

# Daya Simpan Probiotik Bakteri Asam Laktat asal Larva *Black Soldier Fly* Terenkapsulasi

Shelf-life of Encapsulated Lactic Acid Bacteria Probiotics from Black Soldier

DM Fassah<sup>1</sup>, A Hairani<sup>1</sup>, A Meryandini<sup>2</sup>, DA Astuti<sup>1</sup>, KG Wiryawan<sup>1\*</sup>

Corresponding email:  
kgwiryawan@apps.ipb.ac.id,

<sup>1</sup>Departemen Ilmu Nutrisi dan  
Teknologi Pakan, Fakultas  
Peternakan, IPB University, Jl.  
Agatis Kampus IPB Dramaga,  
Bogor, Jawa Barat, Indonesia

## ABSTRACT

Lactic acid bacteria as probiotic candidates can be isolated from black soldier fly larvae. This study aimed to develop encapsulated lactic acid bacteria (LAB) probiotics from BSF larvae and to evaluate the effect of encapsulation on probiotic viability during 12 weeks of storage at room temperature and 4°C. The experimental design was a factorial completely randomized design with two treatments: storage temperature and storage time. The variables observed are the number of cells and the level of cell resistance. The result showed that based on the growth curve of LAB isolates from BSF larvae, they could be harvested at 16 hours of age to be produced as probiotics. Encapsulated LAB probiotics from BSF larvae had a population of lactic acid bacteria (LAB)  $10^7$  CFU g<sup>-1</sup> and were able to maintain the cell viability of 99.3%. Temperature and storage time significantly affect ( $p < 0.05$ ) the viability of encapsulated LAB. It can be concluded that encapsulation was able to optimally maintain the LAB viability at temperature of 4°C for 4 weeks of storage.

**Key words:** black soldier fly larvae, encapsulation, probiotic, storability, viability

## ABSTRAK

Bakteri asam laktat sebagai kandidat probiotik dapat diisolasi dari larva black soldier fly. Tujuan penelitian ini adalah membuat probiotik enkapsulasi asam laktat asal larva BSF, serta mengevaluasi pengaruh enkapsulasi terhadap viabilitas probiotik selama penyimpanan 12 minggu pada suhu ruang dan 4°C. Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian untuk pengujian daya simpan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial dengan dua faktor perlakuan yaitu suhu dan waktu penyimpanan. Perubahan yang diamati pada pengamatan daya simpan yaitu jumlah sel dan tingkat ketahanan (viabilitas) sel. Kurva pertumbuhan isolat BAL asal larva BSF menunjukkan bahwa kultur bakteri dapat dipanen pada umur 16 jam untuk diproduksi sebagai probiotik. Enkapsulasi probiotik bakteri asam laktat (BAL) asal larva BSF memiliki populasi BAL sebanyak  $10^7$  CFU g<sup>-1</sup> dan mampu mempertahankan viabilitas sel 99,3%. Suhu dan waktu penyimpanan berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) pada viabilitas probiotik BAL terenkapsulasi. Kesimpulan hasil penelitian menunjukkan enkapsulasi mampu mempertahankan viabilitas BAL asal BSF secara optimal pada penyimpanan suhu 4°C selama 4 minggu.

**Kata kunci:** daya simpan, enkapsulasi, larva *Black Soldier Fly*, probiotik, viabilitas

## PENDAHULUAN

Penggunaan antibiotik mampu meningkatkan sekitar 18% performa pertumbuhan ternak (Duckett & Pratt, 2014). Sejak tahun 2006, penggunaan antibiotik sudah dilarang untuk diberikan ke ternak di seluruh belahan dunia. Penggunaannya yang berlebihan dapat menimbulkan konsekuensi yang berbahaya seperti adanya residu dalam produk peternakan serta timbulnya resistensi mikroba patogen (Alfen 2014; Chantziaras et al. 2014). Kebijakan larangan penggunaan antibiotik dalam pakan di Indonesia telah diatur dalam UU nomor 41 tahun 2014 (Republik Indonesia 2014) dan Permentan nomor 14/permentan/pk.350/5/ 2017 tentang klasifikasi obat hewan atas larangan penggunaan antibiotik sebagai imbuhan pakan (Kementerian Pertanian Republik Indonesia 2017). Adanya larangan penggunaan antibiotik memicu penelitian untuk mencari alternatif pengganti probiotik.

Salah satu alternatif pengganti antibiotik adalah dengan memberikan probiotik sebagai aditif pakan. Probiotik ialah mikroorganisme hidup yang mampu memberikan dampak positif bagi ternak inangnya jika diberikan dalam jumlah yang memadai (Fijan 2014). Pemberian probiotik berdampak positif, dengan mengurangi kemampuan bakteri patogen untuk memproduksi toksin, merangsang produksi substansi antimikroba, merangsang enzim pencernaan, serta mengurangi tekanan negatif dari senyawa antinutrisi dalam pakan (Humayun Kober et al. 2022). Bakteri asam laktat (BAL) yang bersifat anaerob fakultatif dan mampu hidup pada saluran pencernaan sering digunakan sebagai probiotik (Chotiah & Damayanti 2018). Penambahan BAL meningkatkan keragaman komunitas bakteri di saluran pencernaan dan berpengaruh positif terhadap penurunan kasus diare pada anak sapi (Liu et al. 2022).

Bakteri asam laktat dapat diisolasi dari larva *Black Soldier Fly* (BSF), serangga yang mudah untuk dikembangkan dalam skala besar tanpa memerlukan peralatan khusus (Wardhana 2016). Beberapa bakteri berhasil diidentifikasi dari saluran pencernaan BSF, antara lain: *Bacillus sp.*, *Cellulomonas sp.*, *Empedobacter sp.*, *Enterobacter sp.*, *Kurthia sp.*, *Microbacterium sp.*, dan *Micrococcus sp* (Zheng et al. 2013). Penelitian terdahulu berhasil mengidentifikasi 13 isolat BAL, dan 3 diantaranya terpilih sebagai kandidat probiotik karena menghasilkan antimikroba yang dapat menekan bakteri patogen, mampu bertahan pada pH saluran pencernaan dan garam empedu, serta memiliki kemampuan untuk melekat pada plat *stainless steel* yang diharapkan mampu menempel dan membentuk koloni pada lapisan usus ternak.

Bakteri probiotik harus mampu mempertahankan viabilitas serta fungsionalitasnya pada kondisi proses produksi, lingkungan penyimpanan, serta saluran pencernaan. Salah satu metode proteksi bakteri yang efisien dapat dilakukan adalah enkapsulasi (Peredo et al. 2016). Enkapsulasi merupakan metode pelapisan suatu

substansi utama yang mengandung nutrisi atau senyawa *therapeutic* dengan substansi lain, sehingga menghasilkan partikel dalam ukuran mikrometer berbentuk kapsul (Burgain et al. 2011; Parthasarathi et al. 2016). Metode enkapsulasi memberikan proteksi dari perubahan fisiko-kimia, serta mengurangi kerusakan sel bakteri (Menezes et al. 2018; Hernández-Carranza et al. 2014). Kualitas probiotik dapat dipengaruhi oleh suhu dan waktu penyimpanan. Proses enkapsulasi menghasilkan produk probiotik dalam bentuk tepung yang memiliki beberapa kelemahan salah satunya adalah sensitif pada suhu penyimpanan yang tinggi (Liu et al. 2017). Suhu penyimpanan yang rendah mampu mempertahankan viabilitas probiotik lebih baik dan waktu penyimpanan yang lebih lama (Călinoiu et al. 2016). Kondisi penyimpanan seperti suhu, kelembaban, pH dan nutrisi, pengemasan yang tepat, dan waktu inkubasi mempengaruhi viabilitas bakteri probiotik (Pangestu et al. 2017). Oleh karena itu, kualitas probiotik yang disimpan pada berbagai suhu pada waktu yang lama diperlukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh enkapsulasi terhadap viabilitas probiotik BAL asal BSF pada suhu dan waktu simpan yang berbeda.

## METODE

### Bahan dan Alat yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan bahan utama berupa isolat bakteri asam laktat asal larva BSF (isolat A3, A4 dan B1). Bahan tambahan lain yang digunakan meliputi: bekatul, susu skim, larutan pati, sodium alginate, minyak kanola, lesitin,  $\text{CaCl}_2$  0,1 M, gliserol, media MRS Broth, media MRS padat,  $\text{CaCO}_3$ , aquades, NaCl fisiologis dan alkohol. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan untuk pembuatan media dan inokulasi BAL, peralatan untuk enkapsulasi BAL, dan peralatan pengujian viabilitas probiotik.

### Prosedur Penelitian

#### Pengukuran kurva tumbuh isolate BAL asal larva *Black Soldier Fly* (BSF)

Sebanyak tiga kandidat isolat BAL (A3, A4, dan B1) yang digunakan dalam pembuatan probiotik didapatkan dari hasil isolasi BAL asal larva BSF. Kurva pertumbuhan bakteri diukur dengan cara menumbuhkan ketiga isolate BAL pada media *MRS Broth* (MRSB) yang diinkubasi dalam suhu 37°C selama 24 jam. Pengamatan pertumbuhan bakteri diamati dengan membuat kurva pertumbuhan setiap interval waktu 4 jam dengan melihat nilai *optical density* (OD) pada  $\lambda$  620 nm menggunakan spektrofotometer. Kurva pertumbuhan yang dihasilkan selanjutnya digunakan untuk menentukan titik optimum pertumbuhan bakteri pada ketiga isolat BAL. Isolat dengan populasi bakteri tertinggi pada saat titik optimum pertumbuhan digunakan untuk pembuatan probiotik terenkapsulasi.

### Enkapsulasi probiotik BAL asal larva BSF

Isolat BAL asal larva BSF terpilih ditumbuhkan dalam media MRSB dan diinkubasi selama 16 jam (titik optimum kurva pertumbuhan bakteri). Proses enkapsulasi dilakukan menurut Krasaekoopt *et al.* (2003) dengan modifikasi. Sebanyak 100 mL larutan alginat 0,5% ditambahkan ke 100 mL larutan pati 0,5%. Selanjutnya, pada larutan tersebut ditambahkan 200 mL kultur isolat BAL, dan 200 mL minyak kanola yang mengandung lesitin 0,2 mL. Campuran dihomogenkan dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Sebanyak 200 mL larutan  $\text{CaCl}_2$  0,1 M ditambahkan secara perlahan melalui dinding erlenmeyer dan didiamkan. Hasil enkapsulasi dicuci dengan 0,9% larutan saline yang mengandung 5% gliserol. Tahap akhir proses enkapsulasi, ditambahkan susu skim sebanyak 500 g pada larutan hingga menjadi bubuk. Hasil enkapsulasi BAL dan bekatul dengan perbandingan 1:2 dicampur hingga homogen. Produk probiotik terenkapsulasi disimpan dalam kemasan *aluminium foil* dengan kapasitas 500 g. Probiotik disimpan pada suhu ruang (23 - 30 °C) dan 4°C selama 12 minggu.

### Pengujian viabilitas probiotik terenkapsulasi

Pengukuran viabilitas probiotik terenkapsulasi dilakukan pada masa penyimpanan selama 12 minggu. Sebanyak 1 g sampel probiotik dilarutkan dalam 9 mL larutan NaCl fisiologis (pengenceran  $10^{-1}$ ) kemudian dihomogenkan menggunakan vortex. Larutan sampel probiotik dibuat pengenceran berseri. Kemudian, 0,1 mL larutan pada tiga seri pengenceran tertinggi disebar pada cawan petri dan dituang dengan media MRS padat serta diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Koloni bakteri yang tumbuh pada cawan petri akan membentuk zona bening. Jumlah koloni yang tumbuh dihitung dan dinyatakan dalam log CFU  $\text{g}^{-1}$ . Perhitungan jumlah sel bakteri yang tumbuh dalam CFU  $\text{g}^{-1}$  sampel probiotik digunakan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{jumlah sel} = \text{jumlah koloni} \times \frac{1}{\text{faktor pengencer}}$$

Tingkat ketahanan sel (viabilitas) ditentukan dengan cara menghitung perbandingan jumlah sel hidup akhir setelah enkapsulasi dengan jumlah sel hidup awal sebelum enkapsulasi dikalikan 100%.

### Analisis Data

Rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial dengan dua faktor perlakuan yaitu suhu penyimpanan dan waktu penyimpanan dengan tiga kali ulangan digunakan dalam penelitian ini. Faktor A merupakan suhu penyimpanan (A1: suhu 4°C dan A2: suhu ruang) dan faktor B merupakan waktu penyimpanan (B1: minggu ke-0; B2: minggu ke-1; B3 : minggu ke-2; B4: minggu ke-3; B5: minggu ke-4; B6: minggu ke-8; B7: minggu ke-12). Data yang memerlukan perbandingan rata-rata diuji dengan uji t-test, sedangkan data yang memerlukan analisis

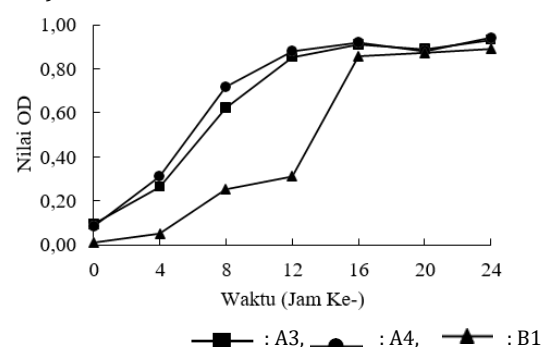
interaksi diuji menggunakan *analysis of variance* (ANOVA). Apabila terdapat perbedaan yang nyata antar perlakuan, maka dilakukan uji beda nyata Duncan. Pengolahan data menggunakan bantuan *software* SPSS 26.0 (SPSS, Chicago, IL).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kurva Pertumbuhan Isolat Bakteri Asam Laktat asal Larva BSF

Hasil penelitian sebelumnya didapatkan 13 isolat BAL asal larva BSF yang teridentifikasi secara morfologi. Dari 13 isolat tersebut terpilih tiga isolat BAL asal larva BSF yang berpotensi sebagai kandidat probiotik. Menurut FAO (2002), kriteria yang harus dipenuhi sebagai kandidat probiotik antara lain BAL tersebut termasuk kedalam *generally recognized as safe* (GRAS), dapat bertahan hidup pada kondisi asam dan garam empedu, dapat menempel pada epitelium usus inangnya, bersifat antagonistik terhadap bakteri patogen. Hasil pengukuran pertumbuhan bakteri asam laktat asal larva BSF ditampilkan dalam Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan kurva pertumbuhan tiga isolat BAL asal larva BSF yang dapat dibagi menjadi 4 fase, yaitu fase lag, eksponensial (log), stasioner, dan kematian (*death*). Pertumbuhan BAL dilihat dari nilai OD yang menunjukkan jumlah sel BAL. Hasil penelitian ini, jam ke-0 sampai ke-4 merupakan fase lag dari pertumbuhan bakteri. Fase lag adalah fase adaptasi atau penyesuaian sel terhadap media tumbuh baru yang terjadi pada dua jam pertama masa awal pertumbuhan (Nurhajati *et al.* 2016). Fase eksponensial pada penelitian ini terjadi pada jam ke-4 sampai ke-16, sedangkan fase stasioner terjadi pada jam ke-16 sampai jam ke-24. Hasil penelitian ini sesuai dengan Nuryana *et al.* (2019) yang menyebutkan bahwa fase eksponensial dapat dicapai pada jam ke-0 sampai ke-24, sedangkan diatas jam ke-24 merupakan fase stasioner dari pertumbuhan BAL. Fase eksponensial ditandai dengan sel bakteri yang telah beradaptasi dengan lingkungan yang baru dan mulai berkembang dan membelah (Wahyuningsih dan Zulaika 2018; Maier dan Pepper. 2015).



**Gambar 1** Kurva pertumbuhan tiga isolat bakteri asam laktat asal larva BSF.

**Tabel 1** Populasi bakteri asam laktat asal larva *Black Soldier Fly* pada jam ke-16

Isolat BAL	Jumlah sel (log CFU mL <sup>-1</sup> )
A3	7,81 ± 0,09
A4	7,36 ± 0,20
B1	7,55 ± 0,08

BAL : bakteri asam laktat

Lebih lanjut, sel bakteri yang tumbuh secara eksponensial akan mulai menghabiskan sumber nutrisi pada medium dan segera memasuki fase stasioner dimana tidak terjadi peningkatan jumlah sel (Maier dan Pepper, 2015).

Kurva pertumbuhan bakteri dijadikan sebagai acuan dalam mengidentifikasi fase-fase pertumbuhan bakteri, serta menentukan titik optimum pertumbuhan bakteri. Hal ini bertujuan untuk memaksimalkan produksi probiotik (Anggraeni et al. 2019). Hasil penelitian ini menunjukkan titik optimum pertumbuhan BAL asal larva BSF adalah pada jam ke-16 (Gambar 1).

Populasi ketiga isolat BAL pada umur panen 16 jam dapat dilihat pada Tabel 1. Ketiga isolat BAL memiliki jumlah sel sekitar 10<sup>7</sup> CFU mL<sup>-1</sup>. Isolat A3 memiliki populasi sel tertinggi dibandingkan kedua isolat yang lain. Berdasarkan hasil tersebut, isolat A3 terpilih untuk digunakan dalam pembuatan probiotik terenkapsulasi.

### Enkapsulasi Probiotik BAL terhadap Populasi BAL

Pengaruh proses enkapsulasi terhadap populasi BAL probiotik disajikan dalam Tabel 2. Jumlah sel pada saat sebelum dan setelah proses enkapsulasi tidak berbeda nyata. Hasil ini menunjukkan bahwa proses enkapsulasi dapat mempertahankan jumlah sel BAL dan melindungi probiotik dari kondisi selama proses produksi. Dalam penelitian ini, proses enkapsulasi menggunakan teknik emulsi dengan melibatkan mekanisme suspensi sebagian kecil polimer ke dalam polimer dalam minyak nabati, yang kemudian dihomogenisasi menjadi bentuk *water in oil* (w/o). Hal ini menyebabkan sel bakteri terenkapsulasi akan berada pada bagian larutan inti yang terlindungi oleh lapisan polimer di dalamnya (Krasaekoopt et al. 2003).

**Tabel 2** Pengaruh enkapsulasi terhadap populasi dan viabilitas sel bakteri asam laktat asal larva *Black soldier fly* (BSF)

Perlakuan	Jumlah sel	Tingkat ketahanan sel (%)
Sebelum enkapsulasi	7,81 ± 0,09 (log CFU mL <sup>-1</sup> )	100
Setelah enkapsulasi	7,76 ± 0,06 (log CFU g <sup>-1</sup> )	99,3

Tingkat viabilitas sel BAL asal larva BSF pada penelitian ini tidak berbeda nyata, baik sebelum maupun setelah proses enkapsulasi (Tabel 2). Penelitian ini menggunakan minyak kanola sebagai agen suspensi dalam enkapsulasi. Minyak dapat menjaga kondisi bakteri tetap lembab dan mempertahankan viabilitasnya dari suhu tinggi (Yang et al. 2021). Hasil penelitian ini sejalan dengan Eratte et al. (2015) yang menyebutkan BAL yang telah dienkapsulasi dengan minyak mengandung omega-3 dapat mempertahankan tingkat viabilitas selama proses penyimpanan. Proses enkapsulasi menyebabkan terjadinya penurunan tingkat viabilitas sel BAL sebanyak 0,7% (Tabel 2). Namun demikian, jumlah akhir sel BAL probiotik yang diperoleh masih sesuai dengan standar minimum populasi BAL yang diperlukan pada produk probiotik. Probiotik yang dianggap baik harus memiliki populasi bakteri minimal sekitar 10<sup>7</sup> - 10<sup>9</sup> CFU g<sup>-1</sup> dalam produk akhirnya (Rascón et al. 2018; Dumitru et al. 2021). Hasil penelitian ini sesuai dengan tujuan dari proses enkapsulasi yaitu untuk mengurangi kehilangan dan kerusakan sel bakteri, menjaga stabilitas sel dan menjaga viabilitas sel tetap tinggi selama proses produksi dan penyimpanan (Azam et al. 2020). Teknik mikroenkapsulasi bakteri efektif melindungi bakteri dari kerusakan yang timbul akibat proses produksi dan penyimpanan serta mempermudah dalam proses penyimpanan dan penggunaannya (Sumanti et al. 2016). Bakteri yang terenkapsulasi memiliki keunggulan berupa adanya membrane semipermeable yang kuat sehingga memungkinkan bakteri untuk tetap bertahan pada kondisi ekstrim (Bilang et al. 2018). Proses enkapsulasi mampu menghasilkan produk probiotik BAL asal larva BSF memiliki nilai viabilitas yang baik.

### Daya Simpan Probiotik BAL Terenkapsulasi asal Larva BSF

Daya simpan probiotik dapat terlihat dari jumlah sel dan tingkat viabilitas bakteri dalam probiotik selama penyimpanan, Jumlah sel dan tingkat viabilitas bakteri probiotik selama penyimpanan pada suhu yang berbeda disajikan dalam Tabel 3. Dinamika jumlah sel BAL probiotik pada suhu penyimpanan yang berbeda selama 12 minggu penyimpanan disajikan dalam Gambar 2.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara faktor suhu dan waktu penyimpanan berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap tingkat viabilitas bakteri (Tabel 3). Gambar 3 menunjukkan penyimpanan pada suhu ruang menyebabkan penurunan jumlah sel bakteri yang lebih cepat dibandingkan dengan suhu 4°C. Suhu dan waktu penyimpanan merupakan faktor penting yang menentukan kualitas dari probiotik. Mikroorganisme umumnya memiliki tingkat viabilitas yang lebih baik pada suhu yang relatif rendah. Hasil penelitian



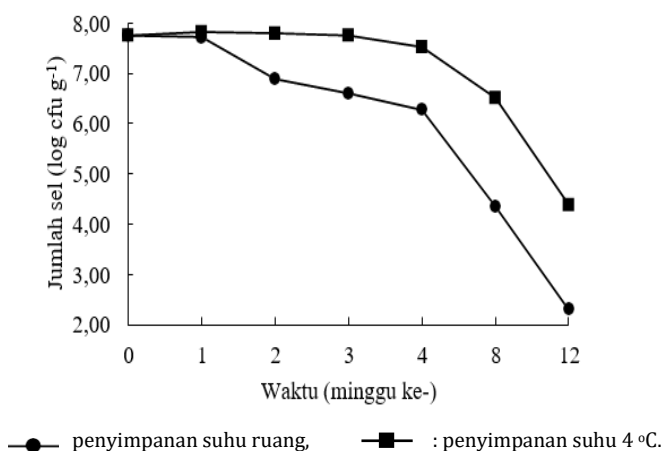
**Tabel 3** Viabilitas sel bakteri dalam probiotik pada suhu penyimpanan yang berbeda

Waktu (minggu ke-)	Jumlah sel* (log CFU g <sup>-1</sup> )		Tingkat ketahanan sel (%)	
	suhu ruang	suhu 4°C	suhu ruang	suhu 4°C
0	7,76 ± 0,06 <sup>a</sup>	7,76 ± 0,06 <sup>a</sup>	100,0	100,00
1	7,73 ± 0,03 <sup>a</sup>	7,83 ± 0,04 <sup>a</sup>	99,62	100,94
2	6,89 ± 0,03 <sup>b</sup>	7,80 ± 0,03 <sup>a</sup>	88,78	100,58
3	6,61 ± 0,05 <sup>c</sup>	7,76 ± 0,04 <sup>a</sup>	85,24	100,02
4	6,28 ± 0,12 <sup>d</sup>	7,53 ± 0,08 <sup>b</sup>	81,01	97,05
8	4,36 ± 0,15 <sup>e</sup>	6,52 ± 0,07 <sup>c</sup>	56,25	84,00
12	2,30 ± 0,30 <sup>f</sup>	4,39 ± 0,08 <sup>d</sup>	29,67	56,64

Suhu ruang: pagi (±29°C), siang (±30°C), malam (±23°C). <sup>a,b,c</sup>Superskrip huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata (p<0,05). \* = terjadi interaksi (p<0,05)

menunjukkan, penyimpanan probiotik pada suhu ruang hanya mampu mempertahankan jumlah sel BAL pada 10<sup>7</sup> CFU g<sup>-1</sup> selama satu minggu, sedangkan penyimpanan pada suhu 4°C mampu mempertahankan jumlah sel BAL selama empat minggu (Tabel 3). Penyimpanan pada suhu tinggi memungkinkan terjadinya peningkatan oksidasi asam lemak tidak jenuh pada membrane sel yang dapat menurunkan fluiditas membrane dan menyebabkan kebocoran membrane sel (Yun et al. 2016; Ebrahimi et al. 2016). Suhu penyimpanan probiotik pada 4°C mampu mempertahankan tingkat viabilitas bakteri melebihi 100% sampai minggu ke-3. Hal ini dapat disebabkan karena kultur bakteri yang digunakan pada pembuatan probiotik berada pada fase eksponensial yang memungkinkan sel bakteri masih terus aktif membelah dan berkembang sehingga memungkinkan terjadinya peningkatan jumlah sel bakteri. Fase eksponensial merupakan fase pertumbuhan optimal bakteri yang dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi dalam media (Uthami & Irdawati, 2024).

Semakin panjang waktu simpan dapat menyebabkan penurunan jumlah sel dan tingkat viabilitas BAL. Selama 12 minggu penyimpanan, tingkat viabilitas sel pada suhu ruang 52% lebih rendah dibandingkan pada suhu 4°C (Tabel 3).



**Gambar 2** Dinamika jumlah sel probiotik bakteri asam laktat selama penyimpanan.

Penyimpanan probiotik pada suhu tinggi berdampak pada dehidrasi sel sehingga menurunkan viabilitas sel. Dehidrasi sel bakteri dalam probiotik dapat mengakibatkan kerusakan pada membrane sel dan menurunkan viabilitasnya (Silaban et al. 2020). Selain itu, lama periode penyimpanan juga dapat menyebabkan kematian bakteri akibat menurunnya kandungan nutrisi pada produk probiotik yang disebabkan oleh proses fermentasi yang terus berlangsung (Respati et al. 2017). Secara keseluruhan, penyimpanan pada suhu 4°C selama 4 minggu mampu mempertahankan kualitas produk probiotik BAL asal larva BSF secara optimal.

## SIMPULAN

Enkapsulasi dapat mempertahankan viabilitas dan melindungi probiotik selama proses penyimpanan. Hasil enkapsulasi probiotik mengandung populasi bakteri asam laktat asal larva BSF sebanyak 10<sup>7</sup> CFU g<sup>-1</sup>. Viabilitas probiotik bakteri asam laktat asal larva *Black soldier fly* optimal dapat disimpan pada suhu 4°C selama 4 minggu.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi Republik Indonesia melalui hibah program Matching Fund tahun 2021 atas nama Prof. Dewi Apri Astuti dengan nomor kontrak: 2914/E3/PKS.08/KL/2021 yang telah mendanai penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Anggraeni JA, Nugraha FA & Suhardiman A. 2019. Aktivitas antibakteri dari mikroalga laut *Porphyridium cruentum* terhadap bakteri *Staphylococcus epidermidis* dan *Propionibacterium acne*. *Jurnal AGROTEK*. 6(2): 63-69.

Bilang M, Tahir M & Haedar D. 2018. Mempelajari viabilitas enkapsulasi sel probiotik *Lactobacillus plantarum* dan *Streptococcus thermophilus* pada es krim. *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*. 1(1):41-52.

Burgain J, Gaiani C, Linder M & Scher J. 2011. Encapsulation of probiotic living cells: From laboratory scale to industrial applications. *Journal of Food Engineering*. 104(4):467-483.

Calinoiu L-F, Vodnar D-C & Precup G. 2016. A Review: The probiotic bacteria viability under different conditions. *Bulletin of University*

- of *Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Food Science and Technology*. 73(2):55.
- Chantziaras I, Boyen F, Callens B, & Dewulf J. 2014. Correlation between veterinary antimicrobial use and antimicrobial resistance in food-producing animals: A report on seven countries. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 69(3):827–834.
- Chotiah S & Damayanti R. 2018. Karakterisasi bakteri asam laktat kandidat probiotik untuk mengatasi salmonellosis pada ayam pedaging. *Buletin Plasma Nutfah*. 24(1): 89-96.
- Duckett SK & Pratt SL. 2014. Anabolic implants and meat quality. *Journal of Animal Science*. 92:3–9.
- Dumitru M, Vodnar DC, Elemer S, Ciurescu G, Habeanu M, Sorescu I, Georgescu SE & Dudu A. 2021. Evaluation of non-encapsulated and microencapsulated lactic acid bacteria. *Applied Sciences (Switzerland)*. 11(21).
- Ebrahimi A, Csonka LN, & Alam MA. 2018. Analyzing thermal stability of cell membrane of salmonella using time-multiplexed impedance sensing. *Biophysical Journal*. 114(3):609–618.
- Eratte D, McKnight S, Gengenbach TR, Dowling K, Barrow CJ, & Adhikari BP. 2015. Co-encapsulation and characterization of omega-3 fatty acids and probiotic bacteria in whey protein isolate-gum Arabic complex coacervates. *Journal of Functional Foods*. 19:882–892.
- FAO/WHO. 2002. *Report of a joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food*. London Ontario (CA): FAO.
- Fijan S. 2014. Microorganisms with claimed probiotic properties: An overview of recent literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 11(5):4745–4767.
- Hernández-Carranza P, López-Malo A & Jiménez-Munguía M-T. 2013. Microencapsulation quality and efficiency of *Lactobacillus casei* by spray drying using maltodextrin and vegetable extracts. *Journal of Food Research*. 3(1):61-69.
- Humayun Kober AKM, Rajoka MSR, Mehwish HM, Villena J & Kitazawa H. 2022. Immunomodulation potential of probiotics: a novel strategy for improving livestock health, immunity, and productivity. *Microorganisms*. 10(2): 1-20.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2017. Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 14/PERMENTAN/PK.350/5/2017 tentang Klasifikasi Obat Hewan. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Krasaekoopt W, Bhandari B & Deeth H. 2003. Evaluation of encapsulation techniques of probiotics for yoghurt. *International Dairy Journal*. 13:3-13.
- Liu B, Wang C, Huasai S, Han A, Zhang J, He L, & Aorigele C. 2022. Compound probiotics improve the diarrhea rate and intestinal microbiota of newborn calves. *Animals*. 12(3):1-14.
- Liu H, Cui SW, Chen M, li Y, Liang R, Xu F & Zhong F. 2019. Protective approaches and mechanisms of microencapsulation to the survival of probiotic bacteria during processing, storage and gastrointestinal digestion: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 59(17):2863–2878.
- Maier RM & Pepper IA. 2015. *Bacterial growth*. In IL Pepper, CP Gerba, TJ Gentry (Eds.), *Environmental microbiology*. San Diego (US): Academic Press. pp. 37-56
- Nurhajati T, Soepranianondo K, & Lokapirnasari W. 2016. Uji aktivitas pertumbuhan enterobacter cloacae selulolitik aerob rumen-1 isolat asal limbah cairan rumen sapi peranakan ongole. *Jurnal Veteriner*. 17 (3):383–388.
- Nuryana I, Andriani A, Lisdiyanti P & Yopi. 2019. Analysis of organic acids produced by lactic acid bacteria. Di dalam: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 251: 012054.
- Parthasarathi S & Anandharamakrishnan C. 2016. Enhancement of oral bioavailability of vitamin E by spray-freeze drying of whey protein microcapsules. *Food and Bioprocess Processing*. 100: 469–476.
- Peredo AG, Beristain CI, Pascual LA, Azuara E & Jimenez M. 2016. The effect of prebiotics on the viability of encapsulated probiotic bacteria. *LWT - Food Science and Technology*. 73:191–196.
- Pangestu RF, Legowo AM, Al-Baarri AN, & Pramono YB. 2017. Aktivitas antioksidan, pH, viskositas, viabilitas bakteri asam laktat (BAL) pada yoghurt powder daun kopi dengan jumlah karagenan yang berbeda. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 6 (2):78–84.
- Rascón MP, Huerta-Vera K, Pascual-Pineda LA, Contreras-Oliva A, Flores-Andrade E, Castillo-Morales M, Bonilla E, & González-Morales I. 2018. Osmotic dehydration assisted impregnation of *Lactobacillus rhamnosus* in banana and effect of water activity on the storage stability of probiotic in the freeze-dried product. *LWT - Food Science and Technology*. 92:490–496.
- Republik Indonesia. 2014. *Undang-Undang Nomor 41 Tahun 2014 tentang Peternakan dan Kesehatan Hewan*. Jakarta (ID): Sekretariat Negara.
- Respati NY, Yulianti E, & Rakhmawati A. 2017. Optimasi suhu dan pH media pertumbuhan bakteri pelarut fosfat dari isolat bakteri termofilik. *Jurnal Prodi Biologi*. 6 (7):423-430.
- Silaban BJS, Nurhayati L & Hartanti AW. 2020. Viabilitas probiotik *Lactobacillus acidophilus* DLBSD102 setelah mikroenkapsulasi. *Jurnal Sains Natural*. 10 (1):6.
- Sumanti DM, Lanti I, Hanidah I-I, Sukarminah E, & Giovanni A. 2016. Pengaruh konsentrasi susu skim dan maltodekstrin sebagai penyalut terhadap viabilitas dan karakteristik mikroenkapsulasi suspensi bakteri *Lactobacillus plantarum* menggunakan metode freeze drying. *Jurnal Penelitian Pangan*. 1 (1): 7-13.
- Uthami FN & Irdawati I. 2024. Karakteristik pola pertumbuhan bakteri termofilik isolat MS-12 dari sumber air padas mudiak sapan. *MASALIQ*. 4 (1):344–351.
- Wahyuningsih N, & Zulaika E. 2019. Perbandingan pertumbuhan bakteri selulolitik pada media nutrient broth dan carboxy methyl cellulose. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 7(2):36–38.
- Wardhana AH. 2017. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as an alternative protein source for animal feed. *Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences*. 26 (2):069.
- Yang R, Xie Y, Lombardo SP, & Tang J. 2021. Oil protects bacteria from humid heat in thermal processing. *Food Control*. 123:107690.
- Yun O, Zeng XA, Brennan CS, & Han Z. 2016. Effect of pulsed electric field on membrane lipids and oxidative injury of *Salmonella typhimurium*. *International Journal of Molecular Sciences*. 17 (8):1-13.
- Zheng L, Crippen TL, Holmes L, Singh B, Pimsler ML, Benbow ME, Tarone AM, Dowd S, Yu Z, & Vanlaerhoven SL. 2013. Bacteria mediate oviposition by the black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.), (Diptera: Stratiomyidae). *Scientific Reports*. 3(1): 1-8.