

Aplikasi Teknologi Mikroemulsi dalam Industri Pangan Indonesia: Potensi dan Regulasinya

by Joshua Ronal

Submission date: 16-Oct-2017 12:59AM (UTC+0700)

Submission ID: 862942937

File name: 17.pdf (256.84K)

Word count: 6011

Character count: 38467

**Aplikasi Teknologi Mikroemulsi dalam Industri Pangan Indonesia:
Potensi dan Regulasinya**
***Application of Microemulsion Technology in the Indonesian Food Industry:
Potential and its Regulations***

Ambar Rukmini

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Widya Mataram Yogyakarta,
e-mail: rukmini.ambar@yahoo.com

Abstract

Microemulsion was a dispersion of two immiscible liquids which having diameter of the droplets in the range of 100-1000 Å or 10-100 nm. Because of small droplets' size of the microemulsion (≤ 100 nm), its preparation could be included in nanotechnology. Although its application in the food industry was still very limited, the research in microemulsion technology developed in good prospects for the food industry and associated industries, such as the invention of improving the quality of food products based on microemulsion technology. It was also supported by the microemulsion properties which had many advantages, among others, was thermodynamically stable, transparent and had a low viscosity, and formed spontaneously from the hydrophobic or hydrophilic surfactant molecules, so that it could be applied to food products without affecting their appearance. A stable microemulsion could be obtained by addition in relatively high amounts of surfactants and co-surfactants. However, there was the limitation of amount and the type of surfactant allowed for food products (food grade) in accordance with applicable regulations, as well as the use of co-surfactants (e.g., alcohol) which could damage flavors of the products. The formation of a co-surfactant-free-microemulsion using food-grade nonionic surfactants mixture which had high, medium, and low hydrophilic lipophilic balance (HLB) value could be applied to overcome this problem. This paper addressed the potential of microemulsion technology for application in the Indonesian food industry and the regulations that must be considered for its development.

Keywords: Microemulsion, surfactants, food industry, food regulation.

PENDAHULUAN

Mikroemulsi ditemukan pertama kali pada tahun 1940 oleh Hoar dan Schulman yang menghasilkan larutan jernih fase tunggal setelah melakukan titrasi pada emulsi yang mempunyai kenampakan seperti susu dengan heksanol. Istilah mikroemulsi digunakan untuk mendeskripsikan suatu sistem multi-fase yang terdiri dari air, minyak, surfaktan, dan alkohol, yang membentuk larutan transparan (Hoar dan Schulman dalam Patel *et al*, 2007). Mikroemulsi kemudian didefinisikan sebagai dispersi dua cairan yang tidak saling larut (air dan minyak) yang membentuk larutan homogen melalui penambahan surfaktan dan ko-surfaktan dalam jumlah relatif banyak untuk mendapatkan droplet dengan diameter antara 100-1000 Å atau 10-100 nm (Patel *et al*, 2007). Perhatian terhadap mikroemulsi mulai meningkat pada awal tahun 1980-an ketika sistem tersebut dapat meningkatkan hasil minyak dan memberikan keuntungan yang sangat besar.

Penelitian tentang mikroemulsi terus berkembang hingga pada dua dekade terakhir ini telah diketahui sifat-sifat pentingnya, yaitu mempunyai ukuran partikel (diameter droplet) 10-100 nm atau 100-1000 Å, luas permukaan tinggi, stabil secara termodinamis, transparan, viskositas rendah, kapabilitas kelarutan tinggi, dan terbentuk secara spontan dari bagian hidrofobik atau hidrofilik molekul surfaktan (Flanagan dan Singh, 2006; Patel *et al*, 2007; Cho *et al*, 2008). Perbedaan nyata antara emulsi (makroemulsi) dan mikroemulsi terletak pada kenampakannya. Secara visual, emulsi terlihat *opaque* (putih keruh, seperti susu), sedangkan mikroemulsi terlihat transparan (jernih). Hal tersebut terjadi karena perbedaan ukuran dropletnya. Ukuran droplet emulsi sama atau lebih besar dari panjang gelombang sinar tampak atau berkisar 1.000-10.000 nm (atau 1-10 μ m). Emulsi terlihat *opaque* karena cahaya tidak dapat menembusnya. Sedangkan droplet mikroemulsi berukuran kurang dari $\frac{1}{4}$ panjang gelombang sinar tampak. Mikroemulsi terlihat transparan karena cahaya dapat menembusnya (Fanun, 2009).

Perbedaan lain dari emulsi dengan mikroemulsi adalah stabilitasnya. Mikroemulsi bersifat stabil secara termodinamis, sedangkan emulsi tidak stabil. Pada emulsi, energi antar-mukanya positif dan dominan

dalam total energi bebas. Ukuran droplet emulsi yang relatif besar menyebabkan besarnya energi yang dibelokkan dapat diabaikan³ sehingga energi bebas pada permukaan droplet adalah besar dan positif, mencapai beberapa mN/m. Sedangkan energi bebas pada permukaan droplet mikroemulsi mempunyai dua komponen, yaitu yang merentangkan berkontribusi positif dan yang membelokkan berkontribusi negatif. ⁶⁶duanya saling meniadakan, sehingga total energi bebas pada permukaan menjadi sangat kecil, kurang dari 10^{-3} mN/m (Friberg dan Kayali, 1991). Rendahnya energi bebas tersebut membuat mikroemulsi bersifat stabil dan tidak mudah memisah.

Mikroemulsi dapat terbentuk secara spontan, jika kondisinya terpenuhi. Ada tiga kondisi penting yang harus diperhatikan dalam pembuatan mikroemulsi, yaitu (1) surfaktan yang digunakan harus dipilih secara cermat agar diperoleh tegangan antar muka pada permukaan minyak/air yang sangat rendah ($<10^{-3}$ mN/m); (2) konsentrasi surfaktan harus cukup tinggi agar memenuhi jumlah molekul surfaktan yang³ dibutuhkan untuk menstabilkan mikrodroplet dan menghasilkan tegangan antar muka sangat rendah; dan (3) antar muka harus fleksibel atau cukup cair untuk memacu pembentukan mikroemulsi (Patel *et al*, 2007). Untuk membentuk mikroemulsi yang stabil dibutuhkan surfaktan dalam jumlah yang relatif banyak. Mikroemulsi yang dibuat dengan menggunakan fase minyak berupa gliserida atau fosfolipid juga membutuhkan alkohol rantai pendek sebagai co-surfaktan untuk memfasilitasi pembentukannya (Flanagan *et al*, 2006). Oleh karena ukuran droplet mikroemulsi ≤ 100 nm, maka pembentukan mikroemulsi dapat digolongkan dalam nanoteknologi.

Kini, mikroemulsi telah digunakan secara luas dalam industri obat (farmasi), kosmetik, sabun/detergen, minyak, pelumas, agrokimiawi, tekstil, serta untuk rehabilitasi lingkungan dan detoksifikasi. Penggunaannya di bidang pangan masih sangat terbatas karena keterbatasan jenis dan jumlah surfaktan yang diijinkan untuk pangan (bersifat *food grade*). Disamping itu, co-surfaktan yang diperlukan untuk memfasilitasi pembentukan mikroemulsi, yang pada umumnya adalah alkohol, juga tidak diijinkan untuk pangan karena bersifat toksis dan iritatif (Flanagan dan Singh, 2006) serta dapat merusak flavor produk akhir. Selain itu, keberadaan alkohol sebagai co-surfaktan dapat mengganggu aplikasi mikroemulsi karena saat diaplikasikan ke dalam produk atau dilakukan pengenceran, co-surfaktan dapat berpartisi keluar dari antar muka dan masuk ke fase kontinyu. Hal tersebut dapat mengakibatkan destabilisasi antar muka dan selanjutnya memecah struktur mikroemulsi (Warisnoicharoen *et al*, 2000).

Surfaktan nonionik seperti gula ester, *polyoxyethylene sorbitan ester* (Tween), dan *polyoxyethylene ether* telah digunakan secara luas di bidang farmasi. Surfaktan-surfaktan tersebut mempunyai toksisitas dan sifat iritatif relatif rendah (Flanagan dan Singh, 2006). Cho *et al* (2008) telah berhasil membuat mikroemulsi tanpa menggunakan co-surfaktan, yaitu dengan menggunakan campuran surfaktan nonionik *food grade* yang bersifat hidrofilik (Tween) dan hidrofobik (*sorbitan ester*, Span). Kombinasi campuran surfaktan nonionik *food grade* yang mempunyai nilai *hydrophilic/lipophilic balance* (HLB) tinggi, sedang, dan rendah juga dapat menghasilkan mikroemulsi yang stabil (Yuwanti *et al*, 2011^a; Rukmini *et al*, 2012^a; Suhendra *et al*, 2012). Mikroemulsi tersebut dapat digunakan sebagai sistem pembawa komponen bioaktif untuk mempertahankan mutu produk pangan (Flanagan dan Singh, 2006), antara lain untuk diaplikasikan dalam model pangan aqueous (Ariviani *et al*, 2011^a) atau sari buah jeruk (Ariviani *et al*, 2011^b); dalam susu cair (Yuwanti *et al*, 2011^b); dalam susu *full cream* (Yuwanti *et al*, 2012); dan dalam virgin coconut oil (Rukmini *et al*, 2012^b).

Makalah ini menguraikan tentang potensi mikroemulsi jika diaplikasikan pada industri pangan di Indonesia serta peraturan-peraturan yang harus diperhatikan yang mungkin akan membatasi penggunaannya. Oleh karena mikroemulsi termasuk dalam lingkup nanoteknologi, maka akan diuraikan pula informasi-informasi tentang aplikasi nanoteknologi di bidang pangan di beberapa negara.

NANOTEKNOLOGI DAN APLIKASINYA

Nanoteknologi mempunyai dua arti yang berbeda. Pertama, secara luas berarti semua teknologi yang berhubungan dengan sesuatu yang berukuran kurang dari 100 nm. Pengertian lain adalah makna asli dari istilah nanoteknologi, yaitu upaya merancang dan membangun mesin di mana setiap atom dan ikatan kimia di dalamnya ditentukan secara tepat (Hall, 2005). Secara umum nanoteknologi dapat diartikan sebagai pemanfaatan atau aplikasi dari struktur, peralatan dan sistem nano, termasuk sampai ke cara pengendalian ukuran dan bentuk materi pada skala nanometer.

Rekayasa presisi dan kontrol merupakan hal yang paling utama dalam nanoteknologi. Satu nanometer (1 nm) setara dengan se-per satu miliar meter (10^{-9} m) atau sama dengan diameter beberapa

atom. Jadi, nanoteknologi melibatkan rekayasa pada skala atom dan molekul. Teknologi tersebut sudah diaplikasikan untuk pemurnian air, pengolahan biomassa dalam pembuangan kotoran, bioreaktor dalam pengolahan gasohol, pemisahan logam berat dalam industri pertambangan, mengurangi polusi udara, memperbaiki tanah dan air yang tercemar, serta sebagai sistem pembawa obat dalam industri farmasi dan kedokteran (Cornell, 2000).

Nanoteknologi juga telah dikembangkan untuk bidang bioteknologi, yaitu untuk pengaturan perbedaan atom antara manusia dengan burung dan antara molekul protein dengan lemak. Melalui teknologi nano tersebut, para ahli kimia dan biokimia dapat melihat struktur alami dari antar mukanya. Nanoteknologi dan bioteknologi sangat sesuai karena beberapa alasan, antara lain karena proses biologis terjadi akibat interaksi di dalam struktur molekulernya dan hal tersebut dapat diamati dengan lebih jelas melalui teknologi nano (Thomas dan Acuña-Narvaez, 2006).

Nanoteknologi memberikan banyak manfaat bagi kehidupan manusia dan lingkungan. Sifat baru yang muncul sebagai bahan berukuran nano (mengalami perubahan kimia dalam permukaan, reaktivitas, konduktivitas listrik, dan sifat lainnya) memberikan peluang bagi inovasi dalam produksi energi yang lebih bersih, efisiensi energi, pengolahan air, dan rehabilitasi lingkungan yang secara langsung dapat memperbaiki lingkungan. Akan tetapi, pada saat yang sama, sifat-sifat baru tersebut mungkin dapat menyebabkan risiko bagi pekerja, konsumen, masyarakat luas, dan lingkungan.

Beberapa bahan berukuran nano berpotensi menyebabkan kerusakan jaringan kulit, otak, dan paru-paru, menjadi aktif atau menetap di lingkungan, atau dapat pula membunuh mikro-organisme. Contoh nyata adalah masalah yang timbul akibat penggunaan asbestos, klorofluorokarbon, *dichloro-diphenyl-trichloroethane* (DDT), bahan bakar bertimah, *poly-chlorinated biphenols* (PCBs), dan bahan lainnya (Wickson *et al*, 2010). Bahan tersebut menjadi bukti bahwa produk yang berguna tidak selalu ramah bagi kesehatan ataupun lingkungan (Balbus *et al*, 2005). Kelemahan tersebut berdampak pada munculnya masalah sosial yang memerlukan pendekatan ilmiah dalam merumuskan kebijakan publik terkait dengan penggunaan nanoteknologi (Schomberg, 2011). Hal inilah yang mungkin juga menjadi penyebab terbatasnya aplikasi nanoteknologi di bidang pangan.

Meskipun terdapat kelemahan, tetapi penelitian tentang penggunaan nanoteknologi di bidang pangan tetap terus berkembang. Nanoteknologi mempunyai potensi besar sebagai pembawa komponen bioaktif dalam pangan fungsional untuk meningkatkan kesehatan. Nanoteknologi juga dapat digunakan sebagai sistem pembawa flavor baru untuk meningkatkan mutu dan kegunaan pangan (Chen *et al*, 2006). Nanoteknologi dapat digunakan untuk meningkatkan kelarutan, memperbaiki bioavailabilitas, mengontrol pelepasan, dan menjaga stabilitas mikronutrien dan komponen bioaktif selama proses pengolahan, penyimpanan, dan pendistribusiannya. Nanoteknologi dapat diaplikasikan sebagai *smart/intelligent system*, sehingga dapat meningkatkan kemanjuran dan keamanan pangan selama pengolahan dan transportasi (Weiss *et al*, 2006). Nanoteknologi dapat diterapkan sebagai pengendali mutu produk pangan (Mannino dan Scampicchio, 2007). Lebih dari 200 perusahaan pangan memanfaatkan hasil penelitian tentang nanoteknologi untuk diaplikasikan dalam produk mereka (Tarver, 2006). Perkembangan tersebut terjadi karena melalui aplikasi nanoteknologi, industri pangan tetap memperhatikan aspek keamanan pangan dan konsumen juga memper²eh keuntungannya.

Nanoteknologi merupakan teknologi masa kini dan masa depan. Teknologi tersebut sangat menjanjikan, karena membuka berbagai peluang dalam usaha meningkatkan mutu dan keamanan pangan. Teknologi nano telah banyak diterapkan di negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Inggris, Jerman dan Jepang. Sedangkan negara berkembang masih belum banyak memanfaatkan teknologi tersebut. Rowe (2007) melaporkan industri pangan yang telah memanfaatkan nanoteknologi antara lain adalah 'Nanotea' yang diproduksi oleh perusahaan China dengan maksud meningkatkan jumlah selenium yang terabsorpsi dari teh hijau melalui proses miselasi; Mars yang mempunyai paten dari Amerika untuk pelapis berskala nano yang terbuat dari nano oksida silikon atau titanium yang telah diujikan pada M&Ms, Twix dan Skittles untuk memperpanjang umur simpannya; Nestlé telah mengembangkan nano-enkapsulasi untuk meningkatkan umur simpan dan rasa dalam produk-produk berlemak seperti coklat dan produk turunannya; Aq⁶⁹ova, minuman yang diproduksi oleh perusahaan Jerman, mengandung pembawa yang memungkinkan antioksidan alami seperti vitamin C dan vitamin E mempunyai efisiensi dan kelarutan lebih tinggi serta tetap mempunyai

kenampakan jernih. Beberapa industri pangan besar lain yang telah menerapkan nanoteknologi adalah Campbell Group, General Mill, Group Danone, H.J. Heinz, dan Sara Lee.

Banyak keuntungan dan nilai positif yang dapat dihasilkan jika nanoteknologi diterapkan dalam industri pangan, diantaranya karena dapat dihasilkan produk baru yang mempunyai citarasa baru dan dengan tekstur baru, yaitu dengan cara merubah ukuran molekul pangan. Di samping itu juga mampu meningkatkan daya penyebaran (*spreadibility*) secara lebih merata. Nanoteknologi juga dapat diaplikasikan untuk menghasilkan produk baru yang rendah lemak, rendah garam, rendah gula, serta rendah bahan pengawet. Nanoteknologi juga dapat meningkatkan bioavailabilitas berbagai zat gizi. Zat-zat gizi tersebut dapat dibuat dalam ukuran sangat kecil (berskala nanometer), sehingga lebih mudah diserap oleh tubuh. Dengan demikian akan berkembang berbagai produk baru yang merupakan pangan sehat (*health foods*). Mutu pangan maupun mutu efisiensi gizinya dapat ditingkatkan, serta tingkat kesegarannya dapat dijaga, sehingga produk pangan mempunyai mutu dan daya simpan lebih baik. Teknologi nano juga dapat digunakan untuk memperbaiki mutu dan fungsi kemasan pangan (Azeredo, 2009). Saat inipun sudah muncul istilah kemasan aktif atau *intelligent dan smart packaging*. Dengan memanfaatkan teknologi nano, tingkat penelusuran produk juga akan menjadi lebih baik (*product trace ability*), sehingga penelusuran masalah keamanan pangan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan akurat.

Meskipun mempunyai banyak keunggulan, tetapi produk pangan berbasis nanoteknologi masih belum dapat diterima oleh semua kalangan masyarakat. Penelitian yang dilakukan di Switzerland menunjukkan bahwa meskipun bermanfaat, tetapi pangan nanoteknologi mempunyai persepsi negatif di mata konsumen. Konsumen lebih tertarik pada produk pangan yang mempunyai efek menyehatkan jika efek tersebut disebabkan oleh bahan tambahan alami (Siegrist dan Stampfli, 2009). Hasil penelitian yang sama juga terjadi di México. Konsumen merasa lebih aman jika nanoteknologi hanya diaplikasikan pada kemasan atau penggunaan luar, bukan di dalam pangan yang langsung dikonsumsinya (López-Vázquez, 2012). Roosen *et al* (2011) menyimpulkan bahwa informasi tentang dampak nanoteknologi pada kesehatan, sosial, atau lingkungan perlu dijelaskan terlebih dahulu kepada konsumen dengan lebih jelas dan informasi awal yang diterima konsumen sangat menentukan keputusannya dalam membeli produk pangan nanoteknologi.

Nanoteknologi merupakan teknologi yang membawa perubahan besar pada industri pangan, mulai dari pengemasan hingga nilai gizi pangan. Setiap perubahan baru tentulah membawa dampak nyata pada upaya pemasyarakatannya. Di Jepang, diperlukan dialog antara ilmuwan dan masyarakat umum tentang isu seputar komersialisasi nanoteknologi. Dengan cara tersebut, pangan nanoteknologi dapat diterima dengan baik oleh konsumen (Yamaguchi, 2010). Nanoteknologi mempunyai peluang besar untuk diaplikasikan pada pangan dan pertanian (Diefes-Dux *et al*, 2007), mempunyai manfaat besar bagi ilmu gizi (Srinivas *et al*, 2010), dan dapat mengatasi kelaparan akibat perubahan iklim global (Meetoo, 2011). Nanoteknologi mempunyai potensi yang baik untuk diaplikasikan dalam industri pangan dan pengolahan sebagai cara baru untuk mendeteksi adanya patogen, sistem pembawa untuk mengatasi penyakit, pengemasan pangan, dan pembawa komponen bioaktif menuju targetnya (Rashidi dan Khosravi-Darani, 2011). Namun demikian, pemilihan seluruh bahan dan proses pembuatannya harus benar-benar dilakukan secara cermat dan terkendali agar konsumen mempunyai kepastian keamanannya. Hal tersebut tentunya juga berlaku bagi teknologi mikroemulsi.

POTENSI MIKROEMULSI PANGAN

Perhatian terhadap mikroemulsi yang bersifat *food grade* semakin meningkat dan menunjukkan potensi besar untuk diaplikasikan dalam industri pangan sebagai sistem pembawa komponen bioaktif (Flanagan dan Singh, 2006); kurkumin (Esmaili *et al*, 2011); asam askorbat (Cid *et al*, 2013); antimikrobia hidrofobik seperti fitofenol dan polifenol (Gaysinsky *et al*, 2008) maupun agensia pembawa zat flavor yang tidak larut air (Kumar *et al*, 2002) untuk diaplikasikan dalam produk berbasis air. Mikroemulsi dapat meningkatkan kelarutan bahan tambahan pangan yang bersifat hidrofilik dan lipofilik, dapat berperan sebagai mikroreaktor untuk meningkatkan efisiensi reaksi, dan untuk ekstraksi secara selektif (Spernath *et al*, 2002). Mikroemulsi efektif digunakan sebagai sistem pembawa bahan yang bersifat hidrofobik agar dapat didispersikan ke dalam sistem yang bersifat hidrofilik, dan sebaliknya, sehingga dapat meningkatkan efektivitas dan bioavailabilitas bahan tersebut (Spernath *et al*, 2003).

Mikroemulsi minyak dalam air (o/w) dapat meningkatkan kelarutan komponen bioaktif yang bersifat larut dalam minyak, seperti likopen (Spernath *et al.*, 2002), lutein (Amar *et al.*, 2002), fitosterol (Spernath *et al.*, 2003), kurkumin (Cretu *et al.*, 2011). Sedangkan mikroemulsi air dalam minyak (w/o) dapat digunakan sebagai sistem pembawa komponen hidrofilik seperti kuersetin (Vicentini *et al.*, 2011) ataupun asam askorbat (Rukmini *et al.*, 2012^b; Cid *et al.*, 2013). Mikroemulsi yang membawa komponen-komponen bioaktif tersebut efektif berperan sebagai antioksidan. Imai *et al.* (2008) menyatakan bahwa penghambatan oksidasi dalam sistem mikroemulsi (maupun nanoemulsi) jauh lebih efektif dibanding dengan sistem emulsi konvensional.

Astaxantin dan α -tokoferol dalam sistem mikroemulsi o/w terbukti efektif menghambat terjadinya off-flavor akibat fotooksidasi pada susu (Yuwanti *et al.*, 2011^b) maupun susu full cream. (Yuwanti *et al.*, 2012). Sedangkan Pakpayat *et al.* (2009) melaporkan bahwa kelarutan dan stabilitas asam askorbat dalam sistem mikroemulsi w/o lebih tinggi dibanding dalam sistem mikroemulsi o/w. Sistem mikroemulsi juga mampu menghambat kerusakan asam askorbat yang dimasukkan ke dalamnya (Szymula, 2002). Kerusakan asam askorbat (vitamin C) dalam sari buah jeruk ternyata dapat dihambat oleh mikroemulsi yang mengandung β -karoten (Ariviani *et al.*, 2011^b). Asam askorbat dalam sistem mikroemulsi w/o juga terbukti sangat efektif menghambat oksidasi *extra virgin olive oil* (Mosca *et al.*, 2008) atau *virgin coconut oil* (Rukmini *et al.*, 2012^b). Hasil-hasil tersebut menunjukkan efektivitas sistem mikroemulsi dalam menghambat terjadinya oksidasi, sehingga dapat dikatakan bahwa sistem mikroemulsi sangat efektif digunakan sebagai sistem pembawa antioksidan untuk menghambat kerusakan oksidatif produk pangan.

Mikroemulsi yang dibuat dengan menggunakan fase minyak berupa gliserol monolaurat (GML) sangat efektif untuk menghambat pertumbuhan jamur *Aspergillus niger* dan *Penicillium italicum* (Zhang *et al.*, 2008) maupun pertumbuhan yeast *Candida albicans* dan *Saccharomyces cerevisiae* (Zhang *et al.*, 2010). Fu *et al.* (2006) melaporkan bahwa GML yang dimasukkan dalam sistem mikroemulsi mempunyai aktivitas antimikrobia jauh lebih tinggi dibanding GML saja tanpa dimasukkan dalam sistem mikroemulsi. Peneliti lain juga melaporkan bahwa aktivitas antimikrobia GML dalam sistem mikroemulsi terhadap *Bacillus subtilis* (Zhang *et al.*, 2006) maupun *Staphylococcus aureus* (Zhang *et al.*, 2007) meningkat. Fitofenol (kavakrol dan eugenol) yang diformulasikan dalam sistem mikroemulsi juga sangat efektif sebagai agensia antimikrobia, khususnya efektif membunuh bakteri patogen, sehingga produk pangan menjadi lebih aman dikonsumsi (Gaysinsky *et al.*, 2008). Hasil-hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa mikroemulsi mempunyai potensi besar sebagai agensia pembawa zat antimikrobia untuk diaplikasikan pada produk pangan.

Selain sebagai sistem pembawa antioksidan atau antimikrobia, mikroemulsi juga dapat digunakan sebagai sistem pembawa flavor maupun zat warna. Zat flavor yang cukup populer untuk industri pangan adalah mint. Mint oil bersifat mudah menguap, sukar larut dalam air (bersifat hidrofobik), dan sangat labil (mudah terdegradasi selama pengolahan maupun penyimpanan), sehingga sifat sensorisnya mudah berubah (Zhong *et al.*, 2009). Masalah tersebut dapat diatasi dengan memanfaatkan teknologi mikroemulsi. Peningkatan kelarutan komponen flavor bersifat hidrofobik dan stabilitasnya dapat dilakukan dengan aplikasi mikroemulsi yang dibuat menggunakan *R-limonene* sebagai fase minyak (Garti *et al.*, 2005) dan campuran surfaktan anionik maupun nonionik (Cho *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2005). Dari berbagai formulasi yang dibuat Zhong *et al.* (2009) menunjukkan bahwa mikroemulsi o/w lebih efektif menghambat penguapan mint oil. Hal tersebut terjadi karena mint oil sebagai fase minyak yang merupakan droplet dalam sistem mikroemulsi o/w tersebut terlindungi oleh molekul-molekul surfaktan. Setelah dibuat menjadi mikroemulsi o/w, mint oil yang bersifat hidrofobik akan mudah dilarutkan dalam produk berbasis air (minuman) dengan stabilitas yang tetap terjaga. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mikroemulsi sangat efektif berperan sebagai sistem pembawa zat flavor.

Selain flavor, tingkat penerimaan konsumen terhadap produk pangan juga ditentukan oleh kenampakan dan/atau warnanya. Warna yang sering digunakan dalam produk pangan adalah merah dan kuning. Sumber warna merah dapat diperoleh dari likopen yang pada umumnya diekstrak dari tomat, sedangkan warna kuning dari kurkumin rimpang kunyit. Likopen mempunyai kelarutan rendah, baik dalam air maupun minyak, bioavailabilitasnya pun rendah. Jika dimasukkan dalam sistem mikroemulsi, kelarutan likopen akan meningkat menjadi dua puluh kalinya (Garti *et al.*, 2004). Hal ini terjadi karena likopen akan berada pada lapisan antar muka dari sistem mikroemulsi tersebut. Garti *et al.* (2005) juga menyebutkan bahwa likopen dalam sistem mikroemulsi tahan terhadap oksidasi. Meskipun telah disimpan dalam botol terbuka selama 75 hari, likopen tetap tidak rusak, berbeda jika tidak dimasukkan dalam sistem mikroemulsi,

likopen akan teroksidasi sempurna dalam waktu beberapa hari. McClements *et al.* (2007) menyebutkan bahwa likopen yang dimasukkan ke dalam sistem mikroemulsi tetap stabil ketika dicampurkan dalam jus jeruk, tetapi mengalami pemisahan fase ketika dicampurkan dalam susu. Hal tersebut menunjukkan bahwa likopen dalam sistem mikroemulsi kurang sesuai jika diaplikasikan dalam sistem emulsi seperti susu.

Kurkumin merupakan pigmen kuning dari rimpang kunyit, bersifat hidrofobik dan sulit larut dalam pelarut organik; biasa digunakan sebagai pewarna, penambah cita rasa atau pengawet pangan. Lin *et al.* (2009) memasukkan kurkumin ke dalam sistem mikroemulsi o/w dan membuktikan bahwa mikroemulsi yang mengandung kurkumin tersebut tetap stabil selama dua bulan, dan dapat dilarutkan dalam air tanpa mengalami kerusakan. Dengan demikian terbukti bahwa sistem mikroemulsi mampu memfasilitasi kelarutan kurkumin dalam air, sehingga mikroemulsi yang mengandung kurkumin cocok untuk diaplikasikan pada produk berbasis air. Cui *et al.* (2009) juga membuktikan bahwa sistem mikroemulsi mampu meningkatkan kelarutan dan absorpsi kurkumin, sehingga efektivitasnya sebagai antioksidan untuk meningkatkan kesehatan lebih meningkat.

Uraian di atas menunjukkan bahwa teknologi mikroemulsi mempunyai potensi besar untuk diaplikasikan pada industri pangan. Meskipun berbagai penelitian membuktikan bahwa mikroemulsi dapat digunakan sebagai sistem pembawa antioksidan, antimikrobia, zat flavor, maupun zat warna, sehingga dapat mempertahankan bahkan meningkatkan mutu produk pangan, tetapi sampai saat ini belum banyak industri pangan Indonesia yang mengenal dan memanfaatkan teknologi tersebut. Teknologi mikroemulsi mempunyai potensi besar untuk dikembangkan dan diaplikasikan pada industri pangan Indonesia. Untuk itu, perlu kiranya diperhatikan ketentuan atau peraturan-peraturan tentang peredaran pangan di Indonesia agar upaya untuk meningkatkan mutu produk pangan berbasis mikroemulsi tidak sia-sia karena berbenturan dengan peraturan yang membatasinya.

PERATURAN PENGGUNAAN MIKROEMULSI DALAM PRODUK PANGAN

Di Indonesia, secara khusus belum ada peraturan yang mengatur tentang penggunaan mikroemulsi dalam produk pangan. Mengingat mikroemulsi dibuat dengan mencampur air, minyak, dan surfaktan yang kemudian akan diaplikasikan untuk memperbaiki dan/atau meningkatkan mutu produk pangan, maka penggunaan mikroemulsi harus tunduk pada Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 (UU 18/2012) tentang Pangan, khususnya pada Bab VII tentang Keamanan Pangan (Anonim, 2012^a); serta Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2004 (PP 28/2004) tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan, khususnya pada Bab II tentang Keamanan Pangan (Anonim, 2004).

Dalam UU 18/2012 pasal 67 ayat 1 disebutkan bahwa keamanan pangan diselenggarakan untuk menjaga pangan tetap aman, higienis, bermutu, bergizi, dan tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat. Ayat kedua dari pasal tersebut menyatakan bahwa keamanan pangan dimaksudkan untuk mencegah kemungkinan cemaran biologis, kimia, dan lain yang dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia (Anonim, 2012^a). Penyelenggaraan keamanan pangan antara lain dilakukan melalui pengaturan terhadap bahan tambahan pangan (pasal 69) dan dalam pasal 73 dituliskan bahwa bahan tambahan pangan merupakan bahan yang ditambahkan ke dalam pangan untuk mempengaruhi sifat dan/atau bentuk pangan (Anonim, 2012^a). Berdasarkan ketentuan tersebut, maka mikroemulsi dapat digolongkan sebagai bahan tambahan pangan karena aplikasinya dalam produk pangan dimaksudkan untuk mempertahankan dan/atau meningkatkan mutu pangan. Oleh karena itu, penggunaan mikroemulsi juga harus tunduk pada ketentuan tentang bahan tambahan pangan yang telah dituangkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 033 Tahun 2012 (Permenkes 033/2012) tentang Bahan Tambahan Pangan (Anonim, 2012^b).

Surfaktan yang merupakan salah komponen mikroemulsi juga merupakan bahan tambahan pangan. Beberapa jenis surfaktan seperti gula ester, Tween, dan Span merupakan jenis surfaktan yang diijinkan untuk digunakan dalam pangan dan tercantum sebagai pengemulsi (*emulsifier*) dalam Lampiran Permenkes 033/2012 (Anonim, 2012^b). Akan tetapi, secara khusus belum ada peraturan tentang batas maksimum penggunaan surfaktan. Yang ada adalah batas maksimum penggunaan garam pengemulsi yang diatur dalam Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2013 (PerKB POM 16/2013) tentang Batas Maksimum Penggunaan Bahan Tambahan Pangan Garam Pengemulsi (Anonim, 2013^a). Peraturan tersebut hanya mengatur tentang pengemulsi dalam bentuk garam, sedangkan

surfaktan yang dapat digunakan untuk memfasilitasi pembentukan mikroemulsi tidak berbentuk garam, sehingga tidak tercantum dalam ketentuan tersebut. Sedangkan dalam SNI 01-0222-1995 tentang Bahan Tambah Makanan dicantumkan bahwa penggunaan maksimum dalam pangan/minuman untuk gula ester 10 g/kg, lesitin 5 g/kg, polisorbitat 500 mg/kg, dan Span 500 mg/kg (Anonim, 1995).

4 Peraturan tentang mikroemulsi sebagai sistem pembawa sampai saat ini belum ada. Dalam Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2013 (PerKB DM 6/2013) tentang Batas Maksimum Penggunaan Bahan Tambah Pangan Pembawa disebutkan bahwa pembawa (*carrier*) adalah bahan tambahan pangan yang digunakan untuk memfasilitasi penanganan, aplikasi atau penggunaan bahan tambahan pangan lain atau zat gizi di dalam pangan dengan cara melarutkan, mengencerkan, mendispersikan atau memodifikasi secara fisik bahan tambahan pangan lain atau zat gizi tanpa mengubah fungsinya dan tidak mempunyai efek teknologi pada pangan (Anonim, 2013^b). Berdasarkan ketentuan tersebut, berarti mikroemulsi merupakan bahan tambahan pangan pembawa. Akan tetapi, pasal 3 dan ketentuan tersebut hanya mencantumkan bahan yang tergolong tambahan pangan pembawa adalah Sukrosa asetat isobutirat (*Sucrose acetate isobutyrate*); Trietil sitrat (*Triethyl citrate*); Propilen glikol (*Propylene glycol*); dan Polietilen glikol (*Polyethylene glycol*). Kemungkinan, karena mikroemulsi merupakan hal baru, maka fungsinya sebagai bahan tambahan pangan pembawa belum dituangkan dalam ketentuan/peraturan tentang peredaran pangan di Indonesia.

Berdasarkan hasil-hasil penelitian tentang proses pembuatan dan aplikasinya dalam produk pangan, penggunaan mikroemulsi dalam produk pangan sesungguhnya tidak bertentangan dengan ketentuan-ketentuan yang ada. Sebagai contoh, untuk menghambat kerusakan vitamin C dalam sari buah jeruk hanya dibutuhkan 6 ppm mikroemulsi β -karoten (Ariviani *et al*, 2011^b); untuk menghambat terbentuknya *sunlight flavor* pada susu *full cream* dibutuhkan 2% mikroemulsi α -tokoferol (Yuwanti *et al*, 2012); dan untuk menghambat fotooksidasi virgin coconut oil dibutuhkan 250 ppm asam askorbat dalam sistem mikroemulsi w/o (Rukmini *et al*, 2012^b). Meskipun mikroemulsi mempunyai potensi yang baik untuk diaplikasikan pada industri pangan di Indonesia, tetapi untuk mendukung hal tersebut masih diperlukan kajian tentang aspek keamanannya, seperti yang dipersyaratkan oleh undang-undang pangan.

3 KESIMPULAN

Mikroemulsi merupakan dispersi dua cairan yang tidak saling larut yang membentuk larutan homogen melalui penambahan surfaktan dalam jumlah relatif banyak. Mikroemulsi mempunyai droplet terdispersi dengan diameter berukuran 100-1000 Å atau 10-100 nm. Oleh karena ukurannya tersebut, maka mikroemulsi termasuk dalam nanoteknologi. Nanoteknologi antara lain telah dimanfaatkan di bidang farmasi, kosmetik, agrokimiawi, kedokteran, dan juga pangan. Hal tersebut membuka peluang bagi mikroemulsi untuk dapat diaplikasikan dalam pangan. Mikroemulsi mempunyai banyak keunggulan, antara lain bersifat termodinamik stabil, transparan, mempunyai viskositas rendah, kapabilitas kelarutan tinggi, dan terbentuk secara spontan dari bagian hidrofobik atau hidrofilik molekul surfaktan, sehingga dapat diaplikasikan pada produk pangan tanpa mempengaruhi kenampakannya. Meskipun hingga saat ini belum ada peraturan yang secara khusus mengatur penggunaan mikroemulsi, tetapi berdasarkan beberapa hasil penelitian, maka mikroemulsi mempunyai potensi besar untuk diaplikasikan dalam industri pangan Indonesia. Untuk mendukung hal tersebut masih diperlukan kajian tentang aspek keamanannya, terutama untuk memenuhi persyaratan sesuai peraturan yang berlaku.

39

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah memberikan bantuan dana penelitian untuk mengembangkan teknologi mikroemulsi, sehingga penulis dapat menyusun makalah ini.

8 DAFTAR PUSTAKA

Amar I, Aserin A, Garti N. 2002. Solubilization patterns of lutein and lutein esters in food grade non ionic microemulsions. *J Agric Food Chem* 50:4775-4781.

- 68
Anonim⁵⁵1995. Standar Nasional Indonesia Nomor 01-0222-1995 tentang Bahan Tambah Makanan. http://agri.sucofindo.co.id/Extra/PDF/SNI_01-0222-1995_Bahan_Tambahan_Makanan.pdf [01 April 2013] ⁴⁷
- Anonim. 2004. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan. http://www.pom.go.id/pom/hukum_perundangan/pdf/PP28-2004BT.pdf [01 April 2013]. ¹
- Anonim. 2012^a. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan. http://www.idxindonesia.bsn.go.id/uploads/download/UU_Pangan_No.18.pdf. [01 April 2013]. ⁴⁶
- Anonim. 2012^b. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 033 Tahun 2012 tentang Bahan Tambah Pangan. http://www.jdih.pom.go.id/produk/peraturanmenteri/Permenkes_tentang_BTP.pdf. [01 April 2013]. ¹²³
- Anonim, 2013^a. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2013 tentang Batas Maksimum Penggunaan Bahan Tambah Pangan Garam Pengemulsi. http://www.jdih.pom.go.id/produk/peraturanKepalaBPOM/PerKBPOMNo.16Tahun2013TentangBatasMaksimumPenggunaanBahanTambahanPanganGaramPengemulsi_Nett.pdf [01 April 2013]. ⁴
- Anonim. 2013^b. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2013 tentang Batas Maksimum Penggunaan Bahan Tambah Pangan Pembawa http://www.jdih.pom.go.id/produk/peraturanKepalaBPOM/PerKBPOMNo.6Tahun2013TentangBatasMaksimumPenggunaanBahanTambahanPanganPembawa_Nett.pdf [01 April 2013]. ⁵
- Ariviani S, Raharjo S, Hastuti P. 2011^a. Potensi mikroemulsi β -karoten dalam menghambat fotooksidasi vitamin C sistem aqueous. *J Teknol Industri Pangan* 12(1):33-39.
- Ariviani S, Raharjo S, Hastuti P. 2011^b. Aplikasi mikroemulsi β -karoten untuk menghambat kerusakan fotooksidatif vitamin C pada sari buah jeruk. *Agritech* 31(3):180-189. ⁵⁴
- Arredo HMCD. 2009. Nanocomposites for food packaging applications. *Food Res Int* 42(9):1240-1253. ³⁸
- Balbus J, Denison R, Florini K, Walsh S. 2005. Getting nanotechnology right the first time. *Issues in Sci Tech* 21(4):65-71. ³³
- Chen H, Weiss J, Shahidi F. 2006. Nanotechnology in nutraceutical and functional food. *Food Tech* 60(3):30-36. ³²
- Cho YH, Kim S, Bae EK, Mok CK, Park J. 2008. Formulation of a cationic surfactant-free o/w microemulsion using nonionic surfactants mixtures. *J Food Sci* 73(3):E115-E121. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2008.00688.x. ¹⁵
- Cid A, Mejuto JC, Orellana PG, López-Fernández O, Rial-Otero R, Simal-Gandara J. 2013. Effects of ascorbic acid on microstructure and properties of SDS micellar aggregates for potential food applications. *Food Res Int* 50:143-148. DOI: 10.1016/j.foodres.2012.10.009. ³³
- Connell B. 2000. Nanotechnology: the technology of the 21st century. *Australasian Sci* 21(1):28-32. ⁵¹
- Cretu R, Dima C, Bahrim G, Dima S. 2011. Improved solubilization of curcumin with microemulsification formulation. *Food Tech* 35(2):46-55. ¹⁸
- Cui J, Yu B, Zhao Y, Zhu W, Li H, Lou H, Zhai G. 2009. Enhancement of oral absorption of curcumin by self-microemulsifying drug delivery system. *Int J Pharm* 371:148-155. ²¹
- Diefes-Dux HA, Dyehouse M, Bennett D, Imbrie PK. 2007. Nanotechnology awareness of first-year food and agriculture students following a brief exposure. *J Nat Resour Life Sci Educ* 36:58-65. ⁹
- Esmaili M, Ghalfari SM, Moosavi-Movahedi Z, Atri MS, Shrifzadeh A, Farhadi M. 2011. Beta casein-micelle as a nano vehicle for solubility enhancement of curcumin, food industry application. *LWT-Food Sci Tech* 44:2166-2172. ⁴⁹
- Flanagan M. 2009. *Microemulsions: Properties and Applications*. CRC Press, New York.
- Flanagan J, Kortegaard K, Pinder DN, Rades T, Singh H. 2006. Solubilisation of soybean oil in microemulsions using various surfactants. *Food Hydrocol* 20:253-260. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2005.02.017. ³⁵
- Flanagan J, Singh H. 2006. Microemulsions: a potential delivery system for bioactives in food. *Cri Rev Food Sci Nut* 46:221-237. DOI: 10.1080/10408690590956710.

- 31 Friberg SE, Kayali I. 1991. Surfactant Association Structures, Microemulsions, and Emulsions in Foods dalam Microemulsions and Emulsions in Food. ACS Symposium Series No. 448, American Chemical Society, Washington, DC.
- 27 Fu X, Feng F, Huang B. 2006. Physicochemical characterization and evaluation of a microemulsion system for antimicrobial activity of glycerol monolaurate. *Int J Pharm* 321:171-175.
- 11 Garti N, Shevachman M, Shani A. 2004. Solubilisation of lycopene in jojoba oil microemulsion. *J Am Oil Chem Soc* 81(9):873-877.
- Garti N, Spornath A, Aserin A, Lutz R. 2005. Nano-sized self-assemblies of nonionic surfactant as solubilization reservoirs and microreactors for food system. *Soft Matter* 1:206-218.
- 9 Gaysinsky S, Davidson PM, McClements DJ, Weiss J. 2008. Formulation and characterization of phytophenol-carrying antimicrobial microemulsions. *Food Biophy* 3:54-65. DOI: 10.1007/s11483-007-9048-1.
- 23 J JS. 2005. What's next for nanotechnology. *The Futurist* 39(4):28-32.
- Imai H, Maeda T, Shima M, Adachi S. 2008. Oxidation of methyl linoleate in oil-in-water micro- and nanoemulsion systems. *J Am Oil Chem Soc* 85:809-815. DOI: 10.1007/s11746-008-1257-3.
- 30 Kumar R, Thakur I, Mozumdar S, Patanjali PK. 2002. Solubilization of some hydrophobic food flavouring agents in single and mixed micellar systems. *J Surface Sci Tech* 18:153-161.
- 13 Li P, Ghosh A, Wagner RF, Krill S, Joshi YM, Serajuddin ATM. 2005. Effect of combined use of nonionic surfactant on formation of oil-in-water microemulsions. *Int J Pharm* 288:27-34.
- 22 Lin C-C, Lin H-Y, Chen H-C, Yu M-W, Lee M-H. 2009. Stability and characterisation of phospholipid-based curcumin-encapsulated microemulsions. *Food Chem* 116:923-928.
- López-Vázquez E. 2012. Perceived risks and benefits of nanotechnology applied to the food and packaging sector in México. *British Food J* 114(2):197-205. DOI: 10.1108/00070701211202386.
- 52 Mannino S, Scampicchio M. 2007. Nanotechnology and food quality control. *Vet Res Commun* 31(1):149-151. DOI: 10.1007/s11259-007-0081-9.
- 37 McClements DJ, Decker EA, Weiss J. 2007. Emulsion-based delivery systems for lipophilic bioactive compounds. *J Food Sci* 72(8):R109-R124.
- 40 Meetoo DD. 2011. Nanotechnology and the food sector: from the farm to the table. *Emir J Food Agric* 23(5):387-403.
- 44 Mosca M, Ceglie A, Ambrosone L. 2008. Antioxidant dispersions in emulsified olive oils. *Food Res Int* 41:201-207.
- 5 Pakpayat N, Nielloud F, Fortune R, Tourne-Peteilh C, Villareal A, Grillo I, Bataille B. 2009. Formulation of ascorbic acid microemulsions with alkyl polyglycosides. *J Pharm* 72:444-452.
- 64 Patel MR, Patel RB, Parikh JR, Bhatt KK, Kundawala AJ. 2007. Microemulsions: as novel drug delivery vehicle. <http://www.pharmainfo.net/reviews/microemulsions-novel-drug-delivery-vehicle>. [01 April 2013].
- 43 Rashidi L, Khosravi-Darani K. 2011. The applications of nanotechnology in food industry. *Cri Rev Food Sci Nut* 51(8):723-731.
- 17 Roosen J, Bieberstein A, Murette S, Blanchemanche S, Vandermoere F. 2011. The effect of information choice and discussion on consumers' willingness-to-pay for nanotechnologies in food. *J Agric Res Ec* 36(2):365-374.
- 57 Rowe M. 2007. Nanotechnology in the food industry: management briefing, latest research. *Just-food* 6:13-16.
- 20 Rukmini A, Raharjo S, Hastuti P, Supriyadi. 2012^a. Formulation and stability of water-in-virgin coconut oil microemulsion using ternary food grade nonionic surfactants. *Int Food Res J* 19(1):259-264.
- 45 Rukmini A, Raharjo S, Hastuti P, Supriyadi. 2012^b. Antiphototoxidative effect of ascorbic acid microemulsion in virgin coconut oil. *J Food Sci Eng* 2(4):206-212.
- 26 Schomberg RV. 2011. On identifying plausibility and deliberative public policy; Commentary on: "Negotiating plausibility: intervening in the future of nanotechnology". *Sci Eng Ethics* 17:739-742. DOI: 10.1007/s11948-11-9305-z.
- 34 Siegrist M, Stampfli N. 2009. Acceptance of nanotechnology foods: a conjoint study examining consumers' willingness to buy. *British Food J* 111(7):660-668. DOI: 10.1108/00070700910972350.

- 7 Spermath A, Yaghmur A, Aserin A, Hoffman RE, Garti N. 2002. Food-grade microemulsions based on nonionic emulsifiers: media to enhance lycopene solubilization. *J Agric Food Chem* 50:6917-6922.
- Spermath A, Yaghmur A, Aserin A, Hoffman RE, Garti N. 2003. Self-diffusion nuclear magnetic resonance, microstructure transitions, and solubilization capacity of phytosterol and cholesterol in Winsor IV food-grade microemulsions. *J Agric Food Chem* 51:2359-2364.
- Srinivas PR, Philbert M, Vu TQ, Huang Q, Kokini JL, Saos E, Chen H, Peterson CM, Friedl KE, McDade-Ngutter C, Hubbard V, Starke-Reed P, Miller N, Betz JM, Dwyer J, Milner J, Ross SA. 2010. Nanotechnology research: applications in nutritional sciences. *J Nut* 140(1):119-124. DOI: 10.3945/jn.109.115048.
- Suhendra L, Raharjo S, Hastuti P, Supriyadi. 2012. Formulasi dan stabilitas mikroemulsi o/w sebagai pembawa fucoxanthin. *Agritech* 32(3):230-239.
- 59 Szymula M. 2002. Antioxidants activity in oil-in-water microemulsion stabilized by anionic surfactant. *Section AA* 57(14):271-280.
- 67 Tarver T. 2004. Food nanotechnology. *Food Tech* 60(11):22-26.
- Thomas TC, Acuña-Narvaez R. 2006. The convergence of biotechnology and nanotechnology: why here, why now?. *J Commercial Biotech* 12(2):105-110.
- 25 Vicentini FTMC, Vaz MMOLL, Fonseca YM, Bentley VLB, Fonseca MJV. 2011. Characterization and stability study of a water-in-oil microemulsion incorporating quercetin. *Drug Dev Ind Pharm* 37(1):47-55. DOI: 10.3109/03639045.2010.491078.
- 16 Warisnoicharoen W, Lansley AB, Lawrence MJ. 2000. Nonionic oil-in-water microemulsions: the effect of oil type on phase behavior. *Int J Pharm* 198:7-27.
- 24 Weiss J, Takhistov P, McClements J. 2006. Functional materials in food nanotechnology. *J Food Sci* 71(9):R107-R116. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2006.00195.x.
- 41 Wickson F, Grieger K, Baun A. 2010. Nature and nanotechnology: science, ideology and policy. *Int J Emerging Tech Soc* 8(1):5-23.
- 53 Yamaguchi T. 2010. Discussing nascent technologies: citizens confront nanotechnology in food. *East Asian Sci Tech Soc* 4:483-501. DOI: 10.1007/s12280-010-9153-y.
- 1 Yuwanti S, Raharjo S, Hastuti P, Supriyadi. 2011a. Formulasi mikroemulsi minyak dalam air (o/w) yang stabil menggunakan kombinasi tiga surfaktan non ionic dengan nilai HLB rendah, tinggi, dan sedang. *Agritech* 31(1):21-29.
- 28 Yuwanti S, Raharjo S, Hastuti P, Supriyadi. 2011b. Inhibition of riboflavin photosensitized off flavor in milk products with o/w microemulsion containing astaxanthin and α -tocopherol. *Int Food Res J* 18(4):1375-1379.
- 71 Yuwanti S, Raharjo S, Hastuti P, Supriyadi. 2012. Mikroemulsi minyak dalam air (o/w) sebagai pembawa α -tokoferol untuk menghambat sunlight flavor pada susu full cream akibat fotooksidasi. *Agritech* 32(2): 179-185.
- 6 Zhang H, Feng F, Fu X, Du Y, Zhang L, Zheng X. 2007. Antimicrobial effect of Food-grade GML microemulsions against *Staphylococcus aureus*. *Eur Food Res Tech* 226:281-286.
- Zhang H, Lu Z, Wang S, Shen Y, Feng F, Zheng X. 2008. Development and antifungal evaluation of a food-grade U-type microemulsion. *J Appl Microbiol* 105:993-1001. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2008.03824.x.
- 14 Zhang H, Shen Y, Bao Y, He Y, Feng F, Zheng X. 2006. Characterization and synergistic antimicrobial activities of food-grade dilution-stable microemulsions against *Bacillus subtilis*. *Food Res Int* 41:495-499.
- 6 Zhang H, Xu Y, Wu L, Zheng X, Zhu S, Feng F, Shen L. 2010. Anti-yeast activity of food-grade dilution-stable microemulsion. *Appl Microbiol Biotechnol* 87:1101-1108. DOI: 10.1007/s00253-010-2623-2.
- 19 Zhong F, Yu M, Luo C, Shoemaker CF, Li Y, Xia S, Ma J. 2009. Formation and characterisation of mint oil/S and CS/water microemulsions. *Food Chem* 115:539-544.

Aplikasi Teknologi Mikroemulsi dalam Industri Pangan Indonesia: Potensi dan Regulasinya

ORIGINALITY REPORT

38%

SIMILARITY INDEX

36%

INTERNET SOURCES

21%

PUBLICATIONS

23%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	media.neliti.com Internet Source	4%
2	www.foodreview.co.id Internet Source	3%
3	es.scribd.com Internet Source	2%
4	jdih.pom.go.id Internet Source	2%
5	www.scribd.com Internet Source	2%
6	Xu, Shixiang, Zhendan Ni, Luyao Ma, and Xiaodong Zheng. "Control of Alternaria Rot of Cherry Tomatoes by Food-Grade Laurus Nobilis Essential Oil Microemulsion : Control of Alternaria Rot of Cherry Tomatoes", Journal of Food Safety, 2016. Publication	1%
7	www.capsugel.com.br	

Internet Source

1%

8

www.e-sciencecentral.org

Internet Source

1%

9

www.omicsonline.org

Internet Source

1%

10

www.thehealthcaresurvivor.com

Internet Source

1%

11

ijsidonline.info

Internet Source

1%

12

www.slideshare.net

Internet Source

1%

13

gnu.inflibnet.ac.in

Internet Source

1%

14

Wang, Yifei, Ruipeng Zhao, Ling Yu, Yunbin Zhang, Yan He, and Jie Yao. "Evaluation of cinnamon essential oil microemulsion and its vapor phase for controlling postharvest gray mold of pears (*Pyrus pyrifolia*) : Effects of essential oil microemulsions on pears", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2013.

Publication

1%

15

Hadi, Binta Jume, Mohd Marsin Sanagi, Hassan Y. Aboul-Enein, Wan Aini Wan Ibrahim, Shajarahtunnur Jamil, and Mohammed

1%

Abdullahi Mu'azu. "Microwave-Assisted Extraction of Methyl β -Cyclodextrin-Complexed Curcumin from Turmeric Rhizome Oleoresin", Food Analytical Methods, 2015.

Publication

16

Y.-H. Cho. "Formulation of a Cosurfactant-Free O/W Microemulsion Using Nonionic Surfactant Mixtures", Journal of Food Science, 3/3/2008

Publication

1%

17

Lusk, Jayson L., Jutta Roosen, and Andrea Bieberstein. "Consumer Acceptance of New Food Technologies: Causes and Roots of Controversies", Annual Review of Resource Economics, 2014.

Publication

1%

18

www.americanpharmaceuticalreview.com

Internet Source

1%

19

Santana, R. C., F. A. Perrechil, and R. L. Cunha. "High- and Low-Energy Emulsifications for Food Applications: A Focus on Process Parameters", Food Engineering Reviews, 2013.

Publication

<1%

20

Submitted to International Islamic University Malaysia

Student Paper

<1%

21

Jim Bird. "Food Science Education Publications and Websites", Journal of Food Science

<1%

22

Wang, Xue, Zhongni Wang, Xin Zhao, Li Zhang, and Jun Fan. "Rheological Properties of Lyotropic Liquid Crystals Encapsulating Curcumin", Journal of Dispersion Science and Technology, 2016.

Publication

<1%

23

Calligaris, Sonia, Lara Manzocco, Monica Anese, and Maria Cristina Nicoli. "Shelf-life Assessment of Food Undergoing Oxidation—A Review", Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2016.

Publication

<1%

24

Submitted to Institute of Graduate Studies, UiTM

Student Paper

<1%

25

Hu, Caibiao, Guodong Zhao, Qiang Xia, and Rui Sun. "Development and characterization of a self-double-emulsifying drug delivery system containing both epigallocatechin-3-gallate and α -lipoic acid", Journal of Materials Science, 2015.

Publication

<1%

26

cns.asu.edu

Internet Source

<1%

H. Zhang. "Development and antifungal

27	evaluation of a food-grade U-type microemulsion", Journal of Applied Microbiology, 4/16/2008 Publication	<1%
28	Submitted to Taylor's Education Group Student Paper	<1%
29	nanomateria.org Internet Source	<1%
30	Varzakas, Theodoros, and Constantina Tzia. "Advances in Food Additives and Contaminants", Contemporary Food Engineering, 2015. Publication	<1%
31	hss.ulb.uni-bonn.de Internet Source	<1%
32	www.dovepress.com Internet Source	<1%
33	"Nanoscience in Food and Agriculture 2", Springer Nature, 2016 Publication	<1%
34	www.j-humansciences.com Internet Source	<1%
35	SERDAROĞLU, Meltem, ÖZTÜRK, Burcu and KARA, Ayşe. "An Overview of Food Emulsions: Description, Classification and Recent Potential	<1%

Applications", TST, 2015.

Publication

36

tekniklingkunganunlam2015.wordpress.com

Internet Source

<1%

37

C. M. Oliver. "Using dairy ingredients for encapsulation", Dairy-derived ingredients, 2009

Publication

<1%

38

www.springerprofessional.de

Internet Source

<1%

39

jurnal.umk.ac.id

Internet Source

<1%

40

www.gidadernegi.org

Internet Source

<1%

41

www.bioethics.ac.uk

Internet Source

<1%

42

Submitted to Imperial College of Science, Technology and Medicine

Student Paper

<1%

43

Bromley, Philip J.. "Nanotechnology and Nonpolar Active Compounds in Functional Foods: An Application Note", Bio-Nanotechnology A Revolution in Food Biomedical and Health Sciences, 2013.

Publication

<1%

44

"Encapsulation Technologies for Modifying

Food Performance", Handbook of Encapsulation and Controlled Release, 2015.

Publication

<1%

45

Fuchs-Tarlovsky, Vanessa. "Role of antioxidants in cancer therapy", Nutrition, 2013.

Publication

<1%

46

perpustakaan.pom.go.id

Internet Source

<1%

47

Submitted to Unika Soegijapranata

Student Paper

<1%

48

ml.scribd.com

Internet Source

<1%

49

ifrj.upm.edu.my

Internet Source

<1%

50

Submitted to University of Huddersfield

Student Paper

<1%

51

ppgcta.agro.ufg.br

Internet Source

<1%

52

Nanotechnologies in Food and Agriculture, 2015.

Publication

<1%

53

Tachikawa, M. "Uncertainty of, and stakeholder response to, emerging technologies: food nanotechnology in Japan", Ethics in Science and Environmental Politics, 2012.

<1%

54	www.research-collection.ethz.ch Internet Source	<1 %
55	moto.lomo.jp Internet Source	<1 %
56	mengalahuntukmenang.blogspot.com Internet Source	<1 %
57	Submitted to Chester College of Higher Education Student Paper	<1 %
58	p3m.amikom.ac.id Internet Source	<1 %
59	dlibra.umcs.lublin.pl Internet Source	<1 %
60	www.pharmainfo.net Internet Source	<1 %
61	repository.uinjkt.ac.id Internet Source	<1 %
62	repository.usu.ac.id Internet Source	<1 %
63	cora.ucc.ie Internet Source	<1 %
64	innovareacademics.in Internet Source	<1 %

- 65 rumahiklim.org Internet Source <1%
-
- 66 pt.scribd.com Internet Source <1%
-
- 67 Kalpana Sastry, R., Shrivastava Anshul, and N. H. Rao. "Nanotechnology in food processing sector-An assessment of emerging trends", *Journal of Food Science and Technology*, 2013. Publication <1%
-
- 68 pangan.unisri.ac.id Internet Source <1%
-
- 69 manfaat.co.id Internet Source <1%
-
- 70 Ni, Shilei, Rui Sun, Guodong Zhao, and Qiang Xia. "Quercetin Loaded Nanostructured Lipid Carrier for Food Fortification: Preparation, Characterization and in vitro Study : QT Loaded NLC for Food Fortification", *Journal of Food Process Engineering*, 2014. Publication <1%
-
- 71 Golbach, Jennifer L., Steven C. Ricke, Corliss A. O'Bryan, and Philip G. Crandall. "Riboflavin in Nutrition, Food Processing, and Analysis - A Review", *Journal of Food Research*, 2014. Publication <1%
-

Najjar, Reza. "Microemulsions - A Brief

72

Introduction", Microemulsions - An Introduction to Properties and Applications, 2012.

Publication

<1%

73

Food Materials Science, 2008.

Publication

<1%

Exclude quotes Off

Exclude matches < 2 words

Exclude bibliography Off