

**PROSPEK INDUSTRIALISASI PRODUK HILIR
MINYAK KELAPA SAWIT**
(Industrialization Prospect Of Palm Oil Downstream Products)

Tien Ruspriatin Muchtadi¹⁾, Nur Wulandari^{1,2)}, Dase Hunaefi^{1,2)}, Emmy Darmawati³⁾, Mokhamad Syaefudin Andrianto⁴⁾, Yuli Sukmawati²⁾

¹⁾ Dep. Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

²⁾ Pusat Pengembangan ILTEK Pertanian dan Pangan Asia Tenggara (SEAFast Center), LPPM IPB

³⁾ Dep Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

⁴⁾ Dep. Manajemen, Fakultas Ekonomi Manajemen, IPB

ABSTRAK

Minyak sawit memiliki kandungan karotenoid tinggi yang didominasi oleh β -karoten, tokoferol, dan tokotrienol. Keunggulan minyak sawit tersebut belum dimanfaatkan secara optimal. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi optimasi pengembangan produk hilir minyak kelapa sawit berupa produk emulsi minyak sawit, yaitu produk mikroenkapsulat dan minuman nanoemulsi. Metodologi kegiatan yang dilakukan adalah teknik homogenisasi, kajian peningkatan skala mikroenkapsulat dan optimasi produksi minuman nanoemulsi. Proses homogenisasi memengaruhi kualitas dan karakteristik dari mikroenkapsulat. Karakteristik yang diperoleh meliputi kadar air, a_w , kelarutan, minyak tidak terkapsulkan, efisiensi mikroenkapsulasi, total karoten, retensi karoten, dan rendemen. Lamanya waktu homogenisasi akan memengaruhi kandungan minyak tidak terkapsulkan dan efisiensi proses mikroenkapsulasi. Peningkatan skala volume bahan tidak memengaruhi karakteristik dari mikroenkapsulat secara signifikan. Formula mikroenkapsulat dengan bahan penyalut maltodekstrin, gum arab, dan gelatin dapat digunakan pada produksi mikroenkapsulat pada skala lebih besar. Pembuatan nanoemulsi menggunakan tekanan 300 Bar dengan 5 *passing* sudah cukup untuk memenuhi spesifikasi. Proses optimasi formula minuman nanoemulsi dengan menggunakan program *Design Expert 7.0* dengan metode *Mixture D-Optimal*. Proses optimasi menghasilkan formula terbaik dengan konsentrasi nanoemulsi 6%, air 83%, dan HFS 10% dengan solusi prediksi nilai kestabilan emulsi 99,22%, ukuran partikel d_{50} 46,68 nm, kadar β -karoten 5 ppm, kecerahan warna (L) 67,62 dan *Hue* 79,80. Pengembangan produk mikroenkapsulat minyak sawit menjadi industri dengan kapasitas 1.000 kg CPO/hari akan menghasilkan 1255,99 kg mikroenkapsulat per hari atau 377.998,06 kg mikroenkapsulat/tahun, membutuhkan biaya investasi sebesar Rp.8,85 milyar dan modal kerja sebesar Rp.3,19 milyar. Pada harga jual Rp.230 ribu/kg diperoleh keuntungan 10% dan BEP akan dicapai pada skala produksi 95,47 kg/tahun atau setara dengan pendapatan Rp.19,92 milyar/tahun. Kelayakan investasi diperoleh nilai NPV sebesar Rp.5,71 milyar, IRR mencapai 18,49%, Net B/C 1,53, dan PBP selama 4 tahun 5 bulan. Keseluruhan kriteria tersebut menunjukkan bahwa industri mikroenkapsulat minyak sawit layak untuk didirikan.

Kata kunci: homogenisasi, karoten, kelayakan investasi, mikroenkapsulat, nanoemulsi, produk hilir, prospek industrialisasi.

ABSTRACT

Palm oil has many advantages and famous for high carotenoid content. Unfortunately, limited attention has been given to its downstream products. Consequently, the purpose of the current study was to optimize the palm oil downstream products' development on

emulsion products: microencapsulated and nano-emulsion beverages. The research investigated homogenization techniques and scaling up of palm oil microencapsulates, and optimize nano-emulsion beverage production. Results showed that homogenizing influenced the quality and characteristics of palm oil's microencapsulates. The homogenizing time affected the process efficiency and amount of un-encapsulated oil, hence, it did influence the quality of microencapsulates products. Increasing scale, however, did not affect the volume, and characteristics of the microencapsulate. Therefore, the microencapsulates formula with coating material maltodextrin, gum arabic, and gelatin could be used on a larger scale production. Nanoemulsion pressure on 300 Bar with 5 passing was sufficient to meet the nanoemulsion specifications. The best optimization formula consisted of: 6% concentration of palm oil nano-emulsion, 83% water, and 10% of high fructose syrup (HFS) resulting the stability of the emulsion solution with predictive value of 99.22%, 46.68 nm particle size of D50, 5 ppm of β -carotene content, 67.62 of color brightness (L), and 79.80 of Hue. Microencapsulated palm oil product development to industrial scale with a daily capacity of 1.000 kg CPO will produce 1255.99 kg of microencapsulated palm oil each day requires IDR.8,85 billion investment cost and IDR.3.19 billion working capital. On product selling price IDR.230 thousands/kg obtain 10% profit and BEP will be achieved on a production scale 95.47 kg/year, equivalent to an income of IDR.19.92 billion/year. The results of financial analysis are NPV is IDR.5.71 billion IRR 18.49%, Net B/C 1.53, and PBP for 4 years 5 months. Overall, these criteria indicated that microencapsulated palm oil industry is feasible to be established.

Keywords: carotene, downstream products, homogenization, industrialization prospects, investment, microencapsulate nanoemulsion.

PENDAHULUAN

Minyak sawit merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia yang pertumbuhannya sangat cepat dan mempunyai peran strategis dalam perekonomian nasional. Selama ini minyak sawit sebagian besar dimanfaatkan sebagai bahan oleokimia serta minyak goreng, margarine, dan *shortening*. Pengembangan produk-produk hilir minyak sawit khususnya untuk produk pangan di Indonesia masih terbatas.

Keunikan minyak sawit dibandingkan dengan minyak nabati lain adalah terkandungnya pigmen karotenoid, yaitu sekitar 500–1.000 ppm (setara dengan 60.000 IU aktivitas vitamin A per 100 g), berwarna kuning merah. Selain itu minyak sawit juga memiliki kandungan komponen tokoferol (vitamin E) yang tinggi. Komponen karotenoid memiliki nilai biologis yang cukup penting, antara lain berfungsi sebagai komponen vitamin A, merupakan senyawa antikanker, mencegah penuaan dini dan penyakit kardiovaskuler, menanggulangi kebutaan akibat *xerophthalmia*, pemusnah radikal bebas, mengurangi penyakit degeneratif,

meningkatkan kekebalan tubuh, dan dapat menurunkan *atherosclerosis*. β -karoten telah lama diketahui berfungsi sebagai provitamin A dan tokoferol berfungsi sebagai vitamin E. Kandungan α - dan β -karoten dalam minyak sawit kasar (*Crude Palm Oil/CPO*) sebesar 500 – 1.500 ppm adalah yang tertinggi dibandingkan sumber lainnya. Sawit juga merupakan sumber yang kaya akan tokoferol dan tokotrienol (700–1.000 ppm) (Goh *et al.* 1985). Permintaan akan produk-produk nutrifikasi pangan saat ini semakin berkembang. Zeba *et al.* (2006) melakukan kajian penggunaan minyak sawit merah sebagai nutrifikasi pangan dalam sajian makan siang bagi anak-anak usia sekolah dan memberikan respon positif dalam mengatasi defisiensi vitamin A.

Berbagai keunggulan minyak sawit tersebut belum dimanfaatkan secara optimal, sehingga pengembangan produk turunan minyak sawit yang mengeksplorasi komponen fungsional karoten dan tokoferol perlu terus dilakukan. Dengan semakin populernya penggunaan senyawa alami untuk bahan suplemen kesehatan, maka karoten dan tokoferol sawit memiliki prospek yang sangat baik untuk dikembangkan di masa depan.

Dengan telah diperolehnya data dasar profil produk hilir kelapa sawit yang memiliki prospek yang unggul untuk dikomersialisasikan serta memiliki keunggulan manfaat yang besar bagi kesehatan masyarakat, maka produk unggulan berupa minuman emulsi dan mikroenkapsulat perlu segera diindustrialisasikan.

Tujuan umum penelitian ini secara keseluruhan adalah memperoleh formulasi produk minuman emulsi dan mikroenkapsulat minyak sawit mulai pada skala lab, optimasi formulasi, kajian penggandaan skala, kajian survey penerimaan konsumen untuk kedua produk tersebut, serta kajian analisis tekno ekonomi produksi pada skala komersial. Sehingga akan diperoleh desain pengembangan skala produksi produk hilir minyak kelapa sawit berupa produk emulsi minyak sawit merah dan produk mikroenkapsulat minyak sawit, sehingga dapat diadopsi oleh industri pengguna dalam rangka komersialisasi dan industrialisasi produk. Kegiatan ini merupakan tahun kedua dari rencana 3 tahun pelaksanaan. Sedangkan tujuan khusus tahun kedua adalah untuk memperoleh informasi optimasi pengembangan produk hilir minyak kelapa sawit berupa produk emulsi minyak

sawit, produk mikroenkapsulat dan minuman nanoemulsi. Sehingga dapat diadopsi oleh industri pengguna dalam rangka komersialisasi dan industrialisasi produk.

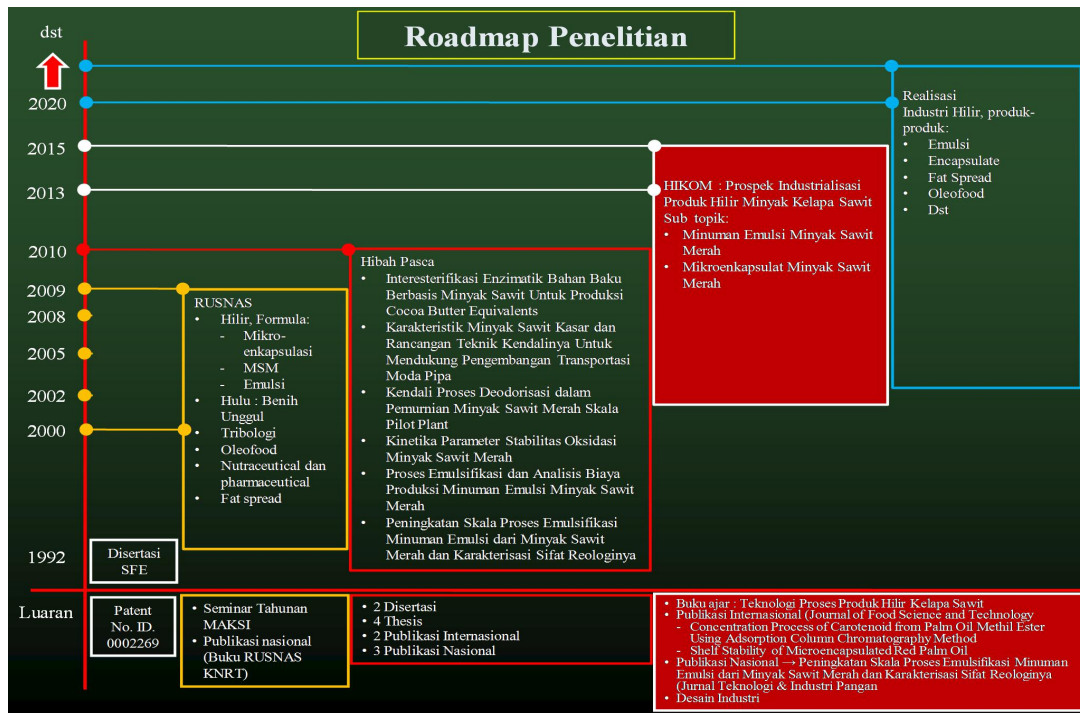
Kegiatan ini merupakan kelanjutan dari kegiatan penelitian Hibah Pasca Sarjana Hibah Desentralisasi dari Kementerian Pendidikan Tinggi yang diperoleh peneliti pada tahun 2009 dan 2010 dengan judul Teknik Kendali Proses Produksi Minyak Sawit Merah Serta Aplikasinya Pada Beberapa Produk Pangan (*Cocoa Butter Equivalent*, Minuman Emulsi, dan Mikroenkapsulat).

METODE PENELITIAN

Metode pelaksanaan kegiatan ini terbagi menjadi 3 kegiatan besar, yaitu riset di laboratorium, riset lapangan, dan *paper work/desk evaluation*. Kegiatan yang dilaksanakan di laboratorium adalah prospek industrialisasi produk mikroenkapsulat dan minuman emulsi minyak sawit yang meliputi formulasi, optimasi, *scaling up*, dan aplikasi pada produk pangan. Sedangkan kegiatan di lapangan, yaitu survei penerimaan konsumen terhadap produk yang dihasilkan. Dan kegiatan *desk evaluation* adalah kegiatan analisis/kajian tekno ekonomi produk pada skala industrial serta penyusunan rekomendasi untuk paket industrialisasi produk hilir kelapa sawit.

Berdasarkan formula terbaik yang telah diperoleh pada produk minuman emulsi dan bubuk mikroenkapsulat minyak sawit, serta kondisi proses yang optimum hingga skala produksi pilot, maka kedua produk ini telah cukup siap untuk dapat diproduksi pada skala komersial. Untuk mewujudkan hal tersebut, masih terdapat beberapa tahapan kegiatan yang perlu dilakukan, sehingga kedua produk berbasis minyak sawit ini dapat siap untuk diadopsi oleh industri. Gambar 1 menyajikan *Roadmap* penelitian prospek industrialisasi produk hilir minyak kelapa sawit.

Pada tahun kedua ini merupakan lanjutan pertama, yaitu penelitian optimasi formula pembuatan minuman emulsi, desain pengembangan skala pembuatan mikroenkapsulat minyak sawit. Selain itu, dilakukan juga formulasi dan karakterisasi minuman nanoemulsi minyak sawit.



Gambar 1 Roadmap penelitian.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak sawit yang diperoleh dari PT. Salim Ivomas Pratama. Bahan pendukung yang digunakan diantaranya maltodeksrin, gum arab, kitosan, asam asetat glasial, gelatin, *polyoxyethylene sorbitan monooleate* (Tween 80) (Sigma, USA), asam fosfat, asam sitrat, *high fructose corn syrup* (HFCS), dan perasa/ *flavor* lemon serta aquades. Penstabil yang digunakan adalah *carboxy methyl cellulose* (CMC), gelatin, dan gum arab yang semuanya diperoleh dari toko kimia di Bogor. Bahan-bahan pendukung seperti pengawet sodium benzoat, pengkelat etilen diamin tetra asetat (EDTA), antioksidan butyl hidroksi toluene (BHT), pemanis *high fructose syrup* (HFS), dan *flavor* nanas yang semuanya diperoleh dari toko kimia di Bogor, serta air dalam kemasan yang diperoleh di swalayan Dramaga, Bogor.

Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis meliputi asam fosfat 85%, NaOH teknis, etanol, KHP, indikator PP, KI jenuh, larutan tiosulfat, heksana, larutan *buffer* fosfat 10 mM, kitosan, asam asetat glasial, K₂SO₄, HgO, H₂SO₄ pekat, NaOH 60%, Na₂S₂O₃, HCL, indikator MB:MM, KOH, methanol, gas nitrogen, natrium sulfat anhydrous, etanol 95%, indicator fenolftalain, dan NaOH.

Peralatan yang digunakan meliputi peralatan fraksinasi (alat *degumming*, deadifikasi, *spinner*, fraksinasi, dan *filter press*), jerigen, ember, *ultra-turrax homogenizer* (model L4R, Silverson Co., England, *spray drier*, neraca analitik, *high-pressure homogenizer* (model NS2002H TWP600, GEA Niro Soavi, Italia). *mixer* tangan penangas, *freezer*, komputer, oven, dan tanur listrik.

Peralatan yang digunakan untuk analisis meliputi cawan alumunium, cawan porselen, sentrifus analisis, *freezer*, PSA (*particle size analyzer*), chromameter, viskometer, HPLC, mikroskop polarisasi, SEM, alat titrasi, alat destruksi protein, alat Soxhlet, labu Kjeldahl, *vortex*, *waterbath*, HPLC, biuret, *particle size analyzer*, sentrifuge, Haake-Rotovisco RV20, *chromameter* CR 300 dan alat-alat gelas yang dibutuhkan.

Tahapan Penelitian

a. Teknik homogenisasi dan peningkatan skala mikroenkapsul minyak sawit

Pada penelitian ini dilakukan proses pembuatan mikroenkapsul minyak sawit hasil formula terpilih dengan dua kali ulangan. Formula tersebut kemudian dibuat mengikuti rancangan percobaan terkait dua faktor kondisi homogenisasi, yaitu lamanya waktu homogenisasi dan peningkatan skala volume bahan. Rancangan percobaan disusun secara duplo setiap analisis dengan dua kali ulangan. Penelitian utama dilanjutkan dengan analisis karakteristik mikroenkapsul minyak sawit, analisis kandungan dan retensi total karoten mikroenkapsul minyak sawit, analisis proses mikroenkapsulasi, dan analisis kajian awal peningkatan skala pada pembuatan mikroenkapsul minyak sawit.

b. Optimasi proses formulasi minuman nanoemulsi minyak sawit

Pengkondisian proses homogenisasi yang dilakukan didasarkan pada dua faktor, yaitu lamanya waktu homogenisasi dan peningkatan volume bahan. Penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan. Tahap pertama adalah pembuatan larutan nanoemulsi dengan bahan dasar olein minyak sawit. Tahap ini dilakukan untuk mencari jumlah *passing* (pengumpanan balik) optimum pada tekanan lebih rendah untuk menghasilkan larutan nanoemulsi dengan karakteristik yang sama dengan larutan nanoemulsi yang dihasilkan dengan metode Marpaung (2014).

Tahap kedua adalah optimasi terhadap formula yang dibutuhkan untuk membuat minuman nanoemulsi *ready to drink*.

Pembuatan larutan nanoemulsi merupakan modifikasi metode pembuatan produk nanoemulsi oleh Tan dan Nakajima (2005) dan Marpaung (2014). Berdasarkan hasil penelitian tersebut diketahui bahwa formula terbaik yang menghasilkan ukuran partikel terkecil didapatkan dengan penggunaan Tween 80 sebanyak 30% (b/b) basis minyak.

c. Karakterisasi dan kajian prapeningkatan skala produk nanoemulsifikasi dari minyak sawit

Penelitian dilakukan dalam empat tahap, yaitu tahap persiapan minyak sawit, tahap analisis mutu minyak sawit, tahap pembuatan nanoemulsi, dan tahap analisis karakteristik emulsi.

Metode Analisis

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini antara lain analisis proksimat (kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, karbohidrat); analisis aktifitas air (aw) (Apriyantono *et al.* 1989); analisis karotenoid, metode spektrofotometer (PORIM 2005); analisis asam lemak bebas, metode titrasi (BSN 2006); analisis bilangan peroksida, metode titrasi (BSN 2006); analisis bilangan iod, metode titrasi (AOAC 1990); analisis kelarutan (Fardiaz *et al.* 1992); analisis kadar minyak tidak terkapsulkan, metode ekstraksi (Shahidi dan Wanasundara 1997); analisis warna, metode hunter (Hutching 1999); penetapan rendemen (Zilberboim *et al.* 1986; Ahn *et al.* 2007); penetapan efisiensi mikroenkapsulasi (Komari 1997); analisis kestabilan emulsi menggunakan modifikasi metode Yasumatsu *et al.* (1972); analisis ukuran partikel dan distribusi dengan *particle size analyzer*, metode *dynamic light scatter* (Tan & Nakajima 2005); analisis sensori, uji hedonik (Waysima & Adawiyah 2011); pengukuran laju aliran *output* dan prediksi ukuran droplet emulsi, dan analisis tekno ekonomi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknik Homogenisasi dan Peningkatan Skala Mikroenkapsulat Minyak Sawit

Lamanya waktu homogenisasi pada kecepatan putar yang sama berpengaruh pada tingkat kestabilan emulsi (Kailaku *et al.* 2012). Emulsi diharapkan memiliki kestabilan yang baik sebelum memasuki tahap pengeringan. Emulsi yang telah dibuat pada volume tertentu dengan waktu homogenisasi yang berbeda-beda tidak mengalami pemisahan emulsi. Tingkat kestabilan emulsi tidak diukur secara langsung, melainkan langsung dilihat pada kadar minyak tidak terkapsulkan pada produk akhir. Hal ini disebabkan karena apabila emulsi yang terbentuk tidak stabil, akan ada banyak partikel minyak yang keluar dari matriks, sehingga terjadi kenaikan kadar minyak tidak terkapsulkan pada mikroenkapsulat minyak sawit.

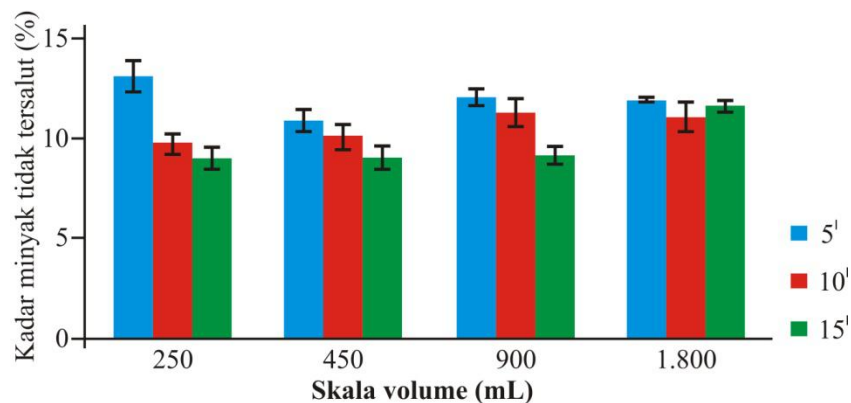
Kandungan dan retensi karotenoid merupakan parameter utama untuk menentukan lamanya waktu homogenisasi dan besarnya volume yang dihomogenisasi akan berpengaruh terhadap karakter tersebut. Lamanya waktu homogenisasi yang dilakukan pada volume pra emulsi memengaruhi kadar karoten pada mikroenkapsulat minyak sawit. Berdasarkan hasil analisis, terjadi penurunan kandungan total karoten pada mikroenkapsulat jika dibandingkan dengan total karoten awal olein minyak sawit, yaitu sebesar 516.25 ppm. Mikroenkapsulat memiliki kandungan total karoten sebesar 256.21–396.52 ppm, seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kadar karoten dan total karoten mikroenkapsulat minyak sawit

Volume (mL)	Waktu (menit)	Karoten olein (ppm)	Karoten mikroenkapsulat (ppm)	Retensi karoten (%)
250	5	516,25 ± 4,45	396,52 ± 15,90	76,81
	10		331,78 ± 66,20	64,27
	15		272,37 ± 38,72	52,76
450	5		256,21 ± 14,41	49,63
	10		336,41 ± 54,37	65,16
	15		371,71 ± 19,38	72,00
900	5		339,62 ± 40,17	65,79
	10		356,20 ± 39,36	69,00
	15		383,29 ± 24,46	74,25
1800	5		363,99 ± 9,13	70,51
	10		316,29 ± 14,78	61,27
	15		300,66 ± 17,08	58,24

Mikroenkapsulasi adalah suatu metode penyalutan suatu komponen aktif yang berbentuk cair, padat atau gas dengan material bahan penyalut seperti karbohidrat, protein, maupun lemak (Arshady 1993; Agnihotri *et al.* 2012). Proses mikroenkapsulasi pada pembuatan mikroenkapsulat minyak sawit tidak hanya terjadi ketika proses homogenisasi berlangsung tetapi diduga ketika proses pengeringan dengan pengering semprot .

Minyak tidak terkapsulkan adalah minyak yang tidak terlindungi secara sempurna oleh matriks penyalut atau hanya menempel pada dinding bagian luar penyalut. Tingginya minyak tidak terkapsulkan akan mengakibatkan mikroenkapsulat minyak sawit yang dihasilkan tampak berminyak. Apabila pada dinding bagian luar mikroenkapsulat masih terdapat banyak minyak yang tidak terkapsulkan, ada kemungkinan jika mikroenkapsulat mendapatkan tekanan, minyak yang berada didalam mikroenkapsulat akan keluar. Minyak tidak terkapsulkan erat kaitannya dengan efisiensi proses penyalutan.



Gambar 2 Kadar minyak tidak terkapsulkan mikroenkapsulat minyak sawit.

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin lama waktu homogenisasi, maka kadar minyak tidak terkapsulkan akan menurun. Proses homogenisasi dengan menggunakan sistem *batch* memungkinkan untuk digunakan pada skala pilot plan maupun skala industri. Hal ini disebabkan karena ukuran bejana dapat dibuat dengan menggunakan perbandingan secara geometrik terhadap ukuran bejana pada skala laboratorium. Menurut Valentas *et al.* (1991), perbesaran skala dengan perbandingan geometrik dapat diterapkan pada proses *mixing* dan homogenisasi dengan mempertimbangkan beberapa hal, diantaranya adalah faktor yang harus tetap dalam keadaan konstan, ukuran dari rotor stator, kecepatan rotor stator, dan

waktu yang dibutuhkan untuk berlangsungnya proses. Peningkatan skala dapat dilakukan dengan menggabungkan percobaan dengan metode statistik. Tidak menutup kemungkinan untuk dilakukan perubahan penggunaan alat dari *batch* ke *continuous*, akan tetapi diperlukan uji coba.

Optimasi Formulasi Minuman Nanoemulsi Minyak Sawit

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penggunaan jumlah *passing* diatas 5 kali tidak memberikan keuntungan dari sisi pengurangan ukuran partikel namun sebaliknya terjadi peningkatan ukuran partikel. Oleh sebab itu, untuk tahap berikutnya pembuatan nanoemulsi minyak sawit yang diproses homogenisasi pada tekanan 300 Bar hanya menggunakan jumlah pengumpanan balik sebanyak 5 *passing*.

Solusi formula terpilih, yaitu formula 1 memiliki komposisi nanoemulsi sebesar 6%, air 83%, dan HFS 10%. Formula ini diprediksikan akan memiliki kestabilan emulsi sebesar 99,21%, ukuran partikel sebesar 46,68 nm, kadar β -karoten sebesar 4,99; nilai L sebesar 67,62; dan Hue sebesar 79,80. Formula terpilih ini memiliki *desirability* sebesar 0,923 yang artinya formula ini akan menghasilkan produk yang memiliki karakteristik yang sesuai dengan target optimasi sebesar 92,30%. Formula terpilih minuman nanoemulsi yang direkomendasikan oleh program *Design Expert 7.0* ini masih memerlukan validasi lebih lanjut dengan uji laboratorium. Secara keseluruhan (*overall*) hasil uji rating hedonik terhadap ketiga atribut sensori memiliki rata-rata 5,40 (agak suka) untuk minuman nanoemulsi yang disajikan pada suhu dingin dan 4,97 (biasa mendekati agak suka) untuk minuman nanoemulsi yang disajikan pada suhu ruang. Gambar 3 menyajikan foto produk formula terpilih.

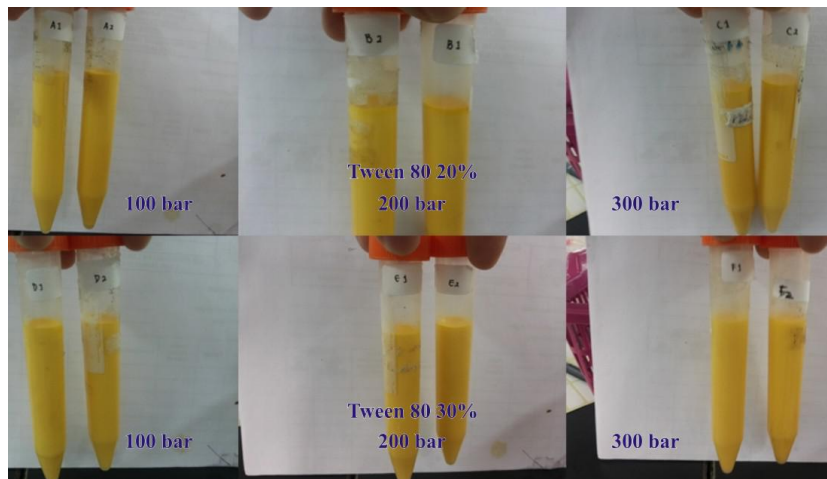


Gambar 3 Minuman nanoemulsi minyak sawit formula terbaik.

Karakterisasi dan Kajian Pra Peningkatan Skala Produk Nanoemulsifikasi Dari Minyak Sawit

Gambar 4 menunjukkan nanoemulsi minyak sawit mengalami *creaming* selama penyimpanan yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Hal ini dapat terlihat dari terbentuknya lapisan berwarna lebih pekat pada bagian atas sistem emulsi. *Creaming* kerap terjadi pada sistem emulsi *oil in water* disebabkan densitas droplet yang lebih kecil dibandingkan densitas fase pendispersi. Dalam penelitian ini, terjadi *creaming* sebesar 1–2% pada sistem emulsi dalam waktu penyimpanan 30 hari.

Penggunaan *emulsifier* dengan konsentrasi yang lebih rendah menghasilkan laju aliran yang lebih tinggi, dengan demikian waktu produksi menjadi lebih rendah. Namun, penggunaan konsentrasi *emulsifier* yang lebih rendah akan menghasilkan ukuran droplet yang lebih besar. Dengan demikian, kombinasi yang optimal antara densitas energi, biaya, dan waktu produksi sangat penting dalam skala yang lebih besar untuk membuat emulsi dengan karakteristik yang diinginkan. Pada Gambar 5 disajikan produk nanoemulsi minyak sawit.



Gambar 4 Analisis kestabilan emulsi.



Gambar 5 Produk nanoemulsi minyak sawit.

Proses Mikroenkapsulasi Minyak Sawit dan Analisis Teknoekonomi pada Skala Industri

Bahan baku yang digunakan industri mikroenkapsulat minyak sawit adalah minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil / CPO*) yang selanjutnya dilakukan proses pemurnian. Spesifikasi olein disesuaikan dengan SNI 01-2901-2006 tentang minyak kelapa sawit mentah yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Spesifikasi bahan baku (SNI 01-2901-2006)

Parameter	Persyaratan
Warna	Jingga kemerah
Kadar air (%)	Maks. 0,5
Kadar asam lemak bebas (%)	Maks. 0,5
Bilangan Iod (g I ₂ /100 g minyak)	50–55
Bilangan peroksida (mg/g ekivalen O ₂)	1–5

Ketersediaan kelapa sawit di Indonesia cukup melimpah. Produksi kelapa sawit Indonesia dalam bentuk CPO pun terus meningkat setiap tahunnya. Menurut data Kementerian Perindustrian Republik Indonesia (2012), penggunaan CPO nasional sebagai berikut: ekspor 52 %, *cooking oil industry* 37 %, *margarine industry* 3%, *soap industry* 3 %, dan *oleo chemical industry* 5%. Penggunaan CPO sebagai komoditas ekspor dapat dialokasikan sebagian untuk pengolahan produk hilir yang dapat memberikan nilai tambah produk. Mikroenkapsulat minyak sawit dapat menjadi salah satu alternatif produk hilir dengan menggunakan bahan baku CPO.

Penentuan kapasitas produksi industri mikroenkapsulat minyak sawit berdasarkan ketersediaan bahan baku yang ada di Indonesia dan belum adanya produk sejenis dipasaran. Kapasitas produksi industri yang akan dibuat untuk industri mikroenkapsulat minyak sawit adalah 1 ton CPO/hari atau 300 ton CPO/tahun sehingga dapat memanfaatkan 0,002% dari CPO yang diekspor.

Proses produksi mikroenkapsulat minyak sawit melalui dua tahap, yaitu pemurnian bahan baku CPO menjadi olein minyak sawit dan pembuatan mikroenkapsulat minyak sawit. Proses pemurnian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi proses degumming, deasidifikasi, deodorisasi, dan fraksinasi. Fraksi

yang akan digunakan untuk pembuatan mikroenkapsulat minyak sawit yaitu olein mengandung karotenoid tinggi.

Mesin yang digunakan dalam proses pembuatan mikroenkapsulat minyak sawit meliputi mesin pemurnian CPO untuk proses secara kontinu (*boiler, degumming tank, refined and deodorized machine, fractination tank, filter press*), mixer dan homogenizer, pengering semprot (*spray dryer*). Peralatan yang digunakan, diantaranya tangki penyimpanan CPO, tangki penyimpanan olein minyak sawit, dan timbangan. Kemasan yang akan digunakan untuk 1 kg produk mikroenkapsulat minyak sawit, yaitu plastik lapis aluminium foil vakum segel. Kemasan ini dipilih karena produk mikroenkapsulat minyak sawit memiliki komponen aktif, yaitu karotenoid yang sensitif terhadap udara atau oksidasi.

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam analisis finansial industri mikroenkapsulat minyak sawit, sebagai berikut:

- a. Umur ekonomis proyek selama 10 tahun, berdasarkan umur ekonomis mesin dan peralatan yang digunakan
- b. Kapasitas produksi adalah 1000 kg CPO/hari.
- c. Produksi pada tahun pertama sebesar 80%, pada tahun ke-2 sebesar 90%, dan pada tahun ke-3 sampai tahun ke-10 sebesar 100%
- d. Jumlah hari kerja dalam setahun adalah 300 hari, 25 hari dalam satu bulan, dan 12 bulan dalam satu tahun.
- e. Nilai sisa mesin dan peralatan adalah 10% dari nilai awal, biaya pemeliharaan mesin adalah 10% dari nilai awal, bunga modal 12 % dan biaya asuransi sebesar 0,5% dari nilai awal.
- f. Umur ekonomis mesin dan peralatan adalah 10 tahun.
- g. *Discount factor* diasumsikan 12%
- h. Besarnya pajak dihitung berdasarkan Undang-Undang PPh Nomor 36 tahun 2008, pajak penghasilan untuk perusahaan sebesar 25%
- i. Pembayaran kredit investasi menggunakan metode *flat rate*
- j. Nilai tukar dolar terhadap rupiah adalah 1US\$ = Rp.13.599,00

Biaya investasi dibagi menjadi dua, yaitu biaya investasi tetap dan biaya modal kerja. Biaya investasi tetap, meliputi biaya untuk pembelian mesin dan

peralatan produksi serta biaya untuk pemasangan fasilitas penunjang. Biaya modal kerja adalah biaya yang diperlukan untuk melaksanakan operasional awal industri yang disesuaikan dengan kebijakan perusahaan. Asumsi yang digunakan dalam menentukan modal kerja yaitu *account receivable* 25 hari, *inventory* 10 hari, dan *account payable* (bahan baku) 25 hari. *Account receivable* dan *account payable* diasumsikan 25 hari sebagai biaya operasional awal untuk 1 bulan, sedangkan *inventory* diasumsikan 10 hari sebagai *stock* bahan baku karena perlu dilakukan pemesanan bahan baku produksi (terutama Gum Arab dan gelatin).

Produksi mikroenkapsulat minyak sawit membutuhkan biaya investasi sebesar Rp.8.849.489.950,00 dan biaya modal kerja untuk 25 hari sebesar Rp.3.185.451.386,47. Rekapitulasi biaya investasi dapat dilihat pada Tabel 3 dan rincian modal kerja dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3 Rekapitulasi biaya investasi

Deskripsi	Total Harga (Rp)
Mesin dan alat	8.807.248.450
Fasilitas penunjang	42.241.500
Total investasi	8.849.489.950

Tabel 4 Rincian modal kerja

Keterangan	Hari	Total Biaya (Rp)
<i>Account receivable</i>	25	6.572.690.238,73
<i>Inventory</i>	10	2.258.159.234,84
<i>Account payable</i> (bahan baku)	25	(5.645.398.087,10)
Modal kerja		3.185.451.386,47

Sumber pendanaan diasumsikan berasal dari pinjaman bank 100% dengan bunga kredit sebesar 12% per tahun. Pembayaran modal investasi dilakukan selama 6 tahun, sedangkan pembayaran modal kerja dilakukan selama 3 tahun. Metode pembayaran yang digunakan yaitu *flat rate*. Angsuran modal investasi sebesar Rp.1.474.914.991,67/tahun dengan bunga Rp.176.989.799,00/tahun. Angsuran modal kerja sebesar Rp.1.061.817.128,82/tahun dengan bunga Rp.127.418.055,46/tahun.

Umur ekonomis mesin dan peralatan diasumsikan selama 10 tahun. Asumsi biaya yang dibutuhkan untuk pemeliharaan adalah 10% dari harga awal. Biaya pemeliharaan mesin dan alat dalam proyek sebesar Rp.880.724.845,00 per tahun.

Asumsi nilai sisa mesin dan peralatan sebesar 10 % dari harga awal. Biaya penyusutan mesin dan alat dalam proyek sebesar Rp.792.652.360,50/tahun. Biaya bunga modal sebesar 12% dan asuransi sebesar 0,5% sehingga didapatkan total biaya bunga modal dan asuransi sebesar Rp.605.498.330,94.

Biaya produksi terdiri dari biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap merupakan biaya yang jumlahnya akan selalu tetap walaupun intensitas volume kegiatan berubah, sedangkan biaya variabel merupakan biaya yang jumlahnya akan berubah dengan perubahan intensitas volume kegiatan. Total biaya tetap sebesar Rp.2.422.875.536,44 dan total biaya variabel sebesar Rp.69.279.199.795,16 sehingga total biaya produksi yang dibutuhkan untuk industri mikroenkapsulat minyak sawit dalam satu tahun sebesar Rp.71.702.075.331,60. Rekapitulasi biaya produksi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Rekapitulasi biaya produksi

Deskripsi	Biaya total/tahun (Rp)
Biaya tetap	
Gaji tenaga kerja tak langsung	144.000.000,00
Biaya pemeliharaan	880.724.845,00
Biaya penyusutan	792.652.360,50
Biaya bunga modal dan asuransi	605.498.330,94
Subtotal	2.422.875.536,44
Biaya variabel	
Gaji tenaga kerja langsung	270.000.000,00
Biaya bahan baku	67.744.777.045,16
Biaya kemasan	754.062.750,00
Biaya utilitas	510.360.000,00
Subtotal	69.279.199.795,16
Total biaya	71.702.075.331,60

Produksi mikroenkapsulat minyak sawit dengan bahan baku 1000 kg CPO per hari akan menghasilkan 1.259,99 kg mikroenkapsulat/hari atau 377.998,06 kg/tahun. Total biaya produksi selama setahun sebesar Rp.71.702.075.331,60, sehingga didapatkan biaya pokok produksi sebesar Rp.189.689,00/kg mikroenkapsulat. Persentase keuntungan ditetapkan sebesar 10 % , sehingga harga produk menjadi Rp.208.657,90 per kg dan dikenakan pajak pertambahan nilai 10%, sehingga didapatkan harga jual produk sebesar Rp.230.000,00/kg.

Laporan laba rugi menunjukkan bahwa pada tahun pertama, industri mikroenkapsulat minyak sawit memperoleh laba bersih sebesar Rp.3.938.692.624,03, laba pada tahun ke-2 sebesar Rp.4.658.173.783,58, dan laba bersih pada tahun ke-3 sampai ke-10 sebesar Rp.5.377.654.943,13 pada setiap tahunnya. Kenaikan laba bersih pada tiga tahun pertama disebabkan kapasitas produksi yang meningkat, yaitu pada tahun pertama kapasitas produksi sebesar 80%, tahun ke-2 sebesar 90%, namun dari tahun ke-3 sampai ke-10 kapasitas produksi sebesar 100% atau maksimum. *break even point* atau titik impas adalah titik di mana total biaya produksi sama dengan penerimaan. Nilai BEP yang diperoleh yaitu 95.469,03 kg atau Rp.19.920.367.597,98. Kriteria kelayakan investasi dapat dihitung setelah proyeksi arus kas ditentukan. Kriteria kelayakan bisnis yang digunakan yaitu, *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of return* (IRR), *Net Benefit Cost Ratio* (Net B/C), dan *Pay Back Period* (PBP). Hasil perhitungan kelayakan investasi dapat dilihat pada Tabel 6.

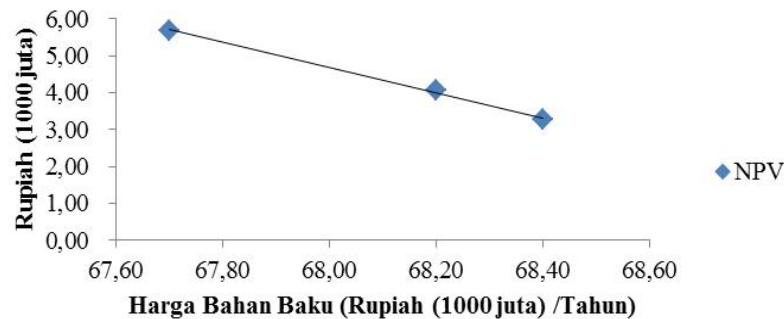
Tabel 6 Hasil perhitungan kriteria kelayakan investasi

Parameter	Nilai
NPV (Rp)	5.710.900.422,19
IRR (%)	18.49
Net B/C	1.53
PBP (tahun)	4.43

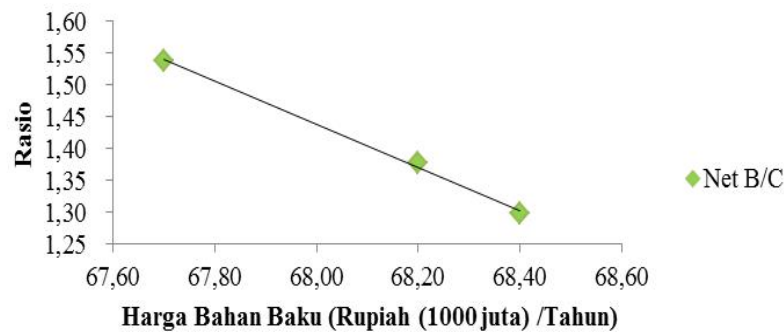
Nilai NPV yang diperoleh yaitu Rp.5.710.900.422,19. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai NPV lebih besar dari 0, artinya industri mikroenkapsulat minyak sawit layak untuk didirikan. Nilai IRR atau tingkat pengembalian internal adalah kemampuan suatu proyek untuk menghasilkan pengembalian. Nilai IRR yang diperoleh, yaitu 18,49%. Berdasarkan nilai IRR nya maka proyek ini layak dilaksanakan karena lebih tinggi dari bunga bank (12 %). Kriteria kelayakan investasi juga ditentukan oleh nilai net B/C. Nilai net B/C untuk proyek ini sebesar 1,53, artinya proyek layak untuk direalisasikan karena memiliki nilai lebih dari satu. PBP merupakan jangka waktu yang diperlukan untuk mengembalikan seluruh modal suatu investasi, yang dihitung dari aliran kas bersih. Hasil analisis menunjukkan bahwa PBP industri mikroenkapsulat minyak sawit sebesar 4,43 tahun atau 4 tahun 5 bulan.

Analisis sensitivitas dilakukan untuk melihat perubahan parameter aspek finansial terhadap keputusan yang dipilih. Variabel yang digunakan dalam analisis sensitivity, yaitu kenaikan harga bahan baku (CPO) dan penurunan kapasitas produksi. Analisis sensitivitas dilakukan pada prakiraan kenaikan harga bahan baku CPO 20 dan 30%, penurunan kapasitas produksi sebesar 10 dan 20%, serta kombinasi kenaikan harga bahan baku CPO 30% dengan penurunan kapasitas produksi 20%. Sensitivitas investasi diukur berdasarkan perubahan nilai NPV, IRR, Net B/C Ratio dan PBP. Grafik hasil perhitungan NPV, IRR, Net B/C, dan PBP terhadap kenaikan bahan baku dapat dilihat pada Gambar 6–9. Grafik hasil perhitungan NPV, IRR, Net B/C, dan PBP terhadap penurunan kapasitas produksi dapat dilihat pada Gambar 10–13.

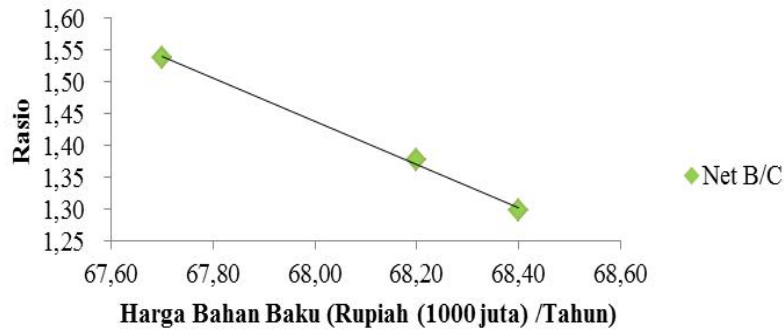
Hasil analisis sensitivitas bila terjadi kombinasi kondisi kenaikan harga bahan baku CPO 30% diikuti dengan penurunan kapasitas produksi 20%, maka nilai NPV Rp.(5.416.204.706,32), IRR 5,10%, Net B/C 0,56, dan PBP 8,36. Hasil menunjukkan bahwa pada kombinasi kondisi tersebut, proyek sudah tidak layak dilaksanakan.



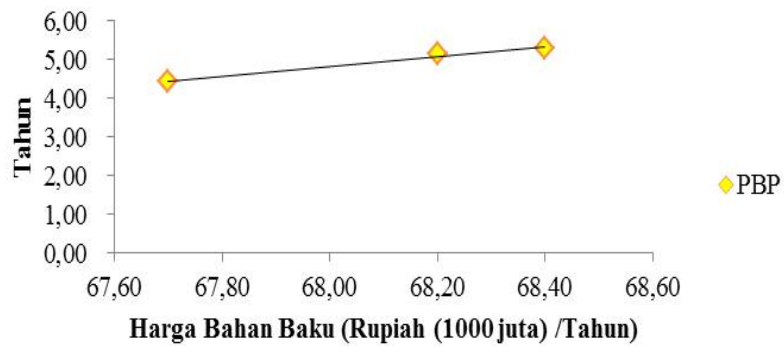
Gambar 6 Hasil perhitungan NPV terhadap kenaikan harga bahan baku.



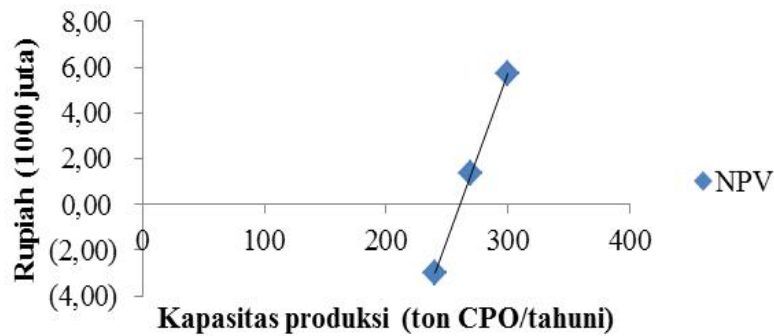
Gambar 7 Hasil perhitungan IRR terhadap kenaikan harga bahan baku.



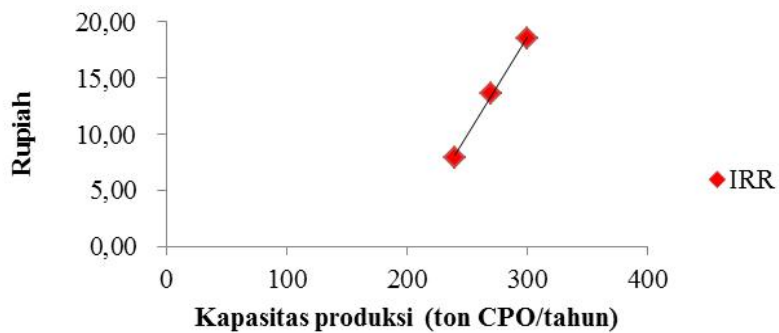
Gambar 8 Hasil perhitungan Net B/C terhadap kenaikan harga bahan baku.



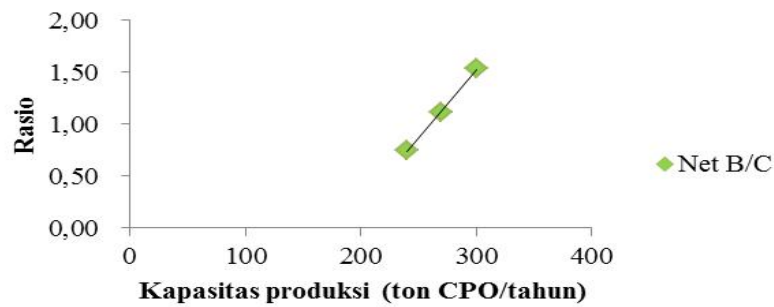
Gambar 9 Hasil perhitungan PBP terhadap kenaikan harga bahan baku.



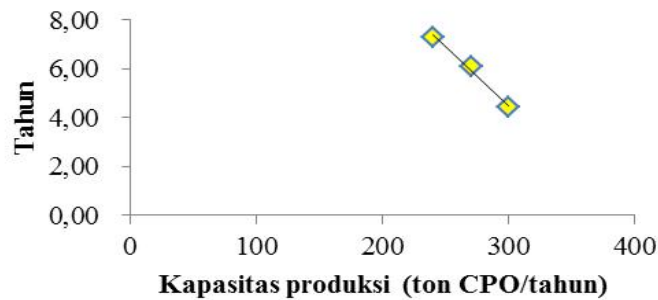
Gambar 10 Hasil perhitungan NPV terhadap penurunan kapasitas produksi.



Gambar 11 Hasil perhitungan IRR terhadap penurunan kapasitas produksi.



Gambar 12 Hasil perhitungan Net B/C terhadap penurunan kapasitas produksi.



Gambar 13 Hasil perhitungan PBP terhadap penurunan kapasitas produksi.

KESIMPULAN

Formula mikroenkapsulat dengan bahan penyalut maltodekstrin, gum arab dan gelatin dapat digunakan pada produksi mikroenkapsulat dalam skala lebih besar. Peningkatan skala volume bahan tidak memengaruhi karakteristik dari mikroenkapsulat minyak sawit secara signifikan. Lamanya waktu homogenisasi akan memengaruhi kandungan minyak tidak terkapsulkan dan efisiensi proses mikroenkapsulasi.

Formula minuman nanoemulsi minyak sawit yang terpilih adalah campuran dari larutan stok nanoemulsi 6%, air 83%, dan HFS 10%. Formula tersebut memiliki nilai prediksi kestabilan emulsi sebesar 99,22%; ukuran partikel (d50) sebesar 46,68 nm; kadar β -karoten sebesar 4,99 ppm; kecerahan warna (L) sebesar 67,62; dan Hue sebesar 79,80. Uji organoleptik terhadap minuman nanoemulsi minyak sawit menunjukkan rata-rata panelis lebih menyukai minuman nanoemulsi minyak sawit yang disajikan pada suhu dingin.

Semakin besar tekanan yang digunakan, emulsi yang dihasilkan akan memiliki ukuran partikel yang semakin kecil dan semakin stabil, namun dapat mereduksi kadar karotenoid yang terdapat dalam emulsi. Penggunaan emulsifier dengan konsentrasi yang lebih tinggi dibutuhkan untuk mereduksi ukuran partikel dan membuat emulsi menjadi lebih stabil.

Pengembangan produk mikroenkapsulat minyak sawit menjadi industri dengan kapasitas 1.000 kg CPO/ hari akan menghasilkan 1.255,99 kg mikroenkapsulat/hari atau 377.998,06 kg mikroenkapsulat/tahun, membutuhkan biaya investasi sebesar Rp.8.849.489.950,00 dan modal kerja sebesar Rp.3.185.451.386,47. Pada harga jual Rp.230.000.00/kg diperoleh keuntungan 10% dan BEP akan dicapai pada skala produksi 95.469,03 kg/tahun atau setara dengan pendapatan Rp19.920.367.597,98/ tahun. Kelayakan investasi diperoleh nilai NPV sebesar Rp.5.710.900.422,19, IRR mencapai 18,49%, Net B/C 1,53 dan PBP selama 4 tahun 5 bulan. Keseluruhan kriteria tersebut menunjukkan bahwa industri mikroenkapsulat minyak sawit layak untuk didirikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Peneliti menyampaikan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat IPB, Institut Pertanian Bogor dan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan atas dukungan finansial melalui skema Hibah Kompetensi Tahun Anggaran 2013–2014. Serta Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi RI untuk pendanaan tahun 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 1990. *Official Method of Analysis of The Association of Official Agricultural Chemist*. Washington DC (US): AOAC International.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2006. *Standar Nasional Indonesia Minyak Kelapa Sawit*. SNI 01-2901-2006. Jakarta (ID): Badan Standarisasi Nasional.

- Agnihotri N, Mishra R, Goda C, Arora M. 2012. Microencapsulation – A Novel Approach in Drug Delivery: A Review. *Indo Global Journal of Pharmaceutical*. 2(1): 1–20.
- Ahn JH, Kim YP, Seo EM, Choi YK, Kim HS. 2007. Antioxidant effect of natural plant extracts on the microencapsulated high oleic sunflower oil. *Journal of Food Engineering*. 84(2): 327–334.
- Apriyantono D, Fardiaz D, Puspitasari NL, Sedarnawati, Budiyanto S. 1989. *Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Arshady R. 1993. Micocapsules for food. *Journal Microencapsulaion*. 10(4): 413–435
- Fardiaz D, Andarwulan N, Wijaya H. 1992. *Petunjuk Laboratorium Teknik Analisis Sifat Kimia dan Fungsional Komponen Pangan*. Bogor (ID): PAU Pangan dan Gizi IPB.
- Goh SH, Choo YM, Ong SH. 1985. Minor constituents in palm oil. *Journal of the American Oil Chemists; Society*. 62(2): 237–240.
- Hutching JB. 1999. *Food Color and Appearance 2nd edition A Chapman and Hall Food Science Book*. Maryland (US): Aspen Publition.
- Kailaku SI, Hidayat T, Setiabudy DA. 2012. Pengaruh Kondisi Homogenisasi Terhadap Karakteristik Fisik dan Mutu Santan Selama Penyimpanan. *Jurnal Litri*. 18(1): 31–39.
- Komari. 1997. Efisiensi enkapsulasi dan model rilis vitamin C yang dienkapsulasi dengan teknik *polymer deposition*. *Prosiding Seminar Teknologi Pangan 1997*.
- Marpaung YG. 2014. Formulasi Nanoemulsi Minyak Sawit dengan *High Pressure Homogenizer*. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- PORIM. 2005. *PORIM Test Method*. Kuala Lumpur (MY): Palm Oil Research Institute of Malaysia
- Shahidi F, Wanasundara PKJPD. 1997. *Extraction and analysis of lipids*. In: Akoh CC, Min DB (eds.). *Food Lipids, Chemisry Nutrition and Biotechnology 2nd Edition*. New York (US): Marcel Dekker Inc
- Tan CP, Nakajima M. 2005. B-carotene nanodispersions: preparation, characterization, and stability evaluation. *Food Chemistry*. 92(4): 661–671.
- Valentas KJ, Levine L, Clark JP. 1991. *Food Processing Operations and Scale Up*. New York (US): Marcel Dekker Inc.

- Waysima, Adawiyah DR. 2011. *Panduan Praktikum Evaluasi Sensori. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Yasumatsu K, Sawada K, Moritaka S, Misaki M, Toda J, Wada T, Ishi K. 1972. Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agricultural and Biological Chemistry*. 36(5): 719–727.
- Zeba AN, Prével YM, Somé IT, Delisle HF. 2006. The positive impact of red palm oil in school meals on vitamin A status: study in Burkina Faso. *Nutrition Journal*. 5(17): 1–10.
- Zilberboim R, Kopelman IJ, Talmon Y. 1986. Microencapsulation by a dehydrating liquid: retention of paprika oleoresin and aromatic esters. In: Ahn JH, Kim YP, Seo EM, Choi YK, Kim HS. 2007. Antioxidant effect of natural plant extracts on the microencapsulated high oleic sunflower oil. *Journal of Food Engineering*. 84(2): 327–334.