

## Formulasi Kandidat Sinbiotik Cair Berbasis Kulit Pisang Nangka (*Musa paradisiaca* L.) dengan *Lactobacillus acidophilus* dan *Lactobacillus casei*

### *Formulation of a Liquid Synbiotic Candidate Based on Musa paradisiaca L. Peels with Lactobacillus acidophilus and Lactobacillus casei*

Alifa Brilian<sup>1</sup>, Dewi Astriany<sup>1</sup>, Syarif Hamdani<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Sarjana Farmasi, Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia, Bandung, Indonesia  
Email: syarifhamdani@stfi.ac.id

#### Abstrak

**Latar belakang:** Kulit pisang nangka (*Musa paradisiaca* L.) sebagian besar menjadi limbah agroindustri, meskipun mengandung karbohidrat dan serat yang berpotensi dimanfaatkan sebagai substrat fermentasi untuk pengembangan kandidat sinbiotik. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan memformulasikan sinbiotik cair berbasis kulit pisang nangka menggunakan *Lactobacillus acidophilus* dan *Lactobacillus casei* serta mengevaluasi karakteristik fisik, kimia, dan mikrobiologinya. **Metode:** Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan teknik pengambilan sampel *purposive sampling*, yaitu pemilihan kulit pisang nangka berdasarkan kriteria buah matang dan kulit tidak busuk. Tahap awal dilakukan menggunakan *Lactobacillus acidophilus* dengan variasi laktosa 1–3% (b/v). Karena tidak ditemukan koloni pada pengujian total bakteri asam laktat dari ketiga variasi laktosa, penelitian utama dilanjutkan menggunakan *Lactobacillus casei* dengan laktosa 1% dan variasi konsentrasi starter 4%, 5%, dan 6% (v/v). Fermentasi dilakukan pada suhu 37°C selama 72 jam. Parameter evaluasi meliputi total bakteri asam laktat, pH, kadar asam laktat, warna, aroma, dan viabilitas setelah tujuh hari penyimpanan refrigerasi. Data dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan karakteristik mikrobiologi, kimia, dan fisik antarformula selama fermentasi untuk menentukan formula terpilih. **Hasil:** Formula dengan konsentrasi starter 5% (F2) menunjukkan hasil paling konsisten, dengan pH menurun dari 3,88 menjadi 3,37 dan total bakteri asam laktat dari 7,42 menjadi 7,05 log CFU/mL setelah penyimpanan. **Kesimpulan:** F2 merupakan formula terpilih berdasarkan konsistensi karakteristik mikrobiologi, kimia, dan fisik selama fermentasi. Namun, stabilitas viabilitas BAL selama penyimpanan belum dapat dikonfirmasi, sehingga diperlukan penelitian lanjutan dengan optimasi kondisi penyimpanan dan penggunaan rentang pengenceran yang lebih rendah untuk mengevaluasi viabilitas secara lebih akurat.

**Kata kunci:** bakteri asam laktat; fermentasi; kulit pisang nangka; *Lactobacillus casei*; kandidat sinbiotik.

#### Abstract

**Background:** *Musa paradisiaca* L. peels are largely considered agro-industrial waste, although they contain carbohydrates and fiber that have the potential to be utilized as fermentation substrates for the development of a synbiotic candidate. **Objective:** This study aimed to formulate a liquid synbiotic based on *Musa paradisiaca* L. peels using *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* and to evaluate its physical, chemical, and microbiological characteristics. **Methods:** This experimental study used a *purposive sampling* technique, in which banana peels were selected based on the criteria of ripe fruit and non-rotten peels. The initial stage was conducted using *Lactobacillus acidophilus* with lactose concentrations of 1–3% (w/v). Since no colonies were detected in the total lactic acid bacteria test at the three lactose concentrations, the main study was continued using *Lactobacillus casei* with 1% lactose and starter concentrations of 4%, 5%, and 6% (v/v). Fermentation was conducted at 37°C for 72 hours. The evaluated parameters included total lactic acid bacteria, pH, lactic acid content, color, aroma, and viability after seven days of refrigerated storage. Data were analyzed descriptively by comparing the microbiological, chemical, and physical characteristics among formulations during fermentation to determine the selected formula. **Results:** The formula with a 5% starter concentration (F2) shows the most consistent results, with pH decreasing from 3.88 to 3.37 and total lactic acid bacteria decreasing from 7.42 to 7.05 log CFU/mL after storage. **Conclusion:** F2 is the selected formula based on the consistency of its microbiological, chemical, and physical characteristics during fermentation. However, the viability stability of lactic acid bacteria during storage cannot yet be confirmed; therefore, further research is needed to optimize storage conditions and use lower dilution ranges to evaluate viability more accurately.

**Keywords:** lactic acid bacteria; fermentation; *Musa paradisiaca* L. peels; *Lactobacillus casei*; synbiotic candidate.

\*Corresponding Author: Syarif Hamdan Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia, Bandung, Indonesia

E-mail : [muhammadsyafii@medistra.ac.id](mailto:muhammadsyafii@medistra.ac.id)

Doi : 10.35451/jkg.v9i1.3912

Received : September 13, 2026. Accepted: Oktober 13, 2026. Published: Oktober 30, 2026

Copyright (c) 2026 Syarif Hamdan Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

## 1. PENDAHULUAN

Budidaya dan penggunaan pisang yang tinggi menghasilkan limbah kulit dalam jumlah besar dan sebagian besar belum dapat dimanfaatkan secara optimal. Data nasional menunjukkan produksi pisang Indonesia mencapai sekitar 9,3 juta ton pada 2024 sehingga pemanfaatan bagian kulit menjadi relevan dari sisi lingkungan maupun pengembangan bahan baku baru [1]. Kulit pisang dapat mencapai sekitar 30–40% bobot buah dan mengandung karbohidrat, pektin, serat pangan, mineral, serta berbagai komponen bioaktif. Komposisi tersebut menjadikan kulit pisang menarik untuk dikembangkan sebagai substrat fermentasi dan bahan baku pangan fungsional. Pemanfaatannya juga berpotensi mendukung pendekatan ekonomi sirkular melalui konversi residu agroindustri menjadi produk dengan nilai tambah lebih tinggi [2].

Salah satu pendekatan yang relevan berdasarkan komposisi senyawa adalah pengembangan produk sinbiotik. Sinbiotik didefinisikan sebagai campuran mikroorganisme hidup dan substrat yang secara selektif dimanfaatkan oleh mikroorganisme inang sehingga memberikan manfaat kesehatan. Dengan demikian, keberadaan sumber karbon dan serat yang dapat mendukung pertumbuhan bakteri probiotik menjadi aspek penting dalam formulasi produk sinbiotik [3]. Kulit pisang dilaporkan memiliki potensi sebagai sumber komponen prebiotik dan bahan fungsional karena mengandung pati resisten, pektin, dan oligosakarida yang dapat dimanfaatkan selama fermentasi [4][5].

Bakteri asam laktat banyak digunakan sebagai starter karena mampu memfermentasi karbohidrat menjadi asam laktat, menurunkan pH, serta membentuk lingkungan yang kurang mendukung pertumbuhan mikroorganisme pembusuk. *Lactobacillus acidophilus* dan *Lactobacillus casei* merupakan dua bakteri yang telah banyak digunakan dalam pengembangan pangan fermentasi dan probiotik, tetapi kemampuan pertumbuhan dan adaptasinya dapat berbeda bergantung pada komposisi substrat, konsentrasi inokulum, dan kondisi fermentasi [6][7]. Perbedaan karakteristik tersebut penting dipertimbangkan ketika bahan nonkonvensional seperti kulit pisang digunakan sebagai media fermentasi.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai media fermentasi *Lactobacillus* dan bahwa konsentrasi inokulum memengaruhi pembentukan asam serta pertumbuhan bakteri selama fermentasi [8]. Fermentasi sari kulit pisang juga dilaporkan menghasilkan perubahan pH, kadar asam, dan karakteristik sensori yang mencerminkan aktivitas bakteri asam laktat [9]. Namun, informasi mengenai pemanfaatan kulit pisang angka secara spesifik sebagai basis sediaan cair kandidat sinbiotik masih terbatas. Selain itu, diperlukan formulasi yang mampu mempertahankan jumlah BAL, menghasilkan profil keasaman yang stabil, dan memiliki karakteristik fisik yang dapat diterima. Oleh karena itu, penelitian ini mengevaluasi penggunaan *L. acidophilus* dan *L. casei* dalam fermentasi sari kulit pisang angka serta menentukan formula terpilih berdasarkan parameter mikrobiologi, pH, kadar asam laktat, dan karakteristik fisik selama fermentasi.

## 2. METODE

### 2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas kulit pisang angka segar yang matang dan tidak busuk sebagai substrat fermentasi, kultur murni bakteri *Lactobacillus acidophilus* (ATCC-4356), *Lactobacillus casei* (ATCC-393), akuades steril, laktosa, natrium karboksimetil selulosa (Na-CMC), alkohol 70% (OneMed), media *Lactobacillus* MRS Broth (Himedia) dan *Lactobacillus* MRS Agar (Himedia), asam oksalat (Merck), larutan NaCl 0,9% (Otsuka), bufer fosfat (PBS) pH 4,7, dan 9, akuades, indikator fenolftalein 1% dan NaOH (Merck).

### 2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan analitik (Ohaus), magnetic stirrer (Thermo Scientific), inkubator (Mettler), autoklaf (GEA Medical), shaker incubator (Longyue), spektrofotometer UV-Visible (PG Instrument), vortex (Dlab), colony counter (Stuart), pH meter (Scitek), blender (Pero), termometer, sendok stainless steel, baskom stainless steel, saringan kain, wadah fermentasi tertutup, ose bulat steril, mikropipet beserta tip, kuvet, buret, statif dan klem, cawan petri steril, dan alat gelas standar laboratorium.

### 2.3 Prosedur

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan teknik pengambilan sampel *purposive sampling*. Sampel yang digunakan berupa kulit pisang nangka (*Musa paradisiaca* L.) dari buah matang dengan kondisi kulit tidak busuk. Kulit pisang nangka yang digunakan telah dideterminasi di Laboratorium Taksonomi Tumbuhan Universitas Padjadjaran. Kultur yang digunakan adalah *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 dan *Lactobacillus casei* ATCC 393. Kurva pertumbuhan masing-masing bakteri dibuat dalam MRS Broth pada suhu 37°C dengan agitasi 150 rpm dan pengukuran *optical density* pada 600 nm setiap dua jam. Kultur starter selanjutnya diinkubasi selama 24 jam dan distandarisasi hingga transmitansi sekitar 25%.

Bagian dalam kulit pisang sebanyak 50 g di-*blanching* pada suhu  $\pm 80^{\circ}\text{C}$  selama 5 menit, didinginkan, kemudian dihomogenisasi dengan akuades steril pada perbandingan 1:10 (b/v) dan disaring. Filtrat ditambah Na-CMC 0,2% (b/v) dan laktosa, kemudian dipasteurisasi pada suhu 72°C selama 15 menit setelah itu didinginkan hingga 37°C sebelum inokulasi.

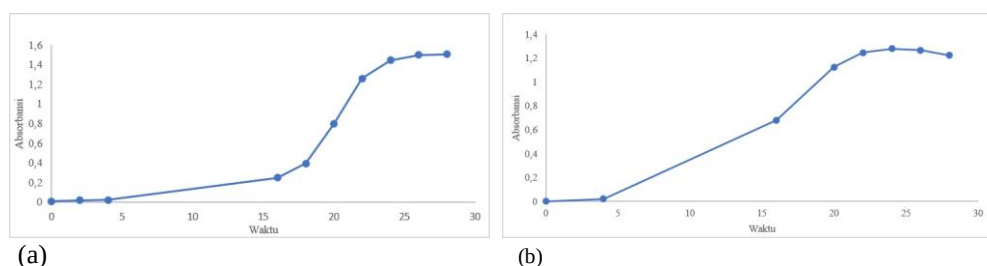
Tahap pendahuluan, penelitian menggunakan *L. acidophilus* 5% (v/v) dengan variasi laktosa 1%, 2%, dan 3% (b/v). Setelah total BAL tidak menunjukkan koloni terdeteksi, formulasi utama dilakukan menggunakan *L. casei* dengan laktosa 1% dan variasi starter 4% (F1), 5% (F2), dan 6% (F3) (v/v). Fermentasi dilakukan pada suhu 37°C selama 72 jam.

Evaluasi dilakukan setiap 24 jam meliputi pH, kadar asam laktat, total BAL, serta pengamatan fisik dan sensori deskriptif terkait perubahan warna dan aroma. pH diukur menggunakan pH meter terkalibrasi. Kadar asam laktat ditentukan secara titrimetri menggunakan NaOH 0,1 N dan indikator fenolftalein. Total BAL dihitung dengan metode hitungan cawan pada MRS Agar menggunakan pengenceran berseri dan inkubasi 37°C selama 48 jam. Viabilitas setelah tujuh hari penyimpanan refrigerasi diuji menggunakan metode *plate count* pada pengenceran  $10^{-7}$ – $10^{-9}$ . Data hasil pengujian pH, kadar asam laktat, total BAL, karakteristik fisik, dan viabilitas dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan hasil antarformula dan perubahan selama proses fermentasi. Formula terpilih ditentukan berdasarkan konsistensi karakteristik mikrobiologi, kimia, dan fisik.

**Tabel 1. Komposisi formula F1, F2, dan F3**

| Formula | Starter <i>L. casei</i> | Laktosa  | Na-CMC     |
|---------|-------------------------|----------|------------|
| F1      | 4% (v/v)                | 1% (b/v) | 0,2% (b/v) |
| F2      | 5% (v/v)                | 1% (b/v) | 0,2% (b/v) |
| F3      | 6% (v/v)                | 1% (b/v) | 0,2% (b/v) |

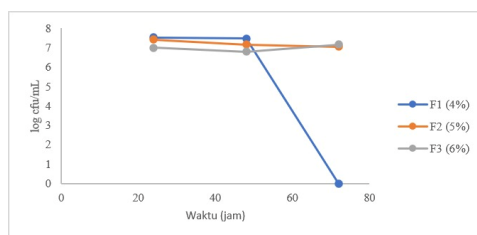
### 3. HASIL



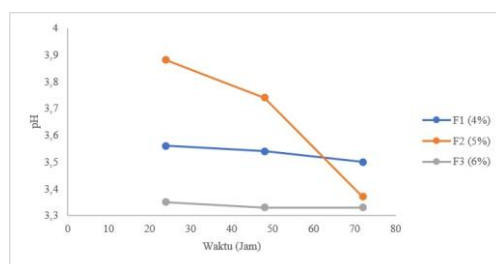
Gambar 1. (a) Kurva pertumbuhan *L. acidophilus*; (b) Kurva pertumbuhan *L. casei*

Kurva pertumbuhan pada Gambar 1 menunjukkan perbedaan pola pertumbuhan *L. Acidophilus* (a) dan *L. casei* (b). Berdasarkan kurva, *L. acidophilus* mengalami peningkatan absorbansi yang lebih nyata mulai sekitar jam ke-18, sedangkan *L. casei* menunjukkan peningkatan lebih awal, yaitu sekitar jam ke-16. Kedua kultur kemudian mencapai fase pertumbuhan relatif stabil pada kisaran jam ke-24 hingga ke-26. Berdasarkan pola tersebut, kultur berumur 24 jam digunakan sebagai starter agar kedua bakteri masih berada dalam fase pertumbuhan aktif.

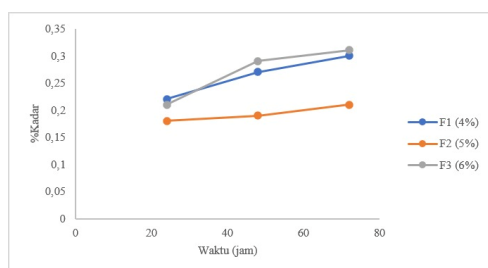
Pada tahap pendahuluan, *L. acidophilus* diuji menggunakan laktosa 1%, 2%, dan 3% dengan konsentrasi starter 5%. Meskipun terjadi perubahan fisik setelah fermentasi, tidak ditemukan koloni pada pengujian total BAL. Oleh karena itu, tahap formulasi utama difokuskan pada *L. casei*.



Gambar 2. Grafik uji total BAL



Gambar 3. Grafik uji perubahan pH



Gambar 4. Grafik uji perubahan kadar asam laktat

Pada fermentasi menggunakan *L. casei*, total BAL menunjukkan pola yang berbeda antarformula. F2 mengalami penurunan dari 7,42 log CFU/mL pada hari pertama menjadi 7,05 log CFU/mL pada hari ketiga, sedangkan F3 menunjukkan nilai total BAL sebesar 7,16 log CFU/mL pada hari ketiga. F1 menunjukkan nilai 7,52 dan 7,47 log CFU/mL pada hari pertama dan kedua, tetapi koloni tidak terdeteksi pada hari ketiga. Kadar asam laktat pada F1 meningkat dari 0,22% menjadi 0,30%, F2 dari 0,18% menjadi 0,21%, dan F3 dari 0,21% menjadi 0,31% selama fermentasi. Seluruh formula mengalami penurunan pH, yaitu F1 dari 3,56 menjadi 3,50, F2 dari 3,88 menjadi 3,37, dan F3 dari 3,35 menjadi 3,33 selama 72 jam.

Tabel 2 Rekapitulasi Hasil Evaluasi Kandidat Sinbiotik Cair

| Formula | Hari | Uji pH | Uji Kadar As. Laktat (%) | Uji Total BAL (log CFU/mL) | Uji Organoleptik                                 | Uji Viabilitas |
|---------|------|--------|--------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------|----------------|
| F1      | 1    | 3,56   | 0,22%                    | 7,52                       | Aroma asam, berwarna kuning cerah kecokelatan    | Tidak tumbuh   |
| F1      | 2    | 3,54   | 0,27%                    | 7,47                       | Aroma asam, berwarna kuning cerah kecokelatan    | Tidak tumbuh   |
| F1      | 3    | 3,50   | 0,30%                    | 0                          | Aroma asam, berwarna kuning cerah kecokelatan    | Tidak tumbuh   |
| F2      | 1    | 3,88   | 0,18%                    | 7,42                       | Aroma asam khas, berwarna kuning tua kecokelatan | Tidak tumbuh   |
| F2      | 2    | 3,74   | 0,19%                    | 7,16                       | Aroma asam khas, berwarna kuning tua kecokelatan | Tidak tumbuh   |
| F2      | 3    | 3,37   | 0,21%                    | 7,05                       | Aroma asam khas, berwarna kuning tua kecokelatan | Tidak tumbuh   |

|    |   |      |       |      |                                         |              |
|----|---|------|-------|------|-----------------------------------------|--------------|
| F2 | 1 | 3,35 | 0,21% | 6,99 | kuning tua kecokelatan                  | tumbuh       |
| F3 | 2 | 3,33 | 0,29% | 6,79 | Aroma asam, berwarna kuning kecokelatan | Tidak tumbuh |
| F3 | 3 | 3,33 | 0,31% | 7,16 | Aroma asam, berwarna kuning kecokelatan | Tidak tumbuh |
| F3 |   |      |       |      |                                         |              |

Berdasarkan Tabel 2 rekapitulasi hasil evaluasi kandidat sinbiotik, setiap formula menunjukkan perubahan karakteristik selama proses fermentasi yang berbeda. Secara fisik, formula dengan starter mengalami perubahan warna dari coklat tua keruh menjadi kuning kecokelatan serta menghasilkan aroma asam khas fermentasi. Perubahan pH dan peningkatan kadar asam laktat pada formula dengan starter menunjukkan adanya perubahan selama proses fermentasi, meskipun pola total BAL berbeda antarformula. Dengan demikian, hasil evaluasi menunjukkan bahwa perubahan karakteristik fisik, pH, kadar asam laktat, dan total BAL perlu dipertimbangkan secara bersama-sama untuk menilai karakteristik sinbiotik cair selama fermentasi.

#### 4. PEMBAHASAN

Kurva pertumbuhan menunjukkan perbedaan fase pertumbuhan antara kedua kultur. *L. acidophilus* memasuki fase log sekitar jam ke-18 dan mencapai pertumbuhan tertinggi sekitar jam ke-26, sedangkan *L. casei* memasuki fase log lebih awal, sekitar jam ke-16 hingga jam ke-24. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa masing-masing kultur memiliki karakteristik kinetika pertumbuhan yang berbeda dan setiap fase pertumbuhan dipengaruhi oleh jenis mikroorganisme, komposisi media, ketersediaan nutrisi, dan kondisi fermentasi. Kurva pertumbuhan dapat digunakan untuk menentukan fase pertumbuhan bakteri dan membantu menetapkan waktu yang sesuai untuk memperoleh kultur dengan aktivitas pertumbuhan yang optimal [10], [11]. Bakteri asam laktat juga memiliki karakteristik metabolisme yang berbeda sehingga dapat menunjukkan pola pertumbuhan dan produksi metabolit yang berbeda selama fermentasi [6]. Fermentasi menggunakan bakteri asam laktat pada matriks berbasis tanaman juga dipengaruhi oleh karakteristik substrat dan kondisi pertumbuhan mikroorganisme [12]. Berdasarkan hasil kurva pertumbuhan, kultur berumur 24 jam digunakan sebagai starter karena berada dalam rentang fase pertumbuhan aktif pada kedua kultur. Pemilihan waktu tersebut juga sejalan dengan penggunaan kultur starter pada pengembangan minuman probiotik berbasis kulit pisang [13].

Pada tahap pendahuluan, *L. acidophilus* diuji menggunakan laktosa 1%, 2%, dan 3% dengan konsentrasi starter 5%. Meskipun terjadi perubahan fisik setelah fermentasi, tidak ditemukan koloni pada pengujian total BAL. Oleh karena itu, tahap formulasi utama difokuskan pada *L. casei*. Temuan tersebut menunjukkan bahwa kemampuan pertumbuhan bakteri dapat dipengaruhi oleh kesesuaian kultur dengan matriks fermentasi karena pemanfaatan komponen kulit pisang dapat berbeda antarspesies bakteri probiotik [14]. Penelitian mengenai *L. acidophilus* menunjukkan bahwa pemanfaatan nutrisi berkaitan dengan laju pertumbuhan sel, sehingga komposisi media perlu disesuaikan dengan kebutuhan mikroorganisme [15]. Penambahan laktosa juga dapat memengaruhi pertumbuhan bakteri *Lactobacillus*, meskipun respons terhadap konsentrasi laktosa dapat berbeda antarspesies [16]. Oleh karena itu, tidak ditemukannya koloni *L. acidophilus* pada penelitian ini lebih tepat diinterpretasikan sebagai tidak terdeteksinya pertumbuhan koloni pada kondisi pengujian yang digunakan, bukan sebagai bukti bahwa *L. acidophilus* tidak dapat tumbuh pada substrat kulit pisang nangka. Hasil tersebut selanjutnya menjadi dasar untuk tidak melanjutkan *L. acidophilus* pada formulasi utama.

Pada fermentasi menggunakan *L. casei*, total BAL menunjukkan adanya perbedaan pola pertumbuhan antarformula. F2 menunjukkan jumlah BAL sebesar 7,05 log CFU/mL pada hari ketiga, sedangkan F3 mencapai 7,16 log CFU/mL pada hari ketiga. F1 menunjukkan jumlah BAL sebesar 7,52 log CFU/mL pada hari pertama dan 7,47 log CFU/mL pada hari kedua, tetapi tidak ditemukan koloni pada hari ketiga. Perbedaan pola tersebut dapat berkaitan dengan perubahan kondisi lingkungan fermentasi, ketersediaan nutrisi, dan pembentukan metabolit selama pertumbuhan BAL. Aktivitas BAL selama fermentasi dapat menghasilkan perubahan pada karakteristik mikrobiologis dan kimia substrat [12], [17]. Dengan demikian, keberadaan koloni BAL pada F2 dan

F3 hingga hari ketiga menunjukkan bahwa *L. casei* masih dapat terdeteksi secara kultur pada periode tersebut.

Seluruh formula mengalami penurunan pH selama fermentasi 72 jam. F1 mengalami penurunan pH dari 3,56 menjadi 3,50, F2 dari 3,88 menjadi 3,37, sedangkan F3 dari 3,35 menjadi 3,33. Penurunan pH menunjukkan adanya perubahan kondisi kimia selama fermentasi yang berkaitan dengan aktivitas metabolisme BAL. BAL memanfaatkan karbohidrat sebagai sumber energi dan menghasilkan asam organik, terutama asam laktat, yang menyebabkan peningkatan keasaman substrat [6], [18]. Penurunan pH selama fermentasi juga dapat dipengaruhi oleh lama fermentasi dan aktivitas bakteri, sebagaimana ditunjukkan pada penelitian fermentasi minuman yang menunjukkan adanya perubahan total asam dan jumlah BAL seiring bertambahnya waktu fermentasi [19]. Penurunan pH terbesar terjadi pada F2, yaitu sebesar 0,51 unit pH, yang disertai dengan jumlah BAL sebesar 7,05 log CFU/mL pada hari ketiga. Hasil tersebut menunjukkan bahwa selama periode fermentasi masih terjadi aktivitas metabolik yang menghasilkan perubahan keasaman pada substrat.

Secara fisik, formula dengan starter berubah dari cokelat tua keruh menjadi kuning kecekatan dan menghasilkan aroma asam khas fermentasi, sedangkan blanko menunjukkan peningkatan endapan dan bau menyimpang pada akhir pengamatan. Perubahan karakteristik tersebut dapat berkaitan dengan aktivitas mikroorganisme dan pembentukan metabolit selama fermentasi. Penelitian pada kulit pisang yang difermentasi juga menunjukkan bahwa lama fermentasi dapat memengaruhi karakteristik kimia, organoleptik, dan mikrobiologi bahan [20]. Pertimbangan terhadap beberapa parameter secara bersamaan diperlukan dalam pengembangan produk fermentasi karena perubahan mikrobiologi, kimia, dan organoleptik dapat berlangsung secara bersamaan selama fermentasi. Dengan demikian, F2 dipilih sebagai formula terpilih karena mempertahankan BAL sekitar  $10^7$  CFU/mL hingga hari ketiga, menunjukkan perubahan pH yang nyata, memiliki karakteristik fisik relatif stabil. Namun, pemilihan tersebut masih bersifat deskriptif karena belum didukung analisis statistik antarformula.

Setelah tujuh hari penyimpanan refrigerasi, tidak ditemukan koloni BAL pada pengenceran  $10^{-7}$ – $10^{-9}$ . Hasil tersebut menunjukkan bahwa kemampuan bakteri untuk membentuk koloni pada media kultur tidak terdeteksi setelah penyimpanan tujuh hari. Viabilitas bakteri probiotik dapat dipengaruhi oleh kondisi penyimpanan, karakteristik matriks pangan, serta perubahan lingkungan selama masa simpan [21]. Hasil ini belum dapat langsung diinterpretasikan sebagai hilangnya seluruh viabilitas karena pengujian hanya dilakukan pada pengenceran tinggi. Apabila populasi bakteri menurun selama penyimpanan, sel hidup masih mungkin terdapat pada sampel tetapi tidak terdeteksi pada rentang pengenceran tersebut. Oleh karena itu, pengujian ulang menggunakan pengenceran yang lebih rendah diperlukan untuk menetapkan viabilitas secara lebih akurat. Secara keseluruhan, F2 menunjukkan karakteristik paling konsisten selama fermentasi 72 jam, tetapi stabilitas bakterinya selama penyimpanan masih perlu dikonfirmasi.

## 5. KESIMPULAN

Kulit pisang nangka (*Musa paradisiaca* L.) berpotensi digunakan sebagai matriks fermentasi untuk pengembangan kandidat sinbiotik cair. Bakteri *Lactobacillus casei* menunjukkan kemampuan pertumbuhan dan fermentasi yang lebih sesuai pada matriks kulit pisang nangka dibandingkan *Lactobacillus acidophilus*. *L. acidophilus* tidak menunjukkan koloni yang terdeteksi pada kondisi fermentasi yang diuji, sedangkan *L. casei* mampu mempertahankan jumlah bakteri asam laktat pada kisaran  $10^7$  CFU/mL selama fermentasi 72 jam. Formulasi dengan starter *L. casei* 5% (v/v), laktosa 1% (b/v), dan Na-CMC 0,2% (b/v) menunjukkan karakteristik paling konsisten, dengan penurunan pH dari 3,88 menjadi 3,37 dan total BAL sebesar 7,05 log CFU/mL pada akhir fermentasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS, "Produksi Tanaman Buah - buahan dan Sayuran Tahunan Menurut Provinsi dan Jenis Tanaman 2024." 2024. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics->

- table/3/U0dKc1owczVSaIJ5VFdOMWVETnlVRVJ6YlRJMFP6MDkjMw==/produksi-tanaman-buah-buahan-dan-sayuran-tahunan-menurut-provinsi-dan-jenis-tanaman--2024.html?year=2024
- [2] W. M. Hikal *et al.*, “Banana Peels: A Waste Treasure for Human Being,” *Evid. Based Complement. Alternat. Med.*, vol. 2022, pp. 1–9, May 2022, doi: 10.1155/2022/7616452.
  - [3] K. S. Swanson *et al.*, “The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of synbiotics,” *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.*, vol. 17, no. 11, pp. 687–701, Nov. 2020, doi: 10.1038/s41575-020-0344-2.
  - [4] C. Y. Tan, N. N. Mohd Arifin, and M. R. Sabran, “Banana Peels as Potential Prebiotic and Functional Ingredient,” *J. Gizi Dan Pangan*, vol. 19, no. Supp.1, pp. 119–126, Jan. 2024, doi: 10.25182/jgp.2024.19.Supp.1.119-126.
  - [5] U. Yuniarni, B. Rusdi, and R. Aryani, “Aktivitas Prebiotik Pisang Serta Efeknya Terhadap Kesehatan Dan Penyakit,” *J. Ilm. Farm. Farmasyifa*, vol. 6, no. 2, pp. 172–186, Aug. 2023, doi: 10.29313/jiff.v6i2.11825.
  - [6] T. Bintsis, “Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics,” *AIMS Microbiol.*, vol. 4, no. 4, pp. 665–684, 2018, doi: 10.3934/microbiol.2018.4.665.
  - [7] S. Toupal and S. Coşansu, “Effects of Freeze-Dried Banana and Watermelon Peel Powders on Bile Salt Resistance, Growth Kinetics, and Survival of Probiotic Bacteria,” *Probiotics Antimicrob. Proteins*, vol. 16, no. 5, pp. 1762–1772, Oct. 2024, doi: 10.1007/s12602-023-10131-0.
  - [8] F. Nurdyansyah and U. H. A. Hasbullah, “Optimasi Fermentasi Asam Laktat Oleh *Lactobacillus casei* Pada Media Fermentasi Yang Disubstitusi Tepung Kulit Pisang,” *Al-Kauniah J. Biol.*, vol. 11, no. 1, pp. 64–71, Apr. 2018, doi: 10.15408/kauniah.v11i1.6166.
  - [9] A. S. Hermansyah and P. R. Wikandari, “Pemanfaatan Sari Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L.) Sebagai Minuman Fermentasi Menggunakan *Lactobacillus plantarum* B1765.” *UNESA Journal of Chemistry*, Surabaya, 2025.
  - [10] L. T. Fernández-Martínez, A. Javelle, and P. A. Hoskisson, “Microbial Primer: Bacterial growth kinetics: This article is part of the Microbial Primers collection,” *Microbiology*, vol. 170, no. 2, Feb. 2024, doi: 10.1099/mic.0.001428.
  - [11] O. Temitope Elizabeth *et al.*, “Concept and Kinetics of Microbial Growth and Death: A Review,” *Himal. J. Agric.*, vol. 02, no. 02, pp. 1–6, Oct. 2021, doi: 10.47310/hja.2021.v02i02.003.
  - [12] Y. Chen *et al.*, “A comprehensive review of lactic acid bacteria-fermented plant-based beverages: substrate types, nutritional quality, probiotic characteristics, metabolic pathways and future development trends,” *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 66, no. 16, pp. 2993–3021, Jun. 2026, doi: 10.1080/10408398.2025.2589965.
  - [13] M. Z. Asy-Syafiq, “Karakteristik Minuman Probiotik Berbasis Kulit Pisang (*Musa paradisiaca*) Dengan Variasi Konsentrasi *Lactobacillus casei* Dan *Carboxy Methyl Cellulose*,” *Univ. Pasundan*, 2025.
  - [14] E. Dwinianti, I. R. Neliana, and F. H. H. Prasetyo, “Review: Potensi Bakteri Asam Laktat (BAL) Untuk Meningkatkan Mutu Produk Pangan,” *J. BIOSENSE*, vol. 8, no. 3, pp. 263–278, Jul. 2025, doi: 10.36526/biosense.v8i3.5219.
  - [15] A. I. Abdulrazzaq and K. A. Khalil, “Optimization of Skim Milk Based Medium for Biomass Production of Probiotic *Lactobacillus Acidophilus* ATCC 4356 Using Face Central Composite Design-Response Surface Methodology Approach,” *J. Asian Sci. Res.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–11, Mar. 2022, doi: 10.55493/5003.v12i1.4448.
  - [16] J. Zang, T. Wang, D. Piotr, H. Zhao, and B. Zhang, “Increasing lactose concentration is a strategy to improve the proliferation of *Lactobacillus helveticus* in milk,” *Food Sci. Nutr.*, vol. 9, no. 2, pp. 1050–1060, Feb. 2021, doi: 10.1002/fsn3.2076.
  - [17] S. Rezac, C. R. Kok, M. Heermann, and R. Hutkins, “Fermented Foods as a Dietary Source of Live Organisms,” *Front. Microbiol.*, vol. 9, p. 1785, Aug. 2018, doi: 10.3389/fmicb.2018.01785.
  - [18] Y. Widyastuti, A. Febrisiantosa, and F. Tidona, “Health-Promoting Properties of Lactobacilli in Fermented Dairy Products,” *Front. Microbiol.*, vol. 12, p. 673890, May 2021, doi: 10.3389/fmicb.2021.673890.
  - [19] S. Mulyani, K. M. F. Sunarko, and B. E. Setiani, “Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Total Asam, Total Bakteri Asam Laktat dan Warna Kefir Belimbing Manis (*Averrhoa carambola*),” *J. Ilm. SAINS*, vol. 21, no. 2, p. 113, Jul. 2021, doi: 10.35799/jis.21.2.2021.31416.
  - [20] C. Utama *et al.*, “Scanning electron microscope energy dispersive X-Ray, chemical, organoleptic, and microbiological quality of banana peel (*Musa paradisiaca* L.) at different fermentation durations,” *J. Adv. Vet. Anim. Res.*, vol. 9, no. 3, p. 383, 2022, doi: 10.5455/javar.2022.i606.
  - [21] A. D. Pangestu, K. Kurniawan, and S. Supriyadi, “Pengaruh Variasi Suhu dan Lama Penyimpanan terhadap Viabilitas Bakteri Asam Laktat (BAL) dan Nilai pH Yoghurt: The Effect of Temperature Variation and Storage Time on the Viability of Latic Acid Bacteria (LAB) and pH Value of Yoghurt,”

*Borneo J. Med. Lab. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 231–236, Apr. 2021, doi: 10.33084/bjmlt.v3i2.2169.