

STUDI MIKROENKAPSULASI MINYAK IKAN KAYA ASAM LEMAK OMEGA-3
DARI LIMBAH CAIR INDUSTRI PENGALENGAN IKAN LEMURU
(LEMURU PRECOOK OIL)
DAN UJI PREFERENSINYA KEPADA KONSUMEN

The Study Of Microencapsulation of Fish Oil Containing Omega-3 Fatty acid For Liquid Waste for Lemuru Fish Canning Industry (lemuru Precook Oil) and Preference Test to Consumers

Mustaufik, Budi S dan Erminawati
Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

ABSTRACT

Lemuru Precook Oil (Minyak Ikan Lemuru) is a liquid waste or by-product of lemuru canning industry which has very low economic value. The oil mostly used on paint and vernis industries, also as additive for feed. The oil contain omega-3 fatty acid about 19-23 % (Setiabudi, 1990 and Riyanto, 1995). The usage of lemuru precook oil on food industries has not been studied. Aim of this research was to study the usage of liquid waste or by-product of lemuru canning industry for high value food product i.e. microencapsulation of omega-3 rich fish oil and its consumers preference test. Experiment design used in the research was Randomized Block Design (RBD) with two factors treatments; encapsulant proportion gelatin-maltodextrin (E) of 1 : 1, 1 : 2, 2 : 1 and 2 : 3 (w/w), and lemuru fish oil and encapsulants proportions (M) of 1 : 2 and 1 : 4 (v/w). The lemuru fish oil was prepared using method of Elizabeth (1992), and its microencapsulation using method of Kartika (2003). Variables observed were; water-content, total-oil, encapsulated-oil content, unencapsulated oil, FFA, Omega-3 fatty acid content, peroxide-number, microencapsulation efficiency, yield, microencapsule performance (textur), and consumers preference test (flavor and aftertaste of oil). The physico-chemical data was analyzed using F Test and DMRT Test 5%, and the preference Test data analyzed using Friedman Test and Multiple Comparison Test (Dannie!, 1999). The best treatments combination was determined using effective Index Test (DeGarmo, Canada and Sullivan, 1998). Result of the research showed that treatment combination of E4M 1; i.e. treatments of proportion of 2 : 3 (w/w) gelatin-maltodextrin, and proportion of 1 : 2 (w/v) fish oil-encapsulant produced microencapsule with the best physico-chemical properties. The product has characteristics of: Omega-3 fatty acid content of 20,95 percents (0,34 percents, linolenic acid, 3,35 percents, EPA, and 17,26 percents, DHA), total-oil of 18,376 percents, unencapsulated-oil of 2,3 18 percents, microencapsulation efficiency of 36,857 percents, water-content of 5,273 percents, FFA of 3,249 percents, peroxide-number of 1,265 (meq/k.g), and yield of 98,23 1 percents. Based on the results, suggested that the advantage of encapsulation using freeze drier technique produce fish oil microencapsule with relatively low water content (< 5 percents), and low Omega-3 fatty acid degradation (1-2 percents), however, its FFA content still high and sensory properties still not preferences by consumers.

Keywords : lemuru precook oil, microencapsulation, lemuru fish canning industry.

PEI'L'DAHLUAJ'I

Industri pengalengan ikan lemuru menghasilkan beberapa jenis produk samping yang belum dimanfaatkan. Salah satu produk sampingnya adalah minyak ikan (*lemuru precook oil*) yang merupakan limbah dan hanya dijual murah untuk digunakan dalam industri cat, vemis, dan bahan campuran pakan temak atau tidak dimanfaarkan sama sekali. *Lemuru precook oil* adalah minyak sebagai basi sarping yang dihasilkan pada tahap prapemasakan (*precooking*) dalam proses pengalengan ikan lernuru. Indusrri pengalengan ikan lemuru dapat menghasilkan *lemuru precook oil* sebanyak 5% dari total bahan baku yang digunakan (Yunizal dkk., 1996).

Minyak ikan lemuru hasil samping proses pengalengan ikan lemuru rnempunyai potensi untuk dijadikan minyak makan (*edible oil*) karena merupakan sumber asam lernak omega-3. Hasil penelitian Setiabudi (1990) dan Riyanto (1995), membuktikan bahwa kandungan asam lemak Omega-3 dalam minyak ikan dari hasil samping proses pengalengkan ikan lemuru adalah sekitar 19-23%. Asam lemak omcga-3 merupakan asam lemak esensial bagi tubuh. Golongan asam lemak omega-3 yang sangat penting bagi kesehatan manusia adalah eicosapentaenoic acid (EPA, 20 : Sn-3) dan docosahexaenoic acid (DHA, 22:6l-3) yang dapat diperoleh dari ikan, rnikroorganisme dan alga (Muchtadi, 1994).

Peranan asam lemak omega-3 jenis EPA dan DHA bagi kesehatan adalah dapat menurunkan serum triasigliserol dan kolesterol, mencegah penyakit kardiovaskuler, yakni jantung koroner dan arterosklerosis, penyakit diabetes, tekanan darah tinggi, dan membangun sistem kekebalan tubuh (Wanasundara dan Shahidi, 1996). DHA secara khusus berperan dalam perkembangan otak, syaraf, dan retina (Simopoulos, 1999), sedangkan EPA merupakan

prekursor komponen eikosanoid tubuh yang sangat berperan dalam pencegahan penyakit arterosklerosis (Lehninger, 1994).

Produk konsentrat minyak ikan kaya asam lemak omega-3 kornersil di pasaran pada umurnya berbentuk etil ester yang dikernas dalam kapsul lunak. Lawson dan Hugnes (1988) melaporkan bahwa ketersediaan hayati asam lemak omega-3 yang terbaik adalah dalam bentuk asam lemak, diikuti trigliserida dan hanya sedikit yang diserap dalam bentuk etil atau metil ester. Namun minyak ikan kaya asam lemak omega-3 dalam bentuk konsentrat mudah rusak oleh proses oksidasi, sehingga kurang baik diformulasikan dalam produk pangan. Oleh karena itu perlu dikembangkan produk minyak ikan kaya asam lemak omega-3 dalam bentuk tepung atau mikrokapsul, sehingga minyak tersebut dapat dikonsumsi sebagai suplemen atau fortifikasi pangan seperti dalam susu formula, makanan bayi, mentega, margarin, emulsifier dan sebagainya.

Salah satu alternatif untuk mengatasi masalah kelernahan minyak ikan kaya asam lemakomega-3 dalam bentuk konsentrat adalah dengan cara mikroenkapsulasi. Mikroenkapsulasi adalah salah satu cara yang terbukti efektif untuk meminimumkan kontak minyak ikan dengan udara dan cahaya serta dapat menutup bau amis ikan (Wanasundara dan Shahidi, 1996).

Beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas produk mikroenkapsulasi adalah bahan baku (minyak ikan), jenis bahan penyalut (enkapsulan) dan teknik penepungan (rnikroenkapsulasi). Makromolekul seperti protein, gum dan pati termodifikasi dapat digunakan sebagai materi penyusun dinding kapsul. Protein dapat melindungi dan melawan peroksida lemak dalam sistem bubuk. Materi penyusun dinding kapsul yang terdiri dari protein dan karbohidrat menghasilkan produk yang encer (mudah atau bebas mengalir) dengan sifat

rehidrasi yang baik. Protein dan karbohidrat adalah bahan enkapsulan yang sering digunakan untuk mengkapsulkan minyak dalam jumlah ringgi karena dapat meningkatkan stabilitas oksidatifnya (Walstra, 1989).

Jenis bahan penyalut yang digunakan pada proses mikroenkapsulasi minyak ikan lemur dalam penelitian ini adalah maltodekstrin dan gelatin. Hal ini didasarkan pada hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa enkapsulan ini mempunyai sifat yang sesuai untuk mikroenkapsulasi yaitu mudah menyerap, mudah larut air, dan viskositasnya rendah, sehingga akan memberikan stabilitas minyak lebih lama (Kartika, 2003). Maltodekstrin memiliki kemampuan untuk membentuk struktur buih dan sangat efektif untuk memerangkap komponen flavor serta molekul kecil lainnya. Molekul yang dienkapsulasi dengan maltodekstrin memberi kestabilan yang tinggi, namun kondisipemanasan, ekstraksi solven, hidrolisis asam atau enzimatik dapat membebaskan molekul yang diikat (Whistler dan Daniel, 1995).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tentang pemanfaatan limbah cair industri pengalengan ikan lemur (*lemuru precool oil*) menjadi minyak ikan kaya asam lemak omega-3 dengan teknik mikroenkapsulasi menggunakan bahan penyalut dari gelatin dan maltodekstrin serta mengkaji tingkat penerimaan konsumen (preferensi) terhadap produk yang dihasilkan.

BAHAN DAN METODA

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Unsoed dan Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu UGM, selama enam (6) bulan dari bulan Mei sampai Nopember 2006.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: minyak ikan lemur (*lemuru precool oil*) dari PT. Maya Food Industries Pekalongan dan PT. Maya Muncar Banyuwangi,

Maltodekstrin, gelatin, tween-Su, $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ (Merck), fonnaldehid 37% (Merck), NaOH 0,1 N (Merck), HCl 0,1 N (Merck) dan aquades dari PT. Brataco Kimia Jogyakarta. Alat-alat yang digunakan adalah *shaking bath*, penyaring vakum, *freez dryer*, homogenizer, freezer/lemari pendingin, neraca analitik, *magnetic stirrer*, dan alat-alat gelas dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Biologi Unsoed.

Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis fisik dan kimia antara lain: NaOH 0,1 N (Merck), $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N (Merck), KI (Merck), KOH 0,1 N (Merck), $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (Merck), alkohol (Merck), asam asetat glasial (Merck), kloroform (Merck), indikator fenolftalin (Merck), larutan amilum 1 persen (Merck), petroleum benzene (Merck) dan aquades dari Laboratorium THP Unsoed dan PAU UGM. Alat-alat yang digunakan untuk analisis antara lain: gas kromatografi (GC), perangkat soxhlet, oven, termometer, pH meter, mikroskop fotomikrograf, spektrofotometer uv-vis (shimadzu uv-vis 265), dan cawan porselin dari Lab. Penelitian dan Pengujian Terpadu UGM ..

Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor perlakuan yaitu:

(1) Perlakuan pertama adalah perbandingan (proporsi) bahan penyalut gelatin dengan maltodekstrin (E) dengan 4 variasi, yaitu:

$$\begin{aligned} E1 &= 1 : 1 \text{ (bib)}, E2 = 1 : 2 \text{ (b/b)}, \\ E3 &= 2 : 1 \text{ (bib)} \text{ dan } E4 = 2 : 3 \text{ (b/b)} \end{aligned}$$

(2) Perlakuan kedua adalah perbandingan minyak yang dienkapsulasi dengan bahan penyalut (M) dengan 2 variasi, yaitu:

$$M1 = 1 : 2 \text{ (v/b)} \text{ dan } M2 = 1 : 4 \text{ (v/b)}$$

Perlakuan disusun secara faktorial dengan 3 kali ulangan sehingga diperoleh 8 kombinasi

perlakuan dan 24 unit percobaan. Prosedur penelitian dapat dilihat pada lampiran 1 dan 2. Variabel yang diamati meliputi sifat fisikokimia dan tingkat preferensi konsumen, yaitu: kadar asam lemak omega-J, kadar air, kadar minyak total, kadar minyak tidak terkapsulkan, FFA, tingkat oksidasi (angka peroksida), efisiensi mikroenkapsulasi, rendemen, tekstur, aroma dan *aftertaste* rasaminyak. Data sifat fisikokimia dianalisis dengan Anova (Uji F) dan dilanjutkan dengan uji DMRT 5%, sedangkan data after taste (sifat organoleptik) dianalisis dengan Uji Friedman (Daniel, 1999). Penentuan perlakuan terbaik menggunakan metode indeks efektifitas (DeGarmo, Canada dan Sullivan, 1998)

HASIL PENELITIAN

Sifat Fisikokimia Mioyak Ikan Lemuru

Analisis sifat fisikokimia minyak ikan lemur yang diperoleh dari pengolahan limbah cair industri pengalengan ikan lemur dilakukan untuk mengetahui apakah minyak ikan tersebut memenuhi syarat sebagai bahan baku dalam proses mikroenkapsulasi. Sifat fisikokimia minyak ikan lemur yang berasal dari limbah cair industri pengalengan ikan lemur di PT. Maya Muncar Banyuwangi dapat dilihat pada Tabel I.

Kadar air minyak ikan perlu diketahui karena berpengaruh terhadap air yang ditambahkan pada saat minyak ikan lemur digunakan sebagai bahan baku dalam mikroenkapsulasi. Hasil analisis kadar air minyak ikan lemur adalah 0,50%. Angka ini sangat rendah sehingga pada saat penambahan air untuk proses mikroenkapsulasi, kadar air minyak ikan tersebut dapat diabaikan. Kadar asam lemak bebas minyak ikan lemur berkisar antara 0,29 - 0,39%. Menurut Estiasih (1996), minyak ikan dengan kadar asam lemak bebas 0,8 - 3 % masih dapat digunakan untuk mikroenkapsulasi.

Bilangan peroksida menunjukkan tingkat kerusakan minyak karena oksidasi. Menurut Estiasih (1996), untuk mikroenkapsulasi, bilangan peroksida minyak ikantidak boleh lebih dari 20 meq/kg, karena bilangan peroksida yang lebih besar dari 20 meq/kg dapat mempengaruhi aktivitas enzim lipase sehingga minyak akan mudah mengalami hidrolisasi lemak. Hasil analisis menunjukkan bahwa bilangan peroksida minyak ikan lemur adalah 11,5 meq/kg minyak yang berarti layak digunakan sebagai bahan baku mikroenkapsulasi. Bilangan penyabunan perlu diperhatikan untuk menghitung tingkat hidrolisis minyakikan secara enzimatis. Tingkat hidrolisis merupakan perbandingan angka asam dengan angka penyabunan.

Kadar EPA dalam minyak ikan lemur adalah 4,13%, sedangkan kadar DHA adalah 18,25 persen atau totalnya sekitar 22,5% dari berat minyak. Menurut INFORM (1992), kandungan total asam lemak pentana dan heksana di dalam minyak ikan menhadan komersial minimal 19,8%, sedangkan dalam minyak ikan herring komersial minimal 10,3% dari berat minyak. Kandungan EPADan DHA dalam minyak ikan lemur hasil penelitian ini termasuk tinggi seperti basil penelitian setiabudi (2000), menunjukkan bahwa kandungan asam lemak omega-J dari limbah cair pengalengan ikan lemur di PT. Maya Muncar adalah sekitar 19-23%.

Sifat Fisikokimia Mikroenkapsulasi Minyak Ikan Lemuru

Hasil analisis ragam (uji F), menunjukkan bahwa perlakuan proporsi bahan penyulut gelatin-maltodekstrin (E) berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap kadar minyak tidak terkapsulkan, kadar asam lemak bebas dan efisiensi mikroenkapsulasi, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap rendemen, kadar air, bilangan peroksida, dan kadar minyak total

mikroenkapsulasi minyak ikan lemur, Perlakuan proporsi minyak ikan lernuru dengan bahan penyalut (M) memberikan pengaruh sangat nyata ($a=0,01$) terhadap kadar minyak total dan kadar minyak tidak terkapsulkan, sedangkan interaksi dua perlakuan tersebut (EX M), tidak berpengaruh nyata ($a=0,05$) terhadap semua variabel yang diamati (Jihat Tabel 2)

1. Kadar Minyak Total

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa tinggi memberikan pengaruh nyata ($a=0,05$) terhadap kadar minyak total mikrokapsul minyak ikan lemur adalah perlakuan proporsi minyak dengan bahan penyalut (M), sedangkan perlakuan proporsi bahan penyalut gelatin dengan maltodekstrin (E) dan interaksi dua perlakuan EX M) tersebut ternyata tidak memberikan pengaruh yang nyata ($a=0,05$) terhadap kadar minyak total mikrokapsul minyak ikan lemur. Hasil Uji DMRT ($a=0,05$) pengaruh perlakuan terhadap rerata kadar minyak total mikrokapsul minyak ikan lemur disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 1.

Berdasarkan hasil analisis DMRT, diketahui bahwa perlakuan proporsi minyak dengan bahan penyalut (M) 1 : 2 (v/b) ternyata menghasilkan mikrokapsul dengan kadar minyak total yang lebih tinggi daripada proporsi 1 : 1 (v/b) yaitu sebesar 16,225 (%bb). Hal ini diduga karena pada perlakuan proporsi minyak dengan enkapsulasi 1 : 2 (v/b), kemampuan bahan enkapsulasi untuk mererangkap penyalut) minyak ikan lemur lebih besar, sehingga memungkinkan semakin banyak pula butiran minyak yang dapat disalut oleh bahan penyalut (enkapsulasi). Sementara itu, pada proporsi 1 : 4 (v/b) diduga terjadi penumpukan fosfat disekeliling droplet minyak karena perbandingan antara bahan inti (minyak) dengan bahan penyalutnya tidak proporsional, sehingga jumlah mikrokapsul tersebut lebih banyak

mengadung bahaya penyalut daripada minyaknya.

Kemampuan bahan penyalut gelatin dan maltodekstrin dalam mengekapsulasi minyak sangat erat hubungannya dengan kemampuan enkapsulasi ini dalam membentuk sistem emulsi yang stabil. Gelatin (protein) berfungsi sebagai penstabil primer pada kebanyakan emulsi minyak dalam air. Lapisan protein diadsorpsi disekeliling butiran minyak, Protein merupakan emulsifier yang bersifat ionik (amfifilic). Emulsifier tersebut bekerja bila terdapat perubahan asam dan basa. Protein menjadi bermutuan positif pada pH 3, sehingga menolak satu sama lain dan larut. Kelompok emulsifier ionik berinteraksi lebih kuat daripada kelompok non-ionik. Menurut Kim *et al.*, (1996) protein mampu berinteraksi dengan ion dan polimer lain pada emulsi minyak dalam air (o/w) sehingga mampu meningkatkan stabilitas emulsi yang terbentuk pada saat homogenisasi. Maltodekstrin adalah salah satu emulsifier yang bersifat non-ionik (tidak terionisasi) dan memiliki kemampuan membentuk emulsi yang rendah. Maltodekstrin hanya sebagai penstabil sekunder yang lebih berfungsi sebagai pengental (*filler*) atau kerangka pada larutan. Polisakarida sendiri tanpa pengemulsi yang lain tidak cukup kuat untuk mengadsorpsi antar penukaan minyak dan air untuk membentuk emulsi.

2. Kadar Minyak tidak Terkapsulkan

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa yang memberikan pengaruh nyata ($a=0,05$ dan $a=0,01$) terhadap kadar minyak tidak terkapsulkan mikrokapsul minyak ikan lemur adalah perlakuan proporsi bahan penyalut gelatin-maltodekstrin (E) dan proporsi minyak dengan bahan penyalut (M), sedangkan interaksi dua perlakuan (EX M) tersebut tidak memberikan pengaruh yang nyata ($a=0,05$).

Hasil Uji DMRT ($a=0,05$) pengaruh perlakuan terhadap rerata kadar minyak tidak

terkapsulkan dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

Proses mikroenkapsulasi dinyatakan baik dan berhasil jika kadar minyak yang terdapat di bagian luar mikrokapsul atau tidak terkapsulkan rendah, karena akan sedikit terjadi kerusakan minyak pada mikrokapsul. Menurut Estiasih (1996), minyak tidak terkapsulkan yang terdapat pada bagian permukaan mikrokapsul akan berpengaruh terhadap stabilitas mikrokapsul. Minyak pada bagian permukaan akan lebih mudah teroksidasi, sehingga apabila jumlahnya lebih banyak akan menyebabkan mikrokapsul tidak stabil.

Berdasarkan hasil analisis (Tabel 4), diketahui bahwa perlakuan proporsi minyak ikan lemur dengan bahan enkapsulan 1 : 2 (M1) menghasilkan kadar minyak tidak terkapsulkan yang lebih rendah yakni 4,599 persen (bb) daripada proporsi 1 : 4 (M2) yakni 8,107 persen (bb). Hal ini diduga karena pada proporsi 1 : 4 (v/b), jumlah bahan penyalutnya terlalu banyak atau tidak seimbang antara minyak dengan bahan penyalutnya. Jumlah bahan penyalut yang berlebihan mengakibatkan sistem emulsi yang dibentuk oleh gelatin-maltodekstrin dan minyak tidak stabil, karena gugus hidrofilik dan lipofilik yang terbentuk kurang kuat untuk mengikat lemak karena muatan listrik dalam sistem emulsi cenderung sejenis sehingga minyak yang tidak terkapsulkan atau tidak terikat relatif masih cukup tinggi.

Hasil analisis (Tabel 4), menunjukkan bahwa perlakuan proporsi bahan penyalut maltodekstrin dengan gelatin (E) mempengaruhi kadar minyak tidak terkapsulkan mikrokapsul minyak ikan lemur. Rerata kadar minyak tidak terkapsulkan terendah (sekitar 5 persen) dihasilkan oleh perlakuan proporsi bahan enkapsulan gelatin dengan maltodekstrin 2 : 1 b/b (E3), sedangkan tertinggi (9,285 persen) dihasilkan oleh perlakuan proporsi gelatin dengan maltodekstrin 1 : 2 b/b (E2). Lihat Gambar 2.

Namun demikian, hasil uji DMRT menunjukkan bahwa antara proporsi gelatin dengan maltodekstrin 1 : 1 (E1), 2 : 1 (E3) dan 2 : 3 (E4) tidak memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar minyak tidak terkapsulkan. Tiga perlakuan tersebut sama-sama menghasilkan kadar minyak tidak terkapsulkan yang lebih rendah daripada perlakuan proporsi 1 : 2 (E2). Ada kecenderungan bahwa jika jumlah maltodekstrin melebihi gelatin maka kadar minyak tidak terkapsulkan relatif tinggi. Hal ini diduga karena maltodekstrin bukanlah emulsifier tetapi lebih berfungsi sebagai filler (pengisi) jadi tidak mempunyai gugus hidrofilik dan lipofilik yang dapat mengikat minyak dalam suatu sistem emulsi yang kuat. Fungsi emulsifier ini ada pada gelatin, sehingga bila terlalu banyak maltodekstrin maka daya ikat terhadap minyak kurang kuat dan akibatnya minyak yang tidak terkapsulkan menjadi tinggi.

3. Efisiensi Mikroenkapsulasi (Minyak yang Terkapsulkan)

Efisiensi mikroenkapsulasi adalah perbandingan jumlah minyak yang berada di dalam mikrokapsul dengan minyak yang digunakan dalam proses. Minyak yang berada di dalam mikrokapsul diketahui dari selisih kadar minyak total dengan kadar minyak tidak terkapsulkan (Wahyuni, 1998). Efisiensi yang tinggi menunjukkan tingginya jumlah minyak ikan yang terkapsulkan (Mustikawati, 1998).

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa yang memberikan pengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap efisiensi mikroenkapsulasi minyak ikan lemur adalah perlakuan proporsi bahan penyalut gelatin dengan maltodekstrin (E), sedangkan perlakuan proporsi minyak dengan bahan penyalut (M), dan interaksi dua perlakuan (E \times M) tersebut tidak memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha = 0,05$).

Hasil Uji DMRT ($\alpha=0,05$) (Tabel 4) menunjukkan bahwa rerata efisiensi mikroenkapsulasi minyak ikan Jemuru hasil penelitian ini adalah berkisar 19,553- 35,060 persen. Efisiensi mikroenkapsulasi tertinggi (35,06 persen) dihasilkan oleh perlakuan proporsi maltodekstrin dengan gelatin 2 : 3 (E4), sedangkan yang terendah (19,553 persen) dihasilkan oleh perlakuan proporsi maltodekstri dengan gelatin 1 : 2 (E2). Hal ini diduga karena perbandingan antara bahan enkapsulan gelatin dengan maltodekstrin dengan proporsi 2 : 3 (b/b) mampu membentuk sistem emulsi dan filler (penstabil) yang kuat dan kompak sehingga mampu menyalut minyak (bahan inti) secara optimal dan mampu menekan kadar minyak tidak terkapsulkan seminimal mungkin atau dengan kata lain efisiensi mikroenkapsulasinya tinggi. Lihat Gambar 3.

Hasil uji F menunjukkan bahwa perbedaan perlakuan proporsi minyak dengan bahan enkapsulan (M) antara 1 : 2 (v/b) dengan 1 : 4 (v/b) ternyata menghasilkan efisiensi mikroenkapsulasi yang relatif tidak berbeda yakni berkisar antara 26,729 - 28,365 persen. Hal ini diduga karena sistem emulsi dan enkapsulasi yang terbentuk khususnya kekuatan gugus fungsional lipofilik dan hidrofilik dalam mengikat bahan inti (minyak), air dan bahan enkapsulan antara dua perlakuan tersebut relatif sama sehingga kadar minyak yang terikat atau terkapsulkan juga relatif tidak berbeda dan ini berarti efisiensi mikroenkapsulasinya juga relatif sama,

Dilihat dari pengaruh interaksi perlakuan perbandingan bahan enkapsulan gelatin-maltodekstrin (E) dan perbandingan minyak dengan bahan enkapsulan (M), maka dapat dilihat adanya kecenderungan bahwa perlakuan E4M1 atau kombinasi perlakuan perbandingan gelatin-maltodekstrin 2 : 3 (b/b) dan perbandingan minyak dengan bahan enkapsulan 1 : 2 (v/b) menghasilkan efisiensi

mikroenkapsulasi tertinggi dibandingkan kombinasi perlakuan lainnya yaitu sekitar 36,857 persen.

Hal ini karena matriks protein-karbohidrat sebagai dinding mikrokapsul mampu menghasilkan perlakuan dengan efisiensi tinggi. Dinding mikrokapsul juga mampu memberikan perlindungan yang baik terhadap mikrokapsul. Efisiensi yang dihasilkan dari dua bahan enkapsulan lebih tinggi dibandingkan penggunaan satu enkapsulan sebagai bahan pengisi karena kemampuan enkapsulan berinteraksi membentuk granula yang dapat menyalut komponen yang dienkapsulasi (Afeli, 1998).

4. Rendemen

Berdasarkan hasil analisis ragam diketahui bahwa perlakuan perbandingan bahan penyalut maltodekstrin dengan gelatin (E), perbandingan minyak yang dienkapsulasi dengan bahan penyalut (M) dan interaksi perlakuan tersebut (EXM) ternyata tidak berpengaruh nyata ($\alpha=0,05$) terhadap rendemen mikroenkapsulasi.

Rerata rendemen mikroenkapsulasi hasil penelitian adalah berkisar antara 84,401 - 92,407 persen. Rendemen tertinggi (92,407 persen) dihasilkan oleh kombinasi perlakuan E3M2 yaitu perbandingan bahan penyalut maltodekstrin dengan gelatin 2 : 1 (b/b) dan perbandingan minyak yang dienkapsulasi dengan bahan penyalut 1 : 4 (b/v), sedangkan rendemen terendah (84,401 persen) dihasilkan oleh kombinasi perlakuan E1M1 yaitu perbandingan bahan penyalut maltodekstrin dengan gelatin 1 : 1 (b/b) dan perbandingan minyak yang dienkapsulasi dengan bahan penyalut 1 : 2 (b/v). Namun demikian, hasil uji DMRT menunjukkan bahwa semua perlakuan menghasilkan rendemen yang relatif tidak berbeda. (Gambar 4).

Tingginya rendemen mikroenkapsulasi minyak ikan lemur yang dihasilkan dalam

penelitian ini diduga karena mikrokapsul yang terbentuk dari bahanenkapsulasi gelatin (protein) dan maltodekstrin (karbohidrat) mempunyai struktur dinding mikrokapsul yang berlapis. Fungsi protein dalam konservasi komplek adalah sebagai *emulsifier* dan pembentuk film, sedangkan karbohidrat berfungsi sebagai *filler* (pengisi) dan pembentuk rnatriks (Sheu and Rosenberg, 1998). Rendemen yang tinggi juga dapat disebabkan karena adanya interaksi antar komplek yang lebihjauh tanpa adanya bahan inti yang teradsorpsi ke dalamnya. Dickson and Clements (1996), menyatakan bahwa pada saat molekul protein berinteraksi dengan polisakarida yang mempunyai berat molekul tinggi, maka muatan total molekul kornpleks menurun. Molekul yang terlibat dalam komplek elektrostatik kemudian akan cenderung berinteraksi lebih jauh melalui ikatan hidrofilik dan ikatan hidrogen terutama jika protein terdenaturasi sebagian. Protein yang rnendapatkan berbagai perlakuan dapat terdenaturasi sehingga mengganggu kelarutan protein. Protein yang terdenaturasi akan lebih mudah mengendap sehingga menghasilkan rendemen yang lebih banyak.

S. Kadar Air

Berdasarkan hasil analisis ragam dikelahui bahwa perlakuan proporsi bahan penyalut gelatin dengan maltodekstrin (E), proporsi minyak dengan bahan penyalut (M) dan interaksi dua perlakuan tersebut temyata tidak berpengaruh nyata ($a= 0,05$) terhadap kadar air mikroenkapsulasi minyak ikan lemuru.

Rerata kadar air mikroenkapsulasi mnyak ikan lemuru hasil penelitian ini relatiftidakberbeda yakni berkisarantara4,907–6,159 persen (bb). Hal ini diduga karena kekuatan pengikatan air dipengaruhi oleh kekuatan pengikatan gugus hidrofilik dan hidrofobik dalam emulsi.Penambahan maltodekstrin dan gelatin

pada setiap perlakuan memberikan kekuatan gugus hidrofobik dan hidrofilik yang reJatif sama sehingga kekuatan pengikatan air pada setiap perlakuan tidak berbeda dan menyebabkan kadar air yang dikandung oleh mikrokapsul m.inyak ikan lemuru tidak berberda nyata. Lebihjelasnya dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini.

Rerata kadar air mikroenkapsulsi minyak ikan lemuru hasil penelitian ini dapat dikatakan rendah dan sudah sesuai dengan standar kadar air produk pangan berbentuk tepung yakni maksimal 5 persen (Hartomo dan Widiatmoko, 1996). Mikrokapsul yang dihasilkan termasuk baik karena kadar airnya rendah sehingga mempunyai daya simpan dan stabilitas yangrelatif tinggi dan dapat terhindar dari kerusakan baik karena faktor kimiawi maupun mikroorganisme. Hal ini diduga karena pengaruh jenis bahan enkapsulan yang digunakan. Aini (2001) menyatakan bahwa air dengan mudah dapat diuapkan saat proses pengeringan berlangsung, jika bahan enkapsulan yang digunakan memiliki berat molekul (BM) yang relatif rendah dan struktur molekul yang lcbih sederhana. Sebaliknya molekul air akan sulit diuapkan dan membutuhkan energi penguapan yang lebih besar saat proses pengeringan.jika bahan enkapsulan yang digunakan memiliki BM yang relatifbesar dan struktur molekul yang lebih kornplek, sehingga ikatan dengan meokul air lebih kuat. Bahan enkapsulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah maltodekstrin yang memiliki BM relatif rendah (<4000) dan struktur molekul yang sederhana. Maltodekstrin terdiri dari unit D-glukosa dengan ikatan α -1,4 (Llyod and Nelson, 1 984). Maltodekstrin memiliki banyak gugus hidroksil sehingga dapat rnengikat air dalam jumlah besar tetapi mudah diuapkan karena BM nya rendah dan struktur molekulnya sederhana.

Disarngping faktor jenis bahan enkapsulan yang digunakan, teknik pengeringan juga diduga

kuat menentukan kadar air produk mikrokapsul, Pengeringan dengan menggunakan *freez drier* atau pengeringbeku pada kisaran suhu -40 derajat celsius ternyata cukup efektif untuk menurunkan kadar air produk mikrokapsul minyak ikan lemur karena proses pengeringannya dalam ruang hampa udara dan tekanan tinggi.

6. Asam Lemak Bebas (*Free Fatty Acids*)

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa yang memberikan pengaruh nyata ($C = 0,05$) terhadap kadar asam lemak bebas mikrokapsul minyak ikan lemur adalah perlakuan proporsi bahan penyalut gelatin dengan maltodekstrin (E), sedangkan perlakuan proporsi minyak dengan bahan penyalut (M), dan interaksi dua perlakuan (EX M) tersebut tidak memberikan pengaruh yang nyata ($a = 0,05$). Hasil Uji DMRT ($a = 0,05$) (Tabel 5) menunjukkan bahwa rerata kadar asam lemak bebas mikrokapsul minyak ikan lemur hasil penelitian ini adalah berkisar 3,089-4,567 persen (bb). Kadar asam lemak bebas terendah (3,089 persen bb) dihasilkan oleh perlakuan proporsi bahan penyalut gelatin dengan maltodekstrin 2 : 3 (E4), sedangkan yang tertinggi (4,567 persen bb) dihasilkan oleh perlakuan proporsi gelatin dengan maltodekstrin 2 : 1 (E3). Lebih jelasnya lihat Gambar 6 dibawah ini,

Kadar asam lemak bebas (FFA)
sebesar

3 - 5 persen ini relatif lebih tinggi daripada standar asam lemak bebas yang seharusnya dimiliki minyak ikan yakni sekitar 0,8 - 3 persen. Hal ini diduga karena terjadinya proses hidrolisis minyak dalam mikrokapsul minyak ikan lemur yang melibatkan air yang diberikan saat mencampur bahanenkapsulan maltododekstrin dan gelatin. Faktor lainnya pengeringan selama 3 - 4 hari dengan suhu -40 derajat celsius di dalam *freez drier* juga diduga menjadisalah satu faktor pemacu terjadinya proses hidrolisis

sebagian minyak terutama minyak yang tidak terkapasulasi menjadi asam-asam lemak bebas.

7. Bilangan Peroksida

Bilangan atau angka peroksida adalah angka yang menunjukkan seberapa tinggi tingkat oksidasi yang telah terjadi pada suatu produk khususnya pangan. Rerata angka peroksida mikrokapsul minyak ikan lemur hasil penelitian adalah berkisar antara 1,265 - 4,528. Angka peroksida tertinggi (4,528) dihasilkan oleh perlakuan E2M1 yaitu kombinasi perlakuan proporsi bahan enkapsulan gelatin dengan maltodekstrin 1 : 2 (bb) dan proporsi minyak dengan bahan enkapsulan 1 : 2 (v/b), sedangkan angka peroksida terendah (1,265) dihasilkan oleh perlakuan E4M1 yaitu kombinasi perlakuan proporsi bahan enkapsulan gelatin dengan maltodekstrin 2 : 3 (bb) dan proporsi minyak dengan bahan enkapsulan 1 : 2 (v/b). Lihat Gambar 7.

Namun demikian hasil analisis ragam, menunjukkan bahwa semua perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata ($a = 0,05$) terhadap angka peroksida mikrokapsul minyak ikan lemur atau dengan kata lain semua perlakuan menghasilkan angka peroksida yang relatif sama. Bilangan peroksida mikroenkapsulasi minyak ikan lemur sebesar 1,265 - 4,528 meq/kg ini termasuk rendah, karena menurut Chayati (1998), bilangan peroksida pada produk mikroenkapsulasi minyak ikan tidak boleh lebih dari 20 meq/kg. Hal ini menunjukkan bahwa proses mikroenkapsulasi yang dilakukan telah berhasil dengan baik karena mampu mencegah terjadinya proses oksidasi minyak ikan yang dienkapsulasi.

Penentuan Perlakuan Terbaik

Berdasarkan hasil analisis dengan metode indeks efektivitas, diketahui bahwa dilihat dari komposisi dan sifat fisikokimianya, kombinasi

perlakuan yang rnenghasilkan miikroenkapsulasi minyak ikan lemuru yang terbaik adalah E4M1 yaitu perlakuan proporsi gelatin dengan maltodekstrin 2 : 3 (bib) dan proporsi minyak ikan dengan bahan enkapsulan 1 : 2 (vlb). Kombinasi perlakuan ini rnenghasilkan mikrokapsul minyak ikan lemuru dengan kornposisi dan sifat fisikokimia seperti yang tercantum dalam Tabet 5 di bawah ini:

Kadar Asam-Asam Lemak (Asam Lemak Omega-3)

Kadar asam lemak omega-3 pada bahan baku minyak yang digunakan cukup tinggi yaitu 22,90 persen yang terdiri dari asam linolenat 0,52 persen, EPA sebesar 4,13 persen dan DHA sebesar 18,25 persen, denganjumlah total asam lemak tidakjenuh sebesar 46,45 persen (lihat Tabet 2). Hal ini menunjukkan bahwa minyak ikan lemuru sebagai bahan baku dalam mikroenkapsulasi yang berasal dari limbah cair industri pengalengan ikan lemuru mempunyai kadar asam lemak omega-3 yang cukup tinggi. Minyak ikan lemuru cair ini kemudian dijadikan sebagai bahan baku dalam mikroenkapsulasi dengan bahan enkapsulan dari gelatin-maltodekstrin dan teknik pengeringan menggunakan*freez drier*.

Produk mikroenkapsulasi yang memiliki sifat fisikokimia terbaik selanjutnya dianalisis kandungan asam-asam lemak tak jenuhnya (ALTJ) khususnya kandungan asam lemak omega-3 yang terdiri dari asam linolenat, EPA dan DHA. Hasil analisis menunjukkan bahwa produk mikroenkapsulasi minyak ikan lemuru yang dihasilkan oleh perlakuan terbaik (E4M1) yaitu proporsi gelatin-maltodekstrin 2: 3 (bib) dengan proporsi minyak ikan lemuru- bahan enkapsulan 1: 2(vlb),memilikikandungan asam lemak omega-3 sebesar 20,95%, yang terdiri atas asam linolenat 0,34%, EPA 3,35% dan DHA 17,26%. (Lebih rinci lihatTabel 6).

Berdasarkan hasil analisis (Tabe 6), diketahui bahwa penurunan kadar asam lemak talc jenuh khusus asam lemak omega-3 dalam minyakikan lemuru dari bentukcair(bahan baku) menjadi bentuk tepung (mikroenkapsul) karena proses mikroenkapsulasi dengan *freez drier* ternyata relatif rendah yakni hanya sekitar 1- 2 persen. Hal ini membuktikan bahwa teknik mikroenkapsulasi yang digunakan sudah baik untuk melindungikerusakan asam female omega-3.

Uji Preferensi Konsumen

Hasil analisis Friedman menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan proporsi bahan enkapsulan gelatin dengan maltodekstrin (E) dan perlakuan proporsi minyak dengan bahan penyalut(M), memberikan pengaruh yang sangat nyata ($c= 0,0$ I) terhadap tekstur dan aroma mikrokapsul minyak ikan lemuru, tetapi tidak berpengaruh nyata ($c= 0,05$) terhadap aftertaste mikrokapsul minyak ikan lemuru. Hasil analisis fiedman dan respons konsumen terhadap sifat organoleptik mikrokapsul minyak ikan lemuru basil penelitian ini disajikan pada Tabel 7 dan 8.

1. Tekstur

Hasil analisis Friedman (Tabel 7), menunjukkan bahwa perlakuan antara proporsi bahanenkapsulan gelatin-maltodekstrin (E) dan proporsi minyak dengani bahan enkapsulan (M) memberikan pengaruh sangat nyata ($o.=0,0$ I) terhadap tekstur mikrokapsul minyak ikan lemuru. Rerata skor tekstur mikrokapsul minyak ikan lemuru berkisar antara 2,15 - 3,95 yang berarti "agakkasar sampai halus". Skortekstur terendah ("agak kasar") dimiliki oleh mikrokapsul minyak ikan lemuru yang dibuat dari perlakuan EI M1 yaitu kombinasi perlakuan proporsi bahan enkapsulan gelatin dengan maltodektrin 1 : 1 (bib) dan proporsi minyak denganbahanenkapsulan 1 :3 (vlb),sedangkan

skor tekstur tertinggi ("halus") dihasilkan oleh E3M2 yaitu kombinasi perlakuan proporsi bahan enkapsulan gelatin dengan maltodektrin 2 : 1 (bl b) dan proporsi minyak dengan bahan enkapsulan I : 4 (v/b).

Berdasarkan respon panelis (Tabel 8), diketahui bahwa hampir semua perlakuan kecuali E3M1 dan E3M2 menghasilkan mikokapsul minyak ikan lemuru dengan tekstur yang "agak kasar". Perlakuan E3 MI dan E3 M2 menghasilkan tekstur relatif sama halusnya, hal ini berarti proporsi bahan enkapsulan gelatin dengan maltodekstrin yang mampu menghasilkan teksturyanghalusadalah2: 1 (bib), sedangkan proporsi minyak dengan bahan enkapsulan yang dapat menghasilkan tekstur mikrokapsul yang halus adalah I : 3 dan I ;4 (v/b), Hal ini diduga karena pada kombinasi perlakuan ini memungkinkan terbentuknya mikrokapsul dengan sistem emulsi yang stabil dan struktur matriks yang kompak sehingga teksrur yang terbentuk halus, disamping didukung oleh kadar air yang relatif rendah.

2. Aroma Minyak Ikan

Hasil analisis (Tabel 7), menunjukkan bahwa perlakuan antara proporsi bahan enkapsulan gelatin-maltodekstrin (E) dan proporsi minyak dengan bahan enkapsulan (M) memberikan pengaruh sangat nyata ($a=0,0$ I) terhadap aroma minyak mikrokapsul minyak ikan lemuru. Rerata skor aroma minyak mikrokapsul minyak ikan lemuru berkisar antara 2,20- 2,95 yang berarti "kuat sampai agak kuat". Skor aroma minyak terendah ("kuat") dimiliki oleh mikrokapsul minyak ikan lemuru yang dibuat dari perlakuan EIMI yaitu kombinasi perlakuan proporsi bahan enkapsulan gelatin-maltodektrin I : I (bib) dan proporsi minyak dengan bahan enkapsulan I : 3 (v/b), sedangkan skor aroma minyak tertinggi ("agak kuat") dihasilkan oleh

E3 MI yaitu kombinasi perlakuan proporsi bahan enkapsulan gelatin-maltodekstrin 2 : 1 (bib) dan

perlakuan proporsi minyak dengan b:lh~r.

enkapsulan 1 : 3 (v/b).

Hasil respon konsumen (Tabel 8)

menunjukkan bahwa hampir semua perlakuan masih memiliki aromarninyak ikanyang "kuat", kecuali perlakuan E3MI yang aroma minyaknya relatif "agak kuat", Adanya aroma minyak yang masih kuat pada mikrokapsul rninyak ikan lemuru hasil penelitian iniidugakarena masih cukup tingginya kadar minyak tidak terkapsulkan yang terdapatdi permukaan mikrokapsul, yakni rata-rata sekitar 16,35 persen sehingga ketika dikonsumsi masihmeninggalkan arornaminyak ikan.

3. Aftertaste Min yak Ikan

Hasil analisis Friedman (Tabel 7) menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan antara proporsi bahan enkapsulan gelatin dengan maltodekstrin (E) dan proporsi minyak yang dienkapsulasi dengan bahan enkapsulan (M) temyata tidak berpengaruh nyata ($et=0,05$) terhadap aftertaste minyak mikrokapsul minyak ikan lemuru,

Rerata skor aftertaste rninyak mikrokapsul hasil penelitian berkisar antara 2,30 - 2,85 yang berarti "terasa sampai agak terasa". Hal ini menunjukkan bahwa semua perlakuan yang diberikan belum mampu menghilangkan aftertaste minyak pada mikrokapsul minyak ikan lemuru Hal ini dapat dilihat dari hasil respon konsumen (Tabel 8) terhadap mikrokapsul minyak ikan lemuru yang sebagian besar menyatakan bahwa ketika dikonsumsi produk masih meninggalkan rasa (aftertase) minyak yang kuat.

Aftertase min.yak mikrokapsul minyak ikan lemuru yang kurang disukai oleh sebagian konsurnen ini dapat diatasi dengan cara tepung mikrokapsul minyak ik.an lemuru dimasukkan kedalam kapsul sehingga mulut tidak langsung kontak dengan minyak pada saat mengkonsurnsi mikrokapsul min.yak ikan lemuru.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Proporsi bahan enkapsulan gelatin dan maltodekstrin yang optimal yang dapat menghasilkan mikroenkapsul minyak ikan lemuru dengan efisiensi mikroekspresi yang tinggi serta kadar minyak tidak terkapsulkan dan kadar asam lemak bebas yang rendah adalah 2: 3 (bib).
2. Proporsi minyak ikan lemuru dengan bahan enkapsulan yang optimal yang dapat menghasilkan mikrokapsul minyak ikan lemuru dengan kadar minyak total tinggi dan kadar minyak tidak terkapsulkan rendah adalah 1 : 2 (bib).
3. Kombinasi perlakuan yang dapat menghasilkan mikrokapsul dengan komposisi dan sifat fisikokimia terbaik adalah E4M 1 yaitu proporsi bahan enkapsulan gelatin-maltodekstrin 2 : 3 (bib) dan proporsi minyak dengan bahan enkapsulan 1 : 2 (v/b). Mikrokapsul minyak ikan lemuru yang dihasilkan oleh perlakuan ini mempunyai komposisi dan sifat fisikomia sebagai berikut: kadar asam lemak omega-3 sebesar 20,95 persen yang terdiri dari asam linolenat 0,34 persen, EPA 3,35 persen dan DHA sebesar 17,26 persen, kadar minyak total 18,376 (bb), kadar minyak tidak terkapsulkan 2,318 (bb), efisiensi mikroenkapsulasi 36,857 persen, kadar air 5,273 persen, kadar asam lemak bebas (FFA) 3,249 persen (bb), angka peroksid 1,265, dan rendemen sebesar 89,231 persen,
4. Kelebihan produk mikrokapsul minyak ikan lemuru hasil penelitian ini adalah mempunyai kadar air yang rendah (kurang dari 5 persen) dan tingkat penurunan asam lemak omega-

3 rendah (1-2 persen), bilangan peroksidanya juga rendah (kurang dari 20 meq/kg), serta rendemen dan efisiensi mikroenkapsulasi tinggi.

5. Kelemahan produk mikrokapsul minyak ikan lemuru hasil penelitian ini adalah rasa cukup tingginya kadar asam lemak bebas (FFA) dan rasa adanya sifat organoleptik yang kurang disukai oleh konsumen ("Off flavour") yaitu aroma dan aftertaste minyak ikan yang masih "kuat".

Saran

1. Perlu penelitian lebih lanjut penggunaan bahan suplemen (*assence*) untuk menutupi aroma dan aftertaste mikrokapsul minyak ikan yang kurang disukai konsumen.
2. Perlu penelitian uji klinis mikroenkapsulasi minyak ikan lemuru yang dikemas dalam kapsul (*edible film, soft capsule*) dalam produk pangan atau industri obat dan kecantikan.
3. Perlu sosialisasi nilai manfaat dan ekonomis ikan lemuru kepada para nelayan dan kerjasama usaha antara para nelayan dengan para pengusaha atau industri pengalengan ikan dan pemerintah daerah dalam pengembangan produk minyak ikan kaya asam lemak omega-3.

UCAPAN TERIMAKASIH

Tim peneliti Lembaga Penelitian Unsoed menyampaikan terimakasih kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Propinsi Jawa Tengah yang telah mendanai Riset Unggulan Daerah ini serta Laboratorium THP Unsoed dan Lab Penelitian dan Pengujian Terpadu UGM atas bantuan fasilitas penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Afeli, R. 1998. Studi Mikroenkapsulasi dan Stabilitas Minyak Kaya Asam Lemak Omega-3 dari Limbah Minyak Pengalengan Ikan Tuna (*Tuna Precook oil*). Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.
- Bakan, J.A. 1996. Mikroenkapsulasi dalam Rachman, L, Lieberman, H.A., Kanigs, J.L. (ed.). Teori dan Praktek Farmasi Industri, UI Press, Jakarta.
- Elisabeth, J. 1992. Isolasi Asam Lernak Omega-3 dari Minyak Hasil Limbah Industri Pengolahan Ikan Tuna. Tesis Program Pasca Sarjana IPB, Bogor.
- Hidayat, B dan Ahza, Adil Basuki .2001. Optirnasi Proses Produksi dan Karakterisasi Maltodekstrin Derajat Polimerisasi Moderat(DP 3-9) dari Pati Gandum. *Kumpulan Hasil Penelitian Terbaik Bogasari Nugraha 1998-2001 hal 75 - 89*. PT. Indofood Sukses Makrnur Tbk. Jakarta.

- Shahidi, F. and Han, X.Q. 1993. Encapsulation of food ingredients. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr*, 33: 501-547.
- Simopoulos, A.P. 1999. Summary of the NATO advanced research workshop on dietary omega-3 and omega-6 fatty acids: biological effects and nutritional essentiality. *J Nutr.* 119: 521-528.
- Susanto, A. dan Anwar Effionora. 2001. Pemanfaatan Maltodekstrin DE J. 5 dari Pati Gandum sebagai Matriks Hidrofilik dalam Sediaan Tablet Lepas Terkendali Teofilin. *Kumpulan Hasil Penelitian Terbaik Bogasari Nugraha 1998-2001. PT ha/ 237-244.* Indofood Sukses Makrnur Tbk. Jakarta.
- Tambunan, T.M., Patudungan, J., Djajasentona. S., dan Ismanaji, I. 1995. Pemanfaatan limbah perikanan dan masalahnya. Dalam Winarno, F.G. Boediman, A.F.S., Silitonga, T., Soewardi, B (ed.) Limbah Pertanian. Kantor Menteri Muda Urusan Peningkatan Produksi Pangan. Jakarta, 215 - 239.
- Afeli, R. 1998. Studi Mikroenkapsulasi dan Stabilitas Minyak Kaya Asam Lemak Omega-3 dari Limbah Minyak Pengalengan Ikan Tuna (Tuna Precook oil). Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.
- Bakan, J.A. 1996. Mikroenkapsulasi dalam Rachman, L, Lieberman, H.A., Kanigs, J.L. (ed.) *Teori dan Praktek Farmasi Industri*, UI Press, Jakarta.
- Elisabeth, J. 1992. Isolasi Asam Lernak Omega-3 dari Minyak Hasil Limbah Industri Pengolahan Ikan Tuna. Tesis Program Pasca Sarjana IPB, Bogor.
- Hidayat, B dan Ahza, Adil Basuki .2001. Optimalisasi Proses Produksi dan Karakterisasi Maltodekstrin Derajat Polimerisasi Moderat (DP 3-9) dari Pati Gandum. *Kumpulan Hasil Penelitian Terbaik Bogasari Nugraha 1998-2001 hal 75 - 89.* PT. Indofood Sukses Makrnur Tbk. Jakarta.
- Shahidi, F. and Han, X.Q. 1993. Encapsulation of food ingredients. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr*, 33: 501-547.
- Simopoulos, A.P. 1999. Summary of the NATO advanced research workshop on dietary omega-3 and omega-6 fatty acids: biological effects and nutritional essentiality. *J Nutr.* 119: 521-528.
- Susanto, A. dan Anwar Effionora. 2001. Pemanfaatan Maltodekstrin DE J. 5 dari Pati Gandum sebagai Matriks Hidrofilik dalam Sediaan Tablet Lepas Terkendali Teofilin. *Kumpulan Hasil Penelitian Terbaik Bogasari Nugraha 1998-2001. PT ha/ 237-244.* Indofood Sukses Makrnur Tbk. Jakarta.
- Tambunan, T.M., Patudungan, J., Djajasentona. S., dan Ismanaji, I. 1995. Pemanfaatan limbah perikanan dan masalahnya. Dalam Winarno, F.G. Boediman, A.F.S., Silitonga, T., Soewardi, B (ed.) Limbah Pertanian. Kantor Menteri Muda Urusan Peningkatan Produksi Pangan. Jakarta, 215 - 239.

Lampiran

Tabel 1. Sifat Fisikokimia minyak ikan lemuru dari PT.Maya Muncar Banyuwangi

No.	Sifat Fisikokimia	Kadar
1.	Kadar air (%)	0,50
2.	Asam lemak bebas (% sebagai asam palmitat)	0,39
3.	Bilangan peroksida (meq/kg)	11,5
4.	Bilangan penyabunan (mgKOH/g)	217
5.	Bilangan iodin (cg Iodin/g)	119
6.	Kadar EPA(% minyak)	4,13
7.	Kadar DHA (% minyak)	18,25

Sumber : Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu UGM (2006)

Tabel 2. Hasil analisis ragam pengaruh perlakuan terhadap sifat fisikokimia mikroenkapsulasi minyak ikan lemuru

Vanabel yang diamati	Perlakuan		
	E	M	EXM
1. Kadar asam lemak bebas	**	ns	ns
2. Bilangan perok.sida	ns	ns	ns
~. Kadar minyak total	ns	**	ns
4. Kadar minyak tidak terkapsulkan	*	**	ns
5. Efisiensi mikroenkapsulasi	*	ns	ns
6. Kadar air	ns	ns	ns
7. Rendemen	ns	ns	ns

Keterangan:

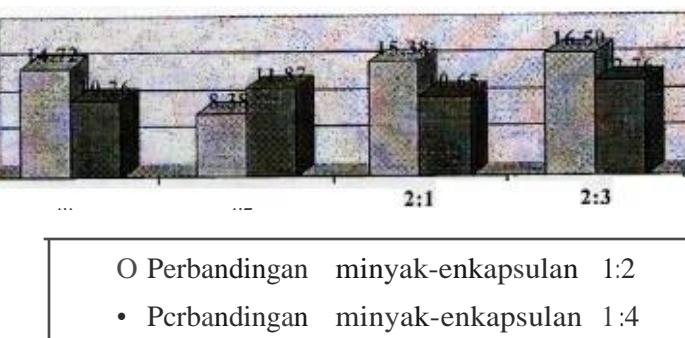
- ns Tidak berpengaruh nyata
 * Berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$)
 ** Berpengaruh sangat nyata ($\alpha = 0,01$)
 E Proporsi atau perbandingan bahan penyalut gelatin dengan maltodekstrin
 M Proporsi atau perbandingan minyak dengan bahan enkpasulan
 EXM Interaksi perlakuan Edan M.

Tabel 3. Rerata kadar minyak total dan minyak tidak terkapsul dalam mikrokapsul minyak ikan lemuru karena pengaruh per)akuan proporsi minyak dengan bahan penyalul

Proporsi minyak dengan bahan penyalut	Kadar minyak total	Kadar minyak tidak terkapsul
1 : 2	16,225 a	4,599 b
1 : 4	11,388 b	8,107a

Keterangan: Angka rerata pada kolom yangsama yang diikuti denganhuruf yang sama,tidak berbeda nyata pada uji DMRT($\alpha= 0,05$).

Minyak total(%)



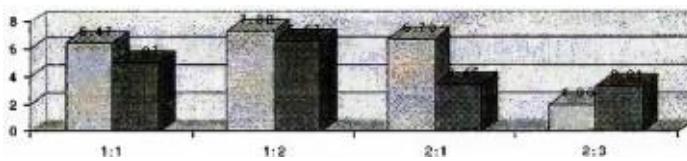
Gambar 1.Kadar minyak total mikroenkapsulasi ikan lemuru pada proporsi gelatin-malatodekstrin dengan minyak ikan lemuru yang berbeda.

Tab el 4. Rerata kadarminyak tidak terkapsulkan, asam lemak bebas dan efisiensi mikroenkapsulasi mi.nyak ikan lemuru karena pengaruh perlakuan proporsi bahan penyalut gelatin dengan maltodekstrin

Proporsi maltodekstrin dengan gelatin (bib)	Kadar minyak tidak terkapsulkan (%)	Asam lemak bebas (%)	Efisiensi mikroenkapsulasi (%)
1 : 1	5,771 b	4,101 ab	23,959ab
1 : 2	9,285 a	3,603 be	19,553 b
2: 1	5,095 b	4,567 a	1,627 ab
2:3	5,263 b	3,089 c	35,060a

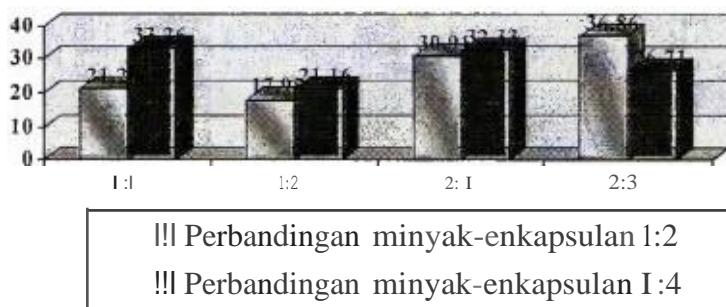
Keterangan: Angkareratapada kolom yang sama yang diikuti dengan burufyangsama,lidak berbeda nyata pada uji DMRT($\alpha= 0,05$).

Minyak tidak terkapsulkan (%)



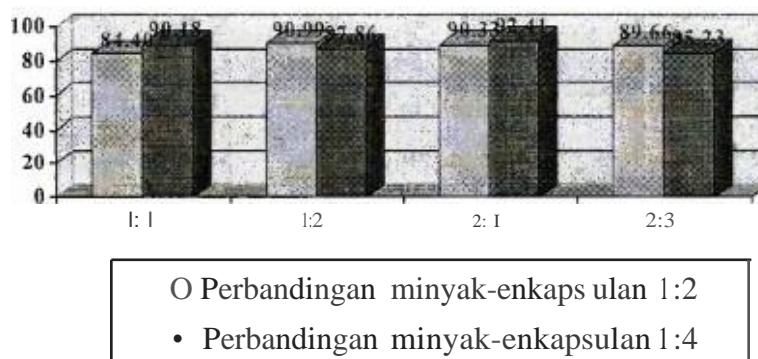
Gambar 2. Kadar minyak tidak terkapsulkan mikroenkapsulasi minyak ikan lemuru pada proporsi gelatin-maltodekstrin dengan minyak ikan yang berbeda.

Efisiensi mikroenkapsulasi (%)



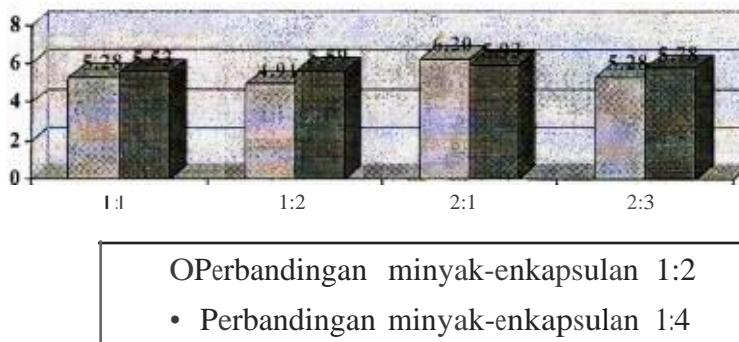
Gambar 3. Efisiensi mikroenkapsulasi minyak ikan lemuru pada proporsi gelatin-maltodextrin dengan minyak ikan lemuru yang berbeda

Rendemen (%)



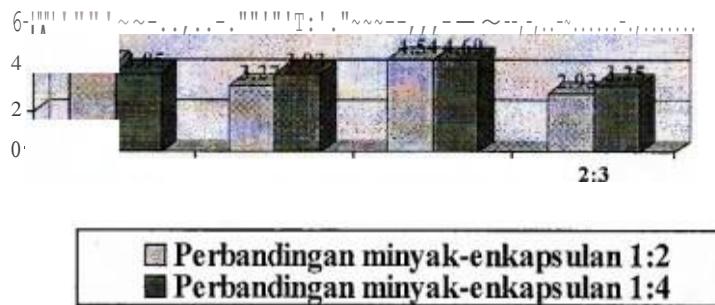
Garnbar 4. Rendemen mikroenkapsulasi minyak ikan lemuru pada proporsi gelatin-maltodekstrin dengan minyak ikan lemuru yang berbeda.

Kadar air(%)



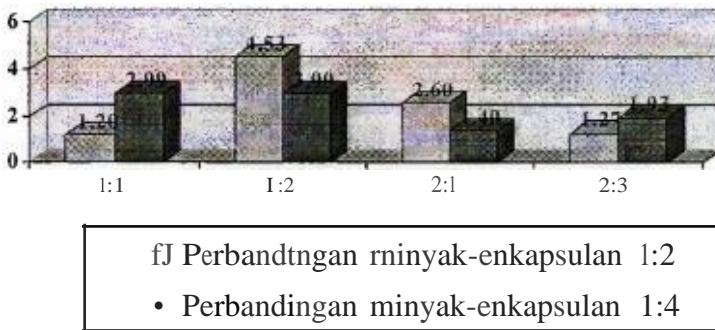
Gambar 5. Kadar air mikroenkapsulasi minyak ikan lemuru pada proporsi gelatin-maltodektrin dengan minyak ikan lemuru yang berbeda

Asam lemak bebas(%)



Gambar 6. Kadar asam lemak bebas mikroenkapsulasi minyak ikan lemuru pada proporsi gelatin-maltodektrin dengan minyak ikan lemuru yang berbeda

Angka peroksida (meq/kg)



Gambar 7. Angka peroksida mikroenkapsulasi minyak ikan lemuru pada proporsi gelatin-maltodekstrin dengan minyak ikan lemuru yang berbeda

Table S. Komposisi dan sifat fisikokimia mikrokapsul minyak ikan lemuru hasil perlakuan terbaik E4MI

No.	Komposisi dan Sifat Fisikokimia	Kadar
1.	Kadar minyak total (%bb)	18,376
2.	Kadar minyak tidak terkapsulkan (%bb)	2,318
3.	Efisiensi mikrokapsulasi (%)	36,857
4.	Kadar air (%bb)	5,273
5.	Kadar asarn lemak bebas (%bb)	3,249
6.	Bilangan peroksida	1,265
7.	Rendemen(%)	89,231

Sumber : Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Unsoed(2006)

Tabel 6. Perbandingan kandungan asam-asam lemak takjenuh antara bahan baku (minyak ikan lemuru) dengan produk mikroenkapsulasi minyak ikan lemuru

No.	Jenis Asam Lemak	Bentuk Minyak	
		Cair (bahan baku)	Serbuk (Mikrokapsul)
	Asam Jemak Tidak Jenuh (ALT.J)		
1.	Asam Palmitoleat (C16: 1,n-7) (%)	4,20	3,76
2.	Asam Oleat (C18: 1, n-9) (%)	10,24	8,89
3.	Asam Linoleat (C18:2, n-6) (%)	1,04	0,87
4.	Asam Linolenat (C18:3,n-3)(%)	0,52	0,34
5.	Asam Eikosanoat(C20: 1, n-9) (%)	2,05	1,85
6.	Asam Arakhidonat (C20:4,n-6) (%)	1,85	1,25
7.	EPA(C20:5, n-3) (%)	4,13	3,35
8.	DHA (C22:6, n-3) (%)	18,25	17,26
9.	Total asam lemak takjenuh (%)	42,28	39,57
10.	Total Asam lemak n-3 (%)	22,90	20,95

Sumber : Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Terpadu UOM (2006)

Tabel 7. Hasil analisis Friedman pengaruh perlakuan terhadap sifat organoleptik mikrokapsul minyak ikan lemuru

Sifat Organoleptik	Perlakuan
	EXM
Tekstur	**
Aroma minyak	**
Aftertaste	ns

Keterangan:

ns	Tidak berpengaruh nyata
..	Berpengaruh sangat nyata ($\alpha=0,01$)
E	Proporsi bahan penyalut maltodekstrin dengan gelatin
M	Proporsi bahan penyalut dengan minyak yang dienkapsulasi
EXM	Interaksi perlakuan antara proporsi bahan enkapsulan gelatin dengan maltodekstrin dan proporsi minyak dengan bahan enkapsulan

Table 8. Hasil analisis respon panelis terhadap sifat organoleptik minyak ikan lemuru

Perlakuan	Tekstur		Aroma Minyak		Aftertaste	
	Rerata	Pangkat	Rerata	Pangkat	Rerata	Pangkat
EIM1	2,15	56,0 a	2,50	87,8 ab	2,30	72,8 a
EIM2	2,50	78,5 a	2,50	87,5 ab	2,35	72,5 a
E2M1	2,35	68,8 a	2,20	63,5 a	2,55	92,5 a
E2M2	2,25	62,5 a	2,65	99,5 ab	2,70	104,5 a
E3M1	3,60	139,0 b	2,95	123,5 b	2,60	96,5 a
E3M2	3,95	152,5 b	2,40	79,8 ab	2,85	116,5 a
FAM!	2,58	84,5 a	2,75	107,5 ab	2,45	84,5 a
E4M2	2,50	78,5 a	2,30	71,5 a	2,35	76,5 a
Nilai pembanding	48,335*		48,335*		48,335	ns

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada Uji Banding Ganda setelah Uji Friedman dengan tingkat ketelitian ($\alpha=0,05$)

EI	= Proporsi bahan enkapsulan gelatin dengan maltodekstrin	1 : 1 (b/b)
E2	= Proporsi bahan enkapsulan gelatin dengan maltodekstrin	1 : 2(b/b)
E3	= Proporsi bahan enkapsulan gelatin dengan maltodekstrin	2:1(b/b)
FA	= Proporsi bahan enkapsulan gelatin dengan maltodekstrin	2:3(b/b)
MI	= Proporsi minyak dengan bahan enkapsulan	1 : 3(v/b)
M2	= Proporsi minyak dengan bahan enkapsulan	1 : 4(v/b)
EM	= Kombinasi perlakuan Edan M	

Skorsifator organoleptik:

Tekstur	I= kasar, 2= agak halus, 3= halus, 4= sangat halus
Aroma minyak	1= sangat kuat, 2= kuat, 3= agak kuat, 4= tidak kuat
Aftertaste minyak	1= sangat terasa, 2= terasa, 3= agak terasa, 4= tidak terasa