

SINTESIS DAN MIKROENKAPSULASI PENSUBSTITUSI LEMAK AIR SUSU IBU (PLASI) BERBAHAN MINYAK SAWIT

[*Synthesis and Microencapsulation of Palm Oil Based Human Milk Fat Substitute*]

Hasrul Abdi Hasibuan* dan Ijah

Kelompok Peneliti Pengolahan Hasil dan Mutu, Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), Medan

Diterima 20 Oktober 2016 / Disetujui 14 Desember 2016

ABSTRACT

This study was aimed to evaluate human milk fat substitute (HMFS) synthesized from a mixture of palm stearin, palm kernel oil, soybean oil, olive oil and tuna fish oil at ratios of 2.9:3.4:1.5:2.0:0.2, respectively. The oil blend was interesterified using 10% of lipase as a catalyst at 60°C for 2, 4, 6, 8, 12 and 24 h. The fatty acid composition, melting point and solid fat content of the resulting products were characterized. Fifteen to thirty percent of HMFS were microencapsulated using matrix of skim milk, maltodextrin and lactose at a ratio of 1:1:1. The melting point of the oil blend decreased following interesterification for the optimum reaction time of 4 h and the attained melting point of HMFS was 28 °C. Different skim milk solubility levels influenced the quality of the resulting microcapsules. The concentration of HMFS affected microcapsul yield, encapsulation efficiency and solubility in water. Microencapsulation of HMFS at concentration of 25% using matrix of skim milk, maltodextrin and lactose produced higher yield and encapsulation efficiency than that of 15, 20 and 30%.

Keywords: *milk fat substitute, microencapsulation, palm kernel oil, palm oil*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pensubstitusi lemak air susu ibu (PLASI) yang disintesis dengan menggunakan campuran stearin sawit, minyak inti sawit, minyak kedelai, minyak zaitun dan minyak ikan tuna pada nisbah 2,9:3,4:1,5:2,0:0,2. Campuran minyak diinteresterifikasi dengan katalis enzim lipase 10% terhitung dari substrat pada suhu 60°C selama variasi waktu 2, 4, 6, 8, 16 dan 24 jam. Komposisi asam lemak, titik leleh dan kandungan lemak padat produk PLASI kemudian dikarakterisasi. Selanjutnya, produk PLASI sebanyak 15–30% dimikroenkapsulasi dengan menggunakan bahan penyalut yaitu susu skim yang dicampur dengan maltodekstrin dan laktosa pada nisbah 1:1:1. Didapatkan bahwa titik leleh campuran minyak menurun setelah interesterifikasi dengan waktu reaksi optimum 4 jam dan pada kondisi tersebut diperoleh PLASI dengan titik leleh sebesar 28 °C. Penggunaan susu skim pada tingkat kelarutan yang berbeda berpengaruh terhadap kualitas mikrokapsul yang dihasilkan. Jumlah PLASI juga berpengaruh terhadap perolehan mikrokapsul, efisiensi enkapsulasi dan kelarutan dalam air. Mikroenkapsulasi PLASI sebanyak 25% dengan menggunakan matriks susu skim, maltodekstrin dan laktosa menghasilkan perolehan mikrokapsul dan efisiensi enkapsulasi yang lebih tinggi dibandingkan pada konsentrasi penggunaan 15, 20 dan 30%.

Kata kunci: pensubstitusi lemak air susu ibu (PLASI), mikroenkapsulasi, minyak inti sawit, minyak sawit

PENDAHULUAN

Susu merupakan salah satu elemen penting bagi makanan manusia karena mengandung sumber nutrisi yang lengkap dan seimbang meliputi lemak, protein, gula, vitamin dan mineral (Lubary *et al.*, 2011) sehingga sangat bermanfaat bagi kesehatan sejak bayi hingga dewasa (Nikkhah, 2012). Khusus untuk bayi, susu terbaik yang diberikan adalah air susu ibu (ASI) namun karena satu dan

lain hal seperti kesibukan dalam pekerjaan, ASI mulai tergantikan dengan susu formula (Purwanti *et al.*, 2009; Djajasoepena *et al.*, 2015). Lemak ASI menyuplai fraksi tertinggi dari kebutuhan energi bayi (Sahin *et al.*, 2005^a; Sahin *et al.*, 2006). Lemak ASI mengandung asam lemak jenuh yaitu laurat, miristat dan palmitat (El-Salam, 2015) dan asam lemak tidak jenuh meliputi asam oleat, linoleat, asam linolenat, asam eikosapentanoat (*eicosapentanoic acid*, EPA) dan asam dokosaheksanoat (*docosahexanoic acid*, DHA) (Yadong dan Guicheng, 2011). ASI juga mengandung colostrum yang merupakan salah satu

*Penulis Korespondensi:
E-mail: hasibuan_abdi@yahoo.com

jenis vitamin dengan kandungan senyawa β -karoten (Goedhart dan Bindles, 1994).

Kebutuhan susu formula semakin meningkat sehingga alternatif lemak susu yang disebut dengan pensubstitusi lemak air susu ibu (PLASI) perlu dikembangkan. Sintesis PLASI dapat dilakukan dengan menggunakan minyak/lemak nabati (Lubary *et al.*, 2011) dan/atau campurannya dengan lemak hewani (Maduko *et al.*, 2007). Menurut Oboh (2012) bahwa lemak ASI memiliki profil pelelehan yang baik dan mencair sempurna pada suhu tubuh. Oleh karena itu, minyak nabati penggantinya juga harus memiliki profil pelelehan yang menyerupainya. Untuk memodifikasi campuran minyak dan lemak diperlukan proses interesterifikasi enzimatis. Proses ini menggunakan katalis enzim lipase untuk mengubah komposisi trigliserida lemak menjadi terstruktur. Khusus untuk PLASI, modifikasi dilakukan agar komposisinya menyerupai lemak ASI (Sahin *et al.*, 2005^b).

Beberapa peneliti telah melaporkan pensintesis PLASI menggunakan minyak nabati. Maduko *et al.* (2007) mensintesis PLASI melalui interesterifikasi campuran tripalmitat, minyak kelapa, minyak biji bunga dan minyak kedelai menggunakan Lipozyme kemudian dicampurkan dengan lemak dari susu hewani. Karabulut *et al.* (2007) mensintesis PLASI melalui interesterifikasi campuran minyak sawit, minyak inti sawit, minyak zaitun, minyak bunga matahari dan minyak ikan dari laut menggunakan lipase *Thermomyces lanuginosa* (Lipozyme TL IM). Nielsen *et al.* (2006) mensintesis PLASI yang mengandung asam gamma linoleat melalui interesterifikasi antara tripalmitat, asam lemak dari minyak hazel dan asam gamma linoleat dalam heksan dengan lipase spesifik 1,3 Lipozyme RM IM dan Lipozyme TL IM. Karow *et al.* (2012) mensintesis PLASI yang mengandung asam laurat tinggi melalui interesterifikasi minyak kelapa dan stearin sawit secara enzimatis. Untuk memperkaya dan meningkatkan stabilitas PLASI dapat ditambahkan antioksidan seperti tokoferol (Maduko *et al.*, 2007).

Stearin sawit merupakan fraksi padat minyak sawit yang mengandung asam palmitat tinggi (57,3–66,7%) (Hasibuan, 2012). Selain itu, minyak inti sawit mengandung asam lemak rantai menengah berupa asam laurat tinggi (47,6–54,3%) (Hasibuan *et al.*, 2012). Minyak sawit juga mengandung senyawa fitonutrien meliputi karoten sebagai provitamin A dan tokoferol dan tokotrienol sebagai vitamin E (Hasibuan dan Siahaan, 2014). Dengan demikian, penggunaan minyak sawit sebagai alternatif untuk sintesis PLASI sesuai karena ragam nutrisi yang dimilikinya cukup lengkap. Koo *et al.* (2006) juga menyatakan hal yang sama bahwa minyak sawit sangat sesuai digunakan untuk substitusi lemak susu dalam formula susu untuk bayi.

Mikroenkapsulasi merupakan proses penyalutan lapisan baik terhadap partikel padatan yang kecil atau droplet dari suatu cairan atau larutan (Levin, 2006). Salah satu proses pembuatan mikroenkapsulat dapat dilakukan dengan menggunakan metode pengeringan semprot yang akan menghasilkan produk bubuk dengan kualitas yang baik (Yanuar *et al.*, 2007). Dalam pembuatan susu formula, mikroenkapsulasi lemak dalam bahan penyalut dapat dilakukan menggunakan alat pengeringan semprot. Pelarut pada campuran emulsi akan ter evaporasi setelah mengalami kontak dengan udara pengering dan kemudian terjadi pemisahan partikel kering (Elisabet *et al.*, 2008). Penelitian ini dilakukan untuk mensintesis PLASI melalui interesterifikasi campuran stearin sawit dan minyak nabati lainnya. Selanjutnya, produk PLASI dienkapsulasi menggunakan bahan penyalut yaitu susu skim yang dicampur dengan maltodekstrin dan laktosa. Penggunaan bahan penyalut menjadi penting untuk dikaji karena kestabilan emulsi minyak dipengaruhi oleh bahan penyalut.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah stearin sawit dan minyak inti sawit yang diperoleh dari PT. Wilmar Internasional (Medan, Indonesia). Minyak kedelai dan minyak zaitun diperoleh dari swalayan. Minyak ikan tuna diperoleh melalui ekstraksi dari ikan tuna. Susu skim yang digunakan dua jenis yaitu susu skim merek A (SSA) dan susu skim merek B (SSB) yang dibedakan berdasarkan harga dan kualitas fisik atau warna yang diperoleh dari 2 Toko Bahan Kue (Medan, Indonesia). Tween 80, maltodekstrin DE 10-15 dan laktosa diperoleh dari Toko Bahan Kimia (Medan, Indonesia).

Sintesis lemak air susu ibu (PLASI)

Sintesis PLASI dilakukan dengan menggunakan campuran minyak nabati meliputi stearin sawit, minyak inti sawit, minyak kedelai, minyak zaitun dan minyak ikan tuna dengan nisbah campuran yaitu 2,9:3,4:1,5:2,0:0,2 yang telah disesuaikan dengan karakteristik PLASI yang dihasilkan oleh Karabulut *et al.* (2007). Sebanyak 10 g campuran lemak diinteresterifikasi dengan penambahan 1 g Novozyme 435 (Novozymes A/S, Denmark) dan diaduk dengan kecepatan 300 rpm dengan pemanasan menggunakan alat pemanas (Thermo Scientific, Jerman) pada 60°C selama variasi waktu yaitu 2, 4, 6, 8, 16 dan 24 jam. Setelah reaksi tercapai campuran disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 42 untuk memisahkan katalis. Produk dianalisa meliputi kadar

monogliserida, digliserida dan trigliserida (MG-DG-TG), kadar asam lemak bebas (ALB), titik leleh dan komposisi asam lemak.

Mikroenkapsulasi PLASI

PLASI dinetralisasi untuk menghilangkan ALB menggunakan larutan natrium hidroksida 0,1 N (Merck, Jerman) sesuai dengan jumlah ALB yang dikandungnya. Campuran dipanaskan menggunakan alat pemanas pada suhu 50°C selama 15–30 menit. Setelah waktu tercapai produk dicuci menggunakan air hingga diperoleh produk bebas dari natrium hidroksida yang ditandai dengan air cucian produk tidak berubah warna menjadi merah muda ketika ditambahkan dengan indikator phenolphthalein.

Selanjutnya, mikroenkapsulasi PLASI dilakukan dengan menggunakan bahan penyalut susu susu skim yang dicampur dengan laktosa dan malto-dekstrin pada nisbah 1:1:1. Susu skim yang digunakan adalah susu skim A dan susu skim B sehingga perlu dikaji penggunaannya sebagai bahan penyalut dalam pembuatan mikrokapsul untuk susu formula yang mengandung lemak PLASI. Jumlah lemak PLASI yang digunakan sebanyak 15, 20, 25 dan 30% terhadap berat seluruh campuran dalam pembuatan susu formula. Emulsifier yang digunakan adalah Tween 80 dengan jumlah sebanyak 1 % dari PLASI. Campuran antara susu skim, laktosa, malto-dekstrin dilarutkan dengan air bersuhu 50–60°C dengan konsentrasi 30% (b/b). PLASI dan emulsifier ditambahkan ke dalam campuran dan dihomogenisasi. Selanjutnya campuran dimikroenkapsulasi menggunakan alat pengeringan semprot (Buchi, Swiss) dengan laju umpan 15 mL/menit pada suhu inlet 180°C dan outlet 80°C. Produk yang dihasilkan kemudian dianalisa meliputi efisiensi enkapsulasi (Elisabeth *et al.*, 2003), kadar air (AOAC, 1997) dan kelarutan produk mikrokapsul (Fardiaz, 1992).

Analisa kandungan gliserida

Analisis kandungan gliserida (monogliserida (MG), digliserida (DG), trigliserida (TG)) dan ALB dilakukan dengan mengadopsi prosedur dalam Siahaan *et al.* (2008) menggunakan kromatografi lapis tipis pada plat yang dilapisi dengan silika gel 60 (Merck). Plat dikembangkan dengan pelarut petroleum eter/dietil eter/asam asetat (90:10:1 v/v/v) (Merck), serta visualisasi spot dilakukan dengan penyemprotan 2',7'-diklorofluoresens 0,2% (b/v) dalam etanol. Kandungan MG, DG, TG dan ALB dihitung berdasarkan berat relatif masing-masing fraksi.

Analisa komposisi asam lemak

Analisa komposisi asam lemak mengacu metode standar AOCS *Official Method Ce 1b-89* (AOCS, 1998) menggunakan alat kromatografi gas (GC-2010, Shimadzu, Jepang). Sebanyak 0,025 g

sampel ditambahkan 1,5 mL NaOH metanolik 0,5 N (Merck). Campuran kemudian dipanaskan dalam penangas air pada 80°C selama 5 menit. Campuran didinginkan kemudian ditambahkan 2 mL BF₃ metanol (14% b/v) (Merck) dan dipanaskan kembali dalam penangas air pada 80°C selama 30 menit. Campuran didinginkan kemudian ditambahkan 1 mL isooktana (Merck) dan diaduk selama 1–2 menit. Campuran ditambahkan 5 mL NaCl jenuh (Merck) dan diaduk. Lapisan isooktana dipisahkan dan dipindahkan ke dalam vial lalu diinjeksikan sebanyak 0,1 µL ke dalam kromatografi gas (GC-2010, Shimadzu). Kolom yang digunakan dalam analisa komposisi asam lemak adalah DB-23 (J&W Scientific, Amerika Serikat). Kondisi operasi kromatografi gas adalah suhu detektor 260°C, suhu injektor 260°C. Temperatur oven terprogram dengan kondisi awal 70°C, kemudian dinaikkan sebesar 20°C/menit hingga 180°C, kemudian naik 1°C/menit hingga 182°C, kemudian naik 10°C/menit hingga 220°C dan ditahan selama 2 menit.

Analisa kandungan lemak padat

Analisis kandungan lemak padat ditentukan menggunakan alat resonansi magnetik inti (nuclear magnetic resonance, NMR mqone, Bruker, Jerman) dengan mengacu pada metode standar AOCS *Official Method Cd 16b-93* (AOCS, 1998). Sampel minyak dicairkan dengan pemanasan dalam penangas air pada suhu 80°C. Sampel dimasukkan ke dalam 12 tabung untuk analisa kandungan lemak padat dengan ketinggian sampel sekitar 4±1 cm. Sampel dipanaskan di dalam penangas air pada suhu 100°C selama 15 menit kemudian dipindahkan ke penangas air pada suhu 0°C selama 60 menit. Selanjutnya, setiap 2 tabung sampel dipindahkan ke penangas air dengan suhu masing-masing 10, 20, 25, 30, 35, 40°C selama 30–35 menit. Kandungan lemak padat setiap sampel pada masing-masing suhu diukur dengan memasukkannya ke dalam lubang untuk tabung analisa kandungan lemak padat pada alat NMR dengan metode *Stab AOCS Method*. Kalibrasi NMR menggunakan standar kandungan lemak padat 0, 31,5 dan 72,9%.

Analisa titik leleh

Analisis titik leleh (AOCS *Official Methods Cc 3-25*, AOCS, 1998) dilakukan terhadap campuran bahan baku sebelum dan sesudah reaksi interterifikasi. Sampel dilelehkan dalam penangas air pada suhu 80°C dan dimasukkan ke dalam pipa kapiler (3 buah) setinggi 1 cm. Sampel disimpan dalam alat pendingin (Panasonic, Indonesia) pada suhu 4–10°C selama 16 jam. Setelah waktu tercapai, pipa kapiler diikatkan pada termometer (Alla, Perancis) dan kemudian dimasukkan ke dalam gelas piala yang berisi sekitar 300 mL air. Suhu air dalam gelas piala diatur pada suhu 8–10°C di

bawah titik leleh sampel dan suhu air dipanaskan menggunakan alat pemanas secara perlahan (dengan kenaikan 0,5–1,0°C/menit) dengan pengadukan. Pemanasan dilanjutkan dan suhu diamati dari saat sampel meleleh sampai sampel naik pada tanda batas atas. Titik leleh dihitung berdasarkan rata-rata suhu dari ketiga sampel yang diamati.

Analisa perolehan enkapsulasi dan efisiensi enkapsulasi

Perolehan enkapsulasi dan efisiensi enkapsulasi ditentukan dengan mengadopsi prosedur dalam Elisabeth *et al.* (2003). Efisiensi enkapsulasi menunjukkan jumlah minyak yang terdapat dalam mikrokapsul dan dibandingkan dengan jumlah minyak yang digunakan pada proses mikrokapsul. Ekstraksi minyak pada mikrokapsul dilakukan dengan alat soklet menggunakan pelarut heksan.

Analisa kadar minyak tidak tersalut

Analisa kadar minyak tidak tersalut dilakukan dengan prosedur dalam Elisabeth *et al.* (2003). Sebanyak 1 g mikrokapsul dimasukkan ke dalam tabung sentrifuse bertutup, ditambahkan 15 mL heksan kemudian divorteks selama 10 menit. Campuran disaring dan supernatan ditampung pada labu evaporator. Kertas saring dicuci dengan heksan dan supernatan kemudian dievaporator vakum. Selisih berat merupakan jumlah minyak yang terdapat pada permukaan mikrokapsul.

Analisa kadar air dan kelarutan dalam air

Analisa kadar air mengadopsi prosedur AOAC (1997) yaitu sampel sebanyak 2 g dimasukkan ke dalam cawan aluminium yang telah diketahui beratnya kemudian dimasukkan ke dalam oven pada

suhu 105–110°C hingga diperoleh berat konstan. Analisa kelarutan dalam air dilakukan menggunakan air suhu 28–30°C dan 50–55°C mengadopsi prosedur dalam Fardiaz (1992).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pensubstitusi lemak air susu ibu (PLASI)

Stearin sawit digunakan sebagai sumber asam palmitat, minyak inti sawit sumber asam laurat, minyak zaitun sumber asam oleat, minyak kedelai sumber asam linolenat dan minyak ikan tuna sumber omega-3 yaitu DHA dan EPA. Omega-3 adalah asam lemak tidak jenuh ganda yang merupakan nutrisi dan bermanfaat untuk kesehatan yaitu mencegah terjadinya aterosklerosis, trombusis dan tekanan darah tinggi (Puligundla *et al.*, 2012). Campuran antara stearin sawit, minyak inti sawit, minyak kedelai, minyak zaitun dan minyak ikan tuna pada nisbah 2,9:3,4:1,5:2,0:0,2 menghasilkan komposisi asam lemak seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Jumlah EPA (0,1) dan DHA (0,7) dalam campuran pada Tabel 1 menyerupai lemak pada ASI. Menurut Saphier *et al.* (2013) bahwa jumlah DHA pada lemak ASI umumnya berkisar antara 0,1–1,0% dari total komposisi asam lemak dan variasi perbedaan tergantung pada sumber makanan laut yang dimakan oleh ibu. Nilai ini relatif rendah dibandingkan PLASI yang dihasilkan oleh Sahin *et al.*, (2006) yaitu sebesar 6,2%. Perbedaan ini disebabkan oleh jumlah minyak ikan yang ditambahkan ke dalam campuran berbeda.

Tabel 1. Komposisi asam lemak bahan baku dan pensubstitusi lemak air susu ibu (PLASI) yang dihasilkan

Asam Lemak (%)	Stearin Sawit	Minyak Inti Sawit	Minyak Kedelai	Minyak Zaitun	Minyak Ikan Tuna	Campuran	Produk Interesterifikasi (4 Jam)	Karabulut <i>et al.</i> (2007)
C6:0	-	0,10 ± 0,01	-	-	-	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,04	0,10
C8:0	-	3,50 ± 0,01	-	-	-	0,90 ± 0,01	0,90 ± 0,08	1,50
C10:0	-	3,70 ± 0,05	-	-	-	1,10 ± 0,05	1,00 ± 0,12	1,30
C12:0	0,10 ± 0,00	50,90 ± 0,23	-	-	-	18,70 ± 0,06	17,50 ± 1,42	17,80
C14:0	1,20 ± 0,03	15,70 ± 0,13	-	-	4,50 ± 0,11	6,70 ± 0,10	6,60 ± 0,22	6,00
C16:0	61,70 ± 0,12	7,30 ± 0,07	10,00 ± 0,11	12,30 ± 0,04	22,10 ± 0,22	26,70 ± 0,23	26,90 ± 0,44	23,0
C16:1	0,10 ± 0,01	-	-	0,80 ± 0,04	5,10 ± 0,35	0,20 ± 0,01	0,20 ± 0,05	0,30
C18:0	4,80 ± 0,03	1,90 ± 0,06	4,00 ± 0,008	2,30 ± 0,04	5,30 ± 0,12	3,20 ± 0,05	3,30 ± 0,08	2,50
C18:1	26,00 ± 0,09	13,30 ± 0,12	23,00 ± 0,18	72,60 ± 0,04	12,50 ± 0,21	29,90 ± 0,29	30,50 ± 0,89	31,90
C18:2	5,70 ± 0,05	2,20 ± 0,02	51,00 ± 0,25	10,10 ± 0,04	1,10 ± 0,04	11,10 ± 0,12	11,50 ± 0,34	14,00
C18:3	0,10 ± 0,00	0,10 ± 0,00	7,00 ± 0,06	0,40 ± 0,02	0,60 ± 0,04	0,90 ± 0,04	1,00 ± 0,20	0,10
C20:0	0,30 ± 0,01	0,10 ± 0,01	-	0,40 ± 0,01	0,50 ± 0,02	0,30 ± 0,02	0,30 ± 0,00	0,20
C20:1	0,10 ± 0,00	0,10 ± 0,00	-	0,10 ± 0,07	0,80 ± 0,09	0,10 ± 0,01	0,30 ± 0,11	0,10
C20:5	-	-	-	-	6,50 ± 0,02	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,00	0,10
C22:0	-	-	-	-	0,50 ± 0,01	0,10 ± 0,00	0,10 ± 0,00	0,10
C22:6	-	-	-	-	34,50 ± 0,32	0,60 ± 0,08	0,70 ± 0,06	0,70
C24:0	-	-	-	-	1,30 ± 0,05	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,00	0,10

Keterangan: Campuran stearin sawit, minyak inti sawit, minyak kedelai, minyak zaitun dan minyak ikan tuna pada nisbah 2,9:3,4:1,5:2,0:0,2

Namun demikian, komposisi asam lemak campuran ini menyerupai PLASI yang dihasilkan oleh Karabulut *et al.* (2007) dan Yadong dan Guicheng (2011). Sebagai tambahan, kandungan asam palmitat pada campuran tersebut telah memenuhi lemak ASI yaitu sebesar 20-30% (Tecelao *et al.*, 2010). Sebagai pembandingan, Yuhas *et al.* (2006) melaporkan bahwa lemak ASI pada ibu-ibu di negara Filipina mengandung asam dekanat 2,4%, asam laurat 13,8%, asam miristat 12,1%, asam palmitat 23,0%, asam stearat 4,8% dan asam oleat 21,9%. Yadong dan Guicheng (2011) melaporkan bahwa lemak ASI mengandung asam dekanat 1,4%, asam laurat 5,4%, asam miristat 7,3%, asam palmitat 26,5%, asam stearat 9,5%, asam oleat 35,5% dan asam linoleat 7,2%. Selain itu, Daud *et al.* (2013) melaporkan bahwa lemak ASI mengandung asam laurat 8,4%, asam miristat 7,6%, asam palmitat 29,0%, asam stearat 5,6%, asam oleat 32,5% dan asam linoleat 7,5%. Dari data-data tersebut menunjukkan bahwa campuran pada penelitian ini memiliki karakteristik yang menyerupai lemak ASI.

Titik leleh campuran minyak sebesar 44,2°C (Tabel 2), nilai ini relatif tinggi dan belum sesuai sebagai lemak pengganti susu karena sulit mencair. Oboh (2012) menyatakan bahwa lemak ASI memiliki profil pelelehan yang baik dan mencair sempurna pada suhu tubuh. Dengan demikian, penurunan titik leleh lemak campuran perlu dilakukan melalui modifikasi yaitu secara interesterifikasi. Interesterifikasi berguna untuk mengubah struktur asam lemak pada trigliserida yang menyebabkan perubahan titik leleh. Interesterifikasi secara enzimatik merupakan cara terbaik agar diperoleh lipida terstruktur yang dapat diatur perubahan asam lemaknya pada sn 1,3 atau sn 2. Dalam sintesis PLASI, beberapa katalis lipase yang digunakan adalah Lipozyme TL IM (Karabulut *et al.*, 2007; Tecelao *et al.*, 2010), Lipozyme RM IM (Nielsen *et al.*, 2006; Tecelao *et al.*, 2010) dan Novozyme 435 (Tecelao *et al.*, 2010).

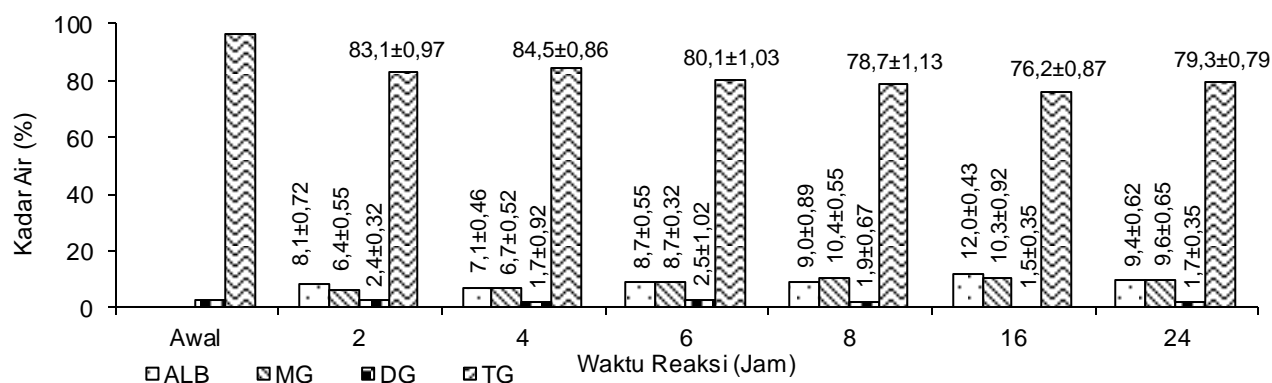
Interesterifikasi campuran minyak tidak mengubah komposisi asam lemak (Tabel 1). Hal ini di-

sebabkan karena interesterifikasi hanya mengubah asam lemak pada trigliserida sehingga menyebabkan perubahan komposisi gliserida (monogliserida [MG], digliserida [DG] dan trigliserida [TG]). Perpindahan asil asam lemak juga menimbulkan terbentuknya asam lemak bebas (ALB). Gambar 1 menunjukkan bahwa campuran sebelum interesterifikasi mengandung ALB rendah (0,56%) dan TG tinggi (96,1%). Semakin meningkatnya waktu reaksi interesterifikasi menyebabkan kadar ALB meningkat sedangkan TG menurun dengan terbentuknya MG dan DG. Pada waktu 4 jam, ALB, MG dan DG yang terbentuk relatif rendah sementara TG relatif tinggi dibandingkan pada waktu yang lainnya dengan nilai masing-masing 7,1; 6,7; 1,7 dan 84,5%.

Titik leleh produk setelah interesterifikasi juga mengalami perubahan (menurun yang menandai terjadinya perubahan asam lemak pada struktur trigliserida (Tabel 2). Setelah waktu reaksi 4 jam, titik leleh meningkat hingga waktu 8 jam kemudian terjadi penurunan kembali hingga 24 jam namun penurunannya tidak drastis dengan kisaran sebesar 27–28°C. Selain titik leleh, kandungan lemak padat produk PLASI juga mengalami penurunan setelah interesterifikasi (Tabel 3). Pada waktu reaksi 4 jam, PLASI memiliki kandungan lemak padat lebih rendah dibandingkan waktu 2 jam namun relatif sama pada waktu interesterifikasi lainnya. Produk PLASI yang dihasilkan memiliki kandungan lemak padat pada temperatur 30°C sebesar 1,0–1,5% sedangkan pada suhu 35°C seluruh lemak mencair (0%).

Tabel 2. Titik leleh campuran minyak selama interesterifikasi

Waktu Interesterifikasi (Jam)	Titik Leleh (°C)
Awal	44,20 ± 0,14
2	32,00 ± 0,28
4	28,00 ± 0,00
6	28,40 ± 0,00
8	28,60 ± 0,28
16	27,20 ± 0,14
24	27,40 ± 0,14



Gambar 1. Komposisi gliserida dan asam lemak bebas pensubstitusi lemak air susu ibu (PLASI) selama interesterifikasi

Tabel 3. Kandungan lemak padat (%) pensubstitusi lemak air susu ibu (PLASI) selama interesterifikasi

Temperatur (°C)	Waktu interesterifikasi (Jam)						
	Awal	2	4	6	8	16	24
10	44,00 ± 0,25	36,30 ± 0,15	36,00 ± 0,21	34,40 ± 0,28	34,40 ± 0,32	32,70 ± 0,29	31,50 ± 0,12
20	23,10 ± 0,31	14,90 ± 0,25	13,50 ± 0,25	11,70 ± 0,23	11,70 ± 0,27	11,20 ± 0,25	11,50 ± 0,13
25	15,909 ± 0,12	7,40 ± 0,17	5,90 ± 0,11	4,50 ± 0,15	5,20 ± 0,14	4,90 ± 0,14	4,50 ± 0,09
30	12,90 ± 0,15	3,50 ± 0,12	1,60 ± 0,10	0,90 ± 0,05	0,80 ± 0,03	0,50 ± 0,05	0,30 ± 0,03
35	8,07 ± 0,05	0,80 ± 0,10	0,10 ± 0,00	-	-	-	-
40	7,707 ± 0,09	0,40 ± 0,08	-	-	-	-	-

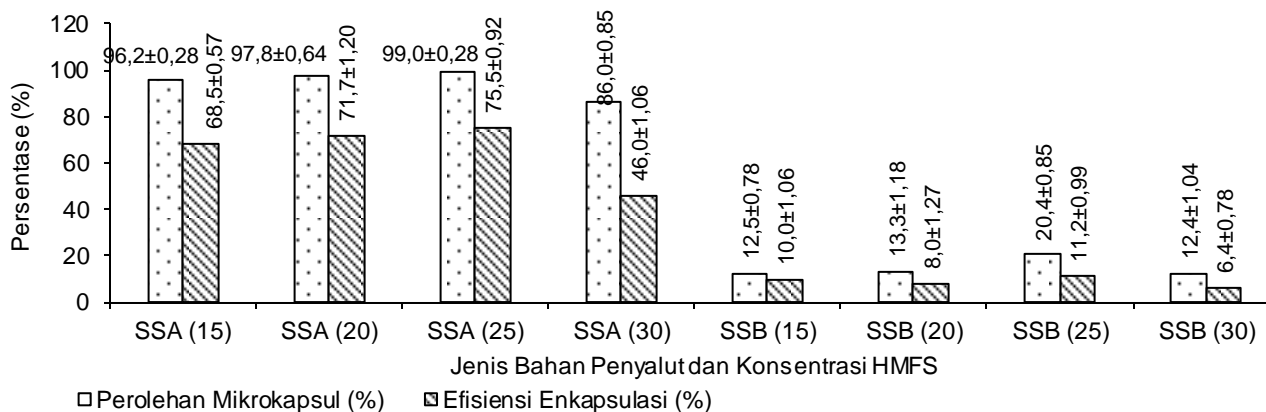
Gambar 1 dan Tabel 2 menunjukkan bahwa waktu interesterifikasi selama 4 jam pada suhu 60°C merupakan kondisi optimum untuk mensintesis PLASI dari campuran stearin sawit, minyak inti sawit, minyak kedelai, minyak zaitun dan minyak ikan tuna. Kondisi ini sama dengan yang digunakan oleh Karabulut *et al.* (2007) yaitu selama 4 jam. Produk ini telah memenuhi persyaratan lemak susu untuk manusia dikarenakan mudah mencair pada suhu tubuh sebagaimana yang telah dinyatakan oleh Oboh (2012).

Mikroenkapsulasi PLASI

Mikroenkapsulasi PLASI dilakukan melalui penyemprotan emulsi minyak dan air menggunakan alat pengeringan semprot. Air pada emulsi akan ter evaporasi setelah mengalami kontak dengan udara pengering dan kemudian terjadi pemisahan partikel kering (Elisabet *et al.*, 2008). Mikrokapsul yang dihasilkan berupa bubuk dan di dalamnya terperangkap lemak yang larut dalam air. Perlakuan jenis bahan penyalut mempengaruhi efisiensi enkapsulasi, perolehan enkapsulasi, kadar minyak tidak tersalut, kelarutan mikrokapsul dalam air dan kadar airnya. Mikrokapsul diharapkan memiliki efisiensi penyalutan yang baik, dimana zat aktif secara sempurna tersalut oleh bahan penyalut (Muchtadi *et al.*, 2015). Gambar 2 menunjukkan bahwa susu skim A menghasilkan efisiensi enkapsulasi lebih tinggi (46,0–75,5%) dibandingkan susu skim B (6,4–11,2%). Selain itu, susu skim A menghasilkan perolehan mikrokapsul lebih tinggi (86,0–99,0%) dibandingkan susu skim B (12,4–20,4%). Hal ini disebabkan oleh kelarutan susu skim B dalam air lebih rendah (74,5%) dibandingkan susu skim A (90,7%). Konsentrasi PLASI sebanyak 25% memberikan efisiensi enkapsulasi dan perolehan enkapsulasi lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi 30, 15 dan 20%. Hal ini diduga disebabkan oleh pada konsentrasi tersebut interaksi antara bahan penyalut dengan minyak cukup optimal sehingga proses enkapsulasi lebih baik. Elisabeth *et al.* (2003) menghasilkan mikroenkapsulat minyak sawit merah dengan perolehan mikrokapsul efisiensi mikroenkapsulat yang berbeda untuk setiap bahan penyalut yaitu maltodekstrin dan padatan sirup jagung sebesar 33–35%, β -cyclodekstrin dan laktosa masing-masing sebesar 97% dan 99% sedangkan isolat protein kedelai dan gum arab sebesar 75%. Yanuar *et al.* (2007) melaporkan efisiensi mikroenkapsulasi

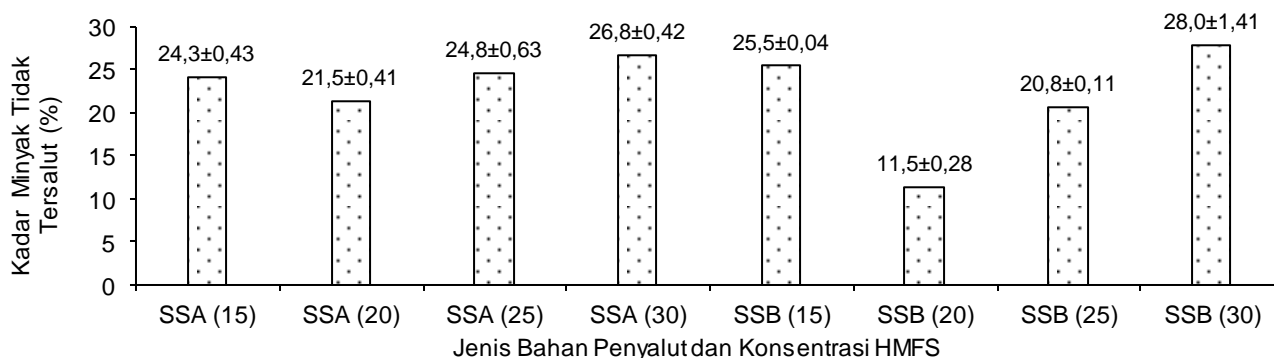
minyak buah merah 20, 30 dan 40% masing-masing sebesar 74,84; 70,16 dan 55,79%. Sementara itu, Supriyadi dan Rujita (2013) memperoleh efisiensi mikroenkapsulasi minyak atsiri lengkuas dengan bahan penyalut maltodekstrin pada nisbah 1:8, 1:10 dan 1:12 masing-masing adalah 51,56; 53,96 dan 55,40%. Muchtadi *et al.* (2015) memperoleh efisiensi mikroenkapsulasi minyak sawit sebesar 55,9–68,5% dengan menggunakan bahan penyalut maltodekstrin, gum arab dan gelatin.

Semakin banyak jumlah PLASI yang digunakan cenderung menghasilkan kadar minyak tidak tersalut lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh bahan penyalut kurang optimal atau kurang homogen berinteraksi dengan minyak sehingga minyak berada di permukaan mikrokapsul. Gambar 3 menunjukkan bahwa susu skim B cenderung memberikan kadar minyak tidak tersalut lebih rendah kecuali pada konsentrasi PLASI 30% dibandingkan susu skim A. Hal ini diduga disebabkan oleh susu skim B memiliki kelarutan yang rendah sehingga proses homogenisasi antara minyak dengan bahan penyalut kurang optimal. Menurut Muchtadi *et al.* (2015) bahwa mikrokapsul diharapkan memiliki kandungan minyak tidak tersalut serendah mungkin. Yuliani *et al.* (2007) menambahkan bahwa adanya minyak tidak tersalut akan terekspos pada kondisi lingkungan sekitarnya dan dapat mengalami kerusakan. Kadar minyak tidak tersalut yang diperoleh penelitian ini berkisar antara 11,5–28,0%. Muchtadi *et al.* (2015) memperoleh kadar minyak tidak tersalut berkisar 9–13% pada mikrokapsul minyak sawit. Sementara, Yuliani *et al.* (2007) memperoleh kadar minyak tidak tersalut relatif rendah 0,15–0,19%. Mikrokapsul sebaiknya memiliki kelarutan yang tinggi dalam pelarut yang umum digunakan seperti air (Khasanah *et al.*, 2015). Mikrokapsul menggunakan susu skim A dan susu skim B yang dicampurkan dengan laktosa dan maltodekstrin memiliki kelarutan dalam air relatif rendah yaitu berkisar 41,5–69,2% (suhu air 28–30°C) dan 59,0–82,9% (suhu air 50–55°C) (Gambar 4). Kelarutan mikrokapsul menggunakan susu skim A relatif lebih tinggi dibandingkan susu skim B. Usmiati *et al.* (2010) menyatakan bahwa semakin banyak susu dalam bahan pengkapsul dan dengan pemanasan yang tinggi dapat menyebabkan penurunan tingkat kelarutan mikrokapsul karena terdenaturasinya protein dalam susu sehingga mempengaruhi tingkat kelarutan.



Keterangan: SSA = susu skim A, SSB = susu skim B

Gambar 2. Perolehan dan efisiensi enkapsulasi terhadap jenis bahan penyalut dan konsentrasi pensubstitusi lemak air susu ibu (PLASI)

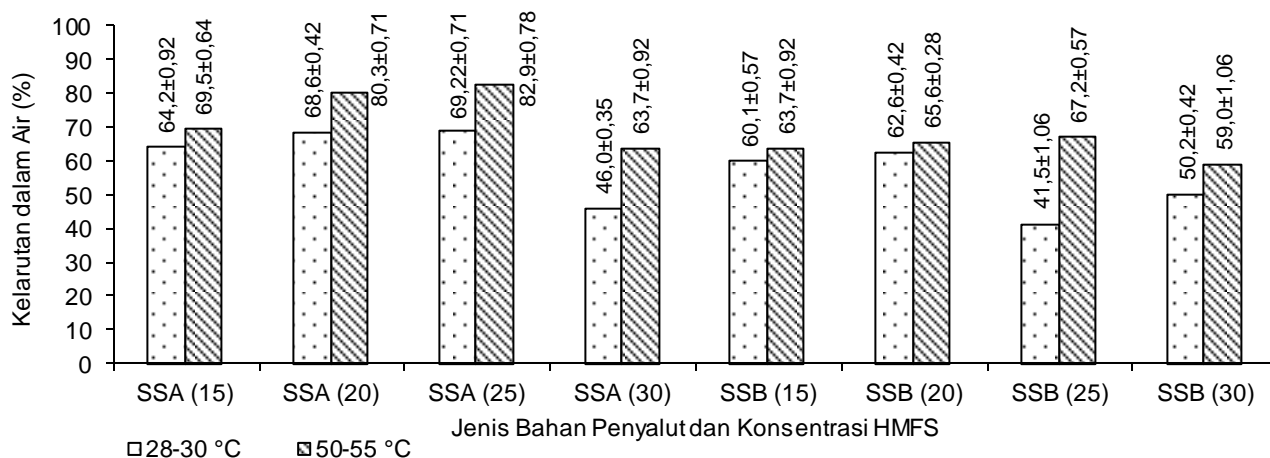


Keterangan: SSA = susu skim A, SSB = susu skim B

Gambar 3. Kadar minyak tidak tersalut pada mikro kapsul

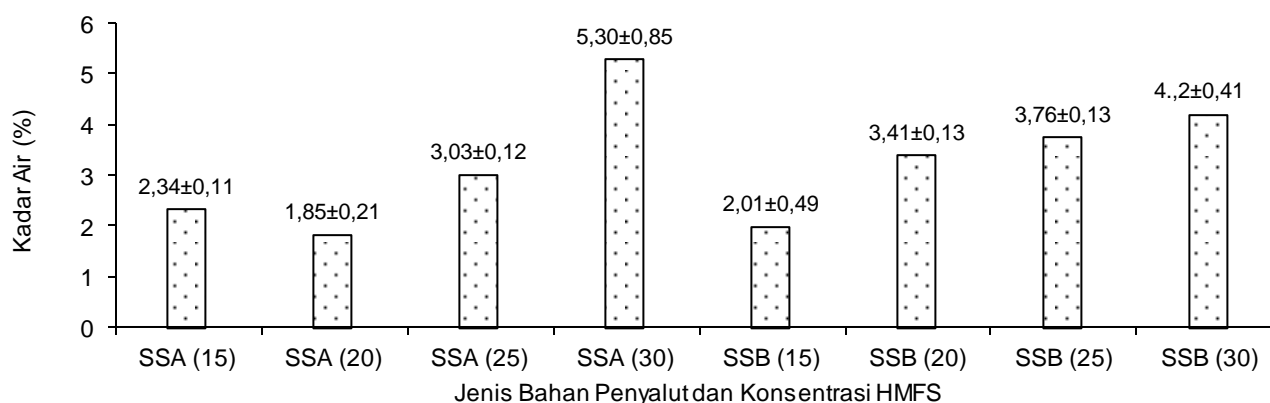
Khasanah *et al.* (2015) menghasilkan mikro kapsul menggunakan maltodekstrin, gum arab dan susu skim dengan kelarutan sebesar 94,4–98,1%. Muchtadi *et al.* (2015) menyatakan bahwa penggunaan enkapsulasi yang memiliki karakteristik larut air maka mikroenkapsulat yang dihasilkan memiliki kelarutan yang tinggi. Dengan demikian, rendahnya kelarutan dalam air mikro kapsul PLASI diduga disebabkan oleh jenis dan kualitas bahan penyalut khususnya kelarutannya dalam air. Uji kelarutan maltodekstrin dan laktosa diperoleh bahwa kedua bahan ini memiliki kelarutan yang baik di dalam air. Kenyon dalam Khasanah *et al.* (2015) juga menyatakan bahwa maltodekstrin dapat larut dengan sempurna dalam air dingin dan semakin tinggi derajat konversi pati menjadi dekstrosa (*dextrose equivalency*, DE) maka kelarutannya semakin tinggi. Rendahnya kelarutan dalam air bahan penyalut susu skim yang digunakan pada penelitian ini disebabkan adanya bahan yang tidak mudah larut dalam air seperti tepung. Susu skim B memiliki bahan yang tidak mudah larut dalam air lebih banyak dibandingkan susu skim A. Hal ini diduga yang menyebabkan efisiensi enkapsulasi menggunakan susu skim B sangat rendah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Ketika bahan penyalut tidak mudah larut dalam air maka penyalutan PLASI

tidak sempurna terjadi karena lemak diemulsikan dalam air. Kadar air merupakan parameter yang menentukan kualitas mikro kapsul. Kadar air yang rendah dapat mencegah tumbuhnya mikroba yang dapat merusak produk (Khasanah *et al.*, 2015). Kadar air produk mikro kapsul PLASI berkisar antara 1,85–5,30%. Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi PLASI menghasilkan kadar air produk lebih rendah. Usmiati *et al.* (2010) menambahkan bahwa semakin tinggi jumlah susu dalam pengkapsul maka semakin rendah kadar air mikro kapsul yang dihasilkan. Nilai ini telah memenuhi kadar air yang baik untuk produk mikro kapsul. Kisaran kadar air untuk produk mikro kapsul yang diperoleh dari pengering semprot sebesar 2–6% (Yuliani *et al.*, 2007). Frascareli *et al.* (2012) menambahkan bahwa suhu inlet yang kurang dari 175°C akan menghasilkan produk dengan kadar air tinggi sementara di atas 175°C maka kadar air rendah. Hal senada juga dilaporkan oleh Yuliani *et al.* (2007) dan Mardaningsih (2012) bahwa suhu inlet pengering semprot mempengaruhi kadar air dari produk, semakin tinggi suhu inlet pengering semprot, maka akan semakin rendah kadar airnya. Muchtadi *et al.* (2015) melaporkan bahwa kadar air yang diperoleh dari mikro kapsul minyak sawit sebesar 0,88–1,85%.



Keterangan: SSA = susu skim A, SSB = susu skim B

Gambar 4. Kelarutan dalam air mikroenkapsulat



Keterangan: SSA = susu skim A, SSB = susu skim B

Gambar 5. Kadar air mikroenkapsulat

KESIMPULAN

Interesterifikasi campuran stearin sawit, minyak inti sawit, minyak kedelai, minyak zaitun dan minyak ikan tuna pada nisbah 2,9:3,4:1,5:2,0:0,2 menggunakan enzim lipase dapat menghasilkan PLASI. Interesterifikasi campuran tersebut dapat menurunkan titik leleh dan kandungan lemak padat. Peningkatan waktu interesterifikasi dapat meningkatkan kadar ALB namun menurunkan TG. Mikroenkapsulasi PLASI menggunakan bahan penyalut susu skim yang berbeda kelarutan dalam air dapat mempengaruhi kualitas mikrokapsul meliputi perolehan mikrokapsul, efisiensi enkapsulasi, kadar air dan kelarutannya dalam air. Mikroenkapsulasi PLASI sebanyak 25% menggunakan matriks susu skim, maltodekstrin dan laktosa menghasilkan perolehan mikrokapsul dan efisiensi enkapsulasi yang tinggi dibandingkan konsentrasi 15, 20 dan 30%.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Agricultural Chemists. 1997. Method of Analysis of Association of Official Analytical Chemist. Washington DC (USA): AOAC Inc.
- [AOCS] American Oil Chemist's Society. 1998. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society". 4th Ed. American Oil Chemists' Society. Champaign. IL.
- Daud AZ, Esa NM, Azlan A, Chan YM. 2013. The trans fatty acid content in human milk and its associated with maternal diet among lactating mothers in Malaysia. *Asia Pac J Clin Nutr* 22: 431-442. DOI: 10.6133/apjcn.2013.22.3.09.
- Djajasoepena S, Suprijana O, Diana S, Pratomo U, Puspitasari S. 2015. Production of human milk fat replacement rich of 1,3-dioleoyl-2-palmitoil-glycerol from enzymatic interesterification tripalmitin, ethyl oleate and mixture of vco, soybean

- oil and fish oil. *Procedia Chem* 16: 384-391. DOI: 10.1016/j.proche.2015.12.068.
- Elisabeth J, Siahaan D, Andarwulan N. 2003. Mikroenkapsulasi minyak makan merah untuk produk suplemen dan fortifikan pangan. *J Penelitian Kelapa Sawit* 16: 13-26.
- El-Salam BAA. 2015. Effect of milk fat replacement with vegetable oil and or whey protein concentrate on microstructure, texture and sensory characteristics of fresh soft cheese. *Int J Dairy Sci* 10: 117-125. DOI: 10.3923/ijds.2015.117.125.
- Fardiaz D. 1992. *Petunjuk Laboratorium Teknik Analisis Sifat Kimia dan Fungsional Komponen Pangan*. Bogor: PAU Pangan dan Gizi IPB. 1-139.
- Frascareli EC, Silva VM, Tonon RV, Hubinger MD. 2012. Effect of process conditions on the microencapsulation of coffee oil by spray drying. *Food Bioprod Process* 90: 413-424. DOI: 10.1016/j.fbp.2011.12.002.
- Goedhart AC, Bindles JG. 1994. The composition of human milk as a model for the design of infant formulas: recent findings and possible applications. *Nutr Res Rev* 7: 1-23. DOI: 10.1079/NRR19940004.
- Hasibuan HA. 2012. Kajian mutu dan karakteristik minyak sawit serta produk fraksinasinya. *J Standardisasi* 14: 13-21.
- Hasibuan HA, Siahaan D, Sunarya. 2012. Kajian karakteristik minyak inti sawit Indonesia dan produk fraksinasinya terkait dengan amandemen standar codex. *J Standardisasi* 14: 98-104.
- Hasibuan HA, Siahaan D. 2014. Review standar minyak goreng sawit diperkaya karoten terkait fortifikasi vitamin A sebagai revisi SNI 031-3741-2002. *J Standardisasi* 16: 65-76.
- Karabulut IS, Turan, Vural H. 2007. Human milk fat substitute produced by enzymatic interesterification of vegetable oil blend. *Food Technol Biotech* 45: 434-438.
- Karow S, Suparmo, Hastuti P, Utami T. 2012. High lauric human milk fat analog prepared from palm stearin and coconut oil by enzymatic interesterification. *Afr J Food Sci* 6: 441-448. DOI: 10.5897/AJFS12.090.
- Khasanah LU, Anandhito BK, Rachmawaty T, Utami, Manuhara GJ. 2015. Pengaruh nisbah bahan penyalut maltodekstrin, *gum arab*, dan susu skim terhadap karakteristik fisik dan kimia mikrokapsul oleoresin daun kayu manis (*Cinnamomum burmannii*). *J Aghritech* 35: 414-421.
- Koo WWK, Hockman EM, Dow M. 2006. Palm olein in the fat blend of infant formulas: effect on the intestinal absorption of calcium and fat, and bone mineralization. *J Am Coll Nutr* 25: 117-122.
- Levin M. 2006. *Pharmaceutical Process Scaled Up Second Edition*. USA: Taylor & Francis Group, LLC. 70 & 443.
- Lubary M, Hofland GW, ter Horst JH. 2011. The potential of milk fat for the synthesis of valuable derivatives. *Eur Food Res Technol* 232: 1-8. DOI: 10.1007/s00217-010-1387-3.
- Maduko CO, Akoh CC, Park YW. 2007. Enzymatic interesterification of tripalmitin with vegetable oil blends for formulation of caprine milk infant formula analogs. *J Dairy Sci* 90: 594-601. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(07)71542-4.
- Mardaningsih F, Andriani MAM, Kawiji. 2012. Pengaruh konsentrasi etanol dan suhu spray dryer terhadap karakteristik bubuk klorofil daun alfaalfa dengan menggunakan binder maltodekstrin. *J Teknosains Pangan* 1: 110-117.
- Muchtadi TR, Ilma AN, Hunaefi D, Yuliani S. 2015. Kondisi homogenisasi dan prapeningkatan skala proses mikroenkapsulasi minyak sawit. *J Teknol Ind Pert* 25: 248-259.
- Nielsena NS, Yang TK, Xu XB, Jacobsen C. 2006. Production and oxidative stability of human a human milk fat substitute produced from lard by enzyme technology in a pilot packed-bed reactor. *Food Chem* 94: 53-60. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.10.049.
- Nikkhah A. 2012. Equidae milk promises substitutes for cow and human breast milk. *Turk J Vet Anim Sci* 36: 470-475. DOI: 10.3906/vet-1105-10.
- Oboh FOJ. 2012. Palm oils in dairy substitutes. *Afr Sci* 13: 99-108.
- Puligundla P, Variyar PS, Ko S, Obulam VSR. 2012. Emerging trends in modification of dietary oils and fats, and health implications – a review. *Sains Malaysiana* 41: 871-877.
- Purwanti M, Sudarwanto M, Rahayu WP, Sanjaya AW. 2009. Pengaruh berbagai kondisi preparasi dan penyimpanan susu formula pada pertumbuhan spora *Bacillus cereus* dan *Clostridium perfringens*. *J Teknol Industri Pangan* 20: 1-8.
- Sahin N, Akoh CC, Karaali A. 2005a. Enzymatic production of human milk fat substitutes containing gamma linoleic acid: optimization of reactions by response surface methodology. *J Am Oil Chem Soc* 82: 549-557.
- Sahin N, Akoh CC, Karaali A. 2005b. Lipase-catalyzed acidolysis of tripalmitin with hazelnut oil fatty acids and stearic acid to produce human

- milk fat substitutes. *J Agr Food Chem* 53: 5779-5783. DOI: 10.1021/jf050465e.
- Sahin N, Akoh CC, Karaali A. 2006. Human milk fat substitutes containing omega-3 fatty acids. *J Agr Food Chem* 54: 3717-3722. DOI: 10.1021/jf053103f
- Saphier O, Blumenfeld J, Silberstein T, Tzor T, Burg A. 2013. Fatty acid composition of breastmilk of Israeli mothers. *Indian Pediatr* 50: 1044-1046.
- Siahaan D, Elisabeth J, Haryati T. 2008. Sintesis lipida terstruktur yang rendah kalori berbasis minyak sawit. *J Penel Kelapa Sawit* 16: 101-117.
- Supriyadi, Rajita AS. 2013. Karakteristik mikrokapsul minyak atsiri lengkuas dengan maltodekstrin sebagai enkapsulan. *J Teknol Industri Pangan* 24: 201-208. DOI: 10.6066/jtip.2013.24.2.201.
- Tecelao C, Silva J, Dubreucq E, Ribeiro MH, Ferreira-Dias S. 2010. Production of human milk fat substitutes enriched in omega-3 polyunsaturated fatty acids using immobilized commercial lipases and *Candida parapsilosis* lipase/acyltransferase. *J Mol Catalysis B-Enzym* 65: 122-127. DOI: 10.1016/j.molcatb.2010.01.026.
- Usmiati S, Yuliani S, Noor E. 2010. Aktivitas hambat bakteri patogen oleh serbuk bakteriosin asal *Lactobacillus* sp. galur SCG 1223. *J Teknol Ind Pert* 21: 102-112.
- Yadong Z, Guicheng H. 2011. Advance on production of human milk fat substitutes (HMFS). *J North Agr Univ* 18: 92-96. DOI: 10.1016/S1006-8104(12)60016-6.
- Yanuar W, Widjanarko SB, Wahono T. 2007. Karakteristiki dan stabilitas antioksidan mikroenkapsulat minyak buah merah (*Pandanus conoideus Lam*) dengan bahan penyalut berbasis protein. *J Teknol Pert* 8: 127-135.
- Yuhars R, Pramuk K, Lien EL. 2006. Human milk composition from nine countries varies most in DHA. *Lipids* 41: 851-858. DOI: 10.1007/s1145-006-5040-7.
- Yuliani S, Desmawarni, Harimurti N, Yulliani SS. 2007. Pengaruh laju alir umpan dan suhu inlet spray drying pada karakteristik mikrokapsul oleoresin jahe. *J Pascapanen* 4: 18-26.