

4. EFEK PEMBERIAN BAHAN ENKAPSULAN TERHADAP KUALITAS FISIK DAN KIMIA OLEORESIN DAN MINYAK ATSIRI

Pemberian bahan enkapsulan berpengaruh terhadap kualitas fisik yaitu *encapsulation efficiency*, *moisture content*, *particle size* dan kualitas kimia yaitu *solubility*. Efek pemberian bahan enkapsulan terhadap masing-masing kualitas fisik dan kimia dijelaskan lebih lanjut dibawah ini

4.1. Efek Enkapsulasi terhadap *Encapsulation Efficiency*

Tabel 8. Efek *Encapsulation Efficiency* Pemberian Bahan Enkapsulan pada Oleoresin dan Minyak Atsiri

Bahan	Minyak atsiri/oleoresin	Bahan enkapsulan	Konsentrasi	Metode enkapsulasi	<i>Encapsulation efficiency</i>	Faktor lain	Sumber
Pala	Minyak atsiri	<i>Gum arabic-maltodekstrin</i>	1:01	<i>spray-drying</i>	100.01±0.10		Dong et al, 2018
	Minyak atsiri	<i>Octenyl succinic acid modified starch ; maltodekstrin</i>	3:02	<i>spray-drying</i>	99.05±0.15		Dong et al, 2018
	Oleo-resin	<i>Gum Arabic</i>	60%	<i>spray drying</i>	68.50%		Prince, M. V, Thangavel, K., Meda, V., 2014
	Oleo-resin	<i>Gum arabic-native sorghum starches</i>	0.069444	<i>Spray drying</i>	74.46±5.53		Arshad, Ali, & Hasnain, 2018

Lanjut
tabel 8

Bahan	Minyak atsiri/ oleo-resin	Bahan enkapsulan	Konsentrasi	Metode enkapsulasi	<i>Encapsulation efficiency</i>	Faktor lain	Sumber
	Oleo-resin	<i>Gum arabic-octenyl succinic acid modified starch</i>	75:25:00	<i>Spray drying</i>	95.38		Arshad, Ali, & Hasnain, 2018
Jahe	Minyak atsiri	<i>Whey protein isolate-inulin</i>	22.30%	<i>Spray drying</i>	44.90%		Pereira, Lourenço, & Abreu, 2017
	Minyak atsiri	<i>Whey protein isolate-inulin</i>	22.30%	<i>Spray drying</i>	46.50%		Pereira, Lourenço, & Abreu, 2017
	Oleoresin	<i>Chitosan : Alginate</i>	10:00	<i>Coacervation</i>	76.20%		Krisanti et al., 2017
	Oleoresin	<i>Chitosan : Alginate</i>	10:02	<i>Coacervation</i>	76.20%		Krisanti et al., 2017
	Minyak atsiri	<i>Gum acacia</i>	80 gm	<i>Spray drying</i>	92%	Inlet Temperature : 150 Outlet Temperature : 99	Kadam, M.L. and Hashmi, S.I. and Kale, Ravindra, 2011
	Minyak atsiri	<i>Gum acacia</i>	80 gm	<i>Spray drying</i>	82%	Inlet Temperature : 180 Outlet Temperature : 126	Kadam, M.L. and Hashmi, S.I. and Kale, Ravindra, 2011

Lanjutan tabel 8

Bahan	Minyak atsiri/oleoresin	Bahan enkapsulan	Konsentrasi	Metode enkapsulasi	Encapsulation efficiency	Faktor lain	Sumber
Minyak atsiri		<i>Gum arabic</i> (GA): maltodekstrin (MD) : <i>inulin</i> (IN)	10 : 10: -	<i>Spray drying</i>	93.0 ± 0.8		Victória, Fernandes, Vilela, et al., 2016
Minyak atsiri		<i>Whey protein isolate</i> (WPI) : maltodekstrin (MD) : <i>inulin</i> (IN)	20 : - : -	<i>Spray drying</i>	47.13 ± 1.39		Victória, Fernandes, Silva, et al., 2016
Kunyit	Oleoresin	<i>Gum arabic modified starch</i> (Hi-Cap™ 100, National Starch, USA)	50:50:0	<i>Spray-drying</i>	45.23 ± 0.04		Cano-higuita, Alexander, Vélez, Regina, & Telis, 2015
Kunyit	Oleoresin	Maltodekstrin : <i>modified starch</i> (Hi-Cap™ 100, National Starch, USA)	50:50:0	<i>Spray-drying</i>	7.96 ± 0.38		Cano-higuita, Alexander, Vélez, Regina, & Telis, 2015

Lanjut
tabel 8

Bahan	Minyak atsiri/oleoresin	Bahan enkapsulan	Konsentrasi	Metode enkapsulasi	Encapsulation efficiency	Faktor lain	Sumber
	10% Oleoresin	<i>Gum Arabic</i> : maltodekstrin : <i>pullulan</i>	100:00:01	<i>Spray-drying</i>	72.23 ± 1.28		Kshirsagar, Yenge, Sarkar, & Singhal, 2009
	10% Oleoresin	<i>Gum Arabic</i> : maltodekstrin : <i>pullulan</i>	0.069456	<i>Spray drying</i>	48.04 ± 1.04		Kshirsagar, Yenge, Sarkar, & Singhal, 2009
	25% oleoresin	<i>Beta-cyclodextrin</i>	5	<i>Spray drying</i>	C encapsulation = 8.09 ± 0.00 DMC encapsulation = 7.49 ± 2.00 BDMC encapsulation = 3.30 ± 1.49		Laokuldilok, Thakeow, Kopermsub, & Utamaang, 2016
	0.86% oleoresin	<i>Beta-cyclodextrin</i>	12.5	<i>Spray drying</i>	C encapsulation = 97.11 ± 0.07 DMC encapsulation = 54.68 ± 1.68 BDMC encapsulation = 75.97 ± 1.72		Laokuldilok, Thakeow, Kopermsub, & Utamaang, 2016

Lanjut
tabel 8

Bahan	Minyak atsiri/ oleoresin	Bahan enkapsulan	Konsentrasi	Metode enkapsulasi	<i>Encapsulation efficiency</i>	Faktor lain	Sumber
	25% Oleoresin	<i>Gelatin-gum Arabic</i>	2.5	<i>Coacervation</i>	52.85 ± 1.03		Angélica, Zuanon, Malacrida, Regina, & Telis, 2013
	75% Oleoresin	<i>Gelatin-gum Arabic</i>	7.5	<i>Coacervation</i>	72.75 ± 1.23		Angélica, Zuanon, Malacrida, Regina, & Telis, 2013
Kapulaga	Minyak atsiri	<i>Mesquite gum</i>	5	<i>Spray drying</i>	Starting oil : 166.6 g oil/kg powder Total oil = 111.4 g oil/kg powder		Beristain, 2001
	Minyak atsiri	<i>Mesquite gum</i>	3	<i>Spray drying</i>	Starting oil : 250 g oil/kg powder Total oil = 185.6 g oil/kg powder		Beristain, 2001
	Oleoresin	<i>Gum acacia</i>		<i>Co-crystallization</i>	Kandungan Cardamom oleoresin 1,8-cineole = 35.23% a-terpinyl acetate = 67.18%		Sardar & Singhal, 2013

Lanjut
tabel 8

Bahan	Minyak atsiri/ oleoresin	Bahan enkapsulan	Konsentrasi	Metode enkapsulasi	Encapsulation efficiency	Faktor lain	Sumber
	Minyak atsiri	<i>Gum Arabic</i>		<i>Spray drying</i>	92.6		Mehyar, 2015
	Minyak atsiri	<i>Whey protein isolate (WPI)</i>		<i>Spray drying</i>	69.2		Mehyar, 2015
	Minyak atsiri	<i>Chitosan</i>		<i>ionic gelation</i>	>90%		Jamil et al, 2016
	3.00 Minyak atsiri	<i>Whey protein isolate</i>	30	<i>Freeze-dried</i>	98.56		Savitha Krishnan, Rajesh Bhosale, 2014
	1.53 Minyak atsiri	<i>Whey protein isolate : guar gum : carrageenan</i>	15: 0.1 : 0.2	<i>Freeze-dried</i>	93.03		Savitha Krishnan, Rajesh Bhosale, 2014

Tabel 8 menjelaskan tentang efek *encapsulation efficiency* pemberian bahan enkapsulan pada oleoresin dan minyak atsiri. Proses enkapsulasi pada masing-masing bahan menghasilkan nilai *encapsulation efficiency* memiliki nilai tertinggi masing-masing seperti pada bahan pala yang dienkapsulasi *gum arabic* dan maltodekstrin dengan konsentrasi 1 :1 dengan hasil 100.01 ± 0.10 % (Dong et al, 2018). Sedangkan pada bahan jahe diperoleh *encapsulation efficiency* tertinggi dari Jahe yang dienkapsulasi campuran maltodekstrin dan *gum arabic* dengan konsentrasi 10 : 10 dan hasil $93.0 \pm 0.8\%$ (Victória, Fernandes, Vilela, et al., 2016). Pada bahan kunyit, *encapsulation efficiency* tertinggi diperoleh dari bahan *beta-cyclodextrin* dengan konsentrasi 12,5 dan 0,86% oleoresin kunyit dihasilkan nilai *encapsulation efficiency* $C_{encapsulation} = 97.11 \pm 0.07$; $DMC_{encapsulation} = 54.68 \pm 1.68$; $BDMC_{encapsulation} = 75.97 \pm 1.72$ (Laokuldilok, Thakeow, Kopermsub, & Utama-ang, 2016). Enkapsulasi kapulaga dengan

nilai *encapsulation efficiency* terbesar diperoleh dari bahan enkapsulan *whey protein isolate* dengan konsentrasi 30 g/100 ml dihasilkan nilai 98.56% (Savitha Krishnan, Rajesh Bhosale, 2014). Perlu diketahui, efisiensi enkapsulasi dapat didefinisikan sebagai konsentrasi dari penggabungan material baik itu bahan aktif, obat, protein, pestisida, agen antimikroba yang terdeteksi dari formulasi setelah konsentrasi awal yang digunakan untuk membuat formula (Emma Piacentini, 2016). Juga dapat didefinisikan persentase jumlah minyak atsiri yang terenkapsulasi (Victória, Fernandes, Vilela, et al., 2016)

Dari data tersebut, tingginya nilai *encapsulation efficiency* didominasi oleh campuran bahan enkapsulan *gum arabic* dan maltodekstrin. Fakta ini didukung penelitian menyebutkan gabungan bahan enkapsulan keduanya memiliki stabilitas dan umur simpan lebih besar dibandingkan campuran *octenyl succinic acid modified starch* dan maltodekstrin (Dong et al., 2018). Namun, meningkatnya konsentrasi *gum arabic* hingga 60% menyebabkan penurunan *encapsulation efficiency* karena meningkatnya viskositas atau kekentalan dari emulsi yang terbentuk mengakibatkan berkurangnya difusivitas air (kemampuan air untuk berpindah) (Prince, M. V., Thangavel, K., Meda, V., 2014). Kombinasi *gum arabic* dan maltodekstrin bersifat saling melengkapi dimana maltodekstrin memiliki aktivitas permukaan rendah berakibat pada proses enkapsulasi yang buruk. Dibutuhkan *gum arabic* yang kerut memiliki kemampuan mengemulsi yang baik sehingga meningkatkan rendemen yang sesuai dengan karakter stabil (Vaidya et al., 2007). Di samping itu, *gum arabic* memiliki kemampuan plastis sehingga mencegah kerusakan matriks pelindung (Adamiec et al., 2012)

Gum arabic merupakan bahan enkapsulan paling populer dan paling banyak digunakan untuk mengenkapsulasi minyak atsiri dikarenakan kemampuan emulsifikasi dan penyerapan bahan volatil (Victória, Fernandes, Vilela, et al., 2016). Kombinasi *gum arabic* dengan *pullulan* memberikan *entrapment efficiency* terbaik. Penurunan konsentrasi *gum arabic* dapat menurunkan *entrapment efficiency* yang berkorelasi dengan stabilitas emulsi (Kshirsagar, Yenge, Sarkar, & Singhal, 2009)

Jika dibandingkan dengan pencampuran lain seperti pencampuran *Octenyl succinic acid modified starch* dan maltodekstrin maka pencampuran *gum Arabic* dan maltodekstrin menunjukkan nilai

encapsulation efficiency lebih dominan dikarenakan pencampuran *Octenyl succinic acid modified starch* dan maltodekstrin menimbulkan permukaan tidak rata (Dong et al., 2018).

Dibandingkan dengan *beta cyclodextrin*, *encapsulation efficiency* campuran bahan enkapsulan maltodekstrin dan *gum arabic* menunjukkan nilai yang lebih tinggi. Hal ini tidak terlepas dari struktur molekul *beta cyclodextrin* yang tergolong oligosakarida *cyclic* merupakan turunan dari maltodekstrin yang merupakan polisakarida. *Cyclodextrin* diperoleh dari enzim *Bacillus macerans* dari maltodekstrin sedangkan, maltodekstrin terbuat dari degradasi pati dengan α -*amylase*. β -*cyclodextrin* terdiri dari 7 unit glukosa yang dihubungkan ikatan α -(1,4) glikosida dan bersifat non-higroskopik serta sedikit manis (Li, 2015).

Molekul *cyclodextrin* berbentuk silinder dan memiliki permukaan berupa cincin *pyranose* yang memiliki sifat hidrofobik. Struktur silinder terbentuk dari polimer pati yang terhidrolisis dengan enzim *cyclodextrin glycosyltransferase* (*Bacillus macerans amylase*) mengkatalis rantai *glucosyl*. Hidrasi lebih mudah digantikan dengan lubang hidrofobik secara sterik. *Cyclodextrin* memiliki lubang inti yang bersifat hidrofobik dan bagian luar yang bersifat hidrofilik dimana kelarutan *cyclodextrin* dalam air bergantung dari keberadaan grup hidroksil. Dibandingkan γ dan μ *cyclodextrin*, β *cyclodextrin* memiliki kelarutan paling rendah karena luasnya ikatan hidrogen intramolekul yang menjangkau hingga di luar molekul (J.Xiong,2015).

Penyertaan *cyclodextrin* dalam sebuah enkapsulasi dicirikan dengan hilangnya ikatan kovalen dan perbandingan stoikiometri tertentu antara bahan campuran lain dan *cyclodextrin* yang larut dan terurai dalam larutan. Beberapa kekuatan tergabung dalam formasi kompleks seperti gaya elektrostatik, gaya *van der waal*, gaya hidrofobik, ikatan hidrogen. Kekuatan tersebut mempengaruhi stabilitas kompleks enkapsulasi, di samping itu stabilitas kompleks juga dipengaruhi tipe *cyclodextrin* dan bahan enkapsulan lain. Stabilitas kompleks juga dipengaruhi suhu dan pH yang dikenakan pada sistem enkapsulasi (Li, 2015)

Berbeda dengan *cyclodextrin*, *gum arabic* memiliki rantai tersebar dan termasuk dalam kompleks polisakarida yang mengandung campuran garam kalsium, magnesium, kalium sebagai inti sedangkan bagian pelindung (*skeleton*) yang terdiri dari *1,3-connected β -d-galactopyranosyl* dan

rantai samping dari 2-5 *1,3-connected β-d-galactopyranosyl*. Antara rantai utama dan rantai samping dihubungkan dengan ikatan 1,6 dan keduanya (utama dan samping) juga mengandung *α-l-arabinofuranosyl*, *α-l-rhamnopyranosyl*, *β-d-glucopyranosyl*, dan *4-O-methyl-β-d-glucopyranosyl*. Di samping mengandung karbohidrat, *gum arabic* mengandung *glycoprotein* (Sanchez et al., 2017)

Gum arabic memiliki kelarutan yang cepat dalam air dingin namun tidak larut dalam lemak yang dikarenakan banyaknya cabang dan volume hidrodinamik yang kecil. *Gum arabic* dapat digunakan sebagai bahan enkapsulan karena berikatan kovalen dengan protein dimana protein berperan sebagai *hydrophobic* sedangkan karbohidrat berperan sebagai *hydrophilic* (Al-Assaf, 2005)

Maltodekstrin merupakan bahan peralihan dari pati menjadi sirup jagung. Tidak seperti pati, maltodekstrin larut dalam air dingin dan tidak seperti jagung, maltodekstrin tidak memiliki rasa manis. Komposisi maltodekstrin tergantung dari metode hidrolisis yang dilakukan (hidrolisis asam, hidrolisis asam /enzim, hidrolisis 2 asam) dan kondisi selama metode dilakukan. Maltodekstrin dibentuk dari pati yang dipecah menjadi *α-D-glucose* yang dihubungkan melalui ikatan (1→4) glikosidik. Sebagai pecahan pati, maltodekstrin mengandung campuran sakarida seperti *D-glucose*, *maltose*, beberapa oligosakarida dan polisakarida (Goula, 2012)

4.2. Efek Enkapsulasi terhadap *Moisture Content*

Tabel 9. Efek *Moisture Content* Pemberian Bahan Enkapsulan pada Oleoresin dan Minyak Atsiri

Bahan	Minyak atsiri/oleo-resin	Bahan enkapsulan	Konse n-trasi	Metode enkapsulasi	<i>Moisture content</i>	Faktor lain	Sumber
Pala	Minyak atsiri	<i>Gum arabic</i> -maltodekstrin	1 : 1	<i>Spray-drying</i>	4.28±0.34 %		Dong et al, 2018

Lanjut
tabel 9

Bahan	Minyak atsiri/oleoresin	Bahan kapsulan	Konsep-trasi	Metode enkapsulasi	Moisture content	Faktor lain	Sumber
		<i>Octenyl succinic acid modified starch</i> :					
	Minyak atsiri	maltodekstrin	3 : 2	<i>Spray-drying</i>	2.88±0.53 %		Dong et al, 2018
	2.5 %Minyak atsiri	<i>Gum arabic</i> -maltodekstrin	5% : 36%	<i>Spray drying</i>	2.322±0.372		Djuardi, Fardiaz, & Purwadaria, 2018
	2.5 %Minyak atsiri	<i>Gum arabic</i> -maltodekstrin	5% :31%	<i>Spray drying</i>	3.417±0.372		Djuardi, Fardiaz, & Purwadaria, 2018
	oleoresin	<i>Gum Arabic</i>	60%	<i>Spray drying</i>	3.32%		Prince, M. V, Thangavel, K., Meda, V., 2014
	Oleoresin	<i>Whey protein concentrate</i> - maltodekstrin	20 : 80	<i>Spray drying</i>	3.67		Assagaf, Hastuti, Hidayat, & Yuliani, 2013
	Oleoresin	<i>Whey protein concentrate</i> - maltodekstrin	24 : 76	<i>Spray drying</i>	4.12		Assagaf, Hastuti, Hidayat, & Yuliani, 2013
Jahe	Minyak atsiri	<i>Gum acacia</i>	80 gm	<i>Spray drying</i>	5.90%	Inlet Temperature : 150 Outlet Temperature : 99	Kadam, M.L. and Hashmi, S.I. and Kale, Ravindra, 2011

Lanjut
tabel 9

Bahan	Minyak atsiri/oleoresin	Bahan enkapsulan	Konsep n-trasi	Metode enkapsulasi	Moisture content	Faktor lain	Sumber
	Minyak atsiri	<i>Gum acacia</i>	80 gm	<i>Spray drying</i>	3.67%	Inlet Temperature : 170 Outlet Temperature : 112	Kadam, M.L. and Hashmi, S.I. and Kale, Ravindra, 2011
Kunyit	Oleoresin	Maltodekstrin : <i>gum arabic</i>	75:25	<i>Spray-drying</i>	4.81 ± 0.06		Cano-higuita, Alexander, Vélez, Regina, & Telis, 2015
	Oleoresin	Maltodekstrin : <i>modified starch (Hi-Cap™ 100, National Starch, USA)</i>	25:75	<i>Spray-drying</i>	0.84 ± 0.16		Cano-higuita, Alexander, Vélez, Regina, & Telis, 2015
	Oleoresin	<i>Modified starch hicap® 100 : gelatin</i>	30 : 3	<i>Freeze-drying</i>	1.86 ± 0.18		Malacrida et al, 2014
	Oleoresin	<i>Modified starch hicap® 100 : gelatin</i>	31.7 : 2	<i>Freeze-drying</i>	1.15 ± 0.01		Malacrida et al, 2014
	Oleoresin	<i>Modified starch hicap® 100 : gelatin</i>		<i>Freeze-drying</i>	2.5 ± 0.13		Malacrida et al, 2014
	25% oleoresin	<i>Beta-cyclodextrin</i>	5	<i>Spray drying</i>	6.78 ± 0.07a		Laokuldilok, Thakeow, Kopermsub, & Utamaang, 2016

Lanjut
tabel 9

Bahan	Minyak atsiri/oleoresin	Bahan enkapsulan	Konse n-trasi	Metode enkapsulasi	Moisture content	Faktor lain	Sumber
	5% oleoresin	<i>Beta-cyclodextrin</i>	20	<i>Spray drying</i>	1.98 ± 0.06		Laokuldilok, Thakeow, Kopermsub, & Utamang, 2016
	25% Oleoresin	<i>Gelatin-gum Arabic</i>	2.5	<i>Coacervation</i>	1.43 ± 0.22		Angélica, Zuanon, Malacrida, Regina, & Telis, 2013
	75% Oleoresin	<i>Gelatin-gum Arabic</i>	7.5	<i>Coacervation</i>	3.93 ± 0.04		Angélica, Zuanon, Malacrida, Regina, & Telis, 2013
Kapulaga	Minyak atsiri	<i>Mesquite gum</i>	5	<i>Spray drying</i>	25 g/kg powder		Beristain, 2001
	Minyak atsiri	<i>Mesquite gum</i>	3	<i>Spray drying</i>	25 g/kg powder		Beristain, 2001
	Minyak atsiri	<i>Whey protein isolate (WPI): gum arabic (GA)</i>	3:1	<i>Spray drying</i>	2.94		Mehyar, 2015
	Minyak atsiri	<i>Whey protein isolate (WPI): gum arabic (GA)</i>	1 : 1	<i>Spray drying</i>	2.67		Mehyar, 2015
	Minyak atsiri	<i>Skim milk powder</i>	0.1	<i>Freeze drying</i>	3.17±0.03		Najafi & Kadkhodae, 2011
	Minyak atsiri	<i>Hi-cap 102</i>	0.3	<i>Spray drying</i>	1.25±0.04		Najafi & Kadkhodae, 2011

Lanjut
tabel 9

Bahan	Minyak atsiri/ oleo-resin	Bahan enkapsulan	Konse n-trasi	Metode enkapsulasi	<i>Moisture content</i>	Faktor lain	Sumber
	1.50 Minyak atsiri	<i>Whey protein isolate</i>	15	<i>Freeze-dried</i>	4.64		Savitha Krishnan, Rajesh Bhosale, 2014
	3.03 Minyak atsiri	<i>Whey protein isolate : guar gum : carrageena n</i>	30 : 0.1 : 0.2	<i>Freeze-dried</i>	6.675		Savitha Krishnan, Rajesh Bhosale, 2014

Tabel 9 menjelaskan tentang efek *moisture content* pemberian bahan enkapsulan pada oleoresin dan minyak atsiri. Pada bahan pala, nilai *moisture content* terkecil diperoleh dari bahan campuran *gum arabic*- maltodekstrin dengan perbandingan 5% : 36% dan 2.5 % Minyak atsiri (Djiuardi, Fardiaz, & Purwadaria, 2018). Pada bahan jahe, nilai *moisture content* terkecil diperoleh dari bahan enkapsulan campuran *gum acacia* sebesar 4 : 1 dengan konsentrasi 80 gm pada suhu *inlet* 170°C dan suhu *outlet* 112°C (Kadam, M.L. and Hashmi, S.I. and Kale, Ravindra, 2011). Pada bahan kunyit, nilai *moisture content* terkecil diperoleh dari bahan campuran maltodekstrin : *modified starch (Hi-Cap™ 100, National Starch, USA)* dengan perbandingan 25:75 (Cano-higuita, Alexander, Vélez, Regina, & Telis, 2015), sedangkan pada bahan kapulaga, nilai *moisture content* terkecil diperoleh dari *Hi-Cap 102* dengan konsentrasi 0.3 (Najafi & Kadkhodae, 2011). *Moisture content* merupakan jumlah kelembapan yang terdapat dalam sampel dengan melambangkan persentase berat asli sampel (berat basah)

Secara rata-rata, nilai *moisture content* terkecil didominasi oleh bahan enkapsulan *gum arabic* dan maltodekstrin hanya saja nilai *moisture content* keduanya masih lebih besar dibandingkan campuran *octenyl succinic acid*- maltodekstrin. Kecilnya nilai *moisture content* dapat meningkatkan konsentrasi padatan yang diperoleh dan besarnya konsentrasi padatan dapat meningkatkan jumlah retensi enkapsulasi dan efisiensi enkapsulasi. Meningkatnya *moisture content* dapat berdampak merugikan terhadap stabilitas selama penyimpanan sehingga

memudahkan pembentukan *glass transition* (Dong et al, 2018) dan *off flavor* pada minyak (Premi & Sharma, 2017). Meningkatnya konsentrasi *gum arabic* dapat menurunkan nilai *moisture content* (Prince, M. V, Thangavel, K., Meda, V., 2014). Meningkatkan proporsi *gum arabic* dapat meningkatkan *moisture content*, namun peningkatan yang dihasilkan tidak sebesar campuran *whey protein concentrate*-maltodekstrin dikarenakan dengan peningkatan *gum arabic* juga meningkatkan kekentalan emulsi sehingga menghalangi proses difusi air selama proses pengeringan yang meningkatkan *moisture content*. Sedangkan proporsi yang tinggi pada maltodekstrin menyebabkan penurunan *moisture content* (Premi & Sharma, 2017). Begitu pula, sampel dengan kandungan *gum arabic* lebih besar menghasilkan *moisture content* lebih besar sedangkan kandungan *modified starch* lebih besar menghasilkan *moisture content* lebih kecil. Penggunaan maltodekstrin sebagai bahan enkapsulan memiliki sifat higroskopis lebih rendah dibandingkan *gum arabic* (Cano-higuita, Alexander, Vélez, Regina, & Telis, 2015). Berbeda dengan pernyataan tersebut, peningkatan konsentrasi maltodekstrin dapat meningkatkan *moisture content* dikarenakan maltodekstrin memiliki berat molekul yang lebih rendah sehingga memiliki rantai yang lebih pendek dan lebih bersifat hidrofilik (Ferrari, Ribeiro, & Liserre, 2011)

4.3. Efek Enkapsulasi terhadap *Solubility*

Tabel 10. Efek *Solubility* Pemberian Bahan Enkapsulan pada Oleoresin dan Minyak Atsiri

Bahan	Minyak atsiri/oleo-resin	Bahan enkapsulan	Konse n-trasi	Metode enkap-sulasi	<i>Solubility</i>	Faktor lain	Sumber
Pala	2 % Minyak atsiri	<i>Gum arabic</i> -maltodekst rin	5% : 31%	<i>Spray drying</i>	95.969±1.216	<i>Homogenizat ion time</i> : 10	Djuardi, Fardiaz, & Purwadari a, 2018
	2.5 % Minyak atsiri	<i>Gum arabic</i> -maltodekst rin	5% : 31%	<i>Spray drying</i>	99.47±1.216	<i>Homogenizat ion time</i> : 15	Djuardi, Fardiaz, & Purwadari a, 2018
	Oleores in	<i>Gum arabic</i>	40%	<i>spray drying</i>	92.90%		Prince, M. V, Thanga vel, K., Meda, V., 2014

Lanjut
tabel
10

Bahan	Minyak atsiri/ oleo-resin	Bahan enkapsulan	Konse n-trasi	Metode enkap-sulasi	<i>Solubility</i>	Faktor lain	Sumber
	Oleores in	<i>Native starch</i>	<i>sorghum</i>	<i>spray drying</i>	0.042±0.003		Arshad, Ali, Abbas, & Hasnain, 2018
	Oleores in	<i>OSA sorghum starch</i>	<i>modified</i>	<i>spray drying</i>	0.073±0.016		Arshad, Ali, Abbas, & Hasnain, 2018
	Oleores in	<i>Gum arabic-native sorghum starches</i>	0:100	<i>Spray drying</i>	2.72±0.67		Arshad, Ali, & Hasnain, 2018
	Oleores in	<i>Gum arabic-octenyl succinic acid modified starch</i>	75:25	<i>Spray drying</i>	76.79±2.19		Arshad, Ali, & Hasnain, 2018
Jahe	Minyak atsiri	<i>Gum acacia</i>	80 gm	<i>Spray drying</i>	<i>Soluble in alcohol (95%)</i>	<i>Inlet Temperature : 150</i> <i>Outlet Temperature : 99</i>	Kadam, M.L. and Hashmi, S.I. and Kale, Ravindra, 2011
	Minyak atsiri	<i>Gum acacia</i>	80 gm	<i>Spray drying</i>	<i>Soluble in alcohol (95%)</i>	<i>Inlet Temperature : 180</i> <i>Outlet Temperature : 126</i>	Kadam, M.L. and Hashmi, S.I. and Kale, Ravindra, 2011

Lanjut
tabel
10

Bahan	Minyak atsiri/ oleo- resin	Bahan enkapsulan	Konse n-trasi	Metode enkap- sulasi	<i>Solubility</i>	Faktor lain	Sumber
Kunyi t		<i>Gum arabic: modified starch (Hi- Cap™ 100, National Starch,US A)</i>	25:75	<i>Spray- drying</i>	99.25 ± 0.00		Cano- higuita, Alexander, Vélez, Regina, & Telis, 2015
		<i>Maltodekstrin : gum arabic: modified starch (Hi- Cap™ 100, National Starch,US A)</i>	66:17: 17	<i>Spray- drying</i>	85.35 ± 0.50		Cano- higuita, Alexander, Vélez, Regina, & Telis, 2015
		<i>Modified hicap® 100 : gelatin</i>	<i>starch</i>	<i>Freeze drying</i>	76.8 ± 0.23		Malacrida et al, 2014
	75% Oleores in	<i>Gelatin- gum Arabic</i>	2.5	<i>Coacervati on</i>	86.5 ± 1.0		Angélica, Zuanon, Malacrida, Regina, & Telis, 2013
	100% Oleores in	<i>Gelatin- gum arabic</i>	2.5	<i>Coacervati on</i>	96.8 ± 0.3		Angélica, Zuanon, Malacrida, Regina, & Telis, 2013

Tabel 10 menjelaskan tentang efek *solubility* pemberian bahan enkapsulan pada oleoresin dan minyak atsiri. Dalam enkapsulasi, pada bahan pala digunakan bahan *gum arabic*- maltodekstrin dengan konsentrasi 5% :31% dengan konsentrasi minyak atsiri sekitar 2,5% dihasilkan nilai

solubility terbesar (Djuardi, Fardiaz, & Purwadaria, 2018), sedangkan pada bahan jahe, dengan konsentrasi minyak atsiri dan bahan enkapsulan yang sama menghasilkan nilai *solubility* yang sama terhadap alkohol (Kadam, M.L. and Hashmi, S.I. and Kale, Ravindra, 2011). Pada bahan kunyit, dengan bahan *gum arabic: modified starch (Hi-Cap™ 100, National Starch, USA)* konsentrasi 25:75 menghasilkan *solubility* terbesar (Cano-higuita, Alexander, Vélez, Regina, & Telis, 2015). *Solubility* dapat didefinisikan sebagai jumlah maksimum suatu substansi yang dapat larut dalam sejumlah solvent pada suhu tertentu. *Solubility* juga menjadi sifat spesifik yang melekat dari tiap kombinasi antara larutan dan solvent dan masing-masing substansi memiliki *solubility* yang berbeda (Mittal, 2017).

Salah satu faktor yang mempengaruhi *solubility* suatu polisakarida adalah struktur molekul. Setiap struktur yang menghalangi hubungan antar molekul menyebabkan kelarutan yang lebih tinggi, seperti struktur percabangan, gugus bermuatan (gugus karboksilat, sulfat, atau gugus fosfat). Sedangkan, struktur yang meningkatkan hubungan antar molekul menyebabkan kelarutan yang lebih rendah, seperti rantai linier dan berat molekul besar (Cano-higuita, Alexander, Vélez, Regina, & Telis, 2015)

Gum arabic sebagaimana diketahui dapat meningkatkan *solubility* pada Minyak Atsiri Pala, begitu pula dengan maltodekstrin yang dapat menghasilkan emulsi yang lebih halus. Namun, kombinasi keduanya memiliki batasan dikarenakan dapat meningkatkan viskositas pada emulsi (Djuardi, Fardiaz, & Purwadaria, 2018). Pernyataan tersebut diperkuat dengan meningkatnya *solubility* terjadi seiring dengan peningkatan kandungan *flavor*, di samping itu konsentrasi *gum arabic* yang meningkat dapat meningkatkan *viskositas* sehingga menghasilkan pembentukan partikel berukuran kecil dan meningkatkan luas permukaan (Prince, M. V, Thangavel, K., Meda, V., 2014). Penambahan *gum arabic* dapat meningkatkan *solubility* dikarenakan *gum arabic* merupakan hidrokoloid kompleks yang memiliki sifat larut air dan terdiri dari banyak cabang pada gula sederhana *galactose, arabinose, rhamnose, dan glucuronic acids* (Arshad, Ali, & Hasnain, 2018)

4.4. Efek Enkapsulasi terhadap *Particle Size*

Tabel 11. Efek *Particle Size* Pemberian Bahan Enkapsulan pada Oleoresin dan Minyak Atsiri

Bahan	Minyak atsiri/ Oleo-resin	Bahan enkapsulan	Konsen-trasi	Metode enkapsulasi	<i>particle size</i>	Faktor lain	Sumber
Pala	Minyak atsiri	<i>Polyoxyethylene 80 sorbitan monolaurate</i>	1	<i>Emulsification</i>	66.45		Agustinisari, Kailaku, Sumangat, & Harimurti, 2013
	Minyak atsiri	<i>Polyoxyethylene 80 sorbitan monolaurate-Span 20</i>	0,5 : 0,5	<i>Emulsification</i>	100.65 nm		Agustinisari, Kailaku, Sumangat, & Harimurti, 2013
	oleoresin	<i>Native sorghum starches</i>		<i>Spray drying</i>	12.56±0.07		Arshad, Ali, & Hasnain, 2018
	oleoresin	<i>OSA sorghum starch</i>		<i>Spray drying</i>	13.65±0.03		Arshad, Ali, & Hasnain, 2018
	oleoresin	<i>Succinylated sorghum starch</i>		<i>Spray drying</i>	12.41±0.04		Arshad, Ali, & Hasnain, 2018
	Minyak atsiri	<i>Soy lecithin-cholesterol</i>	1 : 1		172.1 ± 2.41		Lin, Zhang, Zhao, & Cui, 2015
Jahe	Minyak atsiri	<i>Whey protein isolate-Inulin</i>	22.3 %	<i>Spray drying</i>	2.05		Pereira, Lourenço, & Abreu, 2017
	Oleoresin	<i>Palmitic acid</i>	90	<i>spray chilling</i>	D[4,3]= 40.8 ± 0.9 D0.1 = 10.6 ± 0.9 D0.5 = 31.0 ± 1.5 D0.9 = 68.2 ± 3.4		Boesso et al., 2016
	Oleoresin	<i>Palmitic acid : Oleic acid : Palm fat</i>	75 :15	<i>spray chilling</i>	D[4,3] = 43.2 ± 1.7 D0.1 = 16.0 ± 0.2 D0.5 = 41.2 ± 3.0 D0.9 = 80.7 ± 5.2		Boesso et al., 2016

Lanjut
tabel
11

Bahan	Minyak atsiri/ Oleo-resin	Bahan enkapsulan	Konsen-trasi	Metode enkapsulasi	<i>particle size</i>	Faktor lain	Sumber
	Minyak atsiri	<i>Gum acacia</i>	80 gm	<i>Spray drying</i>	55.9 μm	Inlet Temperat ure : 150 Outlet Temperat ure : 99	Kadam, M.L. and Hashmi, S.I. and Kale, Ravindra, 2011
	Minyak atsiri	<i>Gum acacia</i>	80 gm	<i>Spray drying</i>	32.1	Inlet Temperat ure : 180 Outlet Temperat ure : 126	Kadam, M.L. and Hashmi, S.I. and Kale, Ravindra, 2011
Kunyit	30% Oleores in	<i>Gum arabic</i> : <i>Pullulan</i>	30 % : 1	<i>Spray drying</i>	1.96		Kshirsagar, Yenge, Sarkar, & Singhal, 2009
	5% Oleores in	<i>Gum arabic</i> : <i>Pullulan</i>	30% : 0.5	<i>Spray drying</i>	1.24		Kshirsagar, Yenge, Sarkar, & Singhal, 2009
Kapula ga	2 Minyak atsiri	<i>Olive oil</i>		<i>Nanoemulsific ation</i>	118.7 \pm 1.2		Keivani, Ghanbarza deh, Hamishehk ar, & Samadi, 2018
	4 Minyak atsiri	<i>Olive oil</i>		<i>Nanoemulsific ation</i>	141.7		Keivani, Ghanbarza deh, Hamishehk ar, & Samadi, 2018

Lanjut
tabel 11

Bahan	Minyak atsiri/ Oleo-resin	Bahan enkapsulan	Konsen-trasi	Metode enkapsulasi	<i>particle size</i>	Faktor lain	Sumber
	Minyak atsiri	<i>Chitosan</i>		<i>Ionic gelation</i>	50–100 nm		Jamil et al, 2016
	1.50 Minyak atsiri	<i>Whey protein isolate</i>	15	<i>Freeze-dried</i>	205.4		Savitha Krishnan, Rajesh Bhosale, 2014
	3.01 Minyak atsiri	<i>Whey protein isolate : guar gum</i>	30 : 0.1	<i>Freeze-dried</i>	212.2		Savitha Krishnan, Rajesh Bhosale, 2014

Tabel 11 menjelaskan tentang efek *particle size* pemberian bahan enkapsulan pada oleoresin dan minyak atsiri. Dalam enkapsulasi menggunakan bahan pala, *particle size* terkecil diperoleh dari bahan enkapsulan *Succinylated sorghum starch* dengan nilai 12.41 ± 0.04 (Arshad, Ali, & Hasnain, 2018). Sedangkan, dalam enkapsulasi berbahan jahe, *particle size* terkecil diperoleh dari bahan enkapsulan *Whey protein isolate-Inulin* dengan konsentrasi 22.3 % (Pereira, Lourenço, & Abreu, 2017). Pada bahan kunyit, bahan *gum arabic* dan *pullulan* dengan konsentrasi 30% : 0.5 dihasilkan *particle size* terkecil. Pada bahan kapulaga, dengan Bahan *chitosan*, diperoleh hasil *particle size* terkecil (Jamil et al, 2016) **Particle size merupakan sebuah gagasan untuk membandingkan antar partikel padat (butir); partikel cair (droplet), partikel gas (gelembung)** (Wollny & Kraume, 2011).

Dari keempat minyak atsiri, tidak ada bahan enkapsulan dominan, dimana bahan campuran bahan enkapsulan maltodekstrin dan *gum arabic* memiliki *particle size* yang kurang kecil dibandingkan campuran bahan enkapsulan *whey protein isolate-inulin*. Sedangkan pada Bahan Kunyit, *gum arabic* dan *pullulan* menghasilkan *particle size* terkecil. Meskipun begitu, tidak ada korelasi yang pasti antara konsentrasi *pullulan* dan *particle size* (Kshirsagar, Yenge, Sarkar, & Singhal, 2009). Akan tetapi, **peningkatan konsentrasi *gum arabic* dapat mempersempit distribusi ukuran partikel sehingga dapat disimpulkan peningkatan konsentrasi *gum arabic* dapat**

mengurangi diameter partikel alumina yang dikarenakan tingginya konsentrasi *gum arabic* dapat menekan lapisan ion ganda di sekitar partikel sehingga dapat mendukung kecepatan difusi dan menghasilkan diameter partikel lebih kecil (Nurdin, 2019).

Pada bahan enkapsulasi maltodekstrin- *gum arabic* dengan perbandingan 1 : 4 dihasilkan *particle size* terbesar. Dengan konsentrasi *gum arabic* yang semakin besar, dapat meningkatkan nilai *particle size* (Simon-brown et al., 2016). Pernyataan tersebut juga didukung penelitian dari Fernandes, Candido dan Oliveira, 2012 yang menyebutkan hal yang sama. Penelitian lain menyebutkan Penambahan maltodekstrin atau *inulin* dapat mengurangi *particle size* dikarenakan maltodekstrin dikenal mempunyai viskositas rendah pada konsentrasi tinggi dan semakin kecil viskositas *feed* yang digunakan menghasilkan kecilnya droplet dari proses atomisasi yang dapat memberikan kelancaran tingkat pengaliran (*flowability*) (Victória, Fernandes, & Vilela, 2014),

