

HUBUNGAN ANTARA SIFAT-SIFAT EMULSIFIKASI DENGAN STABILITAS OKSIDASI MIKROKAPSUL YANG DIHASILKAN DENGAN METODE PENGERINGAN SEMPROT

Oleh: Teti Estiasih¹ dan Kgs. Ahmadi²

1) Staf Pengajar Jur. Tek. Hasil Pertanian – Fak. Tekn. Pertanian – Universitas Brawijaya - Malang

2) Staf Pengajar Jur. Teknologi Industri Pertanian – Universitas Tribhuwana Tunggadewi - Malang

ABSTRAK

Pada penelitian ini dikaji hubungan antara sifat-sifat pengemulsian protein dengan stabilitas oksidasi mikrokapsul yang dihasilkan dari sistem emulsi tersebut. Sifat-sifat pengemulsian protein tersebut dikaji dalam sistem emulsi trigliserida kaya asam lemak ω -3 yang distabilisasi natrium kaseinat. Untuk meningkatkan sifat-sifat emulsifikasi, dilakukan penambahan fosfolipida dalam konsentrasi meningkat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat indeks stabilitas emulsi (ESI), yang menunjukkan kestabilan emulsi sebelum pengeringan semprot, berkorelasi nyata dengan stabilitas oksidasi mikrokapsul. Sifat-sifat pengemulsian yang lain tidak berkorelasi nyata karena ada faktor lain yang mempengaruhi sifat-sifat pengemulsian protein dan sifat penyalutan trigliserida kaya asam lemak ω -3 pada proses mikroenkapsulasi, yaitu fosfolipida.

Kata kunci: sifat-sifat pengemulsian protein, mikroenkapsulasi, stabilitas oksidasi.

CORRELATION OF EMULSIFYING PROPERTIES AND MICROCAPSULE OXIDATIVE STABILITY IN MICROENCAPSULATION BY SPRAY DRYING METHOD

ABSTRACT

This research was conducted to elucidate the correlation of protein emulsifying properties and microcapsule oxidative stability. These properties were analyzed in sodium caseinate stabilized triglycerides enriched with ω -3 fatty acids emulsions. Phospholipids was added to enhance these emulsifying properties.

The results showed that emulsion stability index (ESI), referred to emulsion stability prior to drying, was correlated significantly with microcapsule oxidative stability. Other properties did not significantly correlated because of phospholipids addition that changed the emulsifying properties and film forming properties of microcapsule concomitantly

Keywords: protein emulsifying properties, microencapsulation, oxidative stability.

PENDAHULUAN

Asam lemak ω -3, terutama EPA (asam eikosapentaenoat) dan DHA (asam dokosaheksaenoat), merupakan asam lemak yang penting bagi kesehatan. Walaupun tubuh dapat mensintesis kedua

jenis asam lemak tersebut, sintesis dilakukan secara lambat sehingga tubuh memerlukan asupan dari makanan.

Karena jenis makanan yang mengandung asam lemak ω -3 sangat terbatas, asam lemak ω -3 biasa

ditambahkan ke dalam berbagai jenis makanan. Yang menjadi permasalahan adalah asam lemak ω -3 tersebut mudah teroksidasi sehingga membatasi suplementasinya pada berbagai jenis makanan. Salah satu alternatif untuk meningkatkan stabilitas oksidasi asam lemak ω -3 adalah mikroenkapsulasi.

Mikroenkapsulasi merupakan teknik penyalutan bahan inti (*core*) dengan bahan penyalut (enkapsulan) dalam ukuran mikron. Salah satu metode mikroenkapsulasi yang sering digunakan adalah penge-ringan semprot.

Pada proses mikroenkapsulasi dengan pengeringan semprot, bahan isian pertama kali diemulsifikasi dalam larutan penyalut. Menurut Magdassi dan Vinetsky (1996), sifat-sifat emulsi sebelum pengeringan semprot merupakan faktor kritis yang mempengaruhi kualitas mikrokapsul yang dihasilkan. Kualitas mikrokapsul dapat diukur berdasarkan tujuan dari proses mikroenkapsulasi tersebut. Pada proses mikroenkapsulasi asam lemak ω -3, tujuan mikroenkapsulasi adalah meningkatkan stabilitas oksidasi asam lemak tersebut, sehingga keberhasilan mikro-enkapsulasi dapat diukur dari peningkatan stabilitas oksidasi.

Istilah yang biasa digunakan untuk menjelaskan sifat-sifat pengemulsian protein adalah kapasitas pengemulsian (g minyak teremulsi/g protein), stabilitas emulsi (kecepatan pembentukan krim, koalesensi, flokulasi), indeks aktivitas pengemulsian ($EAI = \text{Emulsifying Activity Index}$ atau luas antar permukaan yang distabilisasi per satuan berat protein, m^2/g), luas antar permukaan (m^2/ml emulsi), beban muatan protein atau *protein load* (mg/m^2) (Mulvihill, 1997), indeks stabilitas emulsi ($ESI = \text{Emulsion Stability Index}$), dan protein teradsorpsi (g protein/ml emulsi) (Damodaran, 1996).

Fosfolipida, terutama fosfatidilkolin, sering ditambahkan pada berbagai makan-an olahan. Fosfolipida

ini berperan seba-gai pengemulsi, baik fosfolipida saja atau bersama-sama dengan protein (Bos *et al.*, 1997). Fosfolipida kuning telur mening-katkan stabilitas emulsi pada konsentrasi protein rendah (Fang dan Dalgleish, 1996a); mempunyai efek sinergis terhadap sifat emulsifikasi protein globular melalui pembentukan kompleks protein-fosfolipida (Nakamura *et al.*, 1988). dan melalui adsorpsi di celah-celah pada antar permukaan yang tidak distabilisasi protein (Corredig dan Dalgleish, 1998).

Walaupun telah diindikasikan bahwa sifat-sifat mulsi sebelum penegangan semprot mempengaruhi kualitas mikrokapsul yang dihasilkan, tetapi sejauh ini sifat-sifat mana yang mempengaruhi kualitas mikrokapsul belum diteliti secara mendalam.

Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan hubungan antara sifat-sifat emulsi sebelum pengeringan semprot dengan stabilitas oksidasi mikrokapsul yang dihasilkan. Sifat-sifat emulsi yang dianalisis meliputi sifat-sifat pengemulsian protein yang dikaji pada sistem emulsi trigliserida kaya asam lemak ω -3 yang distabilisasi natrium kaseinat. Untuk meningkatkan sifat-sifat emulsi sekaligus mendapatkan nilai sifat-sifat pengemulsian protein yang bervariasi, dilakukan penambahan fosfolipida kuning telur dalam konsentrasi bervariasi pada sistem emulsi tersebut.

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah diketahui sifat-sifat emulsi sebelum pengeringan yang mempengaruhi stabilitas oksidasi mikrokapsul. Apabila sifat-sifat tersebut telah diketahui, maka sifat-sifat tersebut harus dikendali-kan pada proses mikroenkapsulasi dengan metode penegangan semprot.

METODE PENELITIAN

1. Bahan-bahan penelitian

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan emulsi dan mikrokapsul adalah natrium kaseinat teknis (Sigma Co.), fosfolipida yang diekstrak dari kuning telur dengan metode Schneider (1989), dan minyak ikan berupa trigliserida kaya asam lemak ω -3 yang dibuat dengan metode Moffat *et al.* (1993) yang dimodifikasi..

Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah standar asam lemak, SDS (Sigma Co.), aseton (teknis), benzena, metanol, kloroform, aseton, amonium tiosianat, barium klorida, ferro sulfat, asam klorida, ferri klorida, KOH (semua untuk analisis, dari Merck), nitrogen (PT Aneka Gas, Yogyakarta), dan es kering (PT Fujigas, Surabaya).

2. Peralatan penelitian

Peralatan yang digunakan adalah neraca analitik (HR-300, AND), pengaduk magnet (Nouvo II), alat-alat gelas, rotavapor (Buchi), *freezer* (Deaby), spektrofotometer (uv-1201v, Shimadzu), pengering beku (Modulyo), sentrifusa (T51-1, MLW), ultrasentrifusa (Beckman), alat rancimat (Metrohm), dan pengering semprot (Armfield SD04).

3. Jalan penelitian

a. Pembuatan emulsi

Emulsi dibuat dengan cara mencampurkan larutan natrium kaseinat dan trigliserida kaya asam lemak ω -3. Fosfolipida ditambahkan pada berbagai taraf konsentrasi, sehingga campuran yang dihasilkan mempunyai komposisi natrium kaseinat 10% (b/v), trigliserida kaya asam lemak ω -3 5% (b/v) dan fosfolipida 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5% (b/v). Campuran dihomogenisasi pada tekanan 2500 psi selama 15 menit.

Konsentrasi fosfolipida yang ditambahkan didasarkan pada pertimbangan

bahwa pada rasio molar (R) fosfolipida terhadap natrium kaseinat yang rendah ($R < 10$), fosfolipida dapat meningkatkan stabilitas emulsi yang distabilisasi natrium kaseinat (Fang dan Dalglish, 1996a). Berat molekul natrium kaseinat adalah 23.000 Da (Euston *et al.*, 1995) dan fosfatidilkolin kuning telur sebagai komponen fosfolipida kuning telur terbanyak adalah 716 Da (Dickinson dan Yamamoto, 1996), sehingga penambahan fosfolipida 0-2,5% menghasilkan R sebesar 0-8.

Sifat-sifat emulsi yang dianalisis meliputi sifat-sifat pengemulsian protein yaitu:

1. Protein teradsorpsi (Euston *et al.*, 1995).
2. Persentase protein teradsorpsi (Aoki *et al.*, 1984).
3. EAI (Pearce dan Kinsella, 1978).
4. Luas antar permukaan (Cameron *et al.*, 1991).
5. Beban muatan protein (Britten dan Giroux, 1993).
6. ESI (Pearce dan Kinsella, 1978).

b. Pembuatan mikrokapsul

Setiap sistem emulsi yang dihasilkan dikeringkan lebih lanjut dengan pengeringan semprot pada suhu *inlet* 120°C dan suhu *outlet* 70°C. Mikrokapsul yang dihasilkan dianalisis meliputi:

1. Kadar lemak (Vaghela dan Kilara, 1995).
2. Stabilitas oksidasi dengan metode oksigen aktif (AOCS, 1989).

c. Analisis statistik

Variabel yang diteliti adalah sifat-sifat emulsi dan stabilitas oksidasi mikrokapsul. Data sifat-sifat emulsi dan stabilitas oksidasi mikrokapsul dianalisis dengan persamaan regresi linear sederhana antara masing-masing sifat

emulsi dengan stabilitas oksidasi mikrokapsul. Data diperoleh dari dua kali ulangan.

Sifat-sifat emulsi yang menunjukkan korelasi yang nyata dengan stabilitas oksidasi mikrokapsul dianalisis lebih lanjut dengan persamaan regresi linear multipel untuk mengetahui kontribusi masing-masing sifat emulsi tersebut terhadap stabilitas oksidasi mikrokapsul.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini diteliti hubungan antara sifat-sifat emulsi sebelum pengeringan semprot dengan stabilitas oksidasi mikrokapsul. Sifat-sifat emulsi sebelum pengeringan semprot merupakan faktor kritis yang menentukan keberhasilan mikroenkapsulasi (Magdassi dan Vinetsky, 1996; Onwulata *et al.*, 1994). Sifat-sifat emulsi ini harus dijabarkan, sehingga diketahui sifat-sifat emulsi yang mempengaruhi keberhasilan mikroenkapsulasi. Keberhasilan mikroenkapsulasi dapat diukur tergantung dari tujuan utama mikroenkapsulasi.

Pada penelitian ini, tujuan utama mikroenkapsulasi adalah mendapatkan mikrokapsul yang stabil terhadap oksidasi. Trigliserida kaya asam lemak ω -3 yang dibuat mikrokapsul sangat rentan terhadap proses oksidasi, sehingga tujuan utama mikroenkapsulasi adalah meningkatkan stabilitas terhadap oksidasi. Stabilitas terhadap oksidasi dapat diukur dengan metode oksigen aktif dan dinyatakan dalam satuan waktu.

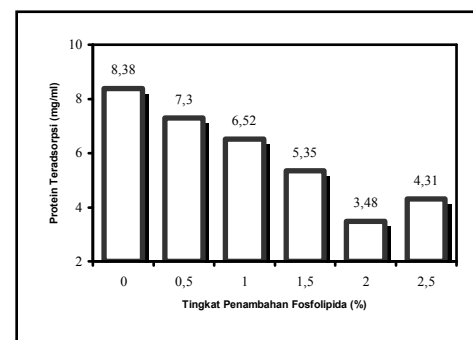
Sifat-sifat emulsi yang distabilisasi protein biasa dijelaskan dengan parameter ESI, luas antar permukaan, beban muatan protein (Mulvihill, 1997), EAI, dan protein teradsorpsi (Damodaran, 1996). Oleh karena itu, untuk mengetahui sifat-sifat pengemulsian protein yang mempengaruhi stabilitas oksidasi mikrokapsul dengan enkapsulan protein, perlu diteliti hubungan antara sifat-sifat pengemulsian protein tersebut dengan stabilitas oksidasi

dari mikrokapsul yang dihasilkan dari sistem emulsi tersebut.

Dengan mengetahui sifat-sifat pengemulsian protein yang berkorelasi nyata dengan stabilitas oksidasi mikrokapsul, keberhasilan mikroenkapsulasi dapat diprediksi dari sifat-sifat pengemulsian protein tersebut sebelum pengeringan semprot. Pemilihan protein sebagai enkapsulan yang cocok untuk mikroenkapsulasi dengan pengeringan semprot dapat dilihat dengan mengetahui sifat-sifat pengemulsian protein tersebut. Berbagai jenis protein berpotensi sebagai enkapsulan mikrokapsul dengan bahan isian minyak. Tinggi rendahnya potensi tersebut dapat dilihat dari sifat-sifat pengemulsian protein sebelum pengeringan semprot.

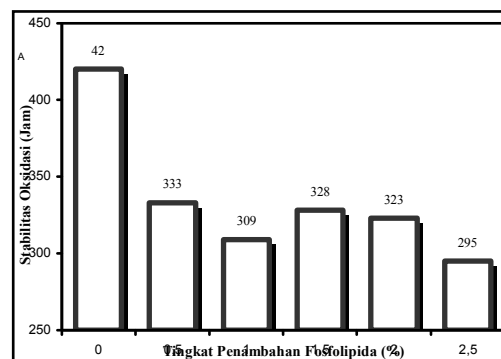
1. Hubungan dengan protein teradsorpsi

Protein teradsorpsi merupakan protein yang menstabilisasi permukaan globula minyak per satuan volume emulsi (mg/ml). Protein ini melapisi permukaan globula minyak dan menstabilkan emulsi. Menurut Demetriades dan McClements (1999), protein teradsorpsi pada permukaan globula minyak dan membentuk lapisan pelindung yang menstabilisasi globula minyak dari koalesensi dan/atau flokulasi.



Gambar 1. Protein yang teradsorpsi pada permukaan globula minyak

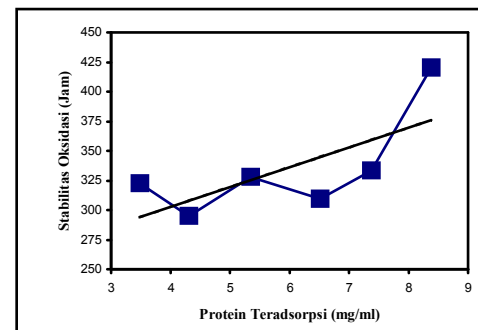
Penambahan fosfolipida menyebabkan penurunan protein teradsorpsi Berdasarkan penelitian Estiasih (2003), penurunan ini disebabkan oleh pembentukan kompleks kasein-fosfolipida dan proses pergantian kasein oleh fosfolipida untuk teradsorpsi pada permukaan globula minyak. Penambahan fosfolipida juga menyebabkan penurunan stabilitas oksidasi mikrokapsul.



Gambar 2. Stabilitas oksidasi mikrokapsul sebagai pengaruh penambahan fosfolipida.

Protein teradsorpsi terus menurun dengan meningkatnya konsentrasi fosfolipida (Gambar 1). Stabilitas oksidasi mikrokapsul menurun karena adanya penambahan fosfolipida dan peningkatan konsentrasi fosfolipida tidak menyebabkan perubahan stabilitas oksidasi (Gambar 2).

Hubungan antara protein teradsorpsi dan stabilitas oksidasi mikrokapsul (Gambar 3) menunjukkan korelasi linear yang secara statistik tidak berarti dengan koefisien korelasi $r=0,71$. Stabilitas oksidasi mikrokapsul tidak dipengaruhi oleh protein teradsorpsi.



Gambar 3. Hubungan antara protein teradsorpsi dengan stabilitas oksidasi mikrokapsul (■—■).

Peningkatan konsentrasi fosfolipida tidak menyebabkan perubahan stabilitas oksidasi mikrokapsul yang nyata (taraf $\alpha=0,05$). Keadaan ini disebabkan proses pergantian kasein oleh fosfolipida (Estiasih, 2003) juga mempengaruhi stabilitas oksidasi. Fosfolipida dapat berperan sebagai antioksidan melalui reaksi pencoklatan dengan produk-produk hasil oksidasi lemak (Sugino *et al.*, 1997). Analisis stabilitas oksidasi dilakukan pada suhu tinggi, dan kemungkinan terbentuk produk-produk oksidasi lemak yang bereaksi dengan fosfolipida menghasilkan produk hasil reaksi pencoklatan yang bersifat antioksidatif. Keadaan ini menyebabkan penambahan fosfolipida pada taraf yang digunakan pada penelitian ini tidak mengubah stabilitas oksidasi mikrokapsul.

Protein teradsorpsi sebenarnya merupakan protein yang melapisi permukaan globula minyak dan menstabilisasi emulsi. Menurut Aoki *et al.* (1984), stabilitas emulsi berkorelasi positif dengan protein yang teradsorpsi pada permukaan globula lemak. Hubungan antara protein teradsorpsi dengan ESI menunjukkan korelasi linear sangat nyata (taraf $\alpha=0,01$) dengan koefisien korelasi $r=0,93$. Protein teradsorpsi kemungkinan juga berperan dalam stabilisasi mikrokapsul terhadap oksidasi, karena lapisan protein ini yang melapisi bahan isian minyak dan mencegah minyak kontak dengan oksigen.

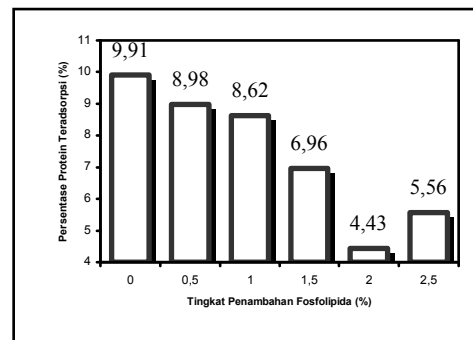
Kenyataan menunjukkan korelasi linear antara protein teradsorpsi dengan stabilitas oksidasi mikrokapsul tidak berarti. Hal ini disebabkan walaupun peningkatan fosfolipida menyebabkan penurunan protein teradsorpsi, fosfolipida yang menggantikan kasein yang terdesorpsi juga berperan dalam menahan keluarnya mi-nyak menuju permukaan mikrokapsul, sehingga stabilitas oksidasi tidak berubah.

2. Hubungan dengan persentase protein teradsorpsi

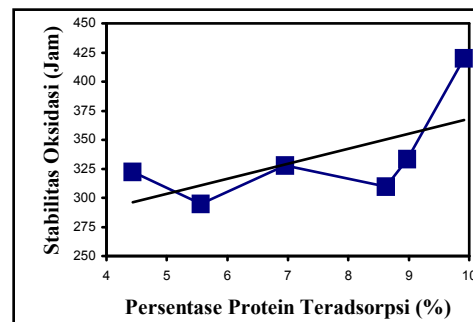
Persentase protein teradsorpsi merupakan persentase dari protein yang teradsorpsi pada permukaan globula minyak terhadap total protein yang ada dalam emulsi. Tidak semua protein yang terdapat dalam sistem emulsi teradsorpsi pada permukaan globula minyak. Sebagian protein tetap berada pada fase kontinyu, karena kemungkinan permukaan globula minyak telah jenuh oleh protein atau ada faktor lain yang mempengaruhi, seperti adanya surfaktan dalam sistem emulsi.

Persentase protein teradsorpsi dihitung dengan cara membagi protein teradsorpsi dengan total protein dalam emulsi, sehingga penambahan fosfolipida menyebabkan penurunan persentase protein teradsorpsi dengan pola yang sama dengan penurunan protein teradsorpsi. Peningkatan konsentrasi fosfolipida dalam emulsi menyebabkan peningkatan desorpsi kasein dari permukaan globula minyak, sehingga persentase protein teradsorpsi menurun dan protein yang ada pada fase kontinyu meningkat.

Hubungan linear antara persentase protein teradsorpsi dengan stabilitas oksidasi mikrokapsul tidak berarti (Gambar 5) dengan koefisien korelasi $r=0,63$. Persentase protein teradsorpsi tidak mempengaruhi stabilitas oksidasi mikrokapsul.



Gambar 4. Persentase protein yang teradsorpsi pada permukaan globula minyak terhadap total protein yang ada dalam emulsi



Gambar 5. Hubungan antara persentase protein teradsorpsi dengan stabilitas oksidasi mikrokapsul (■—■).

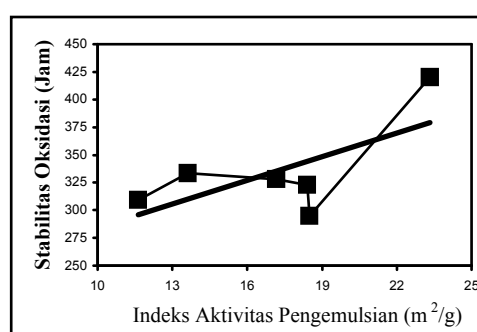
Penambahan fosfolipida menyebabkan penurunan persentase protein teradsorpsi (Gambar 4). Persentase protein teradsorpsi menurun, karena sebagian kasein terdesorpsi dari permukaan globula minyak. Penambahan fosfolipida menyebabkan penurunan stabilitas oksidasi mikrokapsul (Gambar 2), dan peningkatan konsentrasi fosfolipida tidak menyebabkan perubahan stabilitas oksidasi mikrokapsul

Perbedaan peran fosfolipida dalam mempengaruhi persentase protein teradsorpsi dan stabilitas oksidasi mikrokapsul menyebabkan hubungan linear antara persentase protein teradsorpsi dan stabilitas oksidasi mikrokapsul tidak

berarti. Hal ini berarti bahwa persentase protein teradsorpsi bukan merupakan sifat emul-sifikasi protein yang mempengaruhi stabilitas oksidasi mikrokapsul.

3. Hubungan dengan indeks aktivitas pengemulsian

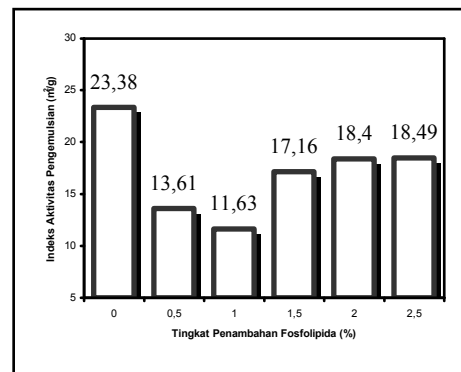
Indeks aktivitas pengemulsian (EAI) menunjukkan luas antar permukaan yang distabilisasi per unit massa protein (m^2/g) (Mulvihill, 1997). Aktivitas pengemulsian berhubungan dengan kemampuan protein untuk menutupi antar permukaan minyak-air (Anton dan Gandemer, 1997). Aktivi-tas pengemulsian protein tergantung dari luas antar permukaan globula minyak yang distabilisasi protein (Kato *et al.*, 1985). Kemampuan emulsifikasi protein yang tinggi ditunjukkan oleh nilai EAI yang tinggi.



Gambar 6. Hubungan antara indeks aktivitas pengemulsian dengan stabilitas oksidasi mikrokapsul (■—■)

Hasil analisis statistik menunjukkan hubungan linear antara EAI dan stabilitas oksidasi mikrokapsul tidak berarti (Gambar 6) dengan koefisien korelasi $r=0,67$.

EAI menunjukkan kemampuan protein untuk menstabilisasi antar permukaan minyak-air. EAI berhubungan dengan luas antar permukaan. Semakin tinggi EAI, ukuran globula minyak dalam emulsi semakin kecil. Penurunan EAI disebabkan oleh peningkatan ukuran globula minyak dalam emulsi.



Gambar 7. Indeks aktivitas pengemulsian sebagai pengaruh penambahan fosfolipida

EAI dan stabilitas oksidasi mikrokapsul menurun sampai penambahan fosfolipida 1,0%. Pada penambahan fosfolipida 0,5%, terjadi proses desorpsi kasein dari permukaan globula minyak melalui proses pembentukan kompleks kasein-fosfolipida dan proses pergantian. Tidak semua fosfolipida terdesorpsi dalam bentuk kompleks kasein-fosfolipida, sebagian fosfolipida masih teradsorpsi pada permukaan globula minyak melalui proses pergantian (Estiasih, 2003). Pada konsentrasi fosfolipida ini, jumlah fosfolipida yang ditambahkan terlalu rendah untuk menutupi permukaan globula minyak yang ditinggalkan kasein. Keadaan ini menyebabkan sebagian permukaan globula minyak tidak distabilisasi natrium kaseinat atau fosfolipida sehingga memungkinkan terjadi koalesensi dan/atau flokulasi yang mengakibatkan ukuran globula minyak meningkat. Peningkatan ukuran globula minyak

menyebabkan luas antar permukaan dan EAI menurun.

Penambahan fosfolipida 1,0% menyebabkan pembentukan kompleks yang lebih tinggi dari penambahan fosfolipida 0,5%. Terdesorpsinya kasein dan fosfolipida melalui pembentukan kompleks yang lebih tinggi pada konsentrasi fosfolipida ini, menyebabkan penurunan EAI. Penurunan EAI lebih tajam pada konsentrasi fosfolipida 1,0% dibandingkan 0,5% (Estiasih, 2003).

Penambahan fosfolipida lebih dari 1,5% menyebabkan peningkatan EAI. EAI meningkat karena jumlah fosfolipida yang ditambahkan cukup banyak untuk menstabilisasi globula minyak yang ditinggalkan oleh sebagian kasein dan fosfolipida (Estiasih, 2003). Pada penelitian Corredig dan Dalgleish (1998), efek sinergis protein dan fosfolipida terlihat dari adsorpsi fosfolipida di celah-celah pada antar permukaan yang terjadi karena ketidakcukupan protein.

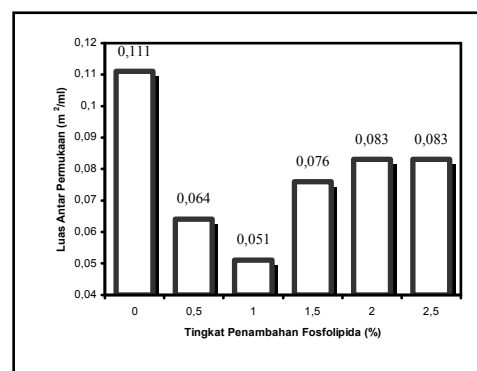
Stabilitas oksidasi mikrokapsul menurun dengan adanya penambahan fosfolipida (Gambar 2). Peningkatan konsentrasi fosfolipida tidak menyebabkan perubahan stabilitas oksidasi mikrokapsul. Penambahan fosfolipida lebih dari 1,5% menyebabkan EAI meningkat, tetapi stabilitas oksidasi mikrokapsul tidak berubah. Keadaan ini menyebabkan korelasi linear antara EAI dan stabilitas oksidasi mikrokapsul tidak berarti yang disebabkan oleh perbedaan peran fosfolipida dan kasein dalam mempengaruhi EAI dan stabilitas oksidasi.

4. Hubungan dengan luas antar permukaan

Luas antar permukaan merupakan luas yang terbentuk dari total luas permukaan sejumlah globula minyak yang terdapat per satuan volume emulsi (m^2/ml). Luas antar permukaan berhubungan dengan ukuran globula minyak dalam emulsi. Semakin kecil ukuran

globula minyak, luas antar permukaan semakin tinggi karena permukaan globula minyak yang terbentuk semakin luas.

Luas antar permukaan menurun sampai dengan penambahan fosfolipida 1,0%. Sampai penambahan fosfolipida 1,0%, kasein yang terdesorpsi dari permukaan globula minyak hanya sedikit diganti oleh fosfolipida, karena terbatasnya jumlah fosfolipida yang ditambahkan. Keadaan ini menyebabkan sebagian permukaan globula minyak tidak tertutup, baik oleh kasein maupun fosfolipida (Estiasih, 2003). Adanya permukaan globula minyak yang tidak terlapsi ini memungkinkan flokulasi dan/atau koalesensi, sehingga luas antar permukaan menurun.



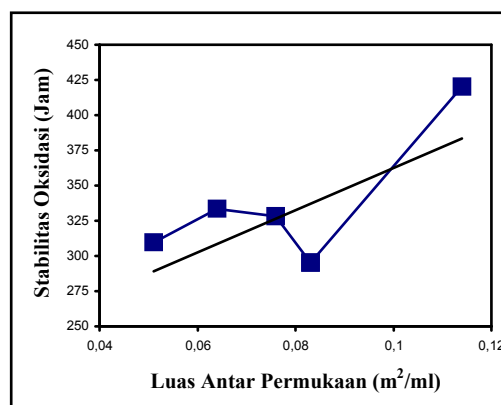
Gambar 8. Luas antar permukaan sebagai pengaruh penambahan fosfolipida

Penambahan fosfolipida lebih dari 1,5% menyebabkan permukaan globula minyak yang menurut Estiasih (2003) disebabkan oleh sebagian kasein, digantikan oleh fosfolipida karena jumlah fosfolipida cukup tersedia. Keadaan ini menyebabkan flokulasi dan/atau koalesensi sedikit terjadi dibandingkan dengan penambahan fosfolipida 1,0%. Hal ini menyebabkan luas antar permukaan mengalami peningkatan kembali.

Luas antar permukaan menurun sampai dengan penambahan fosfolipida 1,0%, meningkat kembali pada

penambahan fosfolipida 1,5 sampai 2,5% (Gambar 8). Stabilitas oksidasi mikro kapsul menurun dengan adanya penambahan fosfolipida. Peningkatan fosfolipida tidak menyebabkan perubahan stabilitas oksidasi mikro kapsul, seperti telah dijelaskan sebelumnya.

Perbedaan peran antara kasein dan fosfolipida yang teradsorpsi pada permukaan globula minyak dalam mempengaruhi luas antar permukaan dan stabilitas oksidasi mikro kapsul menyebabkan hubungan linear antara luas antar permukaan dan stabilitas oksidasi mikro kapsul tidak berarti dengan koefisien korelasi $r=0,75$. Luas antar permukaan emulsi tidak menentukan stabilitas oksidasi mikro kapsul.



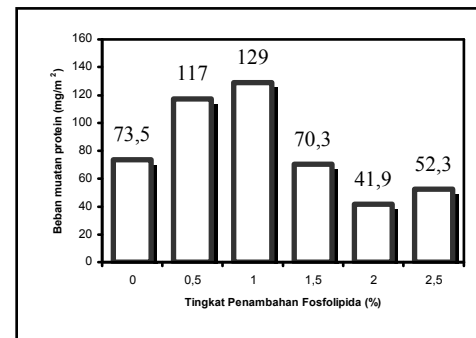
Gambar 9. Hubungan antara luas antar permukaan dengan stabilitas oksidasi mikro kapsul (■—■).

Luas antar permukaan dipengaruhi oleh bagian permukaan globula minyak yang tidak dilapisi oleh kasein dan fosfolipida, sedangkan stabilitas oksidasi mikro kapsul ditentukan oleh proporsi minyak pada permukaan mikro kapsul yang dipengaruhi oleh komposisi kasein dan fosfolipida pada permukaan globula minyak. Keadaan ini menyebabkan korelasi linear antara luas antar permukaan dan stabilitas oksidasi mikro kapsul tidak berarti.

4. Hubungan dengan beban muatan

protein

Beban muatan protein menunjukkan massa protein yang dibutuhkan untuk menutup permukaan globula minyak (Dickinson dalam McClements, 1999). Beban muatan protein (mg/m^2) dianalisis dengan cara membagi protein teradsorpsi (mg/ml) dengan luas antar permukaan (m^2/ml) (Britten dan Giroux, 1993). Beban muatan protein lebih menunjukkan densitas protein pada permukaan globula minyak dibandingkan protein teradsorpsi.



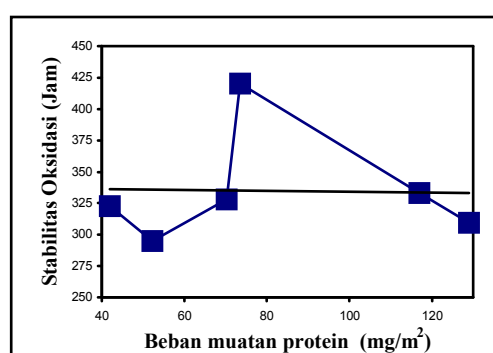
Gambar 10. Beban muatan protein sebagai pengaruh penambahan fosfolipida

Beban muatan protein meningkat sampai penambahan fosfolipida 1,0%. Pada penambahan fosfolipida 1,0% ini, walaupun protein teradsorpsi menurun, luas antar permukaan menurun lebih tajam dibandingkan protein teradsorpsi, sehingga beban muatan protein meningkat. Walaupun beban muatan protein meningkat, yang berarti densitas permukaan protein mengalami peningkatan, peningkatan ini tidak berarti sifat proteksi protein terhadap globula minyak menjadi meningkat, karena peningkatan tersebut disebabkan oleh penurunan luas antar permukaan yang tajam.

Penambahan fosfolipida 1,5% menyebabkan penurunan beban muatan protein. Beban muatan protein terus menurun sampai penambahan fosfolipida 2,5%. Penurunan beban muatan protein ini disebabkan oleh penurunan protein

teradsorpsi dan peningkatan luas antar permukaan. Penurunan protein teradsorpsi disebabkan oleh desorpsi sebagian kasein dari permukaan globula minyak (Estiasih, 2003). Peningkatan luas antar permukaan disebabkan oleh peningkatan konsentrasi fosfolipida menyebabkan jumlah fosfolipida cukup tersedia untuk menstabilisasi permukaan globula minyak yang ditinggalkan oleh sebagian kasein dan fosfolipida (Estiasih, 2003), sehingga kemungkinan terjadi koalesensi dan/atau flokulasi menurun.

Stabilitas oksidasi mikrokapsul menurun dengan adanya penambahan fosfolipida, dan peningkatan konsentrasi fosfolipida tidak menyebabkan perubahan stabilitas oksidasi mikrokapsul (Gambar 2). Hubungan antara beban muatan protein dan stabilitas oksidasi mikrokapsul tidak bersifat linear, seperti terlihat pada Gambar 11.



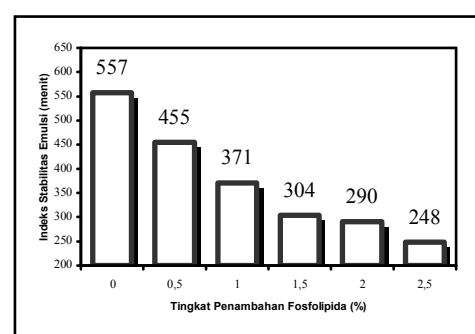
Gambar 11. Hubungan antara beban muatan protein dengan stabilitas oksidasi mikrokapsul (■—■)

Hasil analisis statistik menunjukkan korelasi linear antara beban muatan protein dan stabilitas oksidasi mikrokapsul tidak berarti dengan koefisien korelasi $r = -0,03$. Beban muatan protein tidak menentukan stabilitas oksidasi mikrokapsul yang disebabkan oleh perbedaan peran fosfolipida dalam mempengaruhi beban muatan protein dan stabilitas oksidasi mikrokapsul.

Perbedaan peran fosfolipida dan kasein yang teradsorpsi pada permukaan globula minyak dalam mempengaruhi beban muatan protein dan stabilitas oksidasi menyebabkan korelasi linear antara beban muatan protein dan stabilitas oksidasi mikrokapsul menjadi tidak berarti.

5. Hubungan dengan indeks stabilitas emulsi

Kemampuan protein dalam membentuk dan menstabilkan emulsi merupakan faktor kritis dalam pengolahan pangan (Elizalde *et al.*, 1988). Indeks stabilitas emulsi (ESI) merupakan parameter yang menunjukkan stabilitas emulsi. Parameter ini mengukur perubahan ukuran globula minyak dalam emulsi dengan bertambahnya waktu. Perubahan ukuran globula minyak dalam emulsi menunjukkan ketidakstabilan emulsi. Perubahan ini diketahui dari perubahan turbiditas dari emulsi yang diencerkan (Pearce dan Kinsella, 1978).



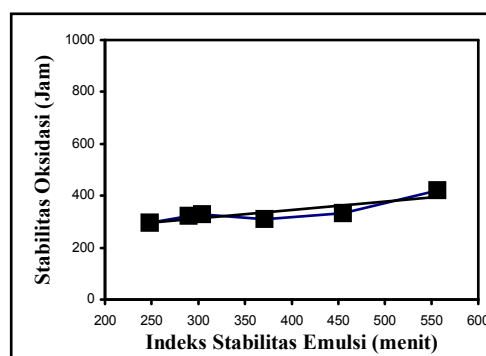
Gambar 12. Indeks stabilitas emulsi sebagai pengaruh penambahan fosfolipida

ESI menurun sampai penambahan fosfolipida 1,5%, dan penambahan fosfolipida lebih lanjut tidak menyebabkan perubahan ESI secara nyata. Penurunan ESI menunjukkan penurunan kestabilan emulsi yang disebabkan oleh proses pergantian kasein oleh fosfolipida untuk teradsorpsi pada permukaan globula minyak.

Penambahan fosfolipida sampai dengan 1,5% menyebabkan sebagian kasein terdesorpsi dari permukaan globula minyak (Estiasih, 2003). Menurut Euston *et al.* (1995), surfaktan dengan berat molekul rendah memperlemah ikatan protein-lemak dan proses pergantian sehingga menyebabkan penggabungan globula-globula minyak. Pergantian protein yang lebih banyak menyebabkan destabilisasi globula minyak. Kemungkinan besar pada tingkat penambahan fosfolipida ini, permukaan globula minyak tidak sempurna dilapisi oleh kasein dan/atau fosfolipida, karena fosfolipida yang ditambahkan tidak cukup banyak untuk menutup permukaan yang ditinggalkan kasein (Estiasih, 2003). Keadaan ini menyebabkan ketidakstabilan emulsi sehingga ESI menurun.

Pada penambahan fosfolipida 1,5 sampai 2,5%, ESI tidak berubah. Pada tingkat penambahan fosfolipida ini, fosfolipida cukup tersedia untuk menggantikan kasein yang terdesorpsi. Walaupun tidak seefektif kasein, fosfolipida dapat menstabilkan emulsi

Hubungan antara ESI dan stabilitas oksidasi mikrokapsul menunjukkan hubungan linear (Gambar 13) dengan koefisien korelasi $r=0,86$ yang berarti pada taraf $\alpha=0,05$. ESI mempengaruhi stabilitas oksidasi mikrokapsul. Semakin stabil emulsi sebelum pengeringan semprot, mikrokapsul yang dihasilkan semakin stabil terhadap oksidasi.



Gambar 13. Hubungan antara indeks stabilitas emulsi dengan stabilitas oksidasi mikrokapsul (■—■)

Hasil penelitian ini melengkapi hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa stabilitas emulsi sebelum pengeringan semprot mempengaruhi kelekatan dan penggumpalan mikrokapsul, efisiensi mikroenkapsulasi (Onwulata *et al.*, 1994), serta jumlah bahan isian yang dapat dikapsulkan (Lin *et al.*, 1995). Kelekatan dan penggumpalan, efisiensi mikroenkapsulasi, serta bahan isian yang dapat dikapsulkan. Pada penelitian ini ditunjukkan bahwa stabilitas oksidasi mikrokapsul ditentukan oleh stabilitas emulsi sebelum pengeringan.

Kestabilan emulsi sebelum pengeringan semprot merupakan faktor yang harus dikendalikan untuk mendapatkan mikrokapsul yang stabil terhadap oksidasi. Untuk mendapatkan mikrokapsul yang stabil terhadap oksidasi, emulsi yang distabilisasi protein sebelum pengeringan semprot harus mempunyai stabilitas yang tinggi.

Pemilihan enkapsulan protein yang berpotensi menghasilkan mikrokapsul dengan stabilitas oksidasi yang tinggi dapat dilihat dari kemampuan emulsifikasi protein dalam menstabilkan emulsi. Semakin tinggi kemampuan protein tersebut menstabilkan emulsi, protein tersebut semakin berpotensi sebagai enkapsulan mikrokapsul dengan bahan isian minyak untuk menghasilkan mikrokapsul yang stabil terhadap oksidasi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sifat emulsi yang mempengaruhi stabilitas oksidasi mikrokapsul adalah ESI. Sifat-sifat emulsi yang lain tidak mempengaruhi karena perbedaan peran natrium kaseinat dan fosfolipida yang teradsorpsi pada permukaan globula

minyak dalam mempengaruhi sifat-sifat emulsi dan stabilitas oksidasi mikrokapsul tersebut.

Saran yang dapat diberikan adalah untuk penelitian hubungan antara sifat-sifat emulsi sebelum pengeringan semprot dengan stabilitas oksidasi mikrokapsul sebaiknya dilakukan dalam sistem emulsi tanpa penambahan surfaktan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anton and Gandermen. 1997. Composition, Solubility, and Emulsifying Properties of Granules and Plasma of Egg Yolk. *J. of Food Sci.* 62(3): 484-487.
- AOCS. 1989. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemistry Society. 4th. Broadmaker Drive, Champaign, Illinois.
- Aoki, H., Y. Shirase, J. Kato, and Y. Watanabe. 1984. *Emulsion Stabilizing Properties of Soy Protein Isolates Mixed with Sodium Caseinates*. *J. of Food Sci.* 49: 212-216.
- Bos, M., T. Nylander, T. Arnebrant, and D.C. Clark. 1997. *Protein/Emulsifier Interaction*. In G.L. Hasenhuetti and R.W. Hartel (eds.). *Food Emulsifier and Their Applications*. Chapman & Hall, New York.
- Britten, M. and H.J. Giroux. 1993. *Interfacial Properties of Milk Protein-Stabilized Emulsions as Influence by Protein Concentration*. *J. Agric. Food Chem.* 41: 1187-1191.
- Cameron, D.R., M.E. Weber, E.S. Idziak, R.J. Neufeld, and D.G. Cooper. 1991. *Determination of Interfacial Area in Emulsions Using Turbidimetric and Droplet Size Data: Correction of the Formula for Emulsifying Activity Index*. *J. Agric. Food Chem.* 39: 655-659.
- Cornec, M., P.J. Wilde, P.A. Gunning, A.R. Mackie, F.A. Husband, M.C. Parker, and D.C. Clark. 1998. *Emulsion Stability as Affected by Competitive Adsorption between an Oil-Soluble Emulsifier and Milk Proteins at the Interface*. *J. of Food Sci.* 63(1): 39-43.
- Corredig, M. and D.G. Dalgleish. 1998. *Buttermilk Properties in Emulsions with Soybean Oil as Affected by Fat Globule Membrane-Derived Proteins*. *J. of Food Sci.* 63(3): 476-480.
- Damodaran, S. 1996. *Functional Properties*. In S. Nakai and H.W. Modler (eds.). *Food Proteins: Properties and Characterization*. VCH Publisher Inc., USA.
- Demetriades, K. and D.J. McClements. 1999. *Flocculation of Whey Protein Stabilized Emulsions as Influenced by Dextran Sulfate and Electrolyte*. *J. of Food Sci.* 64(2): 206-210.
- Dickinson, E. and Y. Yamamoto. 1996. *Viscoelastic Properties of Heat-Set Whey Protein-Stabilized Emulsion Gels with Added Leci-thin*. *J. of Food Sci.* 61(4): 811-816.
- Elizalde, B.E., R.J. De Kanterewicz, A.M.R. Pilosof, and G.B. Batholomai. 1988. *Physicochemical Properties of Food Proteins Related to Their Ability to Stabilize Oil-in-Water Emulsions*. *J. of Food Sci.* 53(3): 845-848.
- Estiasih, T. 2003. *Hubungan antara Natrium Kaseinat dan Fosfolipida*

- dalam Emulsifikasi serta Implikasinya terhadap Perubahan Sifat-sifat Emulsi.* Jurnal Teknologi Pertanian 4(3): 141-154.
- Euston, S.E., H. Singh, P.A. Munro, and D.G. Dalgleish. 1995. *Competitive Adsorption between Sodium Caseinate and Oil-Soluble and Water-Soluble Surfactants in Oil-in-Water Emulsions.* J. of Food Sci. 60(5): 1124-1130.
- Fang, Y. and D.G. Dalgleish. 1996. *Comparison of the Effects of Three Different Phosphatidylcholines on Casein-Stabilized Oil-in-Water Emulsions.* JAOCS 73(4): 437-442.
- Kato, A., T. Fujishige, N. Matsudomi, and K. Kobayashi. 1985. *Determination of Emulsifying Properties of Some Proteins by Conductivity Measurements.* J. of Food Sci. 50: 56-58, 62.
- Lin, C., S. Lin, and L.S. Hwang. 1995. *Microencapsulation of Squid Oil with Hydrophilic Macromolecules for Oxidative and Thermal Stabilization.* J. of Food Sci. 60(1): 36-39.
- Magdassi, S. and Y. Vinetsky. 1996. *Microencapsulation of Oil-in-Water Emulsions by Proteins.* In S. Benita (ed.). *Microencapsulation: Methods and Industrial Application.* Marcel Dekker Inc., New York.
- McClements, D.J. 1999. *Food Emulsions: Principles, Practice and Technique.* CRC Press, USA.
- Moffat, C.F., A.S. McGill, R. Hardy, and R.S. Anderson. 1993. *The Production of Fish Oils Enriched in Polyunsaturated Fatty Acid-Containing Triglyceride.* JAOCS 70(2): 133-138.
- Mulvihill, D.M. 1997. *Production, Functional Properties, and Utilization of Milk Protein Products.* In P.F. Fox (ed.). *Advanced Dairy Chemistry-I: Proteins.* Blackie Academic & Professional, London.
- Nakamura, R., R. Mizutami, M. Yano, and S. Hayakawa. 1988. *Enhancement of Emulsifying Properties of Protein by Sonication with Egg Yolk Lecithin.* J. Agric. Food Chem. 36: 729-732.
- Onwulata, C.I., P.W. Smith, and V.H. Holsinger. 1994. *Physical Properties of Encapsulated Spray-dried Milkfat.* J. of Food Sci. 59(2): 316-320.
- Pearce, K.N. and J.E. Kinsella. 1978. *Emulsifying Properties of Proteins: Evaluation of a Turbidimetric Technique.* J. Agric. Food Chem. 26(3): 716-723.
- Schneider, M. 1989. *Fractionation and Purification of Lecithin.* In B.F. Szuhaj (ed.). *Lecithins: Sources, Manufacture and Uses.* The American Oil Chemistry Society, Champaign, Illinois.
- Vaghela, M.N. and P. Kilara. 1995. *A Rapid Method for Extraction of Total Lipids from Whey Protein Concentration and Separation of Lipid Classes with Solid Phase Extraction.* JAOCS 72(10): 1117-1121.