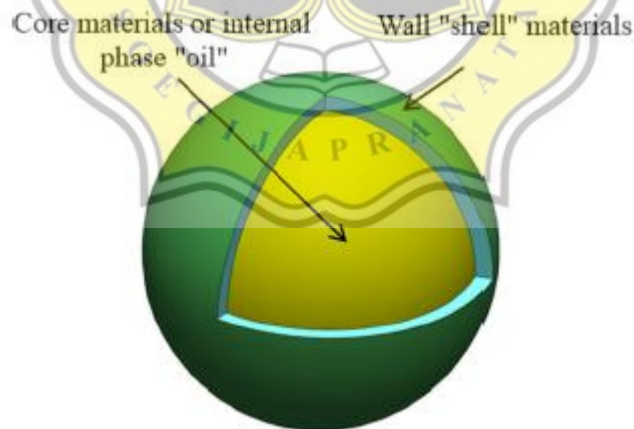


3. KOMPONEN PROSES ENKAPSULASI

3.1. Enkapsulasi

Enkapsulasi adalah proses untuk melapisi bahan padat, cair, ataupun gas sensitif seperti rasa, enzim, mikroorganisme, vitamin, mineral, dan pewarna sebagai inti bahan dimana bahan yang melapisi disebut bahan pelindung (sesuai gambar 3). Material pelindung dapat terbagi menjadi 3 yaitu karbohidrat, protein, dan lemak (McNamee, 1998). Dalam karbohidrat, bahan digolongkan berdasarkan asalnya : dari tumbuhan seperti maltodekstrin, pati, selulosa, *gum arabic*, *mesquite gum*, *guar gum*, *galactomannans*, *cyclodextrin*, *pectin*; dari hewan ataupun mikrobia seperti xanthan, gellan, dextran, chitosan; dari bahan laut seperti *carrageenan* dan alginate. Pada protein, bahan juga digolongkan berdasarkan asalnya : dari tumbuhan seperti protein kedelai, protein kacang; dari hewan seperti *casein*, *whey protein*, gelatin. Contoh bahan yang berasal dari lemak adalah lemak susu, *phospholipid*, *beeswax* dan *carnauba wax* (Danviriyakul, 2002) Untuk pemilihan materi pelindung didasarkan pada sifat materi inti dan kapsul final, pemilihan material pelindung dapat berfungsi optimal jika memenuhi beberapa syarat seperti : cocok untuk makanan, murah, mempunyai tingkat kekentalan rendah untuk material inti padat, mempunyai sifat pengemulsi yang stabil, dapat melindungi struktur material inti tanpa menimbulkan reaksi selama proses, memudahkan pengeluaran material inti (Li, 2015).



Gambar 3. Skema Proses Enkapsulasi (Bakry et al., 2016)

Mikroenkapsulasi berawal dari pembuatan sel hidup dimana tumbuhan atau hewan bersel tunggal merupakan awal proses mikroenkapsulasi. Kapsul pelindung alami yang menjadi pelindung makhluk hidup tersebut merupakan contoh sukses fungsi enkapsulasi. Enkapsulasi juga dapat diartikan sebagai teknologi untuk mengemas bahan padat, cair ataupun gas dalam miniatur kapsul yang tersegel, kapsul tersebut dapat mengeluarkan bahan dalam tingkatan dan kondisi

tertentu. Secara keseluruhan, mikrokapsul memiliki kemampuan untuk memodifikasi dan meningkatkan bentuk dan sifat bahan yang dilindungi. Rancangan mikrokapsul dapat terbagi menjadi 3 yaitu *single-particle structure*, *aggregate structure*, *multiwalled structure*. Di dalam *single-particle structure*, inti material yang berbentuk bola dikelilingi oleh membrane dengan ketebalan seragam mirip seperti telur unggas, inti material juga dipendam dengan kedalaman material pelindung yang berbeda. Sementara, pada *aggregate structure*, beberapa inti material dimasukkan dalam 1 material pelindung. Dalam hal ini, tidak semua inti material memiliki bahan pelindung yang sama dan dalam jenis ini, ukuran partikel merupakan sifat yang dapat dikontrol. Pada *multiwalled structure*, material pelindung yang konsentris (mempunyai pusat sama) dapat memiliki komposisi inti yang sama ataupun berbeda, dalam hal ini beberapa lapisan dinding material pelindung berada mengelilingi material inti dengan tujuan tertentu (Balssa, 1971)

3.2. Bahan Enkapsulan

3.2.1. Karakteristik dan Aplikasi Bahan Enkapsulan Karbohidrat

Tabel 2. Karakteristik dan Aplikasi Bahan Enkapsulan Karbohidrat

Bahan Enkapsulan	Karakter utama & aplikasi	Sumber
Maltodekstrin	Maltodekstrin diproduksi melalui proses enzimatis atau hidrolisis asam dari pati	Takeiti et al., 2010
	Maltodekstrin berperan sebagai sumber prebiotik dan agen kontrol pembekuan dan peggentalan	Brouns et al., 2007
	Maltodekstrin berasal dari produk hidrolisis yang telah dikeringkan dengan nilai dextrose equivalency kurang dari 20	Hadnađev et al., 2011
	Maltodekstrin diubah terlebih dahulu dalam bentuk α -amylase dan maltase sebelum dicerna	Westman, 2002
	Maltodekstrin memiliki harga murah, aroma dan rasa netral, memiliki viskositas rendah saat konsentrasi padatan tertinggi	Goula, 2012
Gum arabic	Gum arabic berasal dari bubuk kering dari ranting dan batang pohon <i>Acacia Senegal</i> atau <i>Acacia seyal</i>	Al-Assaf, 2005
	Gum arabic memiliki kandungan kimia dalam skeleton : 1,3-connected β -d-galactopyranosyl dan kandungan kimia rantai samping : 2-5 1,3-connected β -d-galactopyranosyl	Sanchez et al., 2017

Lanjutan tabel 2

Bahan		
Enkapsulan	Karakter utama & aplikasi	Sumber
	<i>Gum arabic</i> stabil dalam berbagai rentang pH dan cocok bila dicampur dengan bahan enkapsulan lain	Kanakdande, 2007
Alginat	Alginat merupakan biopolymer anionik yang diisolasi dari alga coklat mengandung sisa α -L-guluronic acid (G) dan β -D-mannuronic acid (M) yang dihubungkan oleh ikatan 1,4-glycosidic	George M, 2006
	Alginat mudah menyerap air dan mengontrol pelepasan dan pengantaran komponen bioaktif menuju target organ	Gombotz, 1998
	Alginat memiliki berat molekul 32000 hingga 400000 g/mol dan kekentalan sodium alginate akan meningkat seiring dengan penurunan pH	LeRoux MA, 1999
Kitosan	Kitosan terbuat dari cangkang udang atau sampah industry makanan terutama yang masih mengandung karotenoid	Kubota, 1997
	Komponen kimia dari Kitosan terdiri dari <i>Linear polymine</i> , grup amino reaktif, grup hidroksil reaktif, ion logam transisional	Dutta, Dutta, & Tripathi, 2004
Karrageenan	Karrageenan merupakan karbohidrat natural yang diperoleh dari alga merah	Necas & Bartosikova, 2013
	Karrageenan mendeskripsikan sulphated <i>galactan poliyaccharides</i> yang berperan sebagai dinding sel alga merah	Popescu & Boscornea, 2016
<i>Cyclodextrin</i>	<i>Cyclodextrin</i> digunakan sebagai agen pelarut dan meningkatkan stabilitas obat	Kumar, 2013
<i>Inulin</i>	Inulin merupakan polisakarida larut air dan karbohidrat yang tidak dicerna disebut fruktan	Shoib, Shehzad, Omar, & Rakha, 2016
	<i>Mesquite</i> gum merupakan hasil kering dari tanaman bergetah yang diperoleh dari batang atau cabang <i>Prosopis juliflora</i>	Vernon-carter, Beristain, & Pedroza-islas, 2000
<i>Octenyl succinic anhydride modified starches</i>	Pati hidrofilik yang dikombinasikan dengan OSA akan memperoleh elemen hidrofobik	Sweedman, Tizzotti, Schäfer, & Gilbert, 2013
<i>Pullulan</i>	<i>Pullulan</i> merupakan permen glucan yang diproduksi secara aerobik oleh yeast seperti <i>Aureobasidium pullulans</i>	Singh, Saini, & Kennedy, 2008

Tabel 2 menjelaskan tentang karakteristik dan aplikasi bahan enkapsulan yang tergolong karbohidrat. Adapun bahan enkapsulan yang tergolong karbohidrat antara lain maltodekstrin, *gum arabic*, alginat, kitosan, *carrageenan*, *cyclodextrin*, *inulin*, *mesquite gum*, *octenyl succinic anhydride modified starches*, *pullulan*. Maltodekstrin adalah salah satu kelas dalam karbohidrat yang dapat diekstrak dalam berbagai sumber tumbuh-tumbuhan. Maltodekstrin dapat diproduksi melalui proses enzimatik atau hidrolisis asam dari pati yang selanjutnya melalui proses permungan dan pengeringan *spray drying*. Dari proses tersebut menghasilkan bubuk putih dengan tingkat kemurnian tinggi dan aman dari kontaminasi mikroorganisme. Biasanya maltodekstrin digunakan untuk pembuatan produk makanan dan minuman seperti minuman berenergi (Takeiti et al., 2010). Selain itu, maltodekstrin memiliki sifat larut dalam air dapat difungsikan sebagai agen control pembekuan dan pengentalan serta sumber prebiotik (Brouns et al., 2007).

Dalam pembuatan maltodekstrin, pati yang dipanaskan dengan air menyebabkan struktur kristalin pada pati untuk mengembang dan rusak (dapat kembali) dan disebut proses gelatinisasi. Pati mengalami degradasi akibat asam ataupun enzimatik. Setelah terdegradasi, rantai d-glukosa akan tertinggal dan rantai d-glukosa yang pendek dan memiliki *dextrose equivalency* kurang dari 20 tergolong maltodekstrin (Buleon et al., 1998). *Dextrose equivalency* dapat mempengaruhi kemampuan pelarutan pati, dimana semakin mudah terlarut semakin tinggi nilai *dextrose equivalency* (Fetzer et al., 1953) Untuk mengukur komposisi dalam maltodekstrin, digunakan istilah *degree of polymerization* (DP) yang sejatinya jumlah rata-rata monosakarida dalam 1 molekul dimana semakin besar *dextrose equivalency* menyebabkan nilai *degree of polymerization* yang semakin kecil (Hadnadev et al., 2011)

Dalam pencernaan, maltodekstrin harus diubah terlebih dahulu dalam bentuk *α -amylase* dan maltase (Westman, 2002). Komposisi maltodekstrin sangat tergantung dari jenis hidrolisis yang digunakan dan kondisi saat pembuatan (sebelum perlakuan, suhu, waktu hidrolisis, tipe enzim, dan konsentrasi). Untuk itu, meskipun memiliki *dextrose equivalency* yang sama, belum tentu memiliki sifat yang sama (Dokic, Jakovljevic, & Dokic-baucal, 1998). Maltodekstrin banyak digunakan sebagai bahan pengganti lemak dan agen yang melunakkan tekstur (Bhandari and Howes, 1999)

Sebagai *stabilizer*, maltodekstrin dapat berfungsi mempertahankan stabilitas busa yang ditentukan jenis maltodekstrin yang digunakan dan *dextrose equivalent* (Pycia & Ga, 2017). Pada bahan tepung, maltodekstrin digunakan sebagai bahan enkapsulan agar tepung terhindar dari proses oksidasi saat proses pengeringan sehingga sifat makanan dapat terjaga (Ahmed, 2009).

Dalam enkapsulasi, faktor yang mempengaruhi efisiensi enkapsulasi didasarkan pada sifat material inti dan bahan enkapsulan. Maltodekstrin sebagai enkapsulan minyak menawarkan kelebihan seperti harga murah, aroma dan rasa netral, memiliki viskositas rendah saat konsentrasi padatan tertinggi, akan tetapi terdapat kekurangan salah satunya kapasitas emulsifikasi yang rendah dan menghasilkan hasil penyimpanan yang sedikit (Goula, 2012)

Dalam penerapannya, campuran antara maltodekstrin dengan *gum arabic* atau hanya *gum arabic* memunculkan hasil paling tinggi pada kandungan kelembapan (Victória, Fernandes, & Vilela, 2014). Ketika dicampur isolat *Whey Protein* menghasilkan hasil enkapsulasi yang lebih besar meskipun minyak atsiri kurang terlindungi dari pengaruh oksigen dan dimungkinkan mengalami oksidasi selama proses penyimpanan (Xiaoming, Zhang, Toure, 2007)

Gum arabic diperoleh dari bubuk kering dari ranting dan batang pohon *Acacia senegal* dengan kualitas ditentukan oleh botani, perbedaan masing-masing pohon, dan faktor lingkungan seperti kondisi iklim dan tanah, penanganan pasca panen (Al-Assaf, 2005). Kandungan kimia dalam Skeleton *gum arabic* terbuat dari *1,3-connected β-d-galactopyranosyl* sedangkan pada rantai samping terdiri dari 2 hingga 5 unit *1,3-connected β-d-galactopyranosyl* (Sanchez et al., 2017).

Gum arabic merupakan salah satu bahan enkapsulan yang stabil dalam berbagai rentang pH dan cocok bila dicampur dengan bahan enkapsulan lain. Saat dicampur dengan maltodekstrin, maltodekstrin memberikan porsi terbesar untuk melindungi minyak atsiri (Kanakdande, 2007). Pencampuran dengan *Whey Protein* memberikan keuntungan seperti bertahan pada suhu ruang (Burgess, 1984).

Alginat merupakan biopolimer serbaguna yang dapat diaplikasikan pada banyak produk. Alginat biasa digunakan sebagai matrix dari komponen bioaktif, sebagai eksipien (komponen inaktif

yang berperan sebagai media bagi obat dan komponen aktif lainnya). Alginat adalah biopolymer anionik yang diisolasi dari alga coklat sebagai bagian dari keluarga polisakarida linear yang mengandung sisa α -L-guluronic acid (G) dan β -D-mannuronic acid (M) yang dihubungkan oleh ikatan 1,4-glycosidic (George M, 2006)

Alginat memiliki sifat unik seperti gel yang mudah menyerap air sehingga digunakan untuk menyerap air (Gombotz, 1998). *Sodium alginate* memiliki berat molekul berkisar 32000 hingga 400000 g/mol. Meningkatnya berat molekul *alginate* dapat meningkatkan sifat fisik dari gel yang dihasilkan. Meskipun begitu, larutan *alginate* yang dihasilkan dari polimer dengan berat molekul besar menghasilkan produk yang sangat kental (LeRoux MA, 1999)

Ketika digunakan mengenkapsulasi Minyak Bibit Gandum, semakin besar konsentrasi alginate, maka akan mengurangi kapasitas pemuatan. Pengurangan kapasitas pemuatan disertai peningkatan konsentrasi alginate 2% dapat meningkatkan jumlah ruang yang terpakai oleh alginate menyebabkan pengurangan volume bebas dengan matriks polymer sehingga jumlah minyak yang terjebak menjadi lebih sedikit (S. B. Sevda, 2011)

Kitosan diperoleh dari cangkang udang yang diperoleh dari sampah industri makanan terutama yang masih mengandung *karotenoid* dan *asthaxantin*. Kitosan hanya larut dalam larutan asam dan beberapa *N-alkylidinations* dan *N-acylation* (Kubota, 1997) Komponen kimia dari Kitosan terdiri dari *linear polymine*, grup amino reaktif, grup hidroksil reaktif, ion logam transisional (Dutta, Dutta, & Tripathi, 2004)

Carrageenan merupakan karbohidrat natural yang diperoleh dari alga merah. Karbohidrat tersebut diperoleh dari keluarga alga yang berfungsi sebagai pembentuk gel dan polisakarida yang membentuk viskositas. Di samping itu, *carrageenan* juga berfungsi sebagai agen anti-inflamasi (Necas & Bartosikova, 2013). *Carrageenan* juga dideskripsikan *sulphated galactan poliyaccharides* yang berperan sebagai dinding sel alga merah. Di dalam *carrageenan* terdapat kandungan 15 hingga 40% *ester-sulfate* dan berat molekul relatif diatas 100 kDa. *Carrageenan* terbentuk dari penggabungan *d-galactose* dan *3,6-anhydro-galactose (3,6-AG)* dihubungkan oleh ikatan α -1,3 dan β -1,4-glikosidik (Popescu & Boscornea, 2016)

Cyclodextrin merupakan oligosakarida alami yang digunakan sebagai agen pelarut dan meningkatkan stabilitas obat yang memiliki kelarutan buruk. *Cyclodextrin* dapat dibagi menjadi 3 tipe yaitu α -*Cyclodextrin* yang memiliki 6 cincin molekul gula, β -*Cyclodextrin* yang memiliki 7 cincin molekul gula, γ -*Cyclodextrin* yang memiliki 8 cincin molekul. *Cyclodextrin* dapat digunakan untuk mengurangi iritasi akibat obat *gastrointestinal* serta mengubah obat cair menjadi *microcrystalline* (Kumar, 2013)

Inulin merupakan bagian dari polisakarida larut air dan biasa digunakan dalam makanan proses sebagai bahan pengganti gula dan lemak. *Inulin* juga berperan mewujudkan karakteristik yang memberikan energi 25 hingga 35% dibandingkan karbihdrat yang diharapkan. Tingkat kemanisan *Inulin* juga hanya sekitar 10% sukrosa. *Inulin* mengandung ikatan β -(2-1)-*d-fructosyl fructose* yang menghubungkan unit fruktosa pada *inulin* dan β -*configuration of anomeric carbon* sehingga *inulin* dapat dicerna di usus halus manusia (Shoaib, Shehzad, Omar, & Rakha, 2016)

Tumbuhan *mesquite gum* biasa digunakan kebudayaan Suku Indian yang memiliki rasa manis sehingga digunakan sebagai pakan manusia dan hewan. Di samping itu, juga menjadi obat sakit tenggorokan, sakit mata, sakit perut, dan diare. *Mesquite gum* sering diidentikkan dengan hasil kering dari tanaman bergetah yang diperoleh dari batang atau cabang *Prosopis juliflora* dan memiliki warna yang lebih gelap dibandingkan *gum arabic* (Vernon-carter, Beristain, & Pedroza-islas, 2000)

Pullulan merupakan salah satu biopolimer komersial yang terbentuk dari *A. pullulans* secara ekstraseluler. *Pullulan* tersusun dari pengulangan *maltotriose trimer* α -(1 → 4)Glup-a-(1 → 4)Glup-a-(1 → 6)Glup-,. Meskipun *pullulan* larut dalam air, *pullulan* tidak larut dalam larutan organik. Jika dibandingkan polisakarida lainnya, maka *pullulan* memiliki sifat yang lebih stabil dan viskositas lebih rendah (Singh, Saini, & Kennedy, 2008)

Pati merupakan cabang homopolimer dari glukosa dengan bentuk linear α -(1→4) dan bentuk cabang α -(1→6). Secara alami, pati (*native starch*) memiliki kelarutan yang terbatas pada air dan memiliki kegunaan terbatas pada industri. Untuk memperluas fungsinya, pati dapat dimodifikasi,

salah satunya melalui penambahan atau penggantian molekul kimia seperti *octenyl succinic anhydride (OSA)*. Ketika dikombinasikan dengan OSA, pati hidrofilik akan memperoleh elemen hidrofobik meskipun secara keseluruhan didominasi oleh karakter amphiphilic (Sweedman, Tizzotti, Schäfer, & Gilbert, 2013)

3.2.2. Karakteristik dan Aplikasi Bahan Enkapsulan Protein

Tabel 3. Karakteristik dan Aplikasi Bahan Enkapsulan Protein

Bahan Enkapsulan	Karakter utama & aplikasi	Sumber
Kasein	Kasein merupakan komponen protein bagian dari grup <i>phosphoprotein</i> yang paling besar dan terdapat pada susu. Terdiri dari 4 komponen produk genetika yaitu α 1-, α 2-, β - and κ -casein yang dibedakan berdasarkan struktur primer dan tipe dan tingkat modifikasi pos translational.	Abu DO, 2007
	Molekul kasein memiliki diameter rata-rata mendekati 150 nm dengan polydispersi yang besar, potensial zeta -20 mV, tingginya jumlah air yang terhubung	Tuinier, 2002
	Ketika Kasein dicampurkan inulin, penambahan kasein ke dalam emulsi akan meningkatkan pH	Saberi, Hashemiravan, & Farhadyar, 2014
	Kasein memiliki kapasitas yang lebih rendah untuk mengikat air dan memunculkan kandungan minyak di permukaan dibandingkan inulin	Saberi, Hashemiravan, & Farhadyar, 2014
Gelatin	Gelatin merupakan <i>biopolymer</i> penting yang merupakan turunan dari kolagen yang terdenaturasi larutan asam dan dilarutkan dalam larutan panas.	Go´mez, 2002
	Jika dibandingkan gelatin yang berasal dari mamalia, maka gelatin yang berasal dari ikan memiliki sifat <i>rheology</i> yang lebih rendah	Alfaro AT, 2013
	Hasil mikroenkapsulasi maupun efisiensi pengisian dapat berkurang apabila pH campuran gelatin dan gum acacia diatas atau dibawah pH optimum	Siow & Ong, 2013
Whey Protein	Kandungan <i>whey proten</i> dalam susu mencapai 20%	Gangurde & Chordiya, 2011

Tabel 3 menjelaskan tentang karakteristik dan aplikasi bahan enkapsulan yang tergolong protein. Adapun bahan enkapsulan yang tergolong protein antara lain kasein, gelatin, *whey protein*. Kasein merupakan komponen protein yang paling besar terdapat pada susu dimana protein yang terkandung sebesar 80%. Kasein merupakan bagian dari grup phosphoprotein terdiri dari sekumpulan protein yang terikat sesuatu yang mengandung asam fosfor. Kasein terdiri dari 4 komponen produk genetika yaitu $\alpha 1$ -, $\alpha 2$ -, β - and κ -casein yang dibedakan berdasarkan struktur primer dan tipe dan tingkat modifikasi pos translational. 4 tipe kasein memiliki berat molekul yang berbeda seperti *$\alpha 1$ -casein* (MW= 23 KD, ~38.49%), *$\alpha 2$ -casein* (MW 25KD, ~10.06%), *β -casein* (MW 24KD, ~38.74%), *κ -casein* (MW19KD, ~12.57%) (Abu DO, 2007).

Molekul kasein dapat menyatu dan membentuk kasein *michelle* (gumpalan kecil kasein) melalui interaksi-interaksi protein seperti ikatan hidrogen, hidrofobik, ikatan elektron serta adanya kehadiran kalsium dan fosfat (Tuinier, 2002)

Dari proses enkapsulasi kasein dan inulin untuk minyak ikan, besarnya ukuran emulsi sangat berpengaruh pada tipe dan konsentrasi material pelindung serta kandungan minyak atsiri yang terkandung. Menambahkan kasein ke dalam emulsi akan meningkatkan pH. Tingginya nilai pH pada emulsi untuk sampel kasein disertai berkurangnya ukuran emulsi. Dibandingkan dengan *inulin*, kasein memiliki kapasitas yang lebih rendah untuk mengikat air. Hal tersebut dikarenakan perbedaan antara kasein dan inulin dalam jumlah grup yang terikat dengan air. Selain itu, *hydrocolloids* juga berfungsi untuk meningkatkan penyerapan air dan retensi uap air. Sampel yang diberi kasein juga menunjukkan kandungan minyak di permukaan yang lebih rendah dikarenakan kemampuan emulsi yang lebih besar pada kasein yang menyebabkan terbentuknya banyak fase hidrofobik (Saber, Hashemiravan, & Farhadyar, 2014)

Gelatin merupakan biopolimer penting yang merupakan turunan dari kolagen. Kolagen terdiri dari kandungan glisin, proline, dan hidroksiproline yang tinggi dan terdenaturasi dalam larutan asam dan berubah menjadi protein larut seperti gelatin ketika larut dalam larutan panas (di atas suhu transisi struktur super heliks kolagen). Perubahan pada suhu dalam jangka singkat menyebabkan struktur heliks pada kolagen rusak dan melepaskan ikatan molekuler. Hal tersebut dikarenakan terganggunya ikatan nonkovalen dan struktur protein, ikatan intra dan inter-

molekuler akan membengkak menyebabkan pelarutan kolagen dan pembentukan gelatin (Go´mez, 2002)

Jika dibandingkan gelatin yang berasal dari mamalia, maka gelatin yang berasal dari ikan memiliki sifat *rheology* yang lebih rendah. Sifat gelatin sangat dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu karakteristik kolagen awal dan proses ekstraksi. Perbedaan spesies pada ikan mempengaruhi komposisi asam amino pada kolagen, sedangkan proses ekstraksi mempengaruhi distribusi berat molekul pada gelatin (Alfaro AT, 2013)

Dalam proses enkapsulasi Minyak Bawang Putih menggunakan bahan enkapsulan gelatin dengan metode *Coacervation*, diamati dari pH diketahui bahwa pH 4,5 dan 3,5 dapat memperoleh hasil mikroenkapsulasi tertinggi pada kedua tipe *coacervat*. Baik hasil mikroenkapsulasi maupun efisiensi pengisian dapat berkurang apabila pH campuran gelatin dan gum acacia diatas atau dibawah pH optimum (Siow & Ong, 2013)

Whey merupakan salah satu dari protein yang terdapat pada susu sapi dengan konsentrasi 20%, di samping kasein yang mendominasi sebesar 80%. *Whey* merupakan kelompok individu atau pecahan yang terpisah dari kasein selama proses pembuatan keju. Jika dibandingkan kasein, maka *whey* memiliki sifat yang lebih mudah larut air. *Whey* memiliki kandungan β -lactoglobulin, α -lactalbumin, bovine serum albumin, immunoglobulins, proteose peptone (Gangurde & Chordiya, 2011)

3.2.3. Karakteristik dan Aplikasi Bahan Enkapsulan Lemak

Tabel 4. Karakteristik dan Aplikasi Bahan Enkapsulan Lemak

Bahan Enkapsulan	Karakter utama & aplikasi	Sumber
<i>Lecithin</i>	<i>Lecithin</i> merupakan produk turunan dari kuning telur, rami, kapas, jagung	Nieuwenhuyzen, 1976
<i>Palmitic Acid</i>	<i>Palmitic Acid</i> merupakan minyak jenuh yang memiliki kandungan 20-30% dari tubuh manusia	Carta, Murru, Banni, & Manca, 2017
<i>Phosphatidylcholine</i>	<i>Phosphatidylcholine</i> merupakan bagian fosfolipid dengan kepanjangannya <i>glycerophospholipid</i>	Kidd & Health, 2017

Tabel 4 menjelaskan tentang karakteristik dan aplikasi bahan enkapsulan yang tergolong lemak. Adapun bahan enkapsulan yang tergolong lemak antara lain *lecithin*, *palmitic acid*, *phosphatidylcholine*. *Lecithin* merupakan emulsifier penting yang digunakan dalam industri makanan, obat-obatan. *Lecithin* alami berasal dari Minyak Kedelai yang mengalami beberapa proses seperti hidrasi *phosphatides*, pemisahan bubur, pengeringan dan pendinginan. Secara teknis, *lecithin* berasal dari kuning telur dan tumbuhan penghasil minyak seperti rami, kapas, dan jagung. Di dalam *lecithin*, terkandung 2-3% *phosphatides* (Nieuwenhuyzen, 1976)

Palmitic Acid merupakan asam lemak yang sering ditemukan dalam tubuh manusia dan memiliki konsentrasi 20-30% dari total asam lemak yang terdapat pada membran *phospholipid* dan *adipose triacylglycerols*. Selain dalam tubuh manusia, *palmitic acid* juga banyak ditemukan pada Minyak Kelapa (44% dari total minyak); daging dan produk susu (50–60% dari total minyak); Minyak Zaitun (8–20%) (Carta, Murru, Banni, & Manca, 2017)

Secara kimiawi, *phosphatidylcholine* merupakan *glycerophospholipid* yang tersusun atas gliserol dengan 3 karbon yang diganti. Karbon 1 dan 2 digantikan oleh asam lemak dan karbon 3 diganti oleh *phosphorylcholine*. Secara keseluruhan, *phosphatidylcholine* terdiri dari kepala yaitu *phosphorylcholine*, tubuh yaitu gliserol, dan ekor yaitu asam lemak. Beragamnya jenis asam lemak yang dapat menjadi ekor dapat menjadi pembeda antar *phosphatidylcholine* di jaringan manusia (Kidd & Health, 2017)

3.3. Minyak Atsiri

Minyak atsiri merupakan komponen volatil yang terdapat secara rata-rata pada rempah dan menyediakan aroma yang menjadi karakteristik masing-masing rempah. Minyak atsiri memiliki beberapa kelebihan seperti kualitas yang telah terstandarisasi, konsisten, memiliki higienitas. Minyak Atsiri biasa dihasilkan oleh tumbuhan herbal sebagai metabolit sekunder jika mendapat serangan bakteri patogen, mengalami stress, ataupun faktor lingkungan. Metabolit sekunder digunakan sebagai sarana pertahanan diri (Abdelmajeed, 2013). Sedangkan oleoresin adalah bahan campuran minyak atsiri dan resin. Resin merupakan bahan tebal dan lengket yang diproduksi dari beberapa pohon, menjadi kuning dan mengeras beberapa saat setelah dikumpulkan dan dapat terbentuk secara alami atau buatan. Resin alami memiliki wujud

transparan dan memiliki warna kekuningan hingga coklat, terbentuk dari hasil sekresi tanaman dan larut dalam berbagai larutan organik namun tidak larut dalam air, sedangkan resin sintetik terdiri dari kelas besar produk sintetik yang banyak mengandung sifat fisik resin alami namun berbeda secara kimiawi (Carvalho Filho, 2006)

3.4. Karakteristik dan Aplikasi Hasil Encapsulasi Minyak Atsiri

Tabel 5. Karakteristik dan Aplikasi Hasil Encapsulasi Minyak Atsiri

Minyak atsiri	Karakter utama & aplikasi	Sumber
Pala	Pala terdiri dari 2 jenis produk pala yaitu <i>East Indian Nutmeg</i> dan <i>West Indian Nutmeg</i> . <i>East Indian Nutmeg</i> memiliki kualitas yang lebih unggul. Dari hasil analisis <i>gas chromatography-mass spectrometry</i> , Minyak Pala Banda mengandung 28 komponen volatil	Copalakrishnan, 2002
	Minyak Pala mengandung 17 komponen dimana terbagi menjadi 3 penggolongan komponen utama yaitu terpene, terpene-alkohol, dan fenolik	Shafiq, Ahmed, Rasul, & Samra, 2016
	Dari analisis serbuk pala hasil encapsulasi menyebutkan serbuk yang dihasilkan dari material pelindung maltodekstrin dengan <i>gum arabic</i> memiliki ukuran yang lebih besar, kelembapan yang lebih besar, pengaliran yang lebih buruk	Battista, 2015
Jahe	Aroma yang kuat pada jahe disebabkan oleh 70 komponen yang tergolong dalam sesquiterpene hidrokarbon	Kadam, 2010
	Karakteristik psikokimia Minyak Atsiri Jahe terdiri dari bilangan asam 4.1 mg/OH/g; asam lemak bebas 2.9% (sebagai % asam oleat); tingkat saponifikasi 90.9 mg/OH/g; bilangan peroksida 2.3 meq/kg, bilangan iodin 17.1	Oluwatoyin, 2014
	Dalam proses encapsulasi Minyak Jahe, peningkatan konsentrasi inulin dan <i>Whey Protein Isolate</i> dapat berpengaruh pada peningkatan kekentalan.	Chari, 2013
Kunyit	Komponen kimia dapat ditemukan di daun, akar, <i>rhizome</i>	Nk, Tava, John, & Services, 2002
	Minyak Kunyit bersifat tidak stabil, mudah menguap, dan tidak mudah larut dalam air	Braga MEM, 2003
	Dalam proses encapsulasi Minyak Kunyit dibutuhkan 3 proses yaitu emulsifikasi minyak dalam air, gelifikasi, penghilangan solvent	Zhao Xiu-li, 2010
	Hasil pencampuran antara <i>alginate chitosan</i> dengan nanokapsul dapat meningkatkan kestabilan	Lertsutthiwong, 2002

Lanjutan tabel 5

Minyak atsiri	Karakter utama & aplikasi	Sumber
Kapulaga	Bagian paling fungsional dari Kapulaga adalah minyak atsiri dimana sering dimanfaatkan sebagai bahan minyak wangi ataupun stimulant	Abu-taweel, 2018
	Pada Korarima, minyak atsiri ditemukan pada bagian daun dan <i>rhizome</i>	Eyob, S, 2008

Tabel 5 menjelaskan tentang karakteristik dan aplikasi hasil enkapsulasi minyak atsiri. Adapun bahan minyak atsiri yang digunakan antara lain : Pala, Jahe, Kunyit, Kapulaga. Di dunia terdapat 2 jenis produk pala yaitu *East Indian Nutmeg* dan *West Indian Nutmeg*. Pala jenis *East Indian Nutmeg* memiliki kualitas yang lebih unggul dikarenakan menghasilkan aroma yang lebih kuat dan lebih banyak mengandung phenil propanoid. *East Indian Nutmeg* juga lebih banyak mengandung myristine yaitu sebesar 1,35% dibandingkan *West Indian Nutmeg* yang hanya mengandung 1 %. Minyak Pala dihasilkan dari proses *steem destilation*, destilasi air ataupun kombinasi keduanya dimana kandungan minyak dalam Biji Pala hanya berkisar 5-15%. Minyak pala juga dapat dihasilkan dari Bunga Pala dan Daun Pala, pada Bunga Pala kandungan minyak mencapai 4 -17% sedangkan pada Daun Pala mencapai 1,7% atau bahkan kurang dari 1%. Minyak Pala Banda mengandung 28 komponen volatile, komponen tersebut mengandung 52,8% hidrokarbon monoterpene; 21,11% monoterpene teroksigenasi, 18,04% fraksi aromatik. Minyak atsiri yang paling mudah dijumpai adalah *myristicin* yaitu sebesar 13,76% (Copalakrishnan, 2002)

Minyak Pala secara umum mengandung 17 komponen dimana terbagi menjadi 3 penggolongan komponen utama yaitu terpena, terpena-alkohol, dan fenolik. *Sabinene* merupakan komponen penting dalam Minyak Pala dan *Aromatic ester* dominan pada Pala adalah *Myristicin* dan *Safrole* (Shafiq, Ahmed, Rasul, & Samra, 2016)

Dalam proses enkapsulasi Minyak Pala dengan maltodekstrin atau *gum arabic* atau *octenyl succinic acid modified starch* dihasilkan ukuran yang lebih besar, kelembapan yang lebih besar, pengaliran yang lebih buruk pada campuran *maltodekstrin* dengan *gum arabic* akan tetapi memiliki ketahanan selama penyimpanan (Battista, 2015).

Aroma yang kuat pada jahe disebabkan oleh 70 komponen yang tergolong dalam sesquiterpene hidrokarbon dimana rasa pedas disebabkan oleh komponen *gingerol*, *shogaol*, dan *zingerone* (Kadam, 2010). Jahe juga memiliki beberapa kandungan seperti protein kasar 7.8 g/100gDM; serat kasar; 6.2 g/100gDM; abu 9.0 g/100gDM; dan energi 385.6 kcal/100g. Di samping itu, jahe juga memiliki kandungan oksalat yang lebih rendah dibandingkan bawang putih. Karakteristik psikokimia Minyak Atsiri Jahe terdiri dari bilangan asam 4.1 mg/OH/g; asam lemak bebas 2.9% (sebagai % asam oleat); tingkat saponifikasi 90.9 mg/OH/g; bilangan peroksida 2.3 meq/kg, bilangan iodin 17.1 Wijs. Pada jahe, asam lemak didominasi oleh asam stearat 1,5% diikuti oleh asam oleat sebesar 1,4%; asam palmitat 1,3%; asam laurat 1%; asam miristat 0,5%; asam linolenat dan arasinik 0,4%; asam linoleat dan asam palmitoleat 0,3% (Oluwatoyin, 2014).

Dalam proses enkapsulasi Minyak Atsiri Jahe, untuk mempersiapkan Microkapsul MInyak Atsiri Jahe dibutuhkan pH sekitar 3,5 agar memperoleh efisiensi maksimal (Wang, Yang, Cao, Zhao, & Wang, 2016). Dalam proses lainnya, peningkatan konsentrasi *inulin* dan *Whey Protein Isolate* dapat berpengaruh pada peningkatan kekentalan. Peningkatan kekentalan terbesar terjadi ketika digunakan *inulin* dan *Whey Protein Isolate* sebesar 30% sebagai material pelindung. Peningkatan kekentalan berkaitan dengan peningkatan material padat dan peningkatan jumlah protein yang digunakan. *Inulin* berfungsi untuk melindungi droplet saat proses peleburan dengan menebalkan fase kontinyu (Chari, 2013)

Tanaman Kunyit merupakan tanaman herbal yang tumbuh secara tahunan. Pada Daun Kunyit, terdapat 54 komponen dimana 30 komponen atau sekitar 91% minyak dapat diidentifikasi. Komponen mayor yang ditemukan dalam minyak yang diproduksi dalam daun seperti α -*phellandrene* 32,6%; *terpinolene* 26%; *1,8-cineole* 6,5%; *p-cymene* 5,9%. Sementara itu, minyak atsiri yang diperoleh dari akar memiliki 43 komponen dimana hanya 24 komponen atau sekitar 68% yang dapat terdeteksi. Di dalam minyak yang diperoleh dari akar, komponen yang paling banyak terdeteksi adalah *turmerone* sebanyak 46,8%, *ar-curcumene* sebanyak 7% dan dehidro-kurkumin sebesar 4,3%. Sedangkan dari minyak yang diperoleh dari *rhizome* sebanyak 47 komponen hanya 24 atau 70% komponen yang dapat terdeteksi. Dari 24 komponen yang terdeteksi, komponen yang terdeteksi paling banyak adalah *ar-turmerone* 31,1%; *turmerone* 10%, *curlone* 10,6% (Nk, Tava, John, & Services, 2002).

Minyak Kunyit bersifat tidak stabil, mudah menguap, dan tidak mudah larut dalam air dan dari sifat tersebut, minyak kunyit dapat diekstrak dari *rhizome* kering dengan menggunakan distilasi uap yang dilanjutkan proses ekstraksi menggunakan *solvent volatile*. Di samping itu, terdapat cara lainnya menggunakan karbon dioksida *supercritical* yang dilanjutkan dengan penambahan *co-solvent* (Braga MEM, 2003)

Dalam proses enkapsulasi Minyak Kunyit dibutuhkan 3 proses yaitu emulsifikasi minyak dalam air, gelifikasi, penghilangan solvent. Untuk proses emulsifikasi minyak kunyit dapat menggunakan beberapa metode seperti emulsifikasi cair, emulsifikasi difusi, emulsifikasi ganda, pelapisan polymer, coacervation. Penambahan kitosan setelah penambahan kalsium klorida dapat meningkatkan ukuran nanokapsul dibandingkan dengan tanpa menggunakan kitosan. Hal ini disebabkan kitosan yang memiliki berat molekul yang lebih besar dapat meningkatkan ukuran nanokapsul. Peningkatan ukuran nanokapsul dapat mengindikasikan posisi kitosan pada permukaan polymer alginat (Zhao Xiu-li, 2010).

Hasil pencampuran antara alginat kitosan dengan nanokapsul dapat meningkatkan kestabilan dalam 4 bulan pada suhu 4°C dan 25°C. Hal ini disebabkan kuatnya ikatan ionik antara residu karboksilat alginat dengan ion positif grup amino kitosan yang menghasilkan kompleks polielektrolit (Lertsutthiwong, 2002).

Kapulaga adalah tanaman rumput-rumputan yang memiliki daya tahan kuat dan termasuk dalam keluarga *Zingiberaceae*. Bagian paling fungsional dari Kapulaga adalah minyak atsiri berbentuk kapsul dimana sering dimanfaatkan sebagai bahan minyak wangi ataupun stimulant. Kapsul biasanya dipanen ketika memasuki masa 3 bulan setelah berbunga mendekati masa matang. Kapsul dipanen saat masih belum matang dan matang secara fisiologi menghasilkan 20-30% kandungan minyak atsiri lebih banyak serta menyimpan warna lebih banyak dibandingkan matang secara keseluruhan (Abu-taweel, 2018).

Kapulaga yang biasa diperjualbelikan biasa disebut kapulaga kecil hijau atau *true cardamom*, sedangkan di sisi lain terdapat jenis tanaman yang juga tergolong dalam keluarga kapulaga

seperti genus *Amomum* dan *Aframomum* yang juga memproduksi aroma. Akan tetapi, keduanya digolongkan sebagai *false cardamoms*. Dilakukan penelitian terhadap 3 jenis Korarima atau biasa disebut Kapulaga Ethiopia dan termasuk dalam penggolongan *false cardamoms*, yaitu *Gamo Gofa*, *Debub Omo* dan *Kaffa*. Dari penelitian tersebut, terdeteksi 38 komponen minyak atsiri pada bagian daun dan 52 komponen minyak atsiri pada *rhizome*. Komponen yang banyak terdapat di minyak atsiri daun adalah β -*caryophyllene* sebesar 60,7% sedangkan di minyak atsiri *rhizome* adalah γ -*terpinene* sebesar 21,8% dan β -*terpinene* sebesar 17,6%. Menurut beberapa penelitian, meskipun terdapat perbedaan pada spesies kapulaga, secara rata-rata monoterpene tetap menjadi komponen utama. Namun, adapula seperti kapulaga hitam yang memiliki komponen utama *1,8-cineole* (Eyob, S, 2008).

Dari hasil pengujian terhadap 3 jenis tanaman kapulaga yaitu *E. cardamomum*, *A. corrorima* dan *A. subulatum* diperoleh kandungan monoterpene sebesar 71.4%, 63.0%, dan 51.0%. Pada keluarga tanaman ini didominasi oleh kandungan *1,8-cineole* sebagai komponen utama disusul *monoterpene hydrocarbons*; *a-terpinyl acetate* untuk Minyak Atsiri Kapulaga Hijau; *4-terpineol* untuk *Ethiopian cardamom*; dan geraniol untuk Minyak Atsiri Kapulaga Hitam. Sedangkan *sesquiterpenes hydrocarbons* hanya terdapat pada *A. corriroma* dan *A. subulatum* masing-masing sebesar 0.5% dan 0.6% (Noumi et al., 2018)

Dalam percobaan enkapsulasi Minyak Atsiri Kapulaga dengan *Mesquite Gum*, digunakan Biji Kapulaga yang memiliki kandungan minyak atsiri 40 g/ kg yang diperoleh dengan metode *steam distillation*. Emulsi menghasilkan stabilitas yang baik dan tercatat tidak ada minyak atsiri yang muncul di permukaan dari ketiga perbandingan konsentrasi minyak atsiri yang disiapkan (perbandingan minyak atsiri : gum = 1:5; 1:4; 1:3 w/w).

3.5. Karakteristik Metode Enkapsulasi

Tabel 6. Karakteristik Metode Enkapsulasi

Metode Enkapsulasi	Karakteristik	Sumber
<i>Spray drying</i>	Metode enkapsulasi makanan tertua penerapannya yang murah dan dapat dimodifikasi bahan yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap panas dapat dikurangi kerusakannya	J.Xiong, 2015

Lanjutan tabel 6

Metode	Karakteristik	Sumber
Enkapsulasi	Ukuran droplet emulsi disarankan diantara 1-100µm Mikroenkapsulasi dapat memunculkan rasa yang tidak diinginkan pada minyak ikan dengan adanya oksigen	Baik,M-Y, 2004
<i>Freeze drying</i>	Biasa dikenal sebagai lyophilisasi terdiri dari 3 langkah : membekukan produk, es akan bersublimasi dari padat di bawah kondisi vacuum, molekul air dalam kondisi terikat dihilangkan dengan proses evaporasi. parameter freezing rate merupakan salah satu parameter yang penting	Wu et al., 2010
	Mikropartikel dari <i>Freeze Drying</i> memiliki bentuk berpori dan tidak biasa	Zhang, Y, 2014
<i>Coacervation</i>	Fase pemisahan fase liquid dari larutan hidrokoloid dalam kondisi pengawasan dengan menyesuaikan pH dan suhu larutan. <i>Coacervation</i> terdiri dari 2 jenis yaitu <i>coacervation</i> sederhana dan <i>coacervation</i> kompleks Kelebihan proses <i>coacervation</i> yaitu memproduksi bubuk dengan kandungan minyak di permukaan rendah meskipun kandungan minyak dalam material inti tinggi	El Asbahani, 2015
<i>Co-Extrusion</i>	<i>Co-Extrusion</i> menggunakan <i>concentric nozzle system</i> Material inti yang dienkapsulasi dilindungi dengan dinding polisakarida	Shinde, T, 2014
	<i>Co-Extrusion</i> merupakan proses yang menghasilkan titisan dengan kandungan internal yang dikelilingi pelindung fisik.	Dolca, C, 2015
	Proses <i>Co-Extrusion</i> memiliki metode yang hampir sama dengan proses atomisasi	Sparks, Jacobs, & Mason, 2001
<i>Co-crystallization</i>	Dapat dibagi menjadi <i>cocrystal anhydrides</i> , <i>cocrystal hydrates</i> , <i>anhydrides of cocrystals</i>	Pekamwar & Gadade, 2017

Tabel 6 menjelaskan tentang karakteristik metode enkapsulasi. Adapun metode enkapsulasi yang digunakan antara lain *spray drying*, *freeze drying*, *coacervation*, *co-extrusion*, *co-crystallization*. *Spray Drying* merupakan metode enkapsulasi makanan tertua dan paling banyak digunakan, selain itu penerapannya yang murah dan dapat dimodifikasi tergantung matriks enkapsulasi serta cocok apabila dipadukan dengan metode enkapsulasi lainnya. Melalui metode ini, bahan yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap panas dapat dikurangi kerusakannya. Pembentukan emulsi yang stabil merupakan langkah penting bagi proses enkapsulasi menggunakan metode *spray drying*. Sistem emulsifikasi yang kurang efisien menghasilkan droplet yang lebih besar, emulsi

yang tidak stabil rendahnya efektivitas enkapsulasi. Globula minyak dengan ukuran lebih kecil lebih mudah terbungkus matriks dinding serta mengurangi gaya diantara globula. Kandungan bahan padat memiliki dampak langsung terhadap ukuran droplet emulsi. Ketika jumlah padatan dalam emulsi meningkat akan mengecilkan ukuran droplet hasil emulsi. Emulsi dengan tingkat kekentalan yang tinggi diharapkan agar memblokir masalah di *spray dryer* (J.Xiong,2015).

Ukuran, bentuk dan tingkat kehalusan partikel *spray drying* sangat bergantung dari kandungan bahan kering emulsi. Pengeringan *spray drying* emulsi pada suhu kurang dari 150°C menyebabkan pengeringan mikropartikel yang kurang signifikan. Mikroenkapsulasi dengan *spray drying* dapat memunculkan rasa yang tidak diinginkan pada minyak ikan dengan adanya oksigen. Untuk mencegah kerusakan rasa pada minyak hasil enkapsulasi, digunakan antioksidan lipofilik seperti tokoferol (Baik,M-Y, 2004)

Freeze Drying atau biasa dikenal sebagai lyophilisasi terdiri dari 3 langkah : membekukan produk, es akan bersublimasi dari padat di bawah kondisi vacuum, molekul air dalam kondisi terikat dihilangkan dengan proses evaporasi. Proses *freeze drying* menawarkan beberapa keuntungan dalam proses enkapsulasi minyak seperti : mengurangi kerusakan akibat panas seperti asam lemak tidak jenuh, tokoferol, memudahkan kontrol kandungan air produk, memudahkan pembuatan mikroenkapsulasi minyak beku kering. Meskipun dengan berbagai kelebihan, metode *freeze drying* juga memiliki kekurangan seperti boros biaya operasi, waktu proses yang lama. Dalam metode *freeze drying*, parameter *freezing rate* merupakan salah satu parameter yang penting. *Freezing rate* yang rendah (pada - 20°C) dapat meningkatkan umur simpan mikrokapsul minyak ikan. Meskipun *freeze drying* memiliki efisiensi enkapsulasi yang rendah, minyak ikan yang beku masih mengandung *pullulan* yang masih memiliki stabilitas oksidatif dikarenakan *pullulan* mampu membentuk lapisan film yang kuat dengan kebocoran oksigen yang minimum (Wu et al., 2010)

Mikropartikel dari *freeze drying* memiliki bentuk berpori dan tidak biasa. Bentuknya yang berpori menyebabkan masuknya oksigen dalam mikrokapsul, akibatnya berefek pada umur simpan produk (Zhang,Y, 2014)

Coacervation merupakan fase pemisahan fase liquid dari larutan hidrokoloid dalam kondisi pengawasan dengan menyesuaikan pH dan suhu larutan. Secara singkat, *coacervation* bisa berarti pemisahan diantara 2 fase cair sedangkan pemisahan antara fase cair dan fase padat disebut metode presipitasi. Metode dasar pelaksanaan *coacervation* terdiri 4 tahap yaitu 1) Material inti diemulsifikasi dengan larutan encer yang terdiri dari 2 polimer dengan kondisi suhu pembentukan gel diatas protein dan dengan kondisi diatas pH isoelektrik protein 2) Pembentukan fase yang tidak bercampur 3) Polymer dalam bentuk cair tersimpan disekitar material inti 4) Mikrokapsul mengalami stabilisasi melalui proses tautan silang antar proses pengeringan (El Asbahani, 2015).

Saat ini proses *coacervation* terdiri dari 2 jenis yaitu *coacervation* sederhana yang terdiri dari satu polimer dan *coacervation* kompleks dimana terdiri dari 2 cairan yang tidak dapat bercampur dengan kandungan ion yang berlawanan. Kelebihan proses *coacervation* yaitu dapat memproduksi bubuk dengan kandungan minyak di permukaan rendah meskipun kandungan minyak dalam material inti tinggi (Kralovec, 2012).

Pada *coacervation* sederhana, polimer diasinkan melalui proses elektrolit atau dilarutkan melalui penambahan larutan nonsolvent yang dapat bercampur. Kondisi tersebut dapat meningkatkan interaksi makromolekul- makromolekul. Jika dibandingkan *coacervation* kompleks, maka *coacervation* sederhana menawarkan keunggulan berupa hemat biaya dan penggunaannya yang fleksibel. Sedangkan, *coacervation* kompleks menawarkan kelebihan dapat menampung muatan banyak (lebih dari 99%) (Xiao ZB, 2014)

Co-Extrusion sejatinya memberikan kondisi yang sama dengan metode *extrusion*, hanya saja pada *co-extrusion* menggunakan *concentric nozzle system*. Pada system tersebut, kapsul diproduksi dengan teknologi vibrasi untuk merusak pancaran cairan laminar menjadi droplet dengan ukuran sama yang dikumpulkan pada akhir proses. Material inti yang dienkapsulasi menggunakan *co-extrusion* dilindungi dengan dinding polisakarida dikarenakan dalam system ini menggunakan tipe partikel penampungan (Shinde, T, 2014)

Co-Extrusion atau dengan nama lain *gelling* membentuk droplet dengan menggetarkan (vibrasi) lapisan melalui material pelindung dan agen aktif melalui alat ekstruder dengan mengontrol ukuran dan kecepatan titisan. Hasil dari proses akan membentuk gel dalam larutan ionik menghasilkan pembentukan kapsul yang berisikan bahan aktif sebagai inti dan polymer sebagai pelindung (Dolca C, 2015)

Proses *co-extrusion* memiliki metode yang hampir sama dengan proses atomisasi yang digunakan dalam metode enkapsulasi modifikasi dari *spray cooling/chilling*. *Centrifugal coextrusion* didasarkan dari dua mulut (*nozzle*) yang telah dimodifikasi dimana bahan aktif dipompakan pada bagian dalam mulut sedangkan material pelindung dipompakan pada bagian luar mulut. Di samping itu *centrifugal coextrusion* efektif untuk memproduksi dalam ukuran kecil (sekitar 50 μm) (Sparks, Jacobs, & Mason, 2001)

Co-crystallization merupakan cara pembentukan bahan obat-obat padat multikomponen secara dinamis. *Cocrystal* terdiri dari *cocrystal anhydrates*, *cocrystal hydrates*, *anhydrates of cocrystals*. *Cocrystal* merupakan kristal multikomponen dimana semua komponen yang didominasi komponen berbentuk padat pada suhu ruang (Pekamwar & Gadade, 2017)

3.6. Karakteristik Parameter Kualitas Minyak Atsiri dan Oleoresin

Tabel 7. Karakteristik Parameter Kualitas Minyak Atsiri dan Oleoresin

Parameter	Karakteristik	Sumber
<i>Encapsulation efficiency</i>	Persentase oleoresin yang tidak dapat diekstrak oleh pelarut yang cocok dalam 1 gram mikrokapsul	Jyothi et al., 2010
<i>Moisture content</i>	Sejumlah kandungan air dalam suatu material atau substansi	Vera, Dutta, Mercer, Maclean, & Touchie, 2019
<i>Solubility</i>	Jumlah maksimum suatu substansi yang dapat larut dalam sejumlah <i>solvent</i> pada suhu tertentu	Rohn, 2017
<i>Particle size</i>	Membandingkan antar partikel padat (butir); partikel cair (<i>droplet</i>), partikel gas (gelembung)	Wollny & Kraume, 2011

Tabel 7 menjelaskan tentang karakteristik parameter kualitas minyak atsiri dan oleoresin. Adapun parameter yang dikaji *encapsulation efficiency*, *moisture content*, *solubility*, *particle size*. *Microencapsulation efficiency* dapat diartikan sebagai persentase oleoresin yang dapat diekstrak

oleh pelarut yang cocok dalam 1 gram mikrokapsul. Besarnya efisiensi enkapsulasi dipengaruhi oleh kandungan material oleoresin (*flavor load*). Efisiensi enkapsulasi dapat dipengaruhi beberapa faktor seperti kelarutan polimer dalam pelarut organik, kelarutan pelarut organik dalam air, konsentrasi polimer, perbandingan fase tersebar dan fase kontinyu, tingkat penghilangan solvent (Jyothi et al., 2010)

Dalam pengertian singkat, *moisture content* dapat diartikan sebagai sejumlah kandungan air dalam suatu material atau substansi. *Moisture content* dapat dihitung berdasarkan berat awal dan akhir sampel dengan asumsi semua kehilangan berat diakibatkan kandungan air yang berkurang serta mengabaikan kehilangan bahan volatil lainnya

Solubility dapat didefinisikan sebagai jumlah maksimum suatu substansi yang dapat larut dalam sejumlah *solvent* pada suhu tertentu *Solubility* menjadi sifat spesifik yang melekat dari tiap kombinasi antara larutan dan *solvent* dan masing-masing substansi memiliki *solubility* yang berbeda *Solubility* juga memiliki kelemahan dimana sangat bergantung pada faktor lain yang dimiliki solvent seperti *ion effect* (Mittal, 2017)

Particle size merupakan sebuah gagasan untuk membandingkan antar partikel padat (butir); partikel cair (*droplet*), partikel gas (gelembung). Pada *particle size*, ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengukur. Metode tersebut berbasiskan cahaya, *ultrasound*, medan listrik, gravitasi, atau sentrifugasi (Wollny & Kraume, 2011)