Pengaruh Media Inokulum dalam Semi Ko-Enkapsulasi Sel *Lactobacillus acidophilus* Menggunakan Enkapsulan Matriks *Eucheuma cottonii* – Maltodekstrin

Silvia Oktavia Nur Yudiastuti^{1,3*}, Roni Kastaman², Een Sukarminah², dan Efri Mardawati²

¹Program Studi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

Jalan Raya Bandung-Sumedang KM21 Jatinangor, Jawa Barat

²Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran

Jalan Raya Bandung-Sumedang KM21 Jatinangor, Jawa Barat

³Program Studi Teknologi Rekayasa Pangan, Politeknik Negeri Jember

Jalan Mastrip Kotak Pos 164 Jember, Jawa Timur

*Alamat korespondensi: silvia.oktavia@polije.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRACT/ABSTRAK
Diterima: 20-09-2021 Direvisi: 27-12-2021 Dipublikasi: 23-01-2022	The Study of Semi Co-encapsulated Matrix <i>Eucheuma cottonii</i> – Maltodextrin as <i>Lactobacillus acidophilus</i> Cell Encapsulant
Keywords: Bioactive compound, Functional food, Probiotic, Seaweed, Sinbiotic	The function of inoculum media is to increase <i>Lactobacillus acidophilus</i> cells numbers before they are encapsulated. Inoculum media plays a role in maintaining the number or viability of the cells during the encapsulation process. The purpose of this research was to examine the effect of inoculum media on the encapsulation of <i>L. acidophilus</i> LAB cells in a semi-co-encapsulated <i>Eucheuma cottonii</i> -maltodextrin matrix by freeze-drying and spray-drying. The research method used was descriptive with two levels of treatment. The treatment variation used consisted of two levels. The first level was 10% skimmed milk and pasteurized milk, and the second level was the encapsulation method of freeze drying and spray drying. Analysis of the morphological, physical, and microbiological properties of the encapsulated cells was concluded. The result showed that 10% skimmed milk inoculum media could increase the number of cells inside <i>E. cottonii</i> – maltodextrin cell capsule matrix. Pasteurized milk inoculum media maintain the cells integrity inside and outside the capsule matrix, so they have better viability than encapsulated results from 10% skimmed milk inoculum media.
Kata Kunci: Komponen bioaktif, Pangan fungsional, Probiotik, Rumput laut, Ssinbiotik	Media inokulum berfungsi untuk meningkatkan jumlah sel <i>Lactobacillus acidophilus</i> sebelum dienkapsulasi. Media inokulum dapat turut berperan dalam mempertahankan jumlah atau viabilitas sel selama proses enkapsulasi. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pengaruh media inokulum dalam proses enkapsulasi sel BAL <i>L. acidophilus</i> dalam matriks semi ko-enkapsulasi <i>Eucheuma cottonii</i> – maltodekstrin menggunakan metode pengeringan beku dan metode pengeringan semprot. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif. Variasi perlakuan yang digunakan terdiri dari dua taraf. Taraf pertama adalah media inokum susu skim 10% dan susu pasteurisasi, dan taraf kedua adalah metode enkapsulasi yaitu pengeringan beku dan pengeringan semprot. Hasil enkapsulasi sel, dianalisis sifat morfologis, fisik dan mikrobiologisnya. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh bahan media inokulum susu skim 10% dapat

meningkatkan jumlah sel pada hasil enkapsulasi sel dalam matriks *E. cottonii* – maltodekstrin, sedangkan media inokulum susu pasteurisasi dapat mempertahankan keutuhan sel dalam matriks kapsul sel, sehingga memiliki viabilitas yang lebih baik dibandingkan hasil enkapsulasi menggunakan media inokulum susu skim 10%.

PENDAHULUAN

Probiotik adalah bakteri atau khamir hidup yang dapat memberikan efek positif pada kesehatan manusia terutama pada saluran cerna manusia (Buriti *et al.*, 2018; Hayisama-ae *et al.*, 2014; Park & Jeong, 2016). Aplikasi penggunaan probiotik dapat dilakukan pada rantai pengelolaan makanan dari hasil pertanian secara utuh yang dimulai dari pengelolaan hingga konsumsi pangan hasil pertanian baik yang diminum maupun dimakan. Dalam kegiatan pra panen, probiotik dapat digunakan sebagai biofertilizer atau pupuk hayati yang akan bermanfaat dalam proses fiksasi nitroogen dalam proses pertumbuhan tanaman. Efek menguntungkan komoditas pengolahan pangan dari hasil pertanian yang difortifikasi dapat meningkatkan fungsi pencernaan dan pernapasan (Ephrem *et al.*, 2018) serta secara signifikan dapat meningkatkan imunitas tubuh dalam mengurangi penyakit menular (Cai *et al.*, 2020; Dhar & Mohanty, 2020; Redzwan *et al.*, 2016; Susilo dkk., 2020; Yuen *et al.*, Jin, 2020). Dewasa ini, probiotik bahkan dilaporkan dapat mempercepat penyembuhan pasien yang terinfeksi covid-19 (Dhar & Mohanty, 2020).

Bakteri *Lactobacillus acidophilus* merupakan salah satu bakteri probiotik dari golongan bakteri asam laktat (BAL) yang merupakan bakteri gram positif dan bersifat homofermentatif. Bakteri homofermentatif adalah bakteri yang menghasilkan hanya satu jenis produk sebagai hasil metabolismenya. Beberapa laporan menyatakan bahwa *L. acidophilus* dapat difortifikasi ke dalam makanan untuk meningkatkan kesehatan tubuh (Cai *et al.*, 2020) yang dapat terdispersi dalam lemak maupun air (Vaziri *et al.*, 2018). Perlindungan *L. acidophilus* dalam proses pengolahan pangan dapat dilakukan melalui enkapsulasi yang dapat mempertahankan sifat fungsionalnya dan memperbaiki mekanisme rilis komponen bioaktif dalam saluran cerna. *L. acidophilus* diharapkan dapat dimanfaatkan dalam tubuh dalam durasi waktu tertentu yang disebut dengan mekanisme rilis bioaktif. Mekanisme rilis bioaktif dapat dikendalikan

menggunakan kombinasi dan konsentrasi bahan dinding enkapsulasi tertentu (Cheow *et al.*, 2014).

Bahan yang umum digunakan sebagai enkapsulan *L. acidophilus* adalah protein, polisakarida dan hidrokoloid. Kekurangan dari penggunaan protein ketika digunakan sebagai bahan enkapsulasi adalah tidak stabil terhadap agregasi, sedimentasi dan hidrolisis (Liu *et al.*, 2018). Bahan enkapsulan dari golongan polisakarida umum digunakan karena harganya yang terjangkau tetapi dapat meningkatkan nilai kalori produk. Hidrokoloid bersifat membentuk gel, dapat membentuk pori dan jala, serta beberapa memiliki kelebihan sebagai prebiotik, salah satunya yaitu karagenan yang merupakan sumber prebiotik dan serat pangan (Zhang *et al.*, 2018). Enkapsulasi sel probiotik menggunakan enkapsulan prebiotik disebut dengan ko-enkapsulasi (Vaziri *et al.*, 2018). *Eucheuma cottonii* merupakan salah satu jenis rumput laut yang jumlahnya melimpah di Indonesia dan mengandung kappa-karagenan yang tinggi. Spesies *cottonii* paling banyak mengandung karagenan dan memiliki kekuatan gel yang paling baik serta lebih tahan terhadap asam di antara marga *Eucheuma* (Pramita dkk., 2020). Peningkatan kekuatan pelindungan *E. cottonii* sebagai bahan enkapsulan *L. acidophilus* dapat digabungkan dengan polisakarida. Bahan enkapsulan golongan polisakarida yang umum digunakan adalah maltodekstrin karena maltodekstrin memiliki DE (*Dextrose Equivalen*) yang rendah (Sao dkk., 2019) sehingga dapat menurunkan resiko peningkatan kadar kalori sel probiotik.

Gabungan matriks *E. cottonii* dan maltodekstrin dapat membentuk gel yang kompak (Pangestuti & Siahaan, 2018). Matriks diartikan sebagai bahan (atau jaringan) di antara sel-sel organisme eukariotik, sering ditemukan di berbagai jaringan ikat dan umumnya berstruktur seperti jeli dalam jaringan ikat tersebut. Maltodekstrin merupakan campuran monosakarida dan dekstrin, dapat berfungsi sebagai penyalut karagenan sehingga membentuk kompleks dinding enkapsulan yang lebih baik.

Matriks *E. cottonii* secara potensial dapat digunakan sebagai bahan penyalut dalam enkapsulasi sel probiotik *L. acidophilus* karena merupakan polimer hidrokoloid yang mudah membentuk gel dan dapat menciptakan ruang untuk enkapsulasi probiotik *L. acidophilus* (Setijawati *et al.*, 2018). Pemanfaatan *E. cottonii* yang merupakan prebiotik sebagai bahan penyalut dapat melindungi probiotik dari kondisi ekstrim dan dapat juga berfungsi sebagai substrat pertumbuhannya. Hidrogel yang terbentuk dari inokulum sel *L. acidophilus* dapat melindungi sel dalam proses enkapsulasi.

Pada penelitian ini, enkapsulasi *L. acidophilus* dilakukan dengan metode pengeringan beku dan pengeringan semprot. Kedua metode tersebut dapat menghasilkan sel dengan karakteristik kering sehingga diharapkan memiliki masa simpan yang panjang. Kedua metode tersebut juga banyak dan umum digunakan pada industri pengolahan pangan. Sel hasil enkapsulasi yang dihasilkan dari metode pengeringan beku memiliki viabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan pengeringan semprot. Meskipun demikian, sel hasil enkapsulasi yang dihasilkan melalui pengeringan semprot memiliki biaya produksi yang lebih rendah karena waktu produksinya lebih singkat. Kekurangan metode pengeringan semprot adalah suhu yang tinggi, di atas 100°C, dikawatirkan dapat menurunkan viabilitas sel (Reyes *et al.*, 2018). Komposisi media inokulum dapat mempengaruhi jumlah suspensi sel, viabilitas sel terhadap proses enkapsulasi dan mekanisme rilis sel dalam saluran cerna. Media inokulum yang digunakan dalam penelitian ini adalah susu pasteurisasi yang mengandung lemak tinggi dan susu skim yang mengandung lemak lebih rendah. Susu pasteurisasi memiliki harga yang lebih rendah dari susu skim dan diharapkan dapat melindungi sel dari tingginya suhu enkapsulasi metode pengeringan semprot.

Tujuan penulisan ini adalah mengkaji pengaruh media inokulum yang digunakan dalam enkapsulasi sel *L. acidophilus*. Enkapsulasi dilakukan menggunakan bahan penyalut semi ko-enkapsulasi *E. cottonii*-maltodekstrin melalui metode pengeringan beku dan pengeringan semprot.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Pangan, Departemen Teknologi Industri Pangan, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran dari Bulan Januari

2018 – Mei 2019. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif. Perlakuan pada penelitian terdiri dari dua taraf yaitu jenis media inokulum (susu pasteurisasi (a₁) dan susu skim 10% (a₂) serta jenis pengering (pengering beku (b₁) dan pengering semprot (b₂)). Rancangan perlakuan dalam penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan perlakuan penelitian

Media inokulum	Metode Enkapsulasi	
	Pengeringan Beku (b ₁)	Pengeringan Semprot (b ₂)
susu pasteurisasi (a ₁)	a ₁ b ₁	a ₁ b ₂
susu skim 10% (a ₂)	a ₂ b ₁	a ₂ b ₂

Persiapan Sel *L. acidophilus*

Sebelum digunakan, sel *L. acidophilus* (koleksi Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran) diremajakan pada media agar miring MRSA (Merck) dengan suhu inkubasi 37°C selama 48 jam. Sel hasil peremajaan dilarutkan menggunakan NaCl 0,85%, konsentrasi sel diukur berdasarkan kekeruhan larutan Mc Farland 3 pada $\lambda = 600$ nm dan absorbansi $\pm 0,616$ yang setara dengan jumlah koloni $3,0 \times 10^8$ CFU/ml pada spektrofotometer.

Persiapan Bahan Penyalut

Bahan penyalut yang digunakan adalah kombinasi 50% bubur rumput laut (*E. cottonii*) (merek dagang KATONI produksi UD. Kunjungan Pangan Bumi Nusantara, Depok, Jawa Barat) dan 50% maltodekstrin DE20 (b/b). Rumput laut basah dihaluskan menggunakan blender kecepatan tinggi dengan konsentrasi 50% hingga menjadi bubur rumput laut. Selanjutnya dipasteurisasi pada suhu 62,5°C selama 15 menit. Bubur rumput laut hasil pasteurisasi kemudian ditambahkan dengan maltodekstrin dengan porsi yang sama dengan bagian bubur rumput laut 1: 1 (v/v).

Inokulasi Sel *L. acidophilus*

Media inokulum yang digunakan dalam penelitian adalah susu pasteurisasi (a₁) dan susu skim 10% (a₂) (b/v). Sebanyak 10% sel *L. acidophilus* yang telah dilarutkan dalam NaCl 0,85% diinokulasikan ke dalam masing – masing perlakuan media inokulum (v/v). Inkubasi dalam media inokulum dilakukan selama 4 jam pada suhu 40°C.

Enkapsulasi Sel

Enkapsulasi dimulai dengan melarutkan sel *L. acidophilus* yang sudah diinokulasi selama 4 jam dalam media inokulum ke dalam larutan bahan penyalut. Campuran bahan peyalut dengan sel *L. acidophilus* hasil inokulasi disebut dengan suspensi sel *L. acidophilus*. Metode enkapsulasi yang digunakan adalah pengeringan beku dan pengeringan semprot. Suspensi sel didiamkan pada suhu 4°C selama 2 jam untuk selanjutnya dienkapsulasi. Enkapsulasi dengan metode pengeringan beku dimulai dengan menyimpan suspensi sel pada lemari beku dengan suhu -60°C selama 18-24 jam, kemudian dikering bekukan menggunakan pengering beku pada suhu -40°C selama 48 jam pada tekanan vakum 0,050 mBar (Yudiastuti *et al.*, 2019). Enkapsulasi dengan pengeringan semprot dilakukan menggunakan mesin

pengering semprot (Buchi B-290) dengan suhu inlet 100°C dan suhu outlet 75°C dengan laju alir 20 g/menit.

Pengujian Jumlah Sel BAL dan Viabilitas Selnya

Pengujian jumlah sel dilakukan menggunakan metode BAM (*Bacteriological Analytical Manual*) (Yudiastuti *et al.*, 2019). Sebanyak 1 ml sampel dilarutkan dalam 9 ml 0,85% larutan NaCl fisiologis, diencerkan hingga 10⁻⁹ secara aseptis. Masing-masing tabung pada tiga pengenceran terakhir dituangkan sebanyak 1 ml ke dalam cawan petri steril. Tuang medium MRS dan tambahkan 0,5% asam asetat glasial sebanyak 12-15 ml ke dalam cawan petri, kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam. Viabilitas sel dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Sukarminah *et al.*, 2017):

$$\text{Viabilitas sel (\%)} = \frac{\text{Jumlah sel hasil enkapsulasi}}{\text{Jumlah sel dalam suspensi sel}} \times 100\%$$

Pengamatan Morfologis Hasil Enkapsulasi dan Rendemen Hasil Enkapsulasi

Morfologi partikel sel *L. acidophilus* yang dienkapsulasi diamati menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM S-4800, Hitachi, Japan) (Vaziri *et al.*, 2018). Tegangan percepatan adalah 10 kV, sampel ditempelkan diatas cincin plat tembaga

yang selanjutnya dilapisi emas untuk selanjutnya diamati menggunakan SEM. Rendemen hasil enkapsulasi adalah perbandingan berat antara sel yang sudah dienkapsulasi dengan berat sebelum enkapsulasi, dihitung menggunakan persamaan (Sukarminah *et al.*, 2017):

$$\text{Rendemen enkapsulasi (\%)} = \frac{\text{Berat Hasil enkapsulasi}}{\text{Berat suspensi sel}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologis Hasil Enkapsulasi sel *L. acidophilus*

Setiap sel *L. acidophilus* yang telah dienkapsulasi diamati penampang morfologinya menggunakan dengan metode SEM (Gambar 1). Hal tersebut bertujuan untuk melihat ukuran sel hasil enkapsulasi yang telah dienkapsulasi serta mengetahui efek perlindungan matriks gabungan *E. cottonii* – maltodekstrin. Media inokulum susu pasteurisasi memberikan lapisan lunak pada matriks dinding kapsul, sedangkan media inokulum susu skim memperkeras permukaan dinding kapsul. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa hasil enkapsulasi dengan media inokulum susu pasteurisasi (a₁) diselaputi lemak. Lemak lebih bersifat non polar, kandungan lemak dalam susu pasturisasi yang lebih tinggi membuat lemak lebih tertarik ke lapisan paling luar dari matriks kapsul. *E. cottonii* dan maltodekstrin memiliki sifat yang sama – sama polar

(Zhang *et al.*, 2018), sehingga akan lebih kuat tertarik ke dalam inti sel *L. acidophilus* yang disalutnya karena *L. acidophilus* memiliki sifat yang lebih cenderung polar. Akibatnya, campuran matriks yang mengandung lebih sedikit lemak akan memiliki permukaan yang tampak kering seperti ditunjukkan pada perlakuan media inokulum susu skim 10% (a_{2b1} dan a_{2b2}).

Pada kombinasi perlakuan media inokulum susu skim 10% dengan metode pengeringan beku, tampak sel *L. acidophilus* berhamburan keluar matriks kapsul. Sedangkan pada kombinasi perlakuan media inokulum susu skim 10% dengan metode pengeringan semprot, tampak matriks kapsul menciut, meskipun masih dapat mempertahankan sel *L. acidophilus* dalam matriks kapsul.

Durasi enkapsulasi yang lebih lama pada metode pengeringan beku, ternyata memberikan pengaruh pada kenampakan kapsul sel yang lebih rapuh dibandingkan metode pengeringan semprot.

Meskipun dilakukan pada suhu di atas 100°C, tetapi durasi enkapsulasi dengan pengeringan semprot lebih cepat 90% dari pengeringan beku. Durasi pengeringan beku untuk 2L suspensi sel *L. acidophilus* adalah 48 – 50 jam, sedangkan pengeringan semprot berlangsung selama 10 – 50 menit untuk volume suspensi yang sama. Pengeringan beku dapat mempertahankan kualitas

produk sebab kandungan air bahan tidak berada dalam kondisi cair, sehingga memperkecil resiko degradasi komponen bioaktif, tetapi sublimasinya berlangsung lama sebab dilakukan pada suhu yang sangat rendah (Ahmed *et al.*, 2013; Mu *et al.*, 2018). Ukuran sel dan ukuran kapsul yang menjadi matriks kapsul sel *L. acidophilus*, disajikan pada Tabel 2.

a1b1 (susu pasteurisasi dan pengering beku)

a1b2 (susu pasteurisasi dan pengering semprot)

a2b1 (susu skim 10% dan pengering beku)

a2b2 (susu skim 10% dan pengering semprot)

Gambar 1. Analisis SEM sel *L. acidophilus* hasil enkapsulasi

Tabel 2. Ukuran sel *L. acidophilus* dan Kapsul *E. cottonii* – Maltodekstrin hasil penelitian

Perlakuan	Ukuran (μm)	
	Sel <i>L. acidophilus</i>	Mikro kapsul <i>E. cottonii</i> - Maltodekstrin
a1b1 (susu pasteurisasi dan pengering beku)	3,4	7,1
a1b2 (susu pasteurisasi dan pengering semprot)	3,4	5,3
a2b1 (susu skim 10% dan pengering beku)	3,4	22,1
a2b2 (susu skim 10% dan pengering semprot)	3,4	15,6

Ukuran sel *L. acidophilus* dalam penelitian ini memiliki ukuran yang sama berdasarkan hasil uji SEM pada Gambar 1 yaitu 3,4 μm. Ukuran kapsul paling kecil adalah perlakuan media inokulum susu pasteurisasi dengan metode pengeringan semprot

(a1b2), dan yang terbesar adalah perlakuan metode inokulum susu skim 10% dengan metode enkapsulasi pengeringan beku (a2b1). Ukuran kapsul hasil pengeringan semprot lebih kecil dibandingkan hasil enkapsulasi dengan metode pengeringan beku,

karena enkapsulasi dengan pengeringan semprot dilakukan melalui atomizer yang menyebabkan ukuran partikel bahan menjadi lebih kecil dan seragam. Ukuran kapsul hasil inokulasi susu pasteurisasi lebih kecil dibandingkan hasil inokulasi susu skim 10%, karna lemak dalam susu pasteurisasi lebih tinggi, dimana lemak memiliki sifat non polar. Sifat kepolaran yang rendah dapat menolak air, sehingga hasil enkapsulasi akan lebih hidrofobik dan higroskopis yang menyebabkan dinding kapsul dengan bahan penyalut susu pasteurisasi lebih tebal dibandingkan susu skim 10% yang mengandung lebih sedikit lemak.

Karakteristik Fisik dan Mikrobiologis Hasil Enkapsulasi Sel *L.acidophilus*

Pada akhir proses enkapsulasi, residu gumpalan atau serbuk enkapsulasi di kerok dari labu

pengeringan pada pengering beku dan *chamber* penampung pada pengering semprot untuk mendapatkan nilai rendemen enkapsulasi lebih akurat. Meskipun demikian, sangat sulit untuk memperoleh seluruh residu yang tersisa, karena hasil enkapsulasi menempel dengan kuat pada labu pengeringan atau menempel pada bagian – bagian pengering semprot.

Pada pengering beku, hasil enkapsulasi ditumbuk dengan mortar dan diayak dengan saringan mesh 80 untuk menyeragamkan ukuran partikel hasil enkapsulasi sel. Penumbukan dan pengayakan membuat lebih banyak hasil enkapsulasi tersisa pada dinding mortar dan pengayak. Rendemen hasil enkapsulasi sel *L. acidophilus* dengan metode pengeringan beku dan pengeringan semprot, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rendemen hasil, jumlah sel dan viabilitas enkapsulasi sel *L.acidophilus*

Perlakuan	Rendemen (%)	Jumlah Sel (CFU/g)	Viabilitas (%)
a1b1	21,01 ± 2%	Log 11,9 ± 0,05	93,40 ± 0,5
a1b2	16,71 ± 1%	Log 11,8 ± 0,3	92,73 ± 2,7
a2b1	21,10 ± 2%	Log 12,3 ± 0,2	92,10 ± 3,6
a2b2	18,39 ± 0,6%	Log 12,0 ± 0,05	90, 71 ± 1,6

Keterangan : a1b1 = susu pasteurisasi dan pengering beku; a1b2 = susu pasteurisasi dan pengering semprot; a2b1 = susu skim 10% dan pengering beku; a2b2 = susu skim 10% dan pengering semprot)

Berdasarkan Tabel 3, perlakuan metode enkapsulasi pengeringan beku, memiliki rendemen yang lebih besar dibandingkan perlakuan dengan pengeringan semprot. Salah satu kelemahan metode pengeringan semprot adalah menempelnya produk hasil pengeringan dalam saluran dan ruang pengering yang dapat menurunkan rendemen hasil produk (Hariyadi, 2017; Seveline, 2017).

Jumlah sel dari hasil enkapsulasi dengan media inokulum susu pasteurisasi lebih rendah dibandingkan menggunakan media inokulum susu skim 10%, tetapi viabilitasnya lebih tinggi. Hal tersebut menunjukkan susu pasteurisasi sebagai media inokulum berpengaruh positif dalam melindungi sel selama proses enkapsulasi, baik melalui metode pengeringan beku yang memiliki durasi lebih lama, maupun metode pengeringan semprot yang menggunakan suhu di atas 100°C.

Prinsip pengeringan beku adalah penurunan suhu produk hingga produk dalam fasa padat karena kandungan air dalam bahan membeku, selanjutnya dilakukan penurunan tekanan sekitar produk sehingga es dalam bahan menyublim menjadi gas (Cibuk & Harsa, 2015). Proses sublimasi dilakukan

pada suhu dan tekanan di bawah titik triplet air. Titik triplet air berada pada suhu 273,16°K dan tekanan 6,11 mbar (4,58 Torr) (Fissore & Pisano, 2015). Kondisi ini dicapai pada saat ketiga fasa air (padat, cair dan gas) berada dalam keadaan setimbang. Sublimasi air bukan dalam fasa cair menyebabkan komponen bioaktif dapat lebih stabil (Calderón-Oliver *et al.*, 2017).

Kandungan lemak yang lebih tinggi pada media inokulum susu pasteurisasi menyebabkan campuran larutan suspensi menjadi lebih tidak polar (Vaziri *et al.*, 2018). Hal tersebut menyebabkan kombinasi bahan penyalut *E. cottonii* – maltodekstri lebih tertarik ke inti sel *L. acidophilus* yang ketiganya memiliki sifat yang sama – sama polar. Akibatnya lemak menyelimuti bagian luar matriks kapsul, melindungi sel dari proses mekanis enkapsulasi sel. Kelebihan lain dari lemak yang menyelimuti dinding sel matriks enkapsulasi adalah sifatnya yang non polar, menyebabkan antara partikel kapsul tidak akan membentuk agregat yang dapat menyebabkan sel berukuran lebih besar seperti perlakuan media inokulum susu skim 10% pada proses pengeringan beku (Gambar 1).

SIMPULAN

Peningkatan viabilitas *L. acidophilus* sebagai bahan komponen bioaktif dalam bahan pangan dipengaruhi oleh jenis media inokulum dan metode enkapsulasi yang digunakan. Media inokulum memberikan pengaruh dalam melindungi sel selama proses enkapsulasi sel. Kandungan lemak yang lebih tinggi dalam media inokulum susu pasteurisasi melapisi bagian luar kapsul dari proses mekanis selama enkapsulasi sel. Hal tersebut dapat mempertahankan jumlah sel dalam produk akhir enkapsulasi dan meningkatkan nilai viabilitas selnya.

Penggunaan susu pasteurisasi sebagai media inokulum dapat melindungi inti sel *L. acidophilus* lebih baik pada metode enkapsulasi dengan pengeringan semprot yang menggunakan suhu tinggi (di atas 100°C). Gabungan bahan enkapsulasi *E. cottonii* - Maltodekstrin dapat memberikan perlindungan yang baik, keduanya sama – sama bersifat polar sehingga dapat melindungi inti lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Ketua Laboratorium dan Pranata Laboratorium Pendidikan Laboratorium Mikrobiologi Pangan, Kimia pangan, Keteknikan Pengolahan Pangan Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Industri Pertanian dan Laboratorium Sentral Universitas Padjadjaran Jatinangor serta Laboratorium Instrumen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia karena telah menjadi tempat dalam pelaksanaan penelitian kami.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, N, J Singh, H Chauhan, PGA Anjum, and H Kour. 2013. Different drying methods : Their applications and recent advances. International Journal of Food Nutrition and Safety. 4(1), 34–42.
- Buriti, FCA, R Bedani, and SMI Saad. 2018. Probiotic and prebiotic dairy desserts. In Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics. doi: 10.1016/B978-0-12-802189-7.00023-X
- Çabuk, B, and ST Harsa. 2015. Improved viability of *Lactobacillus acidophilus* NRRL-B 4495 during freeze-drying in whey protein-pullulan microcapsules. Journal of Microencapsulation. 32(3), 300–307. doi: 10.3109/02652048.2015.1017618
- Cai, Y, A Sounderrajan, and L Serventi. 2020. Water kefir: A review of its microbiological profile, antioxidant potential and sensory quality. Acta Scientifci Nutritional Health. 4(6), 10–17. doi: 10.31080/asnh.2020.04.0706
- Calderón-Oliver, M, R Pedroza-Islas, HB Escalona-Buendía, J Pedraza-Chaverri, and E Ponce-Alquicira. 2017. Comparative study of the microencapsulation by complex coacervation of nisin in combination with an avocado antioxidant extract. Food Hydrocolloids. 62 49–57. doi: 10.1016/j.foodhyd.2016.07.028
- Cheow, WS, TY Kiew, and K Hadinoto. 2014. Controlled release of *Lactobacillus rhamnosus* biofilm probiotics from alginate-locust bean gum microcapsules. Carbohydrate Polymers. 103: 587–595. doi: 10.1016/j.carbpol.2014.01.036
- Dhar, D, and A Mohanty. 2020. Gut microbiota and Covid-19- possible link and implications. Virus Research, 285(April): 198018. doi: 10.1016/j.virusres.2020.198018
- Ephrem, E, A Najjar, C Charcosset, and H Greige-Gerges. 2018. Encapsulation of natural active compounds, enzymes, and probiotics for fruit juice fortification, preservation, and processing: An overview. Journal of Functional Foods. 48(June): 65–84. doi: 10.1016/j.jff.2018.06.021
- Fissore, D, and R Pisano. 2015. Computer-aided framework for the design of freeze-drying cycles: optimization of the operating conditions of the primary drying stage. Processes. 3(2): 406–421. doi: 10.3390/pr3020406
- Hariyadi, P. 2017. Pengering semprot : Aplikasinya untuk mikroenkapsulasi kompoenen fungsional. Foodreview Indonesia. XII(5): 50–53.
- Hayisama-ae, W, D Kantachote, D Bhongsuwan, U Nokkaew, and C Chaivasut. 2014. A potential synbiotic beverage from fermented red seaweed (*Gracilaria fisheri*) using *Lactobacillus plantarum* DW12. International Food Research Journal. 21(5): 1789–1796.
- Liu, H, J Gong, D Chabot, SS Miller, SW Cui, F Zhong, and Q Wang. 2018. Improved survival of *Lactobacillus zeae* LB1 in a spray dried alginate-protein matrix. Food Hydrocolloids. 78: 100–108. doi: 10.1016/j.foodhyd.2017.07.004

- Mu, RJ, Y Yuan, L Wang, Y Ni, M Li, H Chen, and J Pang. 2018. Microencapsulation of *Lactobacillus acidophilus* with konjac glucomannan hydrogel. Food Hydrocolloids. 76: 42–48. doi: 10.1016/j.foodhyd.2017.07.009
- Pangestuti, R, and EA Siahaan. 2018. Seaweed-Derived Carotenoids. In Bioactive Seaweeds for Food Applications. doi: 10.1016/B978-0-12-813312-5.00005-4
- Park, K, and J Jeong. 2016. Chapter 26. Kimchi (korean fermented vegetables) as a probiotic food. In Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics. doi: 10.1016/B978-0-12-802189-7.00026-5
- Pramita, S, R Karnila, dan A Diharmi. 2020. Potensi kappa karaginan rumput laut (*Eucheuma cottonii*) sebagai antioksidan dan inhibitor enzim α -glukosidase. Berkala Perikanan Terubuk. 48(2): 1-10.
- Redzwan, SM, R Jamaluddin, FN Ahmad, and Y Lim. 2016. Chapter 27. Probiotics as potential adsorbent of aflatoxin. In Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics. doi: 10.1016/B978-0-12-802189-7.00027-7
- Reyes, V, A Chotiko, A Chouljenko, and S Sathivel. 2018. Viability of *Lactobacillus acidophilus* NRRL B-4495 encapsulated with high maize starch, maltodextrin, and gum arabic. Lwt. 96: 642–647. doi: 10.1016/j.lwt.2018.06.017
- Sao, FPV, S Bahri, dan Indriani. 2019. Produksi maltodekstrin dari pati umbi talas (*Colocasia esculenta*) menggunakan enzim α -amilase. KOVALEN: Jurnal Riset Kimia. 5(1): 68-77.
- Setijawati, D, H Nursyam, and H Salis. 2018. Carrageenan :the difference between PNG and KCL gel precipitation method as *Lactobacillus acidophilus* encapsulation material. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 137(1). doi: 10.1088/1755-1315/137/1/012073
- Seveline, S. 2017. Kajian pustaka teknik pengeringan semprot (spray drying) untuk pengawetan dan produksi probiotik. Jurnal Agroindustri. 3(April): 80–86.
- Sukarminah, E, O Paulia, DM Sumanti, and E Wulandari. 2017. The effect of freeze dried *Lactobacillus acidophilus* culture concentration a microbiological and organoleptic characteristics of synbiotic biscuits made from sorghum flour and soybean flour. Journal of Industrial and Information Technology in Agriculture. 1(2): 36–42.
- Susilo, A, CM Rumende, CW Pitoyo, WD Santoso, M Yulianti, H Kurniawan, R Sinto, G Singh, L Nainggolan, EJ Nelwan, LK Chen, A Widhani, E Wijaya, B Wicaksana, M Maksum, F Aniisa, C Olivia, M Jasirwan, dan E Yuniastuti. 2020. Coronavirus disease 2019: Tinjauan literatur terkini. Jurnal Penyakit Dalam Indonesia. 7(1), 45–67.
- Vaziri, AS, I Alemzadeh, M Vossoughi, and AC Khorasani. 2018. Co-microencapsulation of *Lactobacillus plantarum* and DHA fatty acid in alginate-pectin-gelatin biocomposites. Carbohydrate Polymers, 199, 266–275. doi: 10.1016/j.carbpol.2018.07.002
- Yudiastuti, S., Sukarmiah, E., Mardawati, E., & Kastaman, R. (2019). Evaluation study of *Lactobacillus acidophilus* drying. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 250(1): doi: 10.1088/1755-1315/250/1/012016
- Yuen, KS, ZW Ye, SY Fung, CP Chan, and DY Jin. 2020. SARS-CoV-2 and COVID-19: The most important research questions. Cell and Bioscience. 10(1): 1–5. doi: 10.1186/s13578-020-00404-4
- Zhang, D, M Zhang, and X Gu. 2018. Seaweed-derived hydrocolloids as food coating and encapsulation agents. In Bioactive Seaweeds for Food Applications. doi: 10.1016/B978-0-12-813312-5.00008-X