

## KARAKTERISTIK MUTU MIKROENKAPSULAT MINYAK BUAH MERAH (*Pandanus conoideus*) DENGAN PERBANDINGAN KONSENTRASI BAHAN PENGEMULSI DAN BAHAN PELAPIS

[*The Characteristics of Quality of Microencapsulate Red Fruit Oil (Pandanus conoideus) With a Comparison of the Composition of the Emulsifying Material and the Coating Material*]

**Zita Letviany Sarungallo, Budi Santoso\*, Murtiningrum, Mathelda K. Roreng, Venny Murni**

Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Papua (UNIPA), Jl. Gunung Salju Amban Manokwari-98314, Papua Barat.

\*Email korespondensi: budsandida@yahoo.com

Diterima 14 September 2019 / Disetujui 29 November 2019

### ABSTRACT

*Red fruit oil is very sensitive to oxygen. One effort that can be done to improve its stability is using microencapsulation technology. This study aims to produce a stable formula of red fruit oil microencapsulated with the best quality characteristics. Formulation of emulsion of red fruit oil to be encapsulated using 11% degummed red fruit oil, mixture of emulsifier and stabilizer (maltodextrin, gum arab, gelatin, tween 80 and Carboxymethyl Celluloce (CMC)) 22%, and water 67%. The emulsion materials are homogenized and dried using a spray dryer. The parameters observed include the color, viscosity and stability of the emulsion, as well as the physicochemical character and the active components of red fruit microcapsules inamely rendemen, color, moisture content, solubility, total carotenoids and carotenoid retention. The results of this study indicate that the concentration of the coating material and the stabilizer affect the quality of the resulting red fruit oil microencapsules. The formula of stable red fruit oil microenkapsulats (F4 and F5) consisting of degummed red fruit oil (11%), maltodextrin (18%), gum arab (1.8-2.6%), gelatin (0.9-1.3%) , CMC (0.4%) and tween 80 (0.4-0.9%). Comparison of oil fraction, fraction of dry matter and water fraction which can form microencapsulated red fruit oil comprises 11% degummed red fruit oil, 22% emulsifier, coating and stabilizer; and water 67%. Characteristics of red fruit oil mikroenkapsulat (F4 and F5) are old orange color, 29-30% rendemen, 24-25% fat content, total carotenoid 108-111 ppm, carotenoid retention 47-48%, and 73-80% solubility.*

**Keywords:** *microencapsulation, emulsion, red fruit (Pandanus conoideus) oil, carotenoid.*

### ABSTRAK

Minyak buah merah bersifat sangat sensitif terhadap oksigen, salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan stabilitasnya yaitu melalui teknologi mikroenkapsulasi. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik mutu mikroenkapsulat minyak buah merah dengan perbandingan konsentrasi bahan pengemulsi (tween 80 dan CMC) dan bahan pelapis (maltodekstrin, gum arab dan gelatin). Formulasi emulsi minyak buah merah yang akan dienkapsulasi menggunakan minyak buah merah hasil *degumming* 11%, campuran bahan pengemulsi dan penstabil (maltodekstrin, gum arab, gelatin, tween 80 dan CMC) 22% dan air 67%. Bahan-bahan emulsi dihomogenisasi dan dikeringkan menggunakan *spray dryer*. Parameter yang diamati meliputi warna, kekentalan dan stabilitas emulsi, serta sifat fisikokimia (rendemen, warna, kelarutan, kadar air dan kadar lemak) dan komponen aktif (total karotenoid dan retensi karotenoid) mikro kapsul buah merah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi bahan pengemulsi dan pelapis mempengaruhi kualitas mikroenkapsulat minyak buah merah yang dihasilkan. Formula F4 dan F5 adalah mikroenkapsulat minyak buah merah yang paling stabil dengan komposisi minyak buah merah hasil *degumming* (11%), maltodekstrin (18%), gum arab (1,8-2,6%), gelatin (0,9-1,3), CMC 0,4% dan tween 80 0,4-0,9%. Karakteristik mikroenkapsulat minyak buah merah (F4 dan F5) yaitu warna oranye tua, rendemen 29-30%, kadar lemak 24-25%, total karotenoid 108-111 ppm, retensi karotenoid 47-48%, dan kelarutan 73-80%.

**Kata Kunci:** mikro kapsul, minyak buah merah (*Pandanus conoideus*), stabilitas minyak.

### PENDAHULUAN

Minyak buah merah (*Pandanus conoideus*) merupakan hasil ekstraksi dari bulir

(*drupa*) buah merah, dengan aktivitas antioksidan dan komponen aktif yang tinggi (Rohman *et al.*, 2010), yang terdiri dari  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten,  $\beta$ -kriptosantin, dan  $\alpha$ -tokoferol, serta asam lemak tidak jenuh (Sarungallo *et al.*, 2015a; Sarungallo *et al.*, 2015b). Namun demikian,  $\beta$ -karoten,  $\alpha$ -karoten merupakan komponen tidak jenuh yang sangat sensitif terhadap oksigen, cahaya dan panas (Ramoneda *et al.*, 2011), sehingga dikhawatirkan komponen aktifnya dapat mengalami kerusakan dan mengakibatkan penggunaannya menjadi terbatas, serta memiliki masa simpan yang relatif singkat. Senyawa hasil perombakan dari minyak yang sebagian besar terdiri dari asam lemak tak jenuh, tidak hanya menimbulkan cita rasa yang tidak enak akan tetapi juga dalam jumlah yang tinggi dapat membahayakan kesehatan.

Peningkatan stabilitas dan umur simpan minyak buah merah dapat dilakukan melalui teknologi mikroenkapsulasi. Salah satu parameter mutu minyak adalah kadar asam lemak bebas (ALB) yang berperan terhadap perkembangan flavor tengik (*hydrolytic rancidity*) karena sangat mudah teroksidasi selama penyimpanan (Bhosle dan Subramanian, 2005). Reaksi ini selanjutnya dapat menyebabkan kerusakan komponen aktif minyak buah merah seperti karotenoid dan tokoferol selama penyimpanan (Sarungallo *et al.*, 2018). Aplikasi teknologi mikroenkapsulasi dilaporkan efektif dalam menstabilkan minyak sawit merah yang kaya  $\beta$ -karoten (Yudha, 2008); serta minyak buah merah dengan menggunakan bahan penyalut protein (Yanuar *et al.*, 2017). Ditambahkan pula bahwa  $\beta$ -karoten bersifat tidak stabil terhadap panas, cahaya dan oksigen, sehingga dengan teknik mikroenkapsulasi bahan akan terlindung dari lingkungan luar yang dapat menurunkan kualitasnya (Yanuar *et al.*, 2017). Disamping itu, produksi mikroenkapsulat minyak buah merah yang berbentuk bubuk dapat memperluas aplikasi pemanfaatannya, baik sebagai bahan tambahan makanan yang kaya karoten dan tokoferol dalam proses fortifikasi produk, maupun sebagai pewarna alami kuning-oranye seperti permen, es krim,

produk daging, minuman ringan, serta makanan formula.

Mikroenkapsulasi didefinisikan sebagai proses dimana partikel mikro (*droplet*) dikelilingi oleh bahan dinding dan bertindak sebagai penghalang fisik antara inti dan bahan lain yang ada dalam produk (Fang dan Bhandari, 2010). Disamping itu, mikroenkapsulasi memberikan sarana untuk mengubah komponen dalam bentuk cairan (minyak) menjadi partikel padat dan melindungi materi dari pengaruh lingkungan, mencegah degradasi karena radiasi cahaya atau oksigen dan memperlambat terjadinya evaporasi (Risch, 1995). Menurut Thies (1996), beberapa faktor yang dapat mempengaruhi jumlah minyak yang terkapsul yaitu antara lain bahan pengemulsi dan bahan pelapis.

Penentuan bahan pelapis dan pengemulsi yang tepat merupakan tahap awal yang penting yang dapat mempengaruhi karakteristik mutu dan stabilitas mikrokapsul yang dihasilkan. Bahan tersebut harus memiliki kelarutan dalam air tinggi, kemampuan emulsi tinggi, dapat mempertahankan flavor bahan, tidak merubah rasa dan aroma bahan, dapat mempermudah proses pengeringan semprot, dan memiliki harga yang relatif murah. Disamping itu, bahan penyalut harus dapat mengontrol tingkat pelepasan dari senyawa flavor (*flavor release*), sehingga saat diaplikasikan menghasilkan rasa dan aroma yang sama dengan aslinya (Medane *et al.*, 2006). Masrukan dan Santoso (2019), melaporkan bahwa semakin tinggi konsentrasi gelatin yang digunakan sebagai enkapsulan, kelarutan mikrokapsul minyak atsiri daun cengkeh cenderung semakin rendah. Sedangkan semakin kecil rasio antara minyak cengkeh dengan gelatin, kelarutan mikrokapsul semakin tinggi.

Jenis bahan pelapis yang umum digunakan dalam mikroenkapsulasi berupa protein dan karbohidrat. Pelapis yang sering digunakan adalah maltodekstrin, gum arab, gelatin dan *carboxymethyl cellulose* (Gharsallaoui *et al.*, 2007). Maltodekstrin

sering digunakan karena memiliki sifat sebagai penyalut yang baik karena kemampuannya dalam membentuk emulsi dan viskositas yang rendah (Khrisnan *et al.* 2005). Sedangkan bahan pengemulsi seperti Tween 80 dan CMC; dan penstabil seperti dekstrin dan gum arab dapat digunakan dalam pembuatan minuman emulsi buah merah (Murtingrum *et al.*, 2013; Sarungallo *et al.*, 2014). Vahabzadeh *et al.* (2004) melaporkan penggunaan gum arab dan gelatin memberikan rasio terbaik pada 10% w/v dengan komposisi 1:1 dan 2:1 pada mikroenkapsulasi minyak jeruk. Ditambahkan pula bahwa penggunaan gelatin memberikan emulsi terbaik dengan rasio minyak ikan 50% (Barrow *et al.*, 2009). Selain itu, rasio terbaik untuk mikroenkapsulat minyak pepermin dengan menggunakan gum arab dan maltodekstrin adalah 1:1 (Badee *et al.*, 2012). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik mutu mikroenkapsulat minyak buah merah dengan perbandingan konsentrasi bahan pengemulsi (tween 80 dan CMC) dan bahan pelapis (maltodekstrin, gum arab dan gelatin).

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak buah merah diekstrak dengan cara basah (*wet rendering*) dari UKM Hesta, di Kabupaten Manokwari, Papua Barat. Bahan kimia yang digunakan adalah berbagai bahan kimia dengan *analytical grade* untuk analisa kadar asam lemak bebas (ALB), kadar lemak dan total karotenoid.

Peralatan yang digunakan untuk analisis minyak buah merah antara lain timbangan analitik, oven, *hot plate*, *water bath*, alat titrasi, sokhlet, spektrofotometer (Shimadzu UV-2450, Kyoto, Jepang), serta peralatan gelas lainnya.

### Degumming minyak buah merah

Tahap ini ditujukan untuk memurnikan minyak buah merah hasil ekstraksi melalui proses *degumming* (Sarungallo *et al.*, 2018). Proses *degumming* minyak buah merah diawali dengan pemanasan minyak kasar dalam penangas suhu 60°C, penambahan asam sitrat 2% dan diaduk selama 5 menit. Selanjutnya penambahan air (pH netral) dengan perbandingan 1:2 dan diaduk merata, dilanjutkan dengan pemisahan minyak, gum dan air menggunakan sentrifugasi. Minyak hasil *degumming* dipisahkan dan dinetralkan kembali menggunakan air sampai air pencuciannya netral (pH 7) sehingga dihasilkan minyak buah merah *degumming* (MBMD).

### Formulasi dan proses enkapsulasi emulsi minyak buah merah

Pada penelitian ini, formulasi mikroenkapsulat minyak buah merah didasarkan pada perbandingan konsentrasi maltodekstrin dan gum arab, gelatin, *Carboxymethyl Celluloce* (CMC), dan tween 80 (Tabel 1). Proses enkapsulasi terdiri dari 2 tahap ini dilakukan proses emulsifikasi minyak buah merah *degumming* (MBMD) dan proses pengeringan emulsi menggunakan Buchi mini *Spray Dryer* B-290 (Buchi-Laboratoriums-Technic).

Tabel 1. Formula emulsi minyak buah merah hasil *degumming* (MBMD)

Formula	Konsentrasi (%)						
	Minyak buah merah <i>degumming</i>	Malto-dekstrin	Gum Arab	Gelatin	<i>Carboxymethyl Celluloce</i>	Tween-80	Air
F1	9	9	4,4	1,3	0,6	0,6	75
F2	11	15	4,4	2,2	0,4	0,4	67
F3	11	18	1,8	2,2	0,4	0,4	67
F4	11	18	2,6	1,3	0,4	0,4	67
F5	11	18	1,8	0,9	0,4	0,9	67
F6	11	20	0,9	0,9	0,4	0,4	67

Pada tahap emulsifikasi bahan penstabil dan pengemulsi (maltodekstrin, gum arab dan gelatin) dan air dihomogenisasi selama 1 menit, kemudian dimasukkan campuran minyak dan tween 80 dan dihomogenisasi selama 10 menit. Selanjutnya emulsi tersebut dikeringkan menggunakan *spray dryer* (T inlet = 170-180°C, T outlet = 80°C laju alir bahan 8,3 mL/menit), selama ±1 jam. Bubuk mikroenkapsulat yang dihasilkan dikemas dalam botol gelap.

### Analisis mutu mikroenkapsulat minyak buah merah

Mutu mikroenkapsulat minyak buah merah yang dianalisis meliputi kadar air dengan metode oven (AOCS, 2003), kadar lemak dengan metode sokhlet (AOCS, 2003), total karotenoid (Knockaert *et al.*, 2012), retensi karotenoid (Dwiyanti *et al.*, 2014) dan kelarutan mikroenkapsulat menggunakan metode Gravimetri (Fardiaz *et al.* 1992).

Pengukuran total karotenoid menggunakan metode Knockaert *et al.* (2012) dengan sedikit modifikasi. Sebanyak 0,01 g minyak buah merah, ditambahkan 0,1% *butylated hydroxytoluene* (BHT) dan heksan dalam labu ukur 10 ml sampai tanda tera dan divortek. Selanjutnya absorbansi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 470 nm dengan menggunakan heksan yang ditambahkan 0,1% BHT sebagai blanko. Total karotenoid dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Konsentrasi karotenoid } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}}\right) = \frac{A \times \text{volume (ml} \times 10^4)}{E_{1\text{cm}}^{1\%} \times \text{berat sampel (g)}}$$

Nilai A adalah absorbansi pada  $\lambda$  maksimal, volume adalah total volume larutan sampel,  $E_{1\text{cm}}^{1\%}$  adalah *extinction coefficient* yaitu 2560 untuk  $\beta$ -karoten dalam heksan (Hart dan Scott 1995). Sedangkan pengukuran retensi karotenoid (Dwiyanti *et al.*, 2014) dilakukan dengan cara mengukur kadar karotenoid yang terdapat dalam bahan baku (awal) dan karotenoid dalam produk (akhir). Pengukuran

retensi karotenoid dihitung dengan rumus berikut.

$$\text{Retensi karotenoid (\%)} = \frac{\text{jumlah karotenoid akhir}}{\text{jumlah karotenoid awal}} \times 100\%$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses enkapsulasi minyak buah merah dilakukan melalui proses emulsifikasi dan mikroenkapsulasi metode pengering semprot. Kestabilan emulsi sangat ditentukan oleh proses emulsifikasi minyak dan air, pemilihan bahan pengemulsi, serta penstabil dan pelapis sebagai matriks yang harus memiliki daya bioadhesif, mudah diperoleh dengan harga yang murah (Indrawati *et al.*, 2005). Parameter emulsi minyak buah merah yang diuji dalam kajian ini meliputi warna, stabilitas dan kekentalan emulsi (Tabel 2).

Tabel 2. Karakteristik warna, stabilitas dan kekentalan emulsi minyak buah merah *degumming*

Formula	Warna	Stabilitas*	Kekentalan emulsi setelah homogenisasi
F1	Oranye	Stabil	Sangat encer
F2	Oranye	Stabil	Encer
F3	Oranye	Stabil	Encer
F4	Oranye	Stabil	Kental
F5	Oranye	Stabil	Kental
F6	Oranye	Stabil	Agak kental

\*pengamatan 24 jam

Warna alami minyak buah merah yang digunakan dalam kajian ini adalah merah gelap karena kandungan pigmen karotenoidnya yang cukup tinggi. Menurut Winarno (2008) karotenoid merupakan kelompok pigmen yang berwarna kuning, merah dan oranye, serta bersifat larut dalam minyak. Murtiningrum *et al.*, (2019), melaporkan bahwa kandungan karotenoid dalam minyak buah merah berkisar 4090-7723 ppm, dipengaruhi oleh tingkat kematangan buahnya. Semakin matang buah maka semakin tinggi kadar karotenoidnya (Sarungallo *et al.*, 2016). Data pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa, campuran minyak buah merah (9-11%) dan air (67-75%) serta bahan pengemulsi dan bahan pelapis lainnya

dalam proses emulsifikasi menghasilkan produk emulsi dengan warna merah oranye. Perlakuan jenis dan konsentrasi bahan pengemulsi dan pelapis umumnya tidak memberikan pengaruh terhadap intensitas warna emulsi pada tiap formula yang dihasilkan. Murtiningrum *et al.* (2013) juga melaporkan bahwa terbentuknya emulsi minyak buah merah yang stabil akan ditandai dengan terjadinya perubahan warna dari yang awalnya berwarna merah berubah menjadi warna merah oranye, karena bahan-bahan emulsi telah terhomogenisasi dengan baik.

Kestabilan emulsi minyak buah merah yang akan dienkapsulasi sangat penting agar proses perubahan bentuk minyak menjadi bentuk padat yaitu droplet kecil minyak akan diperangkap oleh matrik kering suatu protein atau karbohidrat sebagai bahan pelapis selama proses pengeringan menggunakan *spray dryer* berjalan sempurna (Heinzelmann *et al.*, 2000). Data pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa ke-6 formula emulsi minyak buah merah yang diamati secara fisik relatif stabil hingga 24 jam. Tingginya stabilitas emulsi ini disebabkan adanya interaksi hidrofobik dan hidrofilik yang terjadi pada minyak buah merah dengan bahan pengemulsi serta bahan pelapis yang digunakan. Ilma (2014) melaporkan bahwa formulasi mikroenkapsulat dengan menggunakan bahan penyalut maltodekstrin 14,9%, gum arab 7,44%, gelatin 2,5% dan Tween 80 0,83%, karena menghasilkan kadar minyak tidak tersalut yang rendah dibanding formula lainnya. Ditambahkan pula oleh Suryani *et al.*, (2002) bahwa kombinasi dari beberapa pengemulsi dan penstabil akan menambah kesempurnaan sifat fisik maupun kimia dari emulsi. Oleh karena itu dalam kajian ini digunakan beberapa jenis bahan pengemulsi dan pelapis untuk meningkatkan kestabilan emulsi.

Pada formulasi F1 sampai F6, maltodekstrin digunakan sebagai bahan pelapis utama karena memiliki kemampuan membentuk emulsi dengan viskositas yang rendah, memiliki kelarutan yang tinggi, mampu membentuk matriks, menghambat kristalisasi, daya pengikat kuat dan stabil pada emulsi minyak dalam air (o/w), namun memiliki sifat viskositas yang rendah (Dickinson, 2003). Oleh karena itu dibutuhkan gum arab yang memiliki sifat hidrofilik maupun

hidrofobik, sehingga dapat meningkatkan stabilitas emulsi dengan meningkatkan viskositas. Ditambahkan pula bahwa gum arab mempunyai gugus arabinogalaktan protein (AGP) dan glikoprotein (GP) sehingga dapat berperan sebagai pengemulsi dan pengental (Gaonkar *et al.*, 2014). Idrus (2013) melaporkan bahwa produk mikroenkapsulat dengan bahan pelapis gum arab 30% dapat memberikan stabilitas emulsi terbaik mencapai 20 jam dengan komposisi minyak ikan 50%.

Penggunaan pelapis lain dengan karakteristik seperti gum arab yaitu gelatin dimaksud untuk menjaga stabilitas emulsi. Sifat permukaan gelatin tersebut didasarkan pada rantai samping gelatin, seperti halnya protein yang lain, memiliki gugus yang bermuatan (hidrofobik) dan tidak bermuatan (hidrofilik), yang dapat berpindah di permukaan sehingga melindungi permukaan dari perubahan tegangan antar muka (sebagai pengemulsi) dan sekaligus melindungi sistem emulsi (Anonymous, 1976). Ditambahkan pula bahwa maltodekstrin efektif sebagai penghalang atau pelindung dari oksigen, namun memiliki kelemahan yaitu kemampuan emulsifikasinya rendah (Anwar *et al.*, 2010). Oleh karena itu, dalam kajian ini dilakukan penambahan bahan pengemulsi lain yaitu tween 80.

Sebagai pengemulsi tween 80 merupakan senyawa yang berbasah dasar alkohol heksahidrat, sehingga diduga gugus OH pada rantai alkoholnya akan berikatan dengan gugus OH pada air sehingga membentuk ikatan dwikutub (positif dan negatif) sehingga terbentuk globula-globula fase terdispersi yang seragam (Anonymous, 1976), sementara adanya CMC yang merupakan turunan selulosa akan mengikat air sehingga viskositas larutan meningkat (mengental) dan menstabilkan emulsi (Klose dan Glicksman, 1997).

Kekentalan merupakan salah satu sifat suatu bahan yang berhubungan dengan gaya mekanik, yang mengindikasikan viskositas dan daya alirnya. Ditambahkan pula bahwa jika emulsi yang dihasilkan terlalu encer dapat menyebabkan mikroenkapsulat tidak dapat

dipisahkan sehingga tertinggal pada tabung pengering (Yanuwar *et al.*, 2007), sehingga rendemen mikrokapsulnya rendah. Data pada Tabel 2. memperlihatkan bahwa secara fisik kekentalan dari ke-6 formula emulsi minyak buah merah yang dihasilkan bervariasi yaitu berkisar dari agak encer sampai kental, dipengaruhi konsentrasi pengemulsi, penstabil dan pelapis yang digunakan.

Pada formula F1, dihasilkan emulsi yang stabil namun sangat encer karena mengandung konsentrasi air yang ditambahkan paling tinggi (75%), dengan konsentrasi maltodekstrin paling rendah. Berkurangnya konsentrasi air yang ditambahkan (67%) dan peningkatan kadar maltodekstrin (15-18%) dan gum arab (1,8-4,4%) pada formula F2 dan F3 dapat menghasilkan emulsi yang stabil namun kekentalannya masih agak encer. Formula F4 dan F5 menghasilkan kekentalan dan stabilitas emulsi yang paling baik dengan komposisi minyak 11%, air 67%, maltodekstrin 18%, tween 80 0,4-0,9%, serta bahan pelapis dan penstabil yaitu maltodekstrin, gum arab dan gelatin dengan kisaran 3,6%-4,1%. Peningkatan kadar maltodekstrin sampai 20% dengan kadar gum arab dan gelatin masing-masing 0,9% pada F6 menghasilkan emulsi yang agak kental. Hasil ini menunjukkan bahwa stabilitas dan kekentalan emulsi selain dipengaruhi oleh kombinasi bahan pengemulsi dan pelapis juga sangat dipengaruhi oleh konsentrasinya. Murtiningrum *et al.*, (2009) juga melaporkan bahwa penggunaan pengemulsi ganda yaitu Tween 20 atau Tween 80 dengan CMC, dapat saling melengkapi sehingga menghasilkan emulsi yang stabil.

### Karakteristik fisikokimia mikrokapsulat minyak buah merah

Mikroenkapsulasi adalah proses memasukkan partikel kecil, cairan, atau gas dalam lapisan *coating* atau dalam matriks (Gaonkar *et al.*, 2014). Pada penelitian ini digunakan pengering semprot (*spray dryer*) yang menghasilkan rendemen berkisar 3-30% untuk ke-6 formula produk mikrokapsulat minyak buah merah tersebut (Tabel 3). Rendemen yang dihasilkan selain dipengaruhi

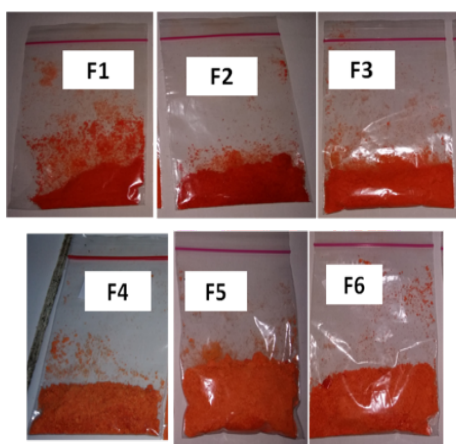
oleh kekentalan formula emulsinya; proporsi minyak dan total padatan pada bahan, juga dipengaruhi oleh karakteristik dari penyalutnya (Yanuwar *et al.*, 2007).

Data pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa formula F1 dan F2 memiliki rendemen terendah karena memiliki emulsi yang encer sehingga emulsinya mencair dan tertahan pada tabung pengering alat *spray dryer* serta berlangsung singkat yaitu  $\pm 30$  menit. Yanuwar, (2007) juga melaporkan bahwa kadar air yang tinggi (terlalu encer) dapat menyebabkan mikrokapsulat tidak dapat dipisahkan sehingga tertinggal pada tabung pengering. Formula F3 memiliki emulsi yang encer namun masih dapat dialirkan dalam tabung pengering, sehingga masih memiliki rendemen 11,8%. Sedangkan formula F6, memiliki emulsi yang agak kental sehingga masih dapat dialirkan pada tabung pengering sehingga rendemennya bisa mencapai 10,5%. Lebih lanjut, pada formulasi F4 dan F5 dapat dihasilkan rendemen yang lebih tinggi (29-30%). Berdasarkan data yang dihasilkan tersebut terlihat bahwa dengan meningkatnya konsentrasi maltodekstrin maka makin banyak minyak buah merah yang terikat kuat, sehingga tidak banyak yang melekat pada tabung *spray dryer* dan dapat meningkatkan rendemen minyak yang terenkapsulasi. Walaupun demikian jika konsentrasi maltodekstrin terus ditingkatkan justru akan menurunkan kembali rendemen mikrokapsulat karena pengikatan terhadap minyak buah merah menjadi tidak efektif.

Tabel 3. Rendemen dan kadar air ke-6 formula mikrokapsulat minyak buah merah

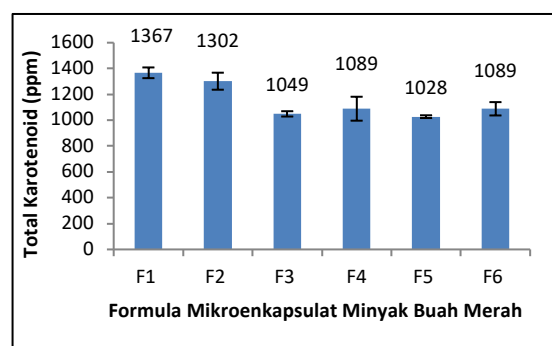
Formula	Rendemen (%)	Kadar air (% <sub>w</sub> )
F1	3,3 $\pm$ 0,5	2,1 $\pm$ 0,15
F2	9,5 $\pm$ 2,5	1,7 $\pm$ 0,87
F3	11,8 $\pm$ 7,6	1,9 $\pm$ 0,53
F4	28,9 $\pm$ 5,2	1,7 $\pm$ 1,76
F5	30,3 $\pm$ 6,4	1,1 $\pm$ 0,54
F6	10,5 $\pm$ 7,5	1,0 $\pm$ 0,35

Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah maupun berat kering. Kadar air berperan dalam perubahan matriks penyalut dari mikroenkapsulat minyak buah merah. Hal ini akan mempengaruhi distribusi minyak didalamnya sehingga akan terbentuk jalan bagi oksigen untuk bertemu dengan minyak yang dapat menyebabkan oksidasi lemak (Valesco *et al.*, 2003). Kadar air mikroenkapsulat minyak buah merah yang dihasilkan cukup rendah yang berkisar 1,0-2,1% (Tabel 3). Tingginya kadar air pada F1 dibandingkan dengan perlakuan lainnya dikarenakan jumlah air yang ditambahkan pada F1 lebih tinggi dibandingkan dengan formula lainnya. Namun demikian, secara keseluruhan kadar air pada semua formula tergolong rendah. Rendahnya kadar air mikroenkapsulat yang dihasilkan diduga karena penggunaan maltodekstrin yang bersifat higroskopis yang rendah (Srihari *et al.*, 2010) sehingga tidak mudah menyerap uap air kembali. Nilai ini masih masuk dalam standar jika dibandingkan dengan produk susu bubuk dalam SNI (1999) yaitu maksimal 5%. Nilai kadar air ini relatif sama dengan laporan Fasikhatun (2010) pada produk mikroenkapsulat minyak sawit berkisar 0,62-2,92 (% , bb). Christidianti (2015) juga melaporkan bahwa kadar air mikroenkapsulat minyak sawit yang dihasilkan sebesar 1,04%.



**Gambar 1.** Tampilan ke-6 formula mikroenkapsulat minyak buah merah

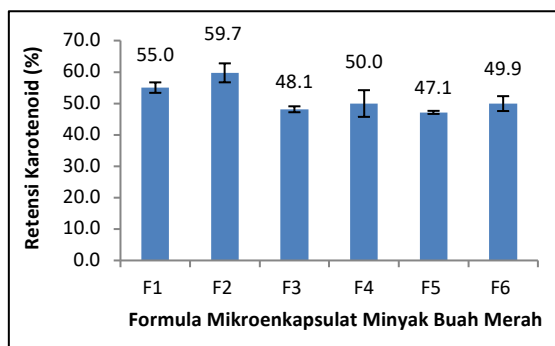
Tampilan produk mikroenkapsulat minyak buah merah disajikan pada Gambar 1. Pada umumnya semua formula yang dihasilkan tersebut berwarna oranye kemerahan dipengaruhi oleh kandungan karotenoid minyak buah merah (Gambar 2). Berbeda dengan warna pada mikroenkapsulat minyak sawit yang memiliki warna kuning tua (Christidianti, 2015). Perbedaan ini dipengaruhi dengan kandungan karotenoid minyak buah merah yaitu 4090-7723 ppm (Murtiningrum *et al.*, 2019) lebih tinggi sehingga warnanya lebih gelap dibandingkan minyak sawit merah sebesar 500-700 ppm (Sumarna, 2006). Gambar 2 memperlihatkan bahwa kadar total karotenoid dari ke-6 formula mikroenkapsulat minyak buah merah yang dihasilkan berkisar 1015-1367 ppm, karena konsentrasi minyak buah merah yang digunakan hanya 9-11% (Tabel 1).



**Gambar 2.** Kadar total karotenoid ke-6 formula mikroenkapsulat minyak buah merah

Formula F1 dan F2 memiliki kadar total karotenoid yang lebih tinggi dibanding perlakuan lain, berturut-turut 1367 ppm dan 1302 ppm. Hal ini dimungkinkan karena formula F1 dan F2 memiliki emulsi yang encer sehingga selama proses pengeringan semprot larutan emulsinya tertahan dalam tabung dan lebih cepat dihentikan, dengan demikian kontak emulsi dengan suhu tinggi tidak terlalu lama dan kerusakan karotenoidnya dapat dihambat. Sementara itu, emulsi formula F4-F6 relatif kental sehingga memiliki kadar karotenoid-nya yang lebih rendah yaitu 1015-1089 ppm (Gambar 2). Hal ini dapat disebabkan karena proses pengeringan

semprot berlangsung cukup lama, sehingga kontak dengan suhu tinggi menyebabkan menurunnya kadar karotenoid. Hasil ini berbeda dengan laporan Estiasih (2003) yang menyatakan bahwa emulsi yang stabil akan mencegah terjadinya koalesensi, sehingga karoten tidak keluar dari mikrokapsul dan kehilangan karoten saat proses pengeringan dapat diminimalisir. Dengan demikian untuk mempertahankan kadar karotenoid produk mikrokapsulat, perlu dilakukan optimasi lama waktu proses pengeringan emulsi minyak buah merah dengan pengering semprot.



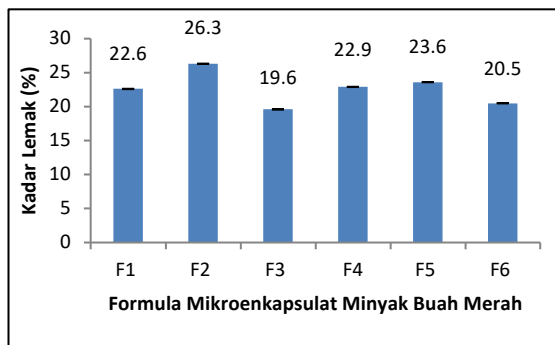
Gambar 3. Retensi karotenoid ke-6 formula mikrokapsulat minyak buah merah

Total karotenoid awal minyak buah merah ini adalah 2.180 ppm, maka pada 1 gram produk mikrokapsulat masih terdapat karotenoid sebesar 1.015-1.367  $\mu\text{g}$  yang berasal dari 2.180  $\mu\text{g}$  karotenoid per gram minyak buah merah. Data pada Gambar 3 memperlihatkan bahwa retensi karotenoid ke-6 formula mikrokapsulat berkisar 46,6-59,7%, dimana formula F1 dan F2 memiliki nilai tertinggi (55,0-59,7%) dengan waktu proses sekitar 45 menit. Hal ini sejalan dan mempertegas data sebelumnya (total karotenoid) bahwa penggunaan gum arab cukup efektif untuk melindungi karotenoid dari kerusakan selama proses pembuatan mikrokapsulat. Formula F4 dengan kekentalan emulsi yang sesuai memiliki retensi karotenoid 50%, dengan lama proses sekitar  $\pm 3$  jam. Ketahanan karotenoid pada ke-6 formulasi emulsi tersebut dapat dipengaruhi oleh adanya energi panas selama proses pengeringan, serta reaksi oksidasi minyak

yang dapat mempercepat proses degradasinya. Metode mikrokapsulasi diharapkan dapat melindungi komponen karotenoid dari kerusakan akibat panas maupun oksidasi selama penyimpanan. Lokuwan (2007) melaporkan bahwa enkapsulasi  $\beta$ -karoten dengan tiga bahan pelapis yang berbeda yaitu pati yang dimodifikasi asam, pati tapioka asli dan maltodekstrin bervariasi. Penggunaan tepung tapioka yang dimodifikasi memberikan retensi  $\beta$ -karoten yang lebih tinggi (82%) selama proses pengeringan semprot dan menghasilkan distribusi ukuran partikel yang lebih luas (75-150  $\mu\text{m}$ ) tetapi ukuran partikel lebih kecil dari pati tapioka alami dan maltodekstrin.

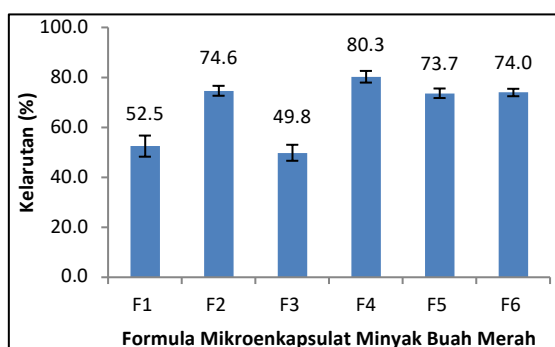
Kadar lemak produk mikrokapsulat berkisar 20-26% (Gambar 4) yang berkontribusi oleh kadar minyak buah merah yang digunakan dalam formulasi yaitu 9-11% (Tabel 1). Data pada Gambar 4 memperlihatkan bahwa F2 memiliki kadar lemak paling tinggi (26,3%), karena kekentalan emulsinya encer sehingga selama proses pengeringan berlangsung cepat dan minyak yang terkapsul lebih banyak, sedangkan F4 dan F5 yang lebih kental memiliki kadar lemak masing-masing 22,9% dan 23,6%. Supriyadi dan Rujita (2013) melaporkan bahwa viskositas emulsi minyak atsiri lengkuas yang tinggi (kental) menyebabkan lapisan kulit yang terbentuk sangat kuat sehingga dapat mengurangi migrasi minyak menuju luar kapsul, sehingga kadar minyak yang terperangkap juga tinggi. Lebih lanjut dijelaskan bahwa viskositas emulsi yang rendah selama proses pengering semprot berlangsung akan menghasilkan lapisan kulit yang tidak begitu kuat sehingga bahan inti menjadi kurang terlindungi dari kerusakan. Disamping itu, viskositas yang rendah menyebabkan proses pengeringan berlangsung lama sehingga jumlah bahan inti yang terperangkap dalam mikrokapsulat rendah (Supriyadi dan Rujita, 2013).





Gambar 4. Kadar lemak ke-6 formula mikroenkapsulat minyak buah merah

Kelarutan mikroenkapsulat merupakan salah satu parameter terpenting untuk diketahui karena berkaitan dengan penggunaannya dalam suatu produk. Semakin tinggi nilai kelarutan, produk mikroenkapsul yang dihasilkan semakin baik karena zat aktif akan terlepas semakin cepat saat pemakaian. Data pada Gambar 5 memperlihatkan bahwa nilai kelarutan ke-6 formulasi mikroenkapsulat minyak buah merah yang dihasilkan berkisar 50-80%. Data kelarutan mikroenkapsul minyak buah merah yang dihasilkan ini menyerupai hasil penelitian Masrukan dan Santoso (2019) bahwa mikroenkapsulat minyak daun cengkeh mempunyai kisaran nilai antara 72.98-82.3%.



Gambar 5. Kelarutan dalam air ke-6 formula mikroenkapsulat minyak buah merah

Data pada Gambar 5 juga memperlihatkan bahwa formula dengan rasio bahan pelapis tertinggi memiliki kelarutan paling tinggi (F4) sebesar 80%, dengan rasio maltodekstrin, gum arab dan gelatin yaitu 18:2,6:1,3. Berkurangnya konsentrasi maltodekstrin dan gum arab dapat

menurunkan daya kelarutannya dalam air yaitu pada F1 (52,5%) dengan rasio maltodekstrin, gum arab dan gelatin yaitu 9:4,4:1,3; dan F3 (49,8%) pada rasio: 18:1,8:2,2. Menurut Srihari *et al.*, (2010) maltodekstrin dan gum arab memiliki daya larut yang tinggi (sehingga dapat mempercepat pelarutan mikroenkapsulat pada saat diaplikasikan pada bahan pangan. Masrukan dan Santoso (2019) juga melaporkan bahwa rasio antara minyak daun cengkeh dengan gelatin sebagai enkapsulan yang berbeda akan berpengaruh terhadap kelarutan mikroenkapsul yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi gelatin yang digunakan sebagai enkapsulan, kelarutan mikroenkapsul minyak atsiri daun cengkeh cenderung semakin rendah. Sedangkan semakin kecil rasio antara minyak cengkeh dengan gelatin, kelarutan mikroenkapsul semakin tinggi. Mardaningsih *et al.*, (2012) melaporkan pula bahwa kelarutan produk bubuk klorofil Alfalfa yang terbaik dengan penyalut maltodekstrin. Sementara itu menurut Yuliani *et al.* (2007), kelarutan terbaik untuk mikroenkapsul oleoresin jahe menggunakan bahan penyalut maltodekstrin dan natrium kaseinat.

## KESIMPULAN

Konsentrasi bahan penyalut dan stabiliser mempengaruhi kualitas mikroenkapsulat minyak buah merah yang dihasilkan. Formula mikroenkapsulat minyak buah merah yang stabil (F4 dan F5) yang terdiri dari minyak buah merah (11%), maltodekstrin (18%), gum arab (1,8-2,6%), gelatin (0,9-1,3), CMC 0,4% dan tween 80 0,4-0,9%. Perbandingan fraksi minyak, fraksi bahan kering dan fraksi air yang dapat membentuk mikroenkapsulat minyak buah merah terdiri dari 11% minyak, 22% bahan pengemulsi, penyalut dan penstabil; dan air 67%. Karakteristik mikroenkapsulat minyak buah merah (F4 dan F5) yaitu warna oranye tua, rendemen 29-30%, kadar lemak 24-25%, total karotenoid 108-111 ppm, retensi karotenoid 47-48%, dan kelarutan 73-80%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, atas dana yang diberikan melalui Hibah Penelitian Strategis Nasional tahun 2017, dengan nomor kontrak 059/SP2H/DRPM/II/2016.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 1976. *The Merck Index of Chemical and Drugs*. Merck and Co., Inc. New York.
- Anwar, S.H., Weissbrodt, J., and Kunz, B. 2010. Microencapsulation of fish oil by spray granulation and fluid bed film coating. *Journal of Food Science* 75: E359-E371.
- AOCS (American Oil Chemists' Society). 2003. *Official Methods and Recommended Practices of the AOCS*. 5<sup>th</sup> ed. AOCS. Champaign, Illinois.
- Badee, A.Z.M., Amal, E. Abd El- Kader and Hanan, M. A. 2012. Microencapsulation of Peppermint Oil by Spray Drying. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 6(12): 499-504.
- Barrow, C.J., Nolan, C., and Holub, B.J. 2009. Bioequivalence of encapsulated and microencapsulated fish-oil supplementation. *Journal of Functional Food* 1: 38-43.
- Bhosle, B.M., Subramanian, R. 2005. New approaches in deacidification of edible oil (a review). *Journal of Food Engineering* 69: 481-494. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2004.09.003.
- Christidianti, R. 2015. Proses mikroenkapsulasi minyak sawit dan analisis teknoekonomi pada skala industri. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Dickinson, E. 2003, Hydrocolloids at interfaces and influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloid* 17: 25-39.
- Dwiyanti, H., Riyadi, H., Rimbawan, Darmayanthi, E., dan Sulaeman, A. 2014. Penambahan CPO dan RPO sebagai sumber provitamin A terhadap retensi karoten, sifat fisik, dan penerimaan gula kelapa. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 24(1): 28-33.
- Estiasih, T. 2003. Peran Natrium Kasienat dan Fosfolipida dalam Emulsifikasi dan Mikroenkapsulasi Trigliserida Kaya Asam Lemak  $\omega$ -3. *Disertasi*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Fang, Z and Bhandari, B. 2010. Encapsulation of polyphenols - a review. *Trends in Food Science and Technology*. 21: 510-523.
- Fardiaz, D., Andarwulan, N., Wijaya, H., dan Puspitasari, N. L. 1992. *Teknik Analisis Sifat Kimia dan Fungsional Komponen Pangan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Perguruan Tinggi. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Fasikhatus, T. 2010. Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin dan Gum Arab Terhadap Karakteristik Mikroenkapsulat Minyak Sawit Merah dengan Metode *Spray Drier*. *Skripsi*. Fateta. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Gaonkar, A.G., Vasisht, N., Khare, A.R., and Sobel, R. 2014. *Microencapsulation in the Food Industry. A Practical Implementation Guide*. Elsevier Inc. USA.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A. and Saurel, R. 2007. Review : Application of spray drying in microencapsulation of food ingredients: an overview. *Food Research International*, 40. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.07.004>.
- Hart, D.J. and Scott, K.J. 1995. Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. *Food Chemistry*, 54: 101-111.
- Heinzelmann, K., Franke, K., Jensen, B., and Haahr, A.M. 2000. Protection of fish oil from oxidation by microencapsulation using freeze-drying techniques. *European Journal of Lipid Science and Technology* 102(2): 114-121.

- Indrawati, T., Agoes G, Yulinah E, and Cahyati Y. 2005. Uji Daya Lekat Mukoadhesif secara In Vitro beberapa Eksipien Polimer Tunggal dan Kombinasinya pada Lambung dan Usus Tikus. *Jurnal Matematika dan Sains*, 10(2): 45-51.
- Ilma, A.N. 2014. Teknik Homogenisasi dan Peningkatan Skala Proses Mikroenkapsulasi Minyak Sawit. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Khrisnan, S., Bhosale, R., and Singhal, R.S. 2005. Microencapsulation of cardamon oleoresin; evaluation of blends of gum arabic, maltodextrin and modified starch as wall material. *Carbohydrate Polymer*, 61: 950192.
- Klose, R. E. and Glikcksman, M. 1977. *Gums*. In: Fennema, (Ed). Food Chemistry. O. R. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Knockaert, G, Lemmens, L., Van-Buggenhout, S., Hendrickx, M., and Van-Loey, A. 2012. Changes in  $\beta$ -carotene bioaccessibility and concentration during processing of carrot puree. *Food Chemistry*, 133: 60-67.
- Loksuwan, J. 2007. Characteristics of microencapsulated b-carotene formed by spray drying with modified tapioca starch, native tapioca starch and maltodextrin. *Food Hydrocolloid*, 21:928-935.
- Mardaningsih, F., Andriani, M.A.M, dan Kawiji. 2012. Pengaruh Konsentrasi Etanol dan Suhu Spray Dryer Terhadap Karakteristik Bubuk Klorofil Daun Alfalfa Dengan Menggunakan Binder Maltodekstrin. *Jurnal Teknosains Pangan*, 1(1).
- Masrukan dan Santoso, U, 2019. Mikroenkapsulasi minyak atsiri daun cengkeh (*syzygium aromaticum*) dengan enkapsulan gelatin kerbau menggunakan metode *spray drying*. *Jurnal Teknologi Pertanian* 20 (1): 45-52.
- Medane, A., Muriel, J., Joel, S. and Sthephanie, D. 2006. Flavour encapsulation and controlled release - a review. *International Journal of Food Science and Technology* 41: 1-21.
- Murtiningrum, Sarungallo, Z. L., Cepeda, G. N. dan Olong, N. 2013. Stabilitas Emulsi Minyak Buah Merah (*Pandanus conoideus* L) pada Berbagai Nilai Hydrophile-Lyphophile Balance (HLB) Pengemulsi. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 23(1):30-37.
- Murtiningrum, Z. L. Sarungallo, M. M. Lisangan, dan A. Pongsibidang. 2009. Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Pengemulsi terhadap Stabilitas Emulsi Minyak Buah Merah (*Pandanus conoideus* L.). *Jurnal Agrotek* 1(6): 65-71.
- Murtiningrum, Sarungallo, Z. L. Roreng, M.K., Santoso, B. and Armiati. 2019. Chemical properties, carotenoid, tocopherol and fatty acid composition of three clones of red fruit (*Pandanus conoideus* Lam.) oil of different ripening stages. *International Food Research Journal* 26 (2): 649-655
- Novia, S. 2009. Stabilitas mikroenkapsulat minyak sawit merah hasil pengeringan lapis tipis selama penyimpanan. *Skripsi*. Fateta. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ramoneda, X.A., Ponce-Cevallos, P.A., del Pilar Buera M., and Elizalde, B.E. 2011. Degradation of  $\beta$ -carotene in amorphous polymer matrices. Effect of water sorption properties and physical state. *Journal of Science Food Agriculture* 91:2587-2593.
- Risch, S.J. 1995. Encapsulation : Overview of Uses and Techniques. *Di dalam* S. J. Risch and G.A. Reineccius (Eds). Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients. American Chemical Society, Washington, DC.
- Rohman, A., Riyanto, S., Yuniarti, N., Saputra, W.R., Utami, R., and Mulatsih, W. 2010. Antioxidant activity, total phenolic, total flavanoid of extracts and fractions of red fruit (*Pandanus conoideus* Lam). *International Food Research Journal* 17: 97-106.
- Sarungallo, Z L., Murtiningrum, Uhi, H. T. , Roreng, M.K. dan Pongsibidang, A. 2014. Sifat organoleptik, sifat fisik, serta kadar  $\beta$ -karoten dan  $\alpha$ -tokoferol emulsi buah merah (*Pandanus conoideus*). *Jurnal Agritech* 34(2):177-183.

- Sarungallo, Z. L., Hariyadi, P., Andarwulan, N., dan Purnomo, E. H. 2014. Pengaruh metode ekstraksi terhadap mutu kimia dan komposisi asam lemak minyak buah merah (*Pandanus conoideus*). *Teknologi Industri Pertanian* 24(3):209-217
- Sarungallo, Z.L., Santoso, B., Lisangan, M. M., Paiki, S. N. P., dan Situngkir, R. U., dan Asokawati, E. 2018. Kinetika perubahan mutu minyak buah merah (*Pandanus conoideus*) hasil degumming selama penyimpanan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 7(4):156-162.
- Sarungallo, Z.L., Hariyadi, P., Andarwulan, N. and Purnomo, E. H. 2015b. Characterization of chemical properties, lipid profile, total phenol and tocopherol content of oils extracted from nine clones of red fruit (*Pandanus conoideus*). *Kasetsart Journal (Nature Science)* 49: 237-250.
- Sarungallo, Z.L., Hariyadi, P., Andarwulan, N. and Purnomo, E. H. 2015a. Analysis of  $\alpha$ -cryptoxanthin,  $\beta$ -cryptoxanthin,  $\alpha$  - carotene, and  $\beta$ -carotene of *Pandanus conoideus* oil by high-performance liquid chromatography (HPLC). *Procedia Food Science* 3: 231-243.
- Sarungallo, Z.L., Murtiningrum, Santoso, B. Roreng, M.K. dan Latumahina, R.M.M. 2016. Nutrient content of three clones of red fruit (*Pandanus conoideus*) during the maturity development. *International Food Research Journal* 23(3): 1217-1225.
- Sarungallo, Z. L., Santoso, B., Tethool, E. F., Situngkir, R. U., Tupamahu, J. 2018. Kinetika Perubahan Mutu Minyak Buah Merah (*Pandanus conoideus*) Selama Penyimpanan. *Agritech* 38(1): 64-70.
- SNI (Standard Nasional Indonesia). 1999. *Susu Bubuk*. 01-2970-1999. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Srihari, E., Lingganingrum, F.S., Hervita, R. dan Wijaya, H. 2010. *Pengaruh penambahan maltodekstrin pada pembuatan santan kelapa bubuk*. Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 4-5 Agustus 2010, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang. ISSN: 1411-4216.
- Sumarna, D. 2006. Proses degumming CPO (*Crude Palm Oil*) menggunakan membran ultrafiltrasi. *Jurnal Teknologi Pertanian* 2(1):24-30
- Supriyadi dan Rujita, A. S. 2013. Karakteristik mikrokapsul minyak atsiri lengkuas dengan maltodekstrin sebagai enkapsulan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 24(2):201-208.
- Suryani, A. Sailah, I., dan Hambali, E. 2002. *Teknologi Emulsi*. Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Thies, C. 1996. *A survey of microencapsulation processes*. Di dalam S. Benita (Ed.). *Microencapsulation, methods and industrial applications*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Vahabzadeh, F., Zivdar, M. and Najafi, A. 2004. Microencapsulation of range oil by complex coacervation and its release behavior. *IJE Transactions B: Applications* 7(4): 333-342.
- Velasco, P.J., Dobarganes, C., and Marquez-Ruiz, G. 2003. Variables affecting lipid oxidation in dried microencapsulated oils. *Grasas y Aceites*. 54(3): 304-314
- Winarno, F. G. 2008. *Kimia Pangan dan Gizi*. Mbrion Press. Bogor.
- Yanuwar, W., Widjanarko, S.B., and Wahono, T. 2007. Karakteristik dan stabilitas antioksidan mikrokapsul minyak buah merah (*Pandanus conoideus* Lam) dengan bahan penyalut berbasis protein. *Jurnal Teknologi Pertanian* 8(2):127-135.
- Yuliani, S., Desmawarni, Harimurti, N., and Yuliani, S. S. 2007. Pengaruh laju alir umpan dan suhu inlet *spray drying* pada karakteristik mikrokapsul oleoresin jahe. *Jurnal Pascapanen* 4:18-26.