

## Aplikasi Mikroenkapsulasi *Lactobacillus acidophilus* dalam Butter Buah Nanas (*Ananas comosus* (L). Merr.)

### Application of *Lactobacillus acidophilus* Microencapsulation in Pineapple (*Ananas comosus* (L). Merr.) Butter

Diana Lestari<sup>1a</sup>, Marvina<sup>1</sup>, dan Rianita Pramitasari<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Teknobiologi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta, 12930, Indonesia

<sup>a</sup>Korespondensi : Diana Lestari, E-mail: [diana.lestari@atmajaya.ac.id](mailto:diana.lestari@atmajaya.ac.id)

(Diterima oleh Dewan Redaksi: 26 - 05 - 2020)

(Dipublikasikan oleh Dewan Redaksi: 15 - 10 - 2020)

#### ABSTRACT

Microencapsulation is a technique that can improve the viability of probiotics and protect the cells from adverse environment by entrapping the cell inside a bead matrix. Probiotic strains *Lactobacillus acidophilus* was microencapsulated by an emulsion method using sodium alginate, palm oil, and Tween 80. The aim of this research were to produce microencapsulated *L. acidophilus* by emulsion method and evaluate the stability of microencapsulated probiotic during storage in pineapple fruit butter. Microencapsulation could protect probiotic during storage (significantly different ( $p=0,05$ )) than without microencapsulation. During two weeks storage, free cells decreased dramatically ( $2,5 \log \text{CFU/g}$ ) than encapsulated cells ( $1,2 \log \text{CFU/g}$ ). Storing microencapsulated probiotic in refrigerator temperature ( $4^{\circ}\text{C}$ ) caused microencapsulated probiotic had longer shelf life (22 days) than room temperature (9 days). pH of pineapple butter containing microencapsulated probiotic cells were found as more stable during storage than were the free cells.

**Keywords:** probiotic, microencapsulation, *Lactobacillus acidophilus*, emulsion, pineapple butter

#### ABSTRAK

Mikroenkapsulasi merupakan suatu teknik yang dapat meningkatkan viabilitas probiotik dan melindungi sel dari lingkungan yang tidak menguntungkan dengan cara membungkus sel dalam matriks. Probiotik *Lactobacillus acidophilus* dimikroenkapsulasi dengan metode emulsi menggunakan natrium alginat, minyak kelapa sawit, dan Tween 80. Tujuan penelitian ini adalah membuat *L. acidophilus* terenkapsulasi dengan metode emulsi dan mengevaluasi stabilitas bakteri probiotik dalam mikrokapsul selama penyimpanan dalam butter nanas. Mikroenkapsulasi dapat melindungi probiotik selama penyimpanan secara signifikan ( $p=0,05$ ) dibandingkan tanpa mikroenkapsulasi. Selama dua minggu penyimpanan, jumlah sel bebas menurun lebih banyak ( $2,5 \log \text{CFU/g}$ ) dibandingkan sel terenkapsulasi ( $1,2 \log \text{CFU/g}$ ). Penyimpanan di suhu kulkas ( $4^{\circ}\text{C}$ ) menyebabkan probiotik memiliki umur simpan yang lebih lama yaitu selama 22 hari dibandingkan penyimpanan di suhu ruang hanya 9 hari. pH butter nanas yang mengandung sel terenkapsulasi lebih stabil selama penyimpanan dibandingkan sel bebas.

**Kata kunci:** probiotik, mikroenkapsulasi, *Lactobacillus acidophilus*, emulsi, butter nanas

## PENDAHULUAN

Baru-baru ini dikenal istilah “*Gut as second brain*” yang berarti saluran pencernaan terutama usus merupakan otak kedua manusia sehingga dapat mempengaruhi *mood* dan perilaku seseorang. Oleh karena itu, menjaga kesehatan saluran pencernaan sangat diperlukan. Salah satu ciri keadaan saluran pencernaan yang sehat adalah terciptanya keseimbangan mikroflora usus halus. Untuk memperbaiki keseimbangan mikroflora yang terganggu, salah satunya dapat dilakukan dengan mengkonsumsi makanan yang mengandung probiotik.

Probiotik merupakan mikroorganisme hidup yang apabila dikonsumsi dalam jumlah yang cukup akan meningkatkan kesehatan saluran pencernaan. Salah satu contoh probiotik adalah *Lactobacillus acidophilus*. Secara umum, produk probiotik harus mengandung jumlah bakteri hidup yang cukup, setidaknya  $10^6$ - $10^7$  CFU/g (Mitropoulou *et al.* 2013). McClements (2015) menyatakan bahwa viabilitas probiotik umumnya akan menurun selama proses pengolahan dan penyimpanan produk pangan. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan viabilitas bakteri probiotik adalah dengan teknik mikroenkapsulasi.

Enkapsulasi adalah suatu teknik menyalut bakteri probiotik dengan bahan penyalut seperti alginat yang bertujuan untuk melindungi bakteri probiotik dari kondisi lingkungan yang ekstrim seperti suhu tinggi, meningkatkan ketahanan sel probiotik selama proses pengolahan dan penyimpanan. Sedangkan mikroenkapsulasi adalah hasil enkapsulasi dalam skala mikro, yaitu dengan ukuran 0,2-5000  $\mu\text{m}$  (Ozbek & Ergonil 2017). Salah satu contoh teknik dalam mikroenkapsulasi adalah dengan metode emulsi (Anandharamakrishnan 2017).

Probiotik telah banyak diaplikasikan kedalam berbagai macam produk pangan. Hossain *et al.* (2015) melaporkan bahwa buah nenas memiliki banyak vitamin, mineral, dan enzim bromelain yang baik untuk meningkatkan kesehatan manusia. Namun, buah nenas memiliki umur simpan

yang pendek dan mudah rusak sehingga perlu diolah menjadi produk olahan seperti *fruit butter*. *Fruit butter* merupakan produk olahan semi padat yang terbuat dari sari buah dan tambahan gula sukrosa yang dimasak menggunakan api kecil hingga diperoleh tekstur kental dengan konsistensi yang baik. *Fruit butter* memiliki tekstur yang lembut, kental, dan spreadable consistency (Parente 2011). *Butter* nenas merupakan *fruit butter* dengan bahan dasar buah nenas yang belum banyak dikembangkan di Indonesia dan memiliki nutrisi yang bermanfaat bagi kesehatan.

Dalam penelitian ini dikembangkan produk berupa *butter* nenas dengan tambahan mikrokapsul probiotik *Lactobacillus acidophilus* yang dapat memberikan kesehatan bagi manusia serta dikaji stabilitas mikrokapsul probiotik *L. acidophilus* dalam produk *butter* nenas. Penelitian ini bertujuan untuk membuat probiotik *L. acidophilus* terenkapsulasi dengan metode emulsi dan mengevaluasi stabilitas mikrokapsul bakteri probiotik terhadap selama penyimpanan dalam *butter* nenas pada suhu ruang (25°C) dan suhu kulkas (4°C).

## MATERI DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pektin, gula pasir, lemon, minyak kelapa sawit dan buah nenas yang diperoleh dari pasar Family Bekasi, kultur probiotik *Lactobacillus acidophilus* AATC 314, De Man, Rogosa and Sharpe Agar (MRS Agar) (HIMEDIA), De Man, Rogosa and Sharpe Broth (MRS Broth) (HIMEDIA), *Phosphate Buffered Saline* (PBS), natrium alginat (food grade), *Tween* 80 (Brataco, food grade), kalsium klorida (SmartLab, analytical reagent grade), natrium sitrat (SmartLab, analytical reagent grade).

### Persiapan kultur probiotik dan produksi biomassa

Kultur bakteri probiotik *L. acidophilus* AATC 314 ditumbuhkan pada media *MRS plate* dengan metode *T-streak*, kemudian diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37°C.

Sebanyak 1 ose koloni tunggal bakteri diambil dan ditumbuhkan pada agar miring MRSA dan diinkubasi 37°C selama 48 jam. Kemudian, sebanyak satu ose bakteri ditumbuhkan pada media MRSB dan diinkubasi 24 jam pada suhu 37°C. Sebanyak 1 mL bakteri diambil dan ditumbuhkan dalam 1000 mL MRSB yang digunakan untuk produksi biomassa. Biomassa yang dihasilkan akan dipanen dengan sentrifugasi 10.000 rpm selama 10 menit. Biomassa dicuci menggunakan PBS 0,1M sebanyak 2 kali (Purnasari *et al.* 2015).

### **Metode Mikroenkapsulasi (Emulsifikasi)**

Larutan natrium alginat 4% disterilkan dengan suhu 121°C dan didinginkan hingga suhu mencapai 38-40°C. Sebanyak 20 mL larutan natrium alginat 4% dan 4 mL biomassa sel *L. acidophilus* dimasukkan ke dalam tabung sentrifus dan di vorteks hingga homogen. Sebanyak 100 mL minyak kelapa sawit dan *Tween* 80 0,2% steril dimasukkan ke dalam gelas piala. Campuran alginat dan sel ditambahkan dengan cara diteteskan ke dalam campuran minyak dan *Tween* 80 sambil diputar dengan pengaduk magnet secara konstan. Setelah 5 menit, larutan emulsi yang terbentuk ditambahkan dengan 100 mL kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>) 0,1M secara cepat untuk mengeraskan mikrokapsul dan memecah emulsi.

Mikrokapsul dipanen dengan cara disentrifugasi 1.000 rpm selama 10 menit pada suhu 4°C dan dibilas dengan kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>) 0,1M, kemudian dibilas kembali dengan akuades steril sebanyak 2 kali. Mikrokapsul dipisahkan menggunakan kertas *Whatman filter* No 1. Setelah itu, mikrokapsul disimpan dalam wadah steril dengan suhu 4°C (Purnasari *et al.* 2015). Ukuran mikrokapsul diamati dibawah mikroskop okuler dengan pembesaran 10x.

### **Jumlah sel probiotik bebas dan terenkapsulasi**

Sebanyak satu gram mikrokapsul probiotik didisintegrasi dengan cara dimasukkan ke dalam 9 mL (b/v) larutan 2% natrium sitrat steril (pH 7). Setelah itu dihomogenisasi selama 5 menit. Setelah didisintegrasi, probiotik akan keluar dari

enkapsulan lalu dihitung dengan membuat perhitungan serial larutan dari natrium klorida 0,85% b/v dengan konsentrasi 10<sup>-1</sup> sampai 10<sup>-5</sup>.

Setelah itu dilakukan metode agar sebar pada MRSA dan ditumbuhkan selama 48 jam. Untuk sel bebas, sebanyak 1 mL suspensi probiotik bebas dimasukkan ke dalam 9 mL larutan natrium klorida 0,85% b/v dengan konsentrasi 10<sup>-1</sup> sampai 10<sup>-5</sup> untuk dilakukan perhitungan serial. Setelah itu, dilakukan metode agar sebar pada MRSA dan diinkubasi dengan cara yang sama dengan sebelumnya (Purnasari *et al.* 2015).

### **Pembuatan butter nanas**

Buah nanas madu dikupas dan dibuang matanya. Setelah itu nanas dipotong dan ditimbang 500 gram. Nanas dicuci bersih dan *diblanching* selama 10-15 menit dengan cara dikukus. Kemudian, nanas dihancurkan dengan penambahan 100 mL air hingga berbentuk bubur. Bubur nanas disaring hingga diperoleh sari buah. Sari buah tersebut ditambahkan 4 gram pektin dan 35 gram gula pasir. Setelah itu, sebanyak 5 mL air lemon ditambahkan dan diaduk hingga larut.

*Butter* nanas dimasak dengan menggunakan api kecil selama 45 menit hingga mengental dan sambil diaduk. *Butter* nanas yang telah masak, ditambahkan bakteri probiotik bebas dan terenkapsulasi untuk diuji ketahanan selama penyimpanan. Sebanyak 5 mL probiotik bebas dan 5 gram probiotik terenkapsulasi masing-masing ditambahkan pada 50 gram *butter* nanas. Penambahan probiotik dilakukan pada saat suhu *butter* nanas sudah turun mencapai 50°C. Kemudian, *butter* nanas dikemas menggunakan jar yang telah disterilisasi dan disimpan pada suhu ruang (25°C) dan kulkas (4°C) selama tiga minggu.

### **Ketahanan probiotik selama penyimpanan dalam butter nanas**

Pada uji ketahanan probiotik selama penyimpanan dalam *butter* nanas, sebanyak satu gram sampel *butter* nanas dengan penambahan probiotik bebas dilarutkan dengan 9 mL larutan NaCl 0,85%, sedangkan untuk *butter* nanas dengan probiotik

terenkapsulasi ditambahkan 2% natrium sitrat. Sel probiotik bebas dan terenkapsulasi dihitung dengan membuat perhitungan serial larutan dari natrium klorida 0,85% b/v. Setelah itu dilakukan metode agar sebar pada MRSA (Purnasari *et al.* 2015). pH awal dan akhir produk *butter* nanas selama penyimpanan diukur menggunakan pH meter (Teapaisan *et al.* 2015).

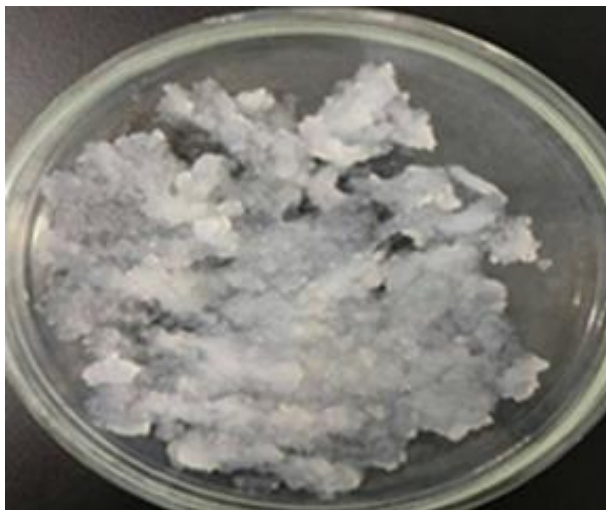
### Analisis Data

Data uji viabilitas probiotik bebas dan terenkapsulasi dan uji viabilitas selama penyimpanan dalam *butter* nanas diambil dengan dua kali ulangan perlakuan. Data tersebut dianalisis menggunakan T-test dengan software SPSS 20.0 pada tingkat signifikansi  $p=0,05$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Bentuk dan Ukuran Miroenkapsulasi

Mikrokapsul probiotik yang dihasilkan dengan metode emulsi dapat dilihat secara makroskopi pada Gambar 1 dan mikroskopi pada Gambar 2. Secara makroskopi bentuk mikro kapsul memiliki tekstur berpasir dengan warna putih. Apabila dilihat menggunakan mikroskop cahaya yang dilengkapi dengan mikrometer akan menghasilkan bentuk bulat dengan ukuran yang beragam.



Gambar 1 Bentuk makroskopi mikro kapsul probiotik

Berdasarkan Gambar 2. mikro kapsul probiotik yang terlihat dari mikroskop dengan perbesaran 10 kali, memiliki bentuk bulat dan berukuran 50-60  $\mu\text{m}$ . Hal ini sesuai

dengan literatur yang menyatakan mikro kapsul memiliki bentuk bulat dan berukuran antara 0,2-5000  $\mu\text{m}$  (Ozbek dan Ergonil 2017). Mikro kapsul memiliki membran yang tipis, kuat, dan bersifat semipermeable (Parkash dan Tim 2011). Sedangkan jumlah awal sel probiotik yang tim kali lakukan seperti yang telah dilaporkan dalam Lestari *et al.* (2019) yaitu sebesar  $3,0 \times 10^7 \text{CFU/mL}$  untuk sel Bebas dan  $3,6 \times 10^7 \text{CFU/mL}$  untuk sel probiotik terenkapsulasi.



Gambar 2 Bentuk mikro kapsul probiotik di bawah mikroskop okuler (perbesaran 10x)

### Produk *Butter* Nanas

*Fruit butter* memiliki tekstur yang mirip dengan selai, namun tekstur *fruit butter* lebih halus dibandingkan selai (Gambar 3.). Selain itu penggunaan gula dalam pembuatan *fruit butter* juga lebih sedikit dibandingkan selai (Featherstone 2016).

Pada proses pembuatan *fruit butter* ditambahkan gula, asam, dan pektin. Pektin berguna untuk pembentukan gel. Pektin akan membentuk gel terutama bila tercampur dengan gula dan asam. Penambahan gula berguna dalam pembuatan *fruit butter* sebagai bahan pengawet, membantu pektin dalam pembentukan gel, dan memberi rasa manis. Asam juga diperlukan dalam proses pembuatan sebagai pengkokoh jaringan dan mencegah kristalisasi gula (Saptoningsih & Jatnika 2012).

Gambar 3. Produk *butter* nanas

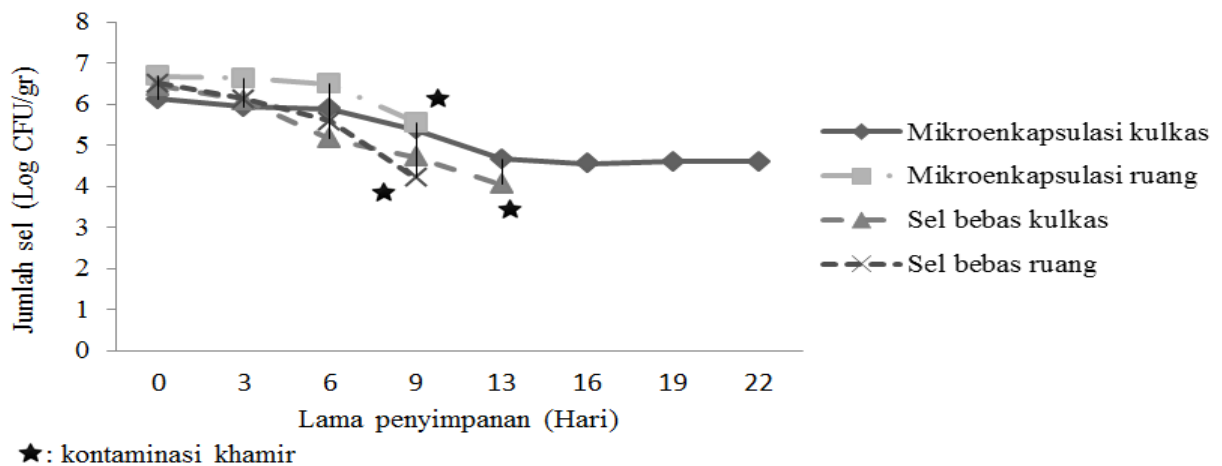
### Ketahanan Probiotik Selama Penyimpanan

Selama penyimpanan dalam *butter* nanas, stabilitas sel bebas maupun mikroenkapsulasi probiotik yang disimpan pada suhu ruang dan kulkas mengalami perubahan. Namun teknik mikroenkapsulasi menunjukkan dapat mempertahankan viabilitas probiotik pada produk. Berdasarkan hasil, *butter* nanas dengan penambahan mikroenkapsulasi probiotik mengalami penurunan lebih sedikit (1,2 Log CFU/g) dibandingkan sel bebas (2,5 Log CFU/g). Penyimpanan pada suhu kulkas (4°C)

membuat probiotik memiliki umur simpan lebih lama dibandingkan suhu ruang (25°C) (Gambar 4.).

Selama 3 minggu penyimpanan dalam *butter* nanas, sel terenkapsulasi mengalami penurunan yang lebih kecil dan stabil dibandingkan sel bebas baik yang disimpan pada suhu ruang maupun kulkas (4°C). Gambar 4 menunjukkan sel bebas mengalami penurunan drastis yaitu 2,5 Log CFU/g sedangkan sel terenkapsulasi sebesar 1,2 Log CFU/g.

Hal ini menunjukkan bahwa mikroenkapsulasi dapat melindungi bakteri probiotik selama penyimpanan. Sel mikro kapsul terlindungi di dalam matrik gel Ca-alginat sehingga penurunannya lebih kecil dan cenderung stabil dibandingkan sel bebas yang tanpa perlindungan (Teapaisan *et al.* 2015). Ding & Shah (2008) juga melaporkan bahwa sel probiotik terekapsulasi memiliki viabilitas yang tinggi yaitu  $10^6$  CFU/g dibandingkan sel bebas hanya  $10^2$  CFU/g pada minggu ke-3. Hal ini karena mikroenkapsulasi dapat memberikan *physical barrier* bagi bakteri untuk melindungi dari lingkungan yang tidak menguntungkan.

Gambar 4 Stabilitas probiotik dalam *butter* nanas selama penyimpanan

Jumlah bakteri probiotik dapat mengalami penurunan disebabkan oleh beberapa faktor seperti kurangnya ketersediaan nutrisi pada media maupun adanya penumpukan asam hasil metabolit. Sel bebas dapat melakukan aktivitas metabolisme lebih cepat dibanding sel terenkapsulasi. Hal ini akan menurunkan pH produk selama penyimpanan yang menyebabkan jumlah kematian sel lebih banyak, sedangkan pH dalam produk sel terenkapsulasi lebih stabil. Viabilitas sel terenkapsulasi juga tetap stabil dalam penyimpanan karena terlindungi oleh lapisan dari bahan penyalut. Bahan penyalut yang dibentuk dapat mereduksi kecepatan difusi asam ke dalam mikrokapsul (Shi *et al.* 2013). Ikatan silang antara alginat dan CaCl<sub>2</sub> dalam proses mikroenkapsulasi dapat memerangkap dan melindungi probiotik dari lingkungan yang tidak menguntungkan selama penyimpanan. Hal ini menyebabkan sel terenkapsulasi lebih stabil dibanding sel bebas (Heng *et al.* 2003).

Berdasarkan hasil pada Gambar 4, sel probiotik yang disimpan pada suhu kulkas (4°C) mempunyai umur simpan yang lebih lama dibandingkan dengan penyimpanan di suhu ruang. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa semakin tinggi suhu penyimpanan maka semakin pendek umur simpan probiotik tersebut. Penyimpanan suhu kulkas menyebabkan pertumbuhan bakteri probiotik lebih lambat sehingga nutrisi untuk pertumbuhan tersedia dalam waktu yang lebih panjang dan pelepasan hasil metabolit semakin lambat yang menyebabkan sel probiotik dapat tumbuh stabil. Sebaliknya, pertumbuhan bakteri pada suhu ruang sangat cepat sehingga nutrisi pada media menjadi lebih cepat habis dan penumpukan hasil metabolit cepat. Hal ini menyebabkan viabilitas sel probiotik dengan penyimpanan pada suhu ruang mengalami penurunan yang drastis (Chen *et al.* 2017).

Produk dengan penyimpanan dalam suhu ruang lebih mudah ditumbuhi khamir dibandingkan pada suhu kulkas. Berdasarkan hasil, khamir sudah tumbuh pada hari ke-9 untuk *butter* nanas yang disimpan pada suhu

ruang, baik dengan penambahan sel bebas maupun terenkapsulasi. Pada suhu kulkas (4°C), untuk sel bebas tumbuh khamir pada hari ke-13 sedangkan sel terenkapsulasi belum tumbuh khamir hingga hari ke-22. Hal ini terjadi karena suhu ruang merupakan optimum pertumbuhan khamir. Suhu optimum khamir adalah 25- 28°C. Di atas suhu 46°C dan di bawah 10°C khamir bekerja sangat lambat (Whitley 2009).

Pertumbuhan khamir tidak diinginkan dalam produk pangan karena dapat menyebabkan kerusakan pangan sehingga umur simpan produk menjadi pendek. Ciri-ciri kerusakan pangan akibat khamir adalah terbentuknya gas dan bau. Selain itu, khamir juga dapat berbahaya bagi kesehatan manusia seperti menyebabkan infeksi saluran pencernaan (Christopher *et al.* 2018).

Selama penyimpanan, pH *butter* nanas dengan penambahan sel bebas dan mikroenkapsulasi probiotik mengalami perubahan. Namun perubahan pH dengan penambahan mikroenkapsulasi probiotik lebih stabil dibandingkan sel bebas (Tabel 1). Sel Probiotik menggunakan karbohidrat yang tersedia di dalam produk *butter* nanas dan mengubahnya menjadi komponen asam organik yang akan menurunkan pH produk *butter* selama penyimpanan,

Tabel 1 Perubahan pH *butter* nanas selama penyimpanan

Perlakuan	pH selama penyimpanan	
	0 hari	9 hari
Mikroenkapsulasi kulkas (4°C)	5,00	4,87
Mikroenkapsulasi ruang	5,00	4,61
Sel bebas kulkas (4°C)	5,00	4,52
Sel bebas ruang	5,00	4,22

PH *butter* nanas dengan penambahan probiotik dalam bentuk mikrokapsul baik pada suhu ruang maupun pada suhu kulkas (4°C) memiliki pH yang lebih stabil. Hal ini menunjukkan bahwa mikroenkapsulasi dapat memperlambat proses pembentukan asam laktat oleh bakteri probiotik sehingga

dapat mempertahankan pH produk yang mengandung sel probiotik selama penyimpanan. Perubahan pH yang tidak signifikan terjadi karena adanya dinding kapsul alginat yang mengakibatkan proses penyerapan nutrisi untuk proses metabolisme probiotik menjadi lambat, sehingga proses rilis hasil metabolit yang dapat menyebabkan perubahan pH pada produk juga ikut melambat (Fahimdanesh *et al.* 2012). Ditambah dengan penyimpanan pada suhu kulkas yang membuat pertumbuhan bakteri melambat. Hal ini menyebabkan pH pada *butter* nanas dengan penambahan mikrokapsul yang disimpan pada suhu kulkas menunjukkan angka yang paling stabil selama penyimpanan. pH *butter* nanas dengan penambahan sel bebas yang disimpan pada suhu kulkas (4°C) juga mengalami penurunan menjadi 4,52 dari 5,00. Penurunan ini juga jauh lebih banyak dibandingkan pH *butter* dengan tambahan mikrokapsul.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Teanpaisan *et al.* (2015). Dalam penelitian tersebut dilaporkan bahwa pH jus jeruk yang mengandung mikroenkapsulasi probiotik yang disimpan pada suhu ruang maupun kulkas tidak berubah secara signifikan selama 6 minggu, sedangkan pH jus jeruk yang mengandung sel bebas menurun drastis.

### KESIMPULAN

Proses mikroenkapsulasi probiotik telah berhasil dilakukan dan menghasilkan probiotik terenkapsulasi dengan ukuran 50-60 µm. Mikroenkapsulasi dengan metode emulsi efektif dalam mempertahankan stabilitas probiotik dalam *butter* nanas selama penyimpanan. Selama penyimpanan 3 minggu, probiotik terenkapsulasi dalam *butter* nanas memiliki jumlah yang lebih stabil dibandingkan sel bebas. Sel bebas turun dua kali lebih banyak dibandingkan sel terenkapsulasi. Penyimpanan di suhu kulkas (4°C) menyebabkan probiotik memiliki umur simpan lebih panjang yaitu 22 hari dibandingkan pada suhu ruang (25°C) hanya 9 hari. Perubahan pH *butter* nanas dengan penambahan sel probiotik terenkapsulasi

lebih stabil yaitu hanya turun dari 5 menjadi 4,87 dibandingkan sel bebas dari 5 menjadi 4,52 untuk penyimpanan pada suhu kulkas. Proses mikroenkapsulasi terhadap bakteri probiotik dapat mempertahankan pH produk yang mengandung sel probiotik selama penyimpanan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anandharamakrishnan C. 2017. *Handbook of Drying for Dairy Products*. Tamil Nadu: John Wiley & Sons.
- Chen H, Donglin MA, Li Y, Liu Y, Wang Y. 2017. Effect of microencapsulation on survival and stability of *Bifidobacterium bifidum* BB01 exposed to simulated gastrointestinal conditions and in different food matrices. *De Gruyter*. 21(1):23-34.
- Christopher C. Kibbler, Barton R, Gow NAR, Howell S, MacCallum DM, Manuel RJ. 2018. *Fungal diseases of the gastrointestinal tract. Di dalam: Schelenz S (ed.). Oxford Textbook of Medical Mycology*. Oxford: Oxford University.
- Ding WK, Shah NP. 2008. Survival of free and microencapsulated probiotic bacteria in orange and apple juice. *International Food Research Journal*. 15(2):219-232.
- Fahimdanesh M, Mohammadi N, Ahari H, Khosravi MA, Zanjani, Hargalani FB, Behrouznasab K. 2012. Effect of microencapsulation plus resistant starch on survival of *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium bifidum* in mayonnaise sauce. *African Journal of Microbiology Research*. 6(40):6853-6858.
- Featherstone S. 2016. *A Complete Course in Canning and Related Processes: Processing Procedures for Canned Food Products*. Cambridge: Woodhead.
- Heng PW, Chan LW, Wong TW. 2003. Formation of alginate microspheres produced using emulsification technique. *J Microencapsul*. 20(3):401-413.
- Hossain MF, Akhtar S, Anwar M. 2015. Nutritional value and medical benefit of

- pineapple. *International Journal of Nutrition and Food Science*. 4(1): 84-88.
- Lestari D, Claudya T, Pramitasari R. 2019. Stabilitas mikrokapsul *Lactobacillus acidophilus* ATCC 314 terhadap pemanasan dan penyimpanan dalam selai buah nanas rendah gula. *J. Teknol. dan Industri Pangan*. 30(2): 127-132.
- McClements DJ. 2015. *Nanoparticle- and Microparticle-based Delivery Systems: Encapsulation, Protection and Release of Active Compounds*. Boca Raton: CRC
- Mitropoulou G, Nedovic V, Goyal A, and Kourkoutas Y. 2013. Immobilization Technologies in Probiotic Food Production. *J Nutr Metab*. 1(1):1-15.
- Ozbek ZA, Ergoniil PG. 2017. A review on encapsulation of oil. *CBU J. of Sci*. 13(2):293-309.
- Parente J. 2011. *Can It! Start Canning and Preserving at Home Today*. California: BowTie.
- Parkash S, Tim SD. 2011. *Stem Cell Bioengineering and Tissue Engineering Microenvironment*. London: World Scientific Publishing.
- Purnasari N, Jenie BSL, Nurauida L. 2015. Karakteristik mikrokapsul *Lactobacillus plantarum* dan stabilitasnya dalam produk selai salak. *J. Teknol dan Industri Pangan*. 26(1):90-99.
- Saptoningsih, Jatnika A. 2012. *Membuat olahan buah*. Jakarta: AgroMedia.
- Shi LE, Li ZH, Li DT, Xu M, Chen HY, zhang ZL, Tang ZX. 2013. Encapsulation of probiotic *Lactobacillus bulgaricus* in alginate-milk microspheres and evaluation of the survival in simulated gastrointestinal conditions. *J Food Engineering*. 117(10):99-104.
- Teanpaisan R, Chooruk A, Kampoo T. 2015. Survival of free and microencapsulated human-derived oral probiotic *Lactobacillus paracasei* SD1 in orange and aloe vera juice. *Songklanakarin J. Sci Technol*. 37(3): 265-270.
- Whitley A. 2009. *Bread Matters: The State of Modern Bread and a Definitive Guide to Baking Your Own*. Missouri: Andrewz McMeel Publishing.