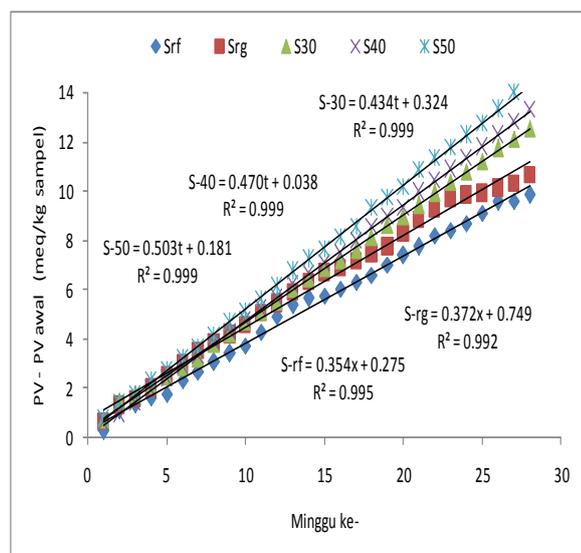
Bilangan peroksida ditentukan menurut AOCS Cd 8-53 menggunakan metode bilangan peroksida asam asetat-kloroform (AOCS 1998). Lima gram minyak ditimbang ke dalam 250 ml labu erlenmeyer kering dan ditambahkan 30 mL asam asetat/kloroform (3:2). Labu diaduk dan ditambahkan 0,5 mL larutan KI jenuh. Setelah 1 menit, ditambahkan 30 mL air suling dan 0,5 mL indikator kanji. Larutan ini kemudian dititrasi dengan 0,1N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sampai warna biru hilang. Nilai peroksida dinyatakan sebagai miliekuivalen O_2 per kg minyak.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Oksidasi merupakan reaksi penting yang berpengaruh nyata pada mutu bahan pangan berminyak, termasuk produk minuman emulsi, selama penyimpanan. Pada tahap awal, oksidasi akan menghasilkan hidroperoksida yang sering dievaluasi dengan analisis angka peroksida. Menurut Anwar *et al.* (2007); Kim *et al.* (2007); Marina *et al.* (2009), angka peroksida pada minyak dapat digunakan sebagai penanda tingkat oksidasi dan kecenderungannya menjadi tengik.

Menurut Kim *et al.* (2007), pengukuran hidroperoksida hanya sesuai untuk tahap

awal oksidasi karena bersifat tidak stabil dan akan terdekomposisi menjadi berbagai produk oksidasi sekunder yang merupakan komponen karbonil, meliputi aldehid, keton, alkohol, hidrokarbon dan furan. Angka peroksida merupakan parameter yang menunjukkan konsentrasi peroksida dan hidroperoksida yang terbentuk sebagai hasil antara pada tahap inisiasi dan propagasi dari reaksi oksidasi minyak. Komponen tersebut bersifat tidak stabil dan mudah terdekomposisi menjadi produk oksidasi sekunder yang bertanggung jawab terhadap bau dan rasa tengik. Angka peroksida pada minyak dapat digunakan sebagai penanda tingkat oksidasi dan kecenderungannya menjadi tengik (Anwar *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2007; Marina *et al.*, 2009). Data laju peningkatan bilangan peroksida produk minuman emulsi selama penyimpanan pada berbagai suhu dapat dilihat pada Gambar 1. Dari Gambar 1 dapat diketahui bahwa selama penyimpanan 28 minggu, produk minuman emulsi masih mengalami peningkatan bilangan peroksida. Hal ini mengindikasikan bahwa jumlah asam lemak yang teroksidasi membentuk peroksida masih lebih banyak dibandingkan dengan jumlah peroksida yang terdekomposisi membentuk produk oksidasi sekunder. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa proses oksidasi lemak dalam produk hingga minggu ke 28 pada semua tingkat suhu penyimpanan masih pada tahap inisiasi dan propagasi (oksidasi primer). Dari Gambar 1 dapat diketahui pula bahwa pada suhu penyimpanan yang lebih tinggi, bilangan peroksida produk minuman emulsi juga akan lebih besar. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan suhu penyimpanan meningkatkan bilangan peroksida selama penyimpanan.



Gambar 1. Laju peningkatan bilangan peroksida minuman emulsi selama penyimpanan pada berbagai suhu. S-rf = suhu refrigerasi (9 °C), S-rg = suhu ruang (27 °C), S-30 = Suhu 30 °C, S-40 = Suhu 40 °C, S-50 = Suhu 50 °C

Pada suhu penyimpanan refrigerasi (9 °C) laju peningkatan bilangan peroksida produk minuman emulsi sebesar 0,354 meq O₂/kg produk/minggu, merupakan laju peningkatan terendah dibandingkan dengan perlakuan suhu yang lainnya. Laju peningkatan bilangan peroksida pada pada suhu ruang (27 °C), suhu 30 °C, suhu 40 °C dan suhu 50 °C masing-masing adalah sebesar 0,372; 0,434; 0,470; dan 0,503 meq O₂/ kg produk/minggu (Gambar 1).

Panas adalah salah satu faktor yang berpengaruh terhadap laju oksidasi lipid. Bilangan peroksida merupakan indikator yang sangat sensitif terhadap kerusakan oksidatif pada awal penyimpanan. Dengan memonitor jumlah peroksida sebagai fungsi waktu, dapat diketahui apakah lipid sedang dalam pembentukan atau dalam peluruhan hidroperoksida. Informasi tersebut juga dapat digunakan sebagai penuntun dalam memperhitungkan penerimaan produk pangan yang berkenaan dengan kerusakan produk (Shahidi dan Zhong, 2005).

Menurut Scrimgeour (2005), rantai alkil asam lemak mudah mengalami oksidasi

baik pada ikatan rangkap maupun karbon-karbon alilik yang berdekatan, menghasilkan hidroperoksida alilik. Reaksi tersebut memungkinkan terjadinya perubahan posisi geometris dari ikatan rangkap, sehingga terbentuk ikatan terkonjugasi. Oksidasi dapat terjadi secara autooksidasi (oleh oksigen triplet) maupun melalui mekanisme fotooksidasi (oleh oksigen singlet).

Autooksidasi merupakan reaksi berantai yang terjadi melalui mekanisme radikal bebas dengan oksigen triplet yang bersifat diradikal. Reaksi tersebut diawali oleh terbentuknya radikal dari komponen bahan pangan. Selanjutnya, komponen radikal bahan pangan tersebut bereaksi dengan oksigen triplet diradikal (Min dan Boff, 2002; Choe dan Min, 2006).

Menurut Lee *et al.* (2007), autooksidasi pada minyak merupakan reaksi autokatalitik yang menghasilkan hidroperoksida dari asilgliserol dan selanjutnya terdekomposisi menjadi komponen dengan berat molekul rendah yang mengakibatkan *off-flavor* dan membuat minyak kurang atau bahkan tidak diterima konsumen. Autooksidasi pada minyak dipengaruhi oleh suhu, cahaya, komposisi asam lemak, antioksidan serta prooksidan. Pada berbagai jenis minyak nabati, autooksidasi mengakibatkan hilangnya tokoferol, karotenoid dan kandungan senyawa fenolik polar (Aparicio *et al.*, 1999; Psomiadou dan Tsimidou, 2002).

Proses autooksidasi berjalan lambat pada suhu rendah dan meningkat jika suhu ditingkatkan. Suhu tinggi akan menghasilkan produk-produk oksidasi primer serta pembentukan dimer atau komponen teroksidasi, terutama hidroperoksida (Lee *et al.*, 2007). Selanjutnya, hidroperoksida akan terdekomposisi menghasilkan radikal alkoksil (LO•) dan radikal hidroksil (•OH). Radikal alkoksil akan menyerang asam lemak tidak jenuh yang lain, menghasilkan radikal alkil (L•). Radikal alkil bereaksi dengan oksigen menghasilkan radikal peroksil (LOO•) yang kemudian bereaksi dengan asam lemak tidak jenuh lain

menghasilkan hidroperoksida dan radikal alkil, demikian seterusnya, sehingga terjadi oksidasi berantai. Radikal alkoksil dapat terdekomposisi lebih lanjut menghasilkan produk oksidasi sekunder berupa aldehid, keton, alkohol dan hidrokarbon berantai pendek.

Palm Oil Refiners Association of Malaysia (PORAM) menetapkan standar mutu untuk minyak dan produk berminyak yang baik tidak boleh mengandung bilangan peroksida lebih dari 5.0 meq O₂/kg bahan (Ooi *et al.* 1996; Basiron 2005). Berdasarkan batasan bilangan peroksida

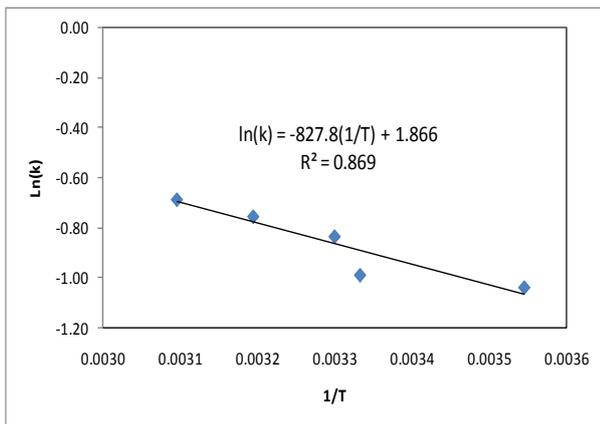
yang distandarkan PORAM dan dengan berpatokan pada laju peningkatan bilangan peroksida produk minuman emulsi (Gambar 1), maka dapat ditentukan penyimpanan paling lama (masa kadaluarsa) produk minuman emulsi pada masing-masing suhu penyimpanan (refrigerasi, suhu ruang, suhu 30 °C, 40 °C, dan 50 °C) yaitu selama 11,8; 5,0; 9,7; 9,5 dan 8,6 minggu (Tabel 1).

Estimasi masa kadaluarsa produk berdasarkan bilangan peroksidanya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Estimasi masa kadaluarsa produk berdasarkan bilangan peroksidanya

Suhu Penyimpanan	Kriteria				
	Model Laju Peningkatan bilangan peroksida	Peroksida Awal (meq/Kg)	Peroksida Akhir (meq/Kg)	Peningkatan Peroksida (meq/Kg)	Masa Kadaluarsa (minggu)
Refrigerasi	$S-rf = 0.354t + 0.275$	0.56	5.00	4.44	11.75
Ruang	$S-rg = 0.372t + 0.749$	0.49	5.00	4.51	5.02
30 °C	$S-30 = 0.434t + 0.324$	0.49	5.00	4.51	9.65
40 °C	$S-40 = 0.470t + 0.038$	0.49	5.00	4.51	9.51
50 °C	$S-50 = 0.503t + 0.181$	0.51	5.00	4.49	8.57

Analisis grafik lebih lanjut menggunakan persamaan Arrhenius terhadap data laju peningkatan bilangan peroksida pada berbagai suhu penyimpanan, maka dapat diketahui hubungan antara nilai konstanta laju peningkatan bilangan peroksida (k) dengan suhu penyimpanan (T dalam derajat Kelvin) seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara laju peningkatan bilangan peroksida minuman emulsi selama penyimpanan (k) dengan suhu penyimpanan yang diterapkan (T)

Gambar 2 menjelaskan hubungan antara suhu penyimpanan (1/T) dengan nilai logaritma dari laju peningkatan bilangan peroksida [ln(k)] minuman emulsi selama penyimpanan. Dari Gambar 2 diketahui bahwa laju peningkatan bilangan peroksida selama penyimpanan pada berbagai suhu mengikuti reaksi ordo satu dengan nilai energi aktivasi (Ea) sebesar 6.88×10^3 J/mol. Hubungan antara 1/T dengan ln(k) diekspresikan sebagai:

$$\ln(k) = -827.8(1/T) + 1.866 \quad (1)$$

atau

$$k = e^{(-827.8(1/T) + 1.866)} \quad (2)$$

dimana k adalah laju peningkatan bilangan peroksida selama penyimpanan (meq O₂/kg produk/minggu).

Dengan demikian, model persamaan peningkatan bilangan peroksida produk minuman emulsi ini selama penyimpanan (PV = PV₀+ kt) dapat ditulis:

$$PV = PV_0 + t \cdot e^{(-827.8(1/T) + 1.866)} \quad (3)$$

dimana PV adalah bilangan peroksida akhir (meq O₂/Kg bahan), PV awal adalah bilangan peroksida awal (meq O₂/Kg bahan), t adalah lama penyimpanan (42 n minggu) dan T adalah suhu penyimpanan (dalam Kelvin).

Kandungan karoten yang tinggi pada produk minuman emulsi tidak terlalu menghambat reaksi oksidasi-termal selama penyimpanan yang ditandai dengan peningkatan bilangan peroksida. Menurut Jung *et al* (1991), karotenoid termasuk ke dalam kelas antioksidan yang unik, efektif hanya pada tekanan oksigen di bawah udara normal yaitu tekanan oksigen parsial kurang dari 150 Torr (0.197 atm). Pada kondisi ini, karotenoid menangkap radikal dengan baik dengan mentransfer hidrogen. Tekanan parsial oksigen rendah ini ditemukan pada hampir semua jaringan pada kondisi fisiologis normal. Pada tekanan oksigen tinggi, karotenoid akan kehilangan aktivitas antioksidan dan menunjukkan autokatalitik serta efek prooksidan, terutama pada konsentrasi tinggi.

Peningkatan bilangan peroksida yang cukup tinggi selama penyimpanan dan singkatnya masa kadaluarsa produk berdasarkan batasan maksimal nilai bilangan peroksida menurut PORAM, mengindikasikan bahwa penambahan antioksidan BHT dan pengkelat logam EDTA pada proses pembuatan minuman emulsi ini kurang efektif dalam menghambat terjadinya proses oksidasi selama penyimpanan. Oleh karena itu perlu adanya penggunaan jenis antioksidan yang lain secara kombinasi sehingga diperoleh produk minuman emulsi yang lebih stabil oleh panas (*thermostable*) selama penyimpanan.

Kenaikan angka peroksida kemungkinan juga diinisiasi oleh reaksi hidrolisis. Kandungan air yang cukup tinggi dalam minuman emulsi (sekitar 30%), memungkinkan terjadinya hidrolisis untuk menghasilkan asam lemak bebas. Oleh karena asam lemak bebas lebih cepat mengalami oksidasi dibanding esternya (Miyashita dan Takagi, 1986), maka hidrolisis yang terjadi pada produk minuman emulsi dapat menyebabkan

kenaikan angka peroksida. Menurut List *et al.* (2005), kandungan air menyebabkan terurainya triasilgliserol menjadi asam lemak bebas serta mono- dan diasilgliserol yang mengakibatkan kenaikan asam lemak bebas.

Reaksi hidrolisis dikatalisis oleh asam, basa atau enzim lipase, tetapi dapat pula terjadi tanpa katalis, yaitu jika fase minyak dan air yang terlarut dalam minyak berada pada suhu dan tekanan tertentu (Scrimgeour, 2005). Seperti minyak lain, minyak sawit dalam produk minuman emulsi ini juga dapat mengalami hidrolisis atau terurai menjadi asam lemak dan gliserol. Reaksi peruraian minyak dipercepat oleh adanya panas, cahaya, asam mineral atau oksida-oksida logam (Gervajio, 2005).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa: Laju peningkatan PV terendah teramati pada penyimpanan di suhu refrigerasi (9°C) yaitu 0.354 meq O₂/kg produk/minggu. Berdasarkan nilai bilangan peroksida terukur pada produk selama penyimpanan yang masih tinggi di semua suhu penyimpanan, minuman emulsi yang dihasilkan pada penelitian ini mempunyai stabilitas oksidatif-termal yang relatif masih rendah. Konsekuensi dari rendahnya stabilitas oksidasi-termal produk selama penyimpanan adalah bahwa masa simpan (kadaluarsa) produk perlu diperhatikan secara khusus agar produk dapat dikonsumsi aman.

Saran

Setelah diketahui secara akurat stabilitas fisik dan oksidatif produk minuman emulsi yang dihasilkan pada penelitian ini, maka untuk keamanan produk disarankan (1) Menggunakan botol gelap yang tidak terlalu transparan sebagai wadah produk agar mengurangi intensitas cahaya yang memaparinya selama penyimpanan dan distribusi. (2) Segera menyimpan produk

pada suhu rendah (suhu refrigerator) sesaat setelah produksi dan tetap menjaga suhu penyimpanan tersebut hingga produk dengan siap dikonsumsi. (3) Melakukan pewadahan dalam botol dengan *headspace* yang diisi gas nitrogen sebagai ganti dari udara yang mengandung oksigen agar dapat menekan proses oksidasi semaksimal mungkin.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar F, Chatha SAS, Hussain A. 2007. *Assessment of oxidative deterioration of soybean oil at ambient and sunlight storage. Grasas Y Aceites* 58:390-395.
- [AOCS] American Oil Chemists' Society. 1998. *Official Methods and Recommended Practices of the AOCS*. 5th ed. Champaign, Ill.: AOCS.
- Aparicio, R., Roda, L., Albi, M. A. dan Gutierrez, F. 1999. *Effect of various compounds on virgin olive oil stability measured by Rancimat*. J. Agric. Food Chem. 47:4150-4155.
- Arumughan et al. 1996
- Arumughan C, Kurup PA, Manoj Kumar V. 1996. *Effect of red palm oil and rbd palm olein on the serum lipid and lipoprotein in humans*. Di dalam: Chandrasekran dan Sundram K, editor. *Competitiveness for The 21st Century Nutrition Conference. Proceedings of the 1996 PORIM International Palm Oil Congress; Malaysia, 23-28 September 1996. Malaysia: Palm Oil Research Institute of Malaysia*.
- Ashfaq MK, Zuberi HS, Waqar MA. 2001. *Vitamin-E and β-carotene affect anti cancer immunity: in vitro and in vivo studies*. Di dalam: *Cutting-Edge Technologies For Sustained Competitiveness Food Technology and Nutrition Conference. Proceedings 2001 PIPOC International Palm Oil Congress; Malaysia, 20-22 August 2001*.

- Malaysia: Malaysian Palm Oil Board. Congress; Malaysia, 20-22 August 2001. Malaysian Palm Oil Board.
- Basiron Y. 2005. Palm oil. Di dalam: Shahidi F, editor. *Bailey's Industrial Oil and Fat Product*. Ed ke-6. Volume ke-5. *Edible Oils*. New Jersey: Wiley Interscience. hlm 333-429.
- Belitz HD, Grosch W. 2009. Food Chemistry 4th Revised and Extended Edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Canfield, L.M. et al., 2001. *Red palm oil in the maternal diet increases provitamin A carotenoids in breast milk and serum of the mother-infant dyad*. Eur. J.Nutr.40:30-38.
- Choe, E., Min, D.B. 2006. *Mechanisms and factors for edible oil oxidation*. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 5:169-86.
- Gervajio, G. C. 2005. *Fatty Acids and Derivatives from Coconut Oil* dalam *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, 6th ed., vol. 6. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Jung, M., Choe, E., Min, D.B. 1991. *α - and γ - and *d*-tocopherol effects on chlorophyll photosensitized oxidation of soybean oil*. J Food Sci 56:807-10.
- Kim, H.J, Lee, H.O., Min, D.B. 2007. *Effects and prooxidant mechanisms of oxidized tocopherol on the oxidative stability of soybean oil*. J Food Sci 72: 223-230.
- Kritchevsky D, Tepper SA, Czarnecki SK, Sundram K. 2001. *Red palm oil in experimental atherosclerosis*. Di dalam: *Cutting-Edge Technologies For Sustained Competitiveness Food Technology and Nutrition Conference*. Proceedings 2001 PIPOC International Palm Oil Congress; Malaysia, 20-22 August 2001. Malaysia: Malaysian Palm Oil Board.
- Lam NT, Yet HT, Hai LT, Huong PT, Ha NT, Huan TT . 2001. *Effects of red palm oil supplementation on vitamin a and iron status of rural underfive children in vietnam*. Di dalam: *Cutting-Edge Technologies For Sustained Competitiveness Food Technology and Nutrition Conference*. Proceedings 2001 PIPOC International Palm Oil Congress; Malaysia, 20-22 August 2001. Malaysia: Malaysian Palm Oil Board.
- Lee, J., Lee, Y. dan Choe, E. 2007. *Temperature dependence of the autooxidation and antioxidants of soybean, sunflower and olive oil*. Eur. Food Res. Technol. 226:239-246.
- List, G. R., Wang, T. dan Shukla, V. K. S. 2005. *Storage, Handling and Transport of Oils and Fats* dalam *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, 6th ed., vol. 5. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Manorama, R., Brahman, G.N.V., Rukmini, C. 1996. *Red palm oil as a source of β -carotene for combating vitamin A deficiency*. Plant Food for Human Nutrition 49:75-82.
- Marina, A. M., Che Man, Y. B., Nazimah, S. A. H. dan Amin, I. 2009. *Chemical properties of virgin coconut oil*. J. Am. Oil Chem. Soc. 86:301-307.
- Min, D.B, Boff, J.. 2002. *Chemistry and reaction of singlet oxygen in foods*. Comp Rev Food Sci Food Safety 1:58-72.
- Miyashita, K. dan Takagi, T. 1986. *Study on the oxidative rate and prooxidant activity of free fatty acids*. J. Am. Oil Chem. Soc. 63:1380-1384.

Mursalin, Surhaini, dan A. Nizori. 2009. *Pengaruh formulasi minyak:air, jenis dan konsentrasi emulsifier dalam pembuatan minuman emulsi dari pekatan karoten minyak sawit hasil saponifikasi*. Laporan penelitian hibah bersaing. Fakultas pertanian Universitas Jambi (Tidak dipublikasikan).

Ooi, C.K., Choo, Y.M., Yap, S.C., An, M.A. 1996. *Refining of red palm oil. 12 Blue Photosensitization*. J Am Oil Chem Soc 88:373–380.

Psomiadou E, Tsimidou M. 2002. *Stability of virgin olive oil. 1. Autooxidation studies*. J. Agric. Food Chem. 50:716-721.

Scrimgeour C. 2005. *Chemistry of fatty acids dalam Bailey's Industrial Oil and Fat Products. 6th ed., vol.1*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Shahidi F dan Zhong Y. 2005. *Lipid Oxidation: Measurement Methods*. Di dalam: Shahidi F, editor. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products: Ed ke-6 Volume ke-2 Edible Oil and Fat Products: Edible Oil*. Hoboken. John Wiley & Sons, Inc.

