

## MIKROENKAPSULASI LEMAK KAYA DHA UNTUK FORTIFIKASI PADA MAKANAN

Nurhasanah, S.<sup>1</sup>, Komari<sup>2</sup>, Hariyadi, P.<sup>3</sup>, dan Budijanto, S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran

<sup>2</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Gizi, Bogor

<sup>3</sup>Institut Pertanian Bogor

E-mail: noorie\_hasanah@yahoo.co.id, siti.nurhasanah@unpad.ac.id

### ABSTRAK

Asam lemak Omega-3, khususnya Eicosapentaenoic Acid (EPA) dan Docosahexaenoic (DHA) berperan penting dalam nutrifikasi pangan dan farmasi. Monoasilgliserol (MAG) kaya DHA adalah salah satu bentuk ester asam lemak yang daya cernanya lebih baik dibandingkan dengan etil atau metil ester. MAG kaya omega-3 terutama EPA dan DHA cenderung tidak stabil karena mudah teroksidasi dan terhidrolisis sebagai akibat banyaknya ikatan rangkap pada rantai asam lemak tersebut. Agar dapat diaplikasikan sebagai ingredien pangan fungsional yang stabilitasnya tinggi, metode stabilisasi yang sesuai dengan tujuan aplikasi tersebut adalah dengan cara enkapsulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Enkapsulasimikro MAG kaya DHA dengan bahan penyalut dekstrin dapat melindungi produk dari oksidasi selama penyimpanan 3 bulan (bilangan TBA tetap rendah 2,732  $\mu\text{mol/g}$ ), efisiensi enkapsulasi yang tinggi (85%) dan dapat diaplikasikan ke dalam bahan pangan (biskuit dan susu) yang dapat diterima oleh konsumen baik dengan metode uji beda maupun hedonik .

Kata kunci: Docosahexaenoic acids (DHA), mikroenkapsulasi

## MICROENCAPSULATION FATTY ACID RICH DHA FOR FOOD FORTIFICATION

### ABSTRACT

Omega-3 fatty acids, especially Eicosapentaenoic Acid (EPA) and Docosahexaenoic (DHA) are very important in food fortification. Monoacylglycerol (MAG) rich in DHA is one of the fatty acids ester. Which has is better digestion than ethyl or methyl ester. MAG rich in omega-3 especially EPA and DHA tend to be unstable because it is easily oxidized and hydrolyzed due to the number of double bonds the fatty acid chain. So that to be application as ingredien functional food with his high stability, hence stabilization method matching with the purpose of the application is by encapsulation. Dextrin polymer as micro-encapsulation matrix could protect MAG oil product from oxidation for 3 months (showed by low TBA value 2.732  $\mu\text{mol/g}$ ), high encapsulation efficiency (85%) and could applied to food product (biscuit and milk). That food product was accepted by the panellist with different test method and hedonic.

Key words: Docosahexaenoic acids (DHA), microencapsulation

### PENDAHULUAN

Asam lemak Omega-3, khususnya asam lemak rantai panjang (Eicosapentaenoic acid, EPA dan Docosahexaenoic, DHA) memegang peranan penting dalam gizi manusia. Asam lemak tersebut dibutuhkan untuk pertumbuhan janin, perkembangan otak dan retina, peningkatan kekebalan dan pencegahan resiko penyakit degeneratif. Konsumsi asam lemak Omega 3 meningkatkan profil lemak tubuh dan menurunkan agre-

gasi platelet dengan cara menurunkan *endothelial leukocytes adhesion molecule* (De Caterina & Libby, 1996). Rendahnya kandungan asam lemak omega 3 dalam menu menyebabkan komposisinya dalam otak menurun dan mengganggu fungsi penglihatan serta respon elektroretinograms (Connor *et al.*, 1996). Penelitian di Bogor menunjukkan bahwa anak balita gizi kurang dan buruk mempunyai kandungan asam lemak DHA dalam darah hampir tidak terdeteksi (Astuti, 1999). Hal ini menun-

jukkan adanya indikasi menurunnya kualitas sumberdaya manusia.

Industri pengalengan ikan tuna di Indonesia biasanya menghasilkan minyak ikan dari limbah cair pada tahap prapemasakan (*Tuna precook oil*) sekitar 0,1% (b/b) dari total bahan baku (Elisabeth, 1997). Hasil penelitian Elisabeth (1992, 1997), Istiqamah (1998) dan Handaruwati (2000) menunjukkan bahwa minyak hasil limbah industri pengolahan ikan tuna (*tuna precook oil*) cukup potensial sebagai sumber asam lemak omega-3, meskipun jumlahnya bervariasi seperti tampak pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Asam Lemak (% berat) Minyak Ikan Tuna

Jenis asam lemak	Minyak ikan tuna			
	1	2	3	4
C14:0	2,109	1,82	4,52	8,80
C16:0	2,862	9,78	25,20	25,09
C16:1	1,014	2,25	5,48	11,15
C18:0	13,008	3,18	9,07	10,59
C18:1	23,314	6,36	13,36	20,04
C18:2 (n-6)	4,668	0,68	1,70	2,00
C18:3 (n-3)	1,438	0,37	0,82	0,71
C20:3 (n-3)	1,396	-	-	-
C20:4 (n-3)	0,428	0,90	2,83	1,41
C20:5 (n-3)	2,282	2,40	4,85	2,88
C22:4	0,744	-	-	-
C22:5 (n-3)	0,340	1,04	-	-
C22:6 (n-3)	8,196	12,23	28,59	15,22

<sup>1)</sup> Elisabet (1992)

<sup>2)</sup> Elisabet (1997)

<sup>3)</sup> Istiqamah (1998)

<sup>4)</sup> Handaruwati (2000)

Monoasilgliserol (MAG) kaya omega-3 terutama EPA dan DHA cenderung tidak stabil karena mudah teroksidasi dan terhidrolisis sebagai akibat banyaknya ikatan rangkap pada rantai asam lemak tersebut. Agar dapat diaplikasikan sebagai ingredien pangan fungsional yang stabil, maka metode stabilisasi yang sesuai dengan tujuan aplikasi tersebut adalah dengan cara enkapsulasi.

Menurut Quellet *et al.* (2001), enkapsulasi adalah metode yang penting untuk (1) melindungi bahan volatil, bahan yang reaktif secara kimia, atau bahan ingredien yang mengandung komponen yang sensitif terhadap pemanasan dan adanya bahan kimia, dan (2) untuk mengurangi jumlah ingredien bahan aktif yang diperlukan dalam

suatu aplikasi industri, sehingga dapat mengurangi biaya produksi karena mahalnya bahan aktif tersebut.

Dalam industri flavor dan makanan, enkapsulasi dapat menurunkan kehilangan flavor atau komponen aktif makanan selama pengolahan dan penyimpanan serta meningkatkan *performance* produk akhir. Salah satu proses yang penting dalam enkapsulasi adalah proses pengeringan dan pembentukan powder. Teknik pengeringan dan pembentukan powder yang sering digunakan adalah *spray dryer*. Menurut Thles (1996), kelebihan enkapsulasi dengan menggunakan *spray dryer* adalah teknologinya sudah banyak dikuasai sehingga mudah didapat, mampu memproduksi kapsul dalam jumlah banyak, bahan penyalut yang digunakan juga layak sebagai bahan makanan dan larut dalam air sehingga dapat melepaskan bahan inti tanpa adanya bahan penyalut yang mengendap.

Proses pengeringan semprot merupakan proses menyemprotkan cairan minyak-polimer ke dalam suatu lingkungan dengan pemadatan yang relatif cepat dari polimer. Pemadatan polimer dipengaruhi oleh penguapan yang cepat dari pelarut. Faktor yang paling penting diperhatikan dalam proses pengeringan adalah penggunaan suhu masuk dan keluar.

Suhu masuk dan suhu keluar yang digunakan oleh beberapa peneliti adalah sebagai berikut: 160°C dan 80°C untuk bahan inti etil kaprilat dan lemak susu (Sheu dan Rosenberg, 1995), 170°C dan 90°C untuk bahan inti β-karoten (Desobry *et al.*, 1997), 180°C dan 90°C untuk bahan inti minyak ikan (Lianawati, 1998) serta 180-185°C untuk bahan inti minyak makan merah (Elisabeth *et al.*, 2003).

Dekstrin adalah karbohidrat yang dapat larut air (*soluble*) dengan rumus kimia (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>, bersifat amorpous yang di hasilkan dari perlakuan terhadap pasta pati dengan asam, panas, atau enzim seperti di atas. Sifat viskositas yang rendah menyebabkan pati dapat dipanaskan/dimasak pada konsentrasi yang tinggi sehingga lebih sedikit air yang diabsorpsi dan diuapkan.

Sifat ini menyebabkan sifat filmnya mudah mengering, lekat dan bersifat

adhesif. Perpaduan antara viskositas yang rendah dan konsentrasi yang tinggi menghasilkan kekuatan film yang tinggi. Sifat film ini sangat penting dalam enkapsulasi, dimana komponen enkapsulat harus terlindungi dengan kuat oleh lapisan film pati (Glicksman, 1979).

Gum akasia dapat larut sampai konsentrasinya 55%. Pada konsentrasi tersebut terbentuk gel yang kental dan kuat. Gum akasia tidak larut dalam minyak dan pelarut organik, tetapi larut dalam etanol 60%. Gum akasia sangat efektif sebagai *emulsifying agent* karena dapat melindungi fungsi koloid dan digunakan pada emulsi minyak dalam air. Sebagai zat pembentuk film dapat mencegah terjadinya koalesen globula minyak. Gum akasia juga cocok digunakan untuk mengenkapsulasi flavor dengan menggunakan proses *spray dryer* (Thevenet, 1995)

Kegunaan gelatin sebagai pembentuk film telah banyak dimanfaatkan pada Industri makanan dan farmasi termasuk mikroenkapsulasi dan pembuatan tablet atau kapsul. Pada proses mikroenkapsulasi sebagai bahan pelapis, pertama kali digunakan gelatin secara tunggal atau dikombinasikan dengan gum seperti gum arab (Gennadios et al., 1994).

Carboxymethylcellulose (CMC) larut dalam air dingin maupun air panas, tetapi tidak larut dalam pelarut organik. CMC akan cocok dengan berbagai bahan seperti protein, gula, pati dan hidrokoloid lainnya. Fungsi dasar dari CMC adalah untuk mengikat air atau meningkatkan viskositas pada fase cair, yang mengakibatkan menstabilkan bahan lain atau sinerisis.

## BAHAN DAN METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah *Spray dryer*, homogenizer, SEM, mikroskop polarisasi, GC-FID, timbangan analitik, rotavapor, pompa vakum, sentryfuse, dan peralatan gelas serta peralatan untuk organoleptik.

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah MAG yang berasal dari reaksi enzimatis minyak ikan dan dilanjutkan dengan pemisahan menggunakan kolom

kromatografi, dekstrin, gelatin, CMC, dan akuades. Bahan-bahan kimia untuk analisis yang digunakan adalah heksana, 2-propanol, kloroform, asam asetat glacial, KIO<sub>2</sub>, natrium tiosulfat 0,1 N, pereaksi TBA, dan n-butanol.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif dengan menjelaskan bilangan asam barbitoras Thiobarbituric Acid. (AOCS. 1990), kadar minyak takterkapsul (Wanasundra & Sahidi, 1995), kadar minyak dalam kapsul dengan metode hidrolisa dan ekstraksi soxhlet (AOAC, 1984), densitas kamba (Wirakartakusumah, dkk., 1992) dari mikro kapsul yang dihasilkan dengan berbagai bahan penyalut yang digunakan. Komposisi bahan penyalut yang digunakan adalah:

1. Dekstrin dan CMC dengan konsentrasi 10% dan 0,5% dari emulsi
2. Gelatin dan CMC dengan konsentrasi 10% dan 0,5% dari emulsi
3. Gum akasia dan CMC dengan konsentrasi 10% dan 0,5% dari emulsi

MAG yang ditambahkan adalah 10 % dari total padatan. Untuk mencegah terjadinya oksidasi juga dilakukan perlakuan dengan penambahan antioksidan Vitamin C dan  $\alpha$ -tokoferol dengan konsentrasi 200 ppm untuk semua perlakuan.

Proses mikroenkapsulasi MAG dilakukan dengan menggunakan *spray dryer*. Pembuatan mikro kapsul dengan *spray dryer* terdiri dari dua tahapan, yaitu emulsifikasi bahan inti dengan bahan penyalut dan penghilangan pelarut dengan udara panas. Emulsi selanjutnya dikeringkan dengan suhu inlet 180<sup>0</sup>C dan outlet 90<sup>0</sup>C serta laju alir emulsi 11,22 ml/menit.

Emulsi yang terbentuk diamati ukuran dan penyebarannya dengan menggunakan mikroskop polarisasi., sedangkan untuk evaluasi mikro kapsul yang terbentuk maka dilakukan analisis ukuran partikel mikro kapsul dengan menggunakan mikroskop yang dilengkapi lensa okuler berskala mikrometer, densitas kamba mikro kapsul dengan menggunakan gelas ukur 5 ml, bentuk partikel mikro kapsul menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), dan efisiensi enkapsulasi. Selain itu dilakukan

juga pengukuran tingkat oksidasi dengan menggunakan uji *Thiobarbituric Acids* (TBA) pada berbagai lama penyimpanan (1, 2, dan 3 bulan), asam lemak menggunakan GC-FID.

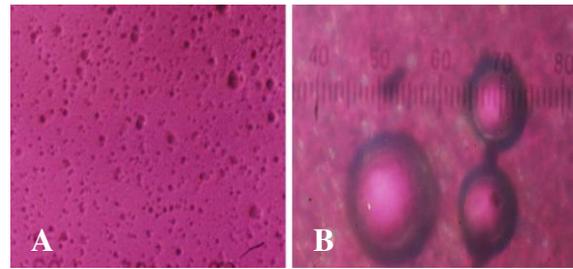
Tahap akhir penelitian ini adalah melakukan aplikasi produk mikrokapsul MAG kaya DHA ke dalam bahan pangan yaitu produk kering yang diwakili oleh biskuit bayi dan produk cair yang diwakili oleh susu. Bahan pangan tersebut diaplikasi dengan mikrokapsul MAG kaya DHA sebanyak 200 ppm untuk susu dan 160 ppm untuk biskuit sesuai dengan produk komersial. Selanjutnya untuk mengevaluasi aplikasi produk mikrokapsul MAG kaya DHA ke dalam bahan pangan tersebut dilakukan uji kesukaan dengan metode hedonik oleh 30 orang panelis yaitu:

- (1) Uji beda antara produk yang mengandung mikrokapsul MAG dengan yang tidak mengandung mikrokapsul MAG (kontrol). Rasa dan aroma produk diuji dengan uji beda metode duo trio
- (2) Uji kesukaan dengan metode hedonik untuk mengevaluasi sejauh mana produk yang mengandung mikrokapsul MAG dapat diterima oleh panelis. Uji ini dilakukan dengan skala 1-7, dimana 1= sangat suka, 2= suka, 3= agak suka, 4= netral, 5= agak tidak suka, 6= tidak suka dan 7= sangat tidak suka. Uji hedonik ini meliputi uji terhadap warna, rasa, aroma, dan tekstur produk.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan ukuran dan penyebaran emulsi menunjukkan cara pembuatan emulsi yang baik adalah dengan dua tahap homogenisasi.

Distribusi ukuran globula minyak MAG pada emulsi yang dibuat satu tahap homogenisasi adalah 80-150  $\mu\text{m}$  dan rata-ratanya adalah 110,2  $\mu\text{m}$ . Sedangkan distribusi ukuran globula minyak MAG pada emulsi yang dibuat dua tahap homogenisasi adalah 5-20  $\mu\text{m}$  dan rata-ratanya adalah 10,2  $\mu\text{m}$ .



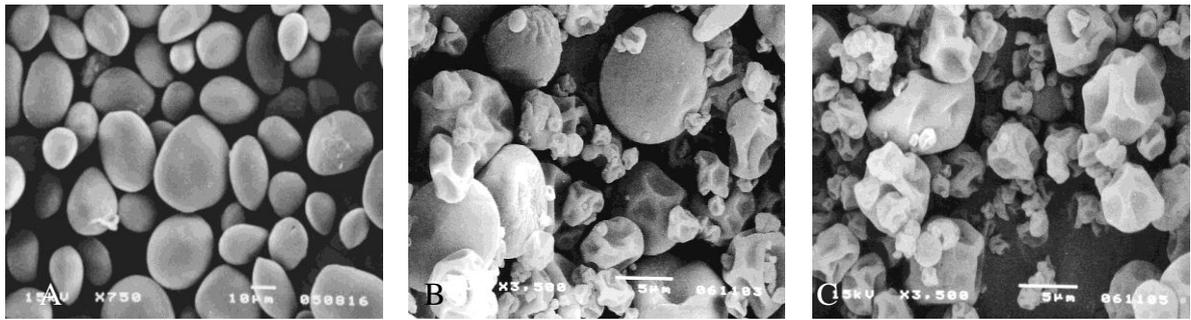
Gambar 1. Globula minyak MAG dalam emulsi yang diamati dengan mikroskop polarisasi oerbesaran 400 Kali. (A) Emulsi yang dibuat dua tahap homogenisasi dan (B) Emulsi yang dibuat satu tahap homogenisasi

Minyak MAG sebagai fase diskontinyu akan mudah dilakukan pengecilan ukurannya dalam putaran homogeniser yang rendah (1000 rpm) jika fase kontinyu mempunyai viskositas yang rendah. Oleh karena itu pada tahap pertama ini, fase kontinyu dibuat dalam konsentrasi bahan penyalut 1/5 dari formula sehingga diperoleh campuran minyak MAG dan bahan penyalut yang relatif encer untuk dihomogenisasi.

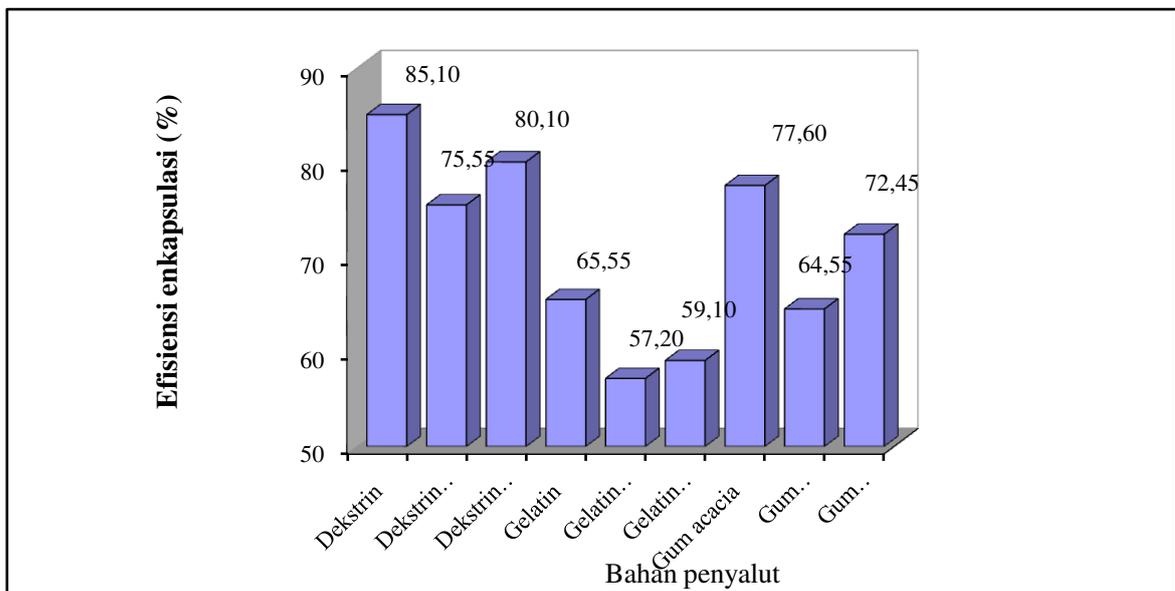
Homogenisasi pada tahap pertama ini dilakukan selama 5 menit pada 1000 rpm sehingga diperoleh emulsi yang encer. Sedangkan pada tahap kedua, kedalam emulsi encer ditambahkan sisa dari formula bahan penyalut kemudian dihomogeniser kembali (1425 rpm, 10 menit) agar diperoleh emulsi dengan konsentrasi yang tinggi (kental) tetapi dengan ukuran globula minyak MAG yang kecil.



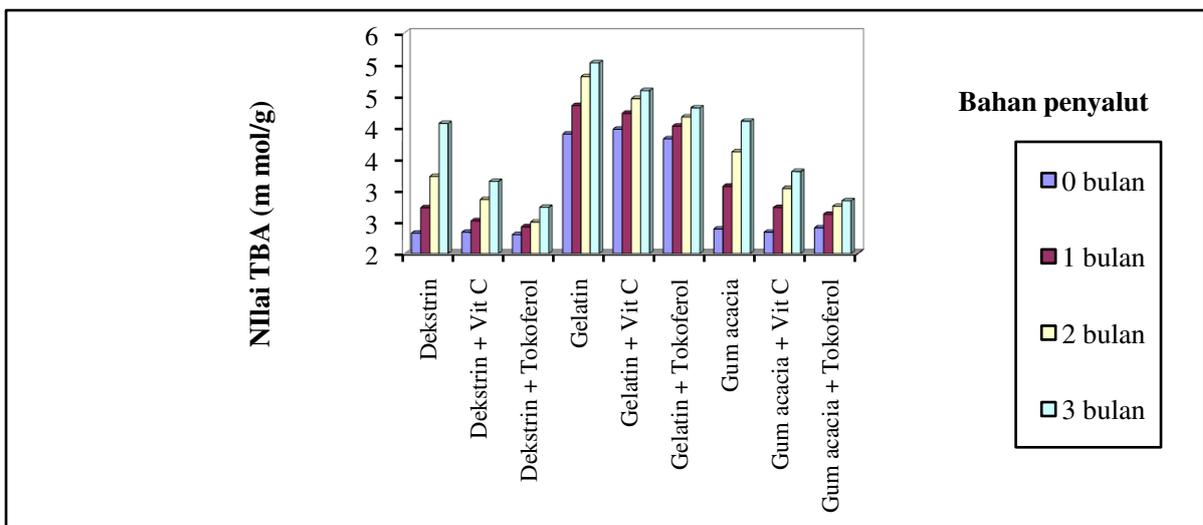
Gambar 2. Produk mikroenkapsulasi MAG kaya DHA; (A) bahan penyalut dekstrin dan CMC; (B) gelatin dan CMC; (C) gum akasia dan CMC.



Gambar 3. Hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM); (A) Dekstrin mentah; (B) Mikrokapsul MAG dengan bahan penyalut Dekstrin dan CMC; (C) Mikrokapsul MAG dengan bahan penyalut Gum-gum akasia dan CMC



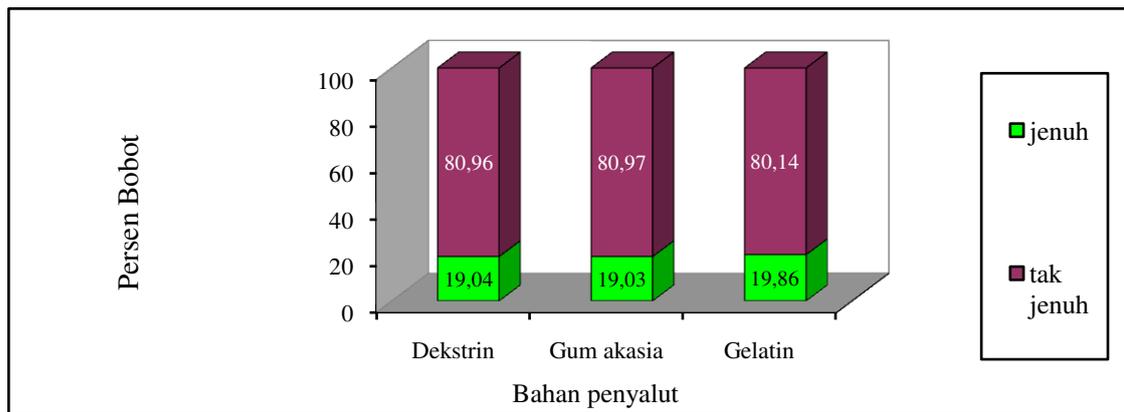
Gambar 4. Efisiensi enkapsulasi MAG kaya DHA pada beberapa bahan penyalut dan antioksidan.



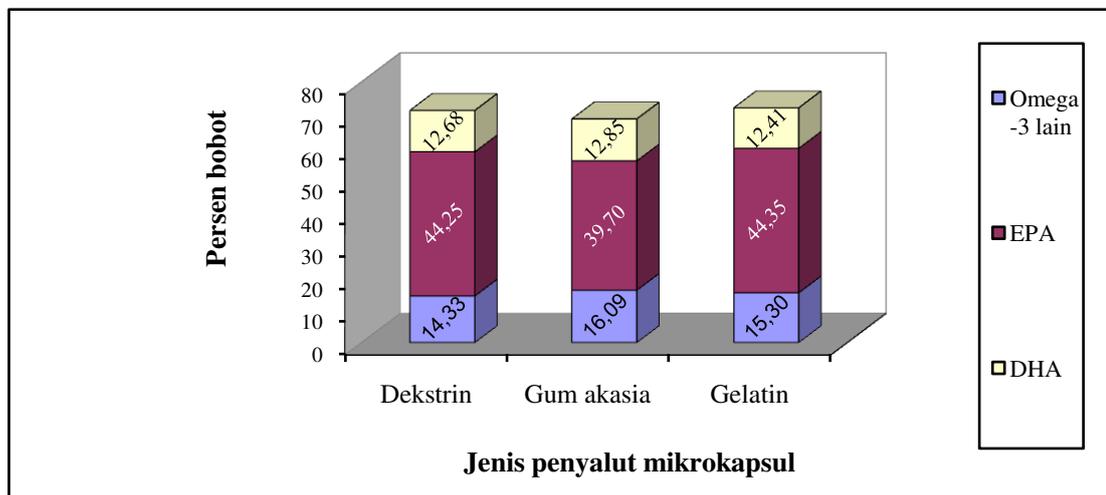
Gambar 5. Nilai Bilangan TBA Mikro kapsul MAG Selama Penyimpanan

Tabel 2. Ukuran dan Densitas Mikrokapsul MAG Dengan Berbagai Bahan Penyalut

Sampel	Ukuran (mikron)	Densitas ( gr/ml)
Dekstrin + CMC	2,63	0,5722 ± 0,0005
Gelatin + CMC	2,73	0,5099 ± 0,0004
Gum akasia + CMC	2,57	0,5644 ± 0,00005
Dekstrin + CMC + Vit C	2,70	0,5735 ± 0,0001
Gelatin + CMC + Vit C	1,90	0,5107 ± 0,00015
Gum akasia + CMC + Vit C	2,07	0,5654 ± 0,0001
Dekstrin + CMC + $\alpha$ Tokoferol	2,77	0,5651 ± 0,0014
Gelatin + CMC + $\alpha$ Tokoferol	2,77	0,5122 ± 0,0007
Gum akasia + CMC + $\alpha$ Tokoferol	2,83	0,5649 ± 0,00015



Gambar 6. Komposisi asam lemak jenuh dan tak jenuh pada mikrokapsul MAG dengan berbagai bahan penyalut



Gambar 7. Komposisi asam lemak tak jenuh Omega-3 pada mikrokapsul MAG dengan berbagai bahan penyalut

Mikrokapsul yang dihasilkan berbentuk serbuk berwarna krem (Gambar 2), hasil analisis ukuran partikel mikrokapsul dan densitas kamba mikrokapsul dapat dilihat pada Tabel 2. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa ukuran mikrokapsul yang

dihasilkan berkisar 1,90 sampai 2,83 mikron dan densitas kambanya berkisar 0,5099 sampai 0,5722 g/ml. Produk mikrokapsul dengan penyalut dekstrin menghasilkan produk yang lebih baik dibandingkan penyalut lain dalam hal:

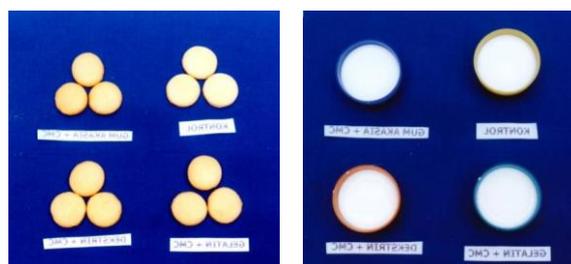
- (1) Pembentukan mikro kapsulnya seperti tampak pada foto SEM mikro kapsul MAG dengan per besaran 3500 kali.
- (2) Efisiensi enkapsulasinya yang tinggi. Kestabilannya terhadap oksidasi, hasil uji *Thiobarbituric Acids* (TBA) menunjukkan nilai TBA yang paling rendah.

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa mikro kapsul MAG dengan penyalut dekstrin, bentuknya lebih bulat jika dibandingkan dengan menggunakan bahan penyalut gum akasia, sehingga diharapkan MAG terkapsul lebih baik oleh penyalut dekstrin.

Mikro kapsul dengan bahan penyalut campuran dekstrin dan CMC menghasilkan efisiensi enkapsulasi yang tertinggi (85%). Produk mikro kapsul yang paling stabil terhadap oksidasi adalah produk mikro kapsul dengan bahan penyalut dekstrin yang ditambah antioksidan  $\alpha$ -tokoferol. Nilai TBA mikro kapsul tersebut adalah yang paling rendah ( $2,732 \mu\text{mol/g}$ ) setelah disimpan 3 bulan.

Komposisi asam lemak pada mikro kapsul tidak terlalu berbeda bila dibandingkan dengan MAG yang dijadikan sebagai bahan inti mikro kapsul (Gambar 6 dan 7). Hal ini berarti proses mikroenkapsulasi menggunakan *spray dryer* tidak banyak merubah komposisi asam lemak meskipun asam lemak DHA, EPA dan ALTJ lainnya sangat labil terhadap suhu yang tinggi. Proses emulsifikasi dari bahan-bahan penyalut di atas ternyata memberikan perlindungan terhadap produk yang dikapsulnya sebelum dispray dryer.

Aplikasi produk mikro kapsul MAG kaya DHA ke dalam bahan pangan yaitu produk kering yang diwakili oleh biskuit bayi dan produk cair yang diwakili oleh susu (Gambar 8). Bahan pangan tersebut diaplikasi dengan mikro kapsul MAG kaya DHA sebanyak 200 ppm untuk susu dan 160 ppm untuk biskuit sesuai dengan produk komersial.



Gambar 8. Aplikasi produk mikro kapsul MAG kaya DHA ke dalam bahan pangan (biskuit bayi dan susu)

Uji organoleptik pada produk yang ditambah mikro kapsul MAG dilakukan dua tahap. Tahap pertama dilakukan uji beda dengan metode duo trio dan tahap selanjutnya uji kesukaan dengan metode uji hedonik. Uji beda bertujuan untuk melihat apakah produk yang dilakukan penambahan mikro kapsul MAG mempunyai sifat sensori yang sama atau berbeda dengan produk tanpa penambahan mikro kapsul MAG.

Tabel 3. Respon panelis pada uji beda rasa dan aroma produk mikro kapsul MAG yang diaplikasikan pada produk pangan biskuit bayi dan susu

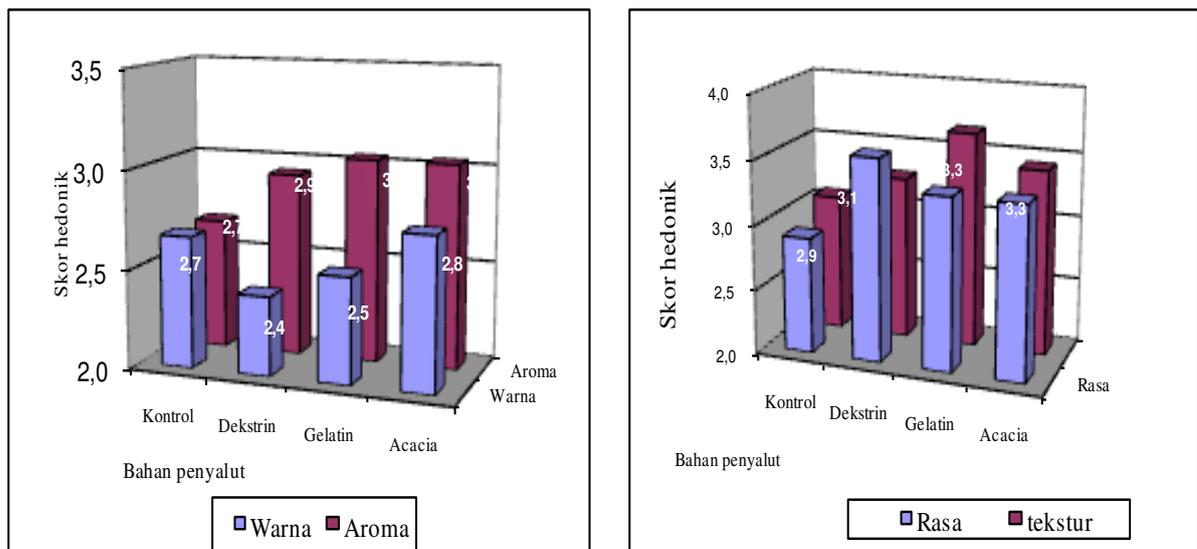
Produk	Penyalut	Uji	Respon Beda	Simpulan
Biskuit	Dekstrin	Aroma	11	Sama
		Rasa	17	Sama
	Gelatin	Aroma	12	Sama
		Rasa	19	Sama
	Gum akasia	Aroma	15	Sama
		Rasa	17	Sama
Susu	Dekstrin	Aroma	10	Sama
		Rasa	14	Sama
	Gelatin	Aroma	15	Sama
		Rasa	20	Sama
	Gum akasia	Aroma	14	Sama
		Rasa	15	Sama

Keterangan: Data diolah dengan menggunakan tabel  $t$  pada  $\alpha$  5%, dimana produk akan dinilai berbeda jika respon beda  $\geq$  21.

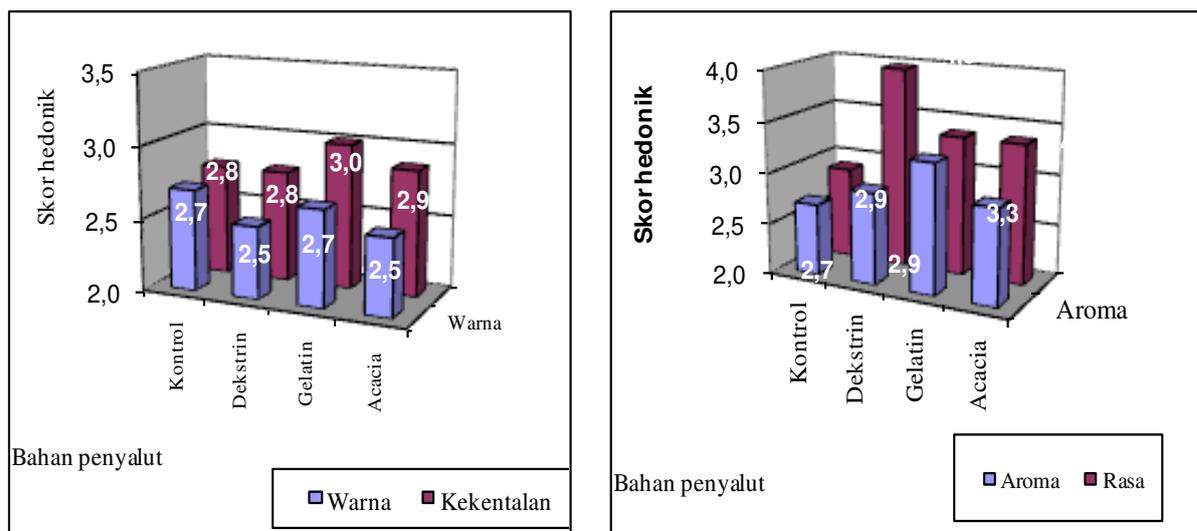
Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan mikrokapsul MAG pada produk tidak mempengaruhi rasa dan aroma pada produk biskuit dan susu seperti dapat dilihat pada Tabel 3. Hal ini berarti produk mikrokapsul MAG kaya DHA ini cukup baik dalam hal menyembunyikan citarasa minyak ikan yang tidak disukai dan banyaknya mikrokapsul yang diaplikasikan ke dalam bahan pangan tersebut tidak dapat dibedakan oleh panelis dibandingkan dengan

kontrol (produk pangan tanpa penambahan mikrokapsul).

Hasil uji hedonik ketiga produk tersebut, dapat dinyatakan bahwa semua produk tersebut dapat diterima oleh panelis (skor penilaian kesukaan dibawah 4 (cenderung suka) dari skala 1-7) dan ketiga produk tersebut tidak memiliki perbedaan rasa, aroma, dan tekstur yang nyata jika dibandingkan dengan kontrol (Gambar 9 dan 10).



Gambar 9. Hasil uji hedonik warna, aroma, rasa dan tekstur pada biskuit yang mengandung MAG 160 ppm pada dengan skala (1-7; 1 = sangat suka dan 7 = sangat tidak suka)



Gambar 10. Hasil uji hedonik warna, aroma, rasa dan tekstur pada susu cair yang mengandung MAG 200 ppm pada dengan skala (1-7; 1 = sangat suka dan 7 = sangat tidak suka)

## SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan penyalut dekstrin merupakan yang terbaik dengan efisiensi enkapsulasi yang tinggi (85%), tingkat oksidasi yang rendah (bilangan TBA 2,732  $\mu\text{mol/g}$ ) setelah disimpan 3 bulan. Hasil analisis GC menunjukkan komposisi asam lemak tidak mengalami perubahan dan dapat diaplikasikan kedalam produk pangan (biskuit susu) dengan hasil uji organoleptik yang dapat diterima oleh panelis.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Oil Chemists' Society. 1990. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. AOCS Champaign, Illinois, USA.
- AOAC. 1984. Official Standar of Analysis of Association of Official Analytical Chemist 14 th ed. AOAC inc. Arlington Virginia.
- Astuti, L. 1999. Rasio Asam Lemak Omega-3/ Omega-6 dan Zat Gizimikro dalam Darah Balita dengan Berbagai Status Gizi. Lap. Penel. Gizi, Bogor.
- Connor, WE, Lowensohn R, & Hatcher L. 1996. Increased Docosahexaenoic Acid Levels in Human Newborn Infants by Administration of Sardines and Fish Oil During Pregnancy. *Lipids*, 315:183-187.
- De Caterina, R, & Libby P. 1996. Control of Endothelial Leukocyte Adhesion Molecules by Fatty Acidas. *Lipids*, 31S:57-63.
- Desobry, S.A., Netto F.M. & Labuza T.P. 1997. Comparison of Spray-drying, Drum-Drying, and freeze-Drying for  $\beta$  Carotene Encapsulation and Preservation. *Journal of Food Science*, Vol 62. No. 6
- Elisabeth, J. 1997. Studi Inkorporasi Enzimatik Eicosapentaenoic Acid (EPA) dan Docosahexaenoic Acid (DHA) pada Trigliserida Minyak Ikan Tuna dan Crude Palm Oil (CPO). Disertasi. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Elisabeth, J., Andarwulan N., & Haryati T. 2003. Mikroenkapsulasi Minyak Makan Merah untuk Produk Suplemen dan Fortifikan Pangan. Makalah Seminar Peluang Bisnis Industri hilir Kelapa Sawit.
- Gennadios, A., Mchugh T., Weller C., & Krchta J. 1994. Edible Coating and Film Based on Proteins. Di dalam J.M. Krochta, E.A. Baldwin dan M.O. Nisperos-Carriedo (Eds). *Edible Coating and Film to Improve Food Quality*. Tecnominc Publising Co, Inc. Pennsylvania.
- Glicksman M. 1979. Gelling hydrocolloids in food product applications. Di dalam: Blanschard JMV dan Mitchell JR(Eds.). *Polysaccharides in Food*. Butterworths. London.
- Handaruwati, Rr. 2000. Produksi Fraksi Minyak Ikan Tuna Kaya Asam lemak omega-3 Melalui Reaksi Alkoholisis Enzimatis Menggunakan Lipase Rhizomucor miehei. Tesis. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Istiqamah T. 1998. Aktivitas dan stabilitas lipase rhizomucor miehei dan candida antartica pada reaksi asidolisis antara konsentrat asam lemak omega-3 dengan minyak sawit kasar dalam media bebas pelarut [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Lianawati, W. 1998. Studi mikroenkapsulasi minyak Ikan Hasil samping pengalengan Ikan Tuna (Tuna Precook Oil). Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor.

- Quellet, C., Taschi M. & Ubink J.B. 2001. Composite Materials. US Patent Application No. 20010008635 Kind Code A1 Quellet, July 19, 2001
- Sheu, T.Y & Rosenberg. 1995. Microencapsulation by Spray-drying Ethyl Caprylate in Whey Protein and Carbohydrate Wall Systems. *Journal of Food Science*, Vol 60. No. 1.
- Thevenet, F. 1995. Acacia Gums: Natural Encapsulation Agent for Food Ingredients. Di dalam S.J. Risch dan G.A. Reineccius (Eds.). *Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients*. American Chemical Society, Washington.
- Thles, C. 1996. A Survey of Microencapsulation Process. Di dalam Simon Benita (ed.). *Microencapsulation Method and Applications*. Marcel Dekker, Inc., NewYork.
- Wanasundara U. N. & Shahidi F. 1995. Storage Stability of Microencapsulated seal blubber Oil. *J.Food Lipid*, 2: 73-86.
- Wirakartakusumah M. A, Abdullah K., & Syarif A. 1992. *Sifat Fisik Pangan*. Pusat Antar Universitas IPB. Bogor.