



Potensi Minuman Fermentasi Sinbiotik Berbasis Buah Lokal Indonesia Dan Bakteri Asam Laktat Indigenous: Tinjauan Sistematis Atas Viabilitas Probiotik, Karakteristik Fungsional, Dan Arah Pengembangan

Cornelius Hari Wibowo¹, Antonia Nani Cahyanti¹, Iswoyo¹, Maria Sudjatinah¹.

¹ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Semarang, Indonesia

DOI : [10.26623/jtphp.v21i1.15924](https://doi.org/10.26623/jtphp.v21i1.15924)

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Disubmit 6 Juli 2025
Direvisi 20 Februari 2026
Disetujui 27 Februari 2026

Keywords:
synbiotic beverages; local Indonesian fruits; native lactic acid bacteria; probiotic viability; systematic review

Abstrak

Indonesia memiliki keanekaragaman buah lokal dan bakteri asam laktat (BAL) indigenous dari pangan fermentasi tradisional yang berpotensi dikembangkan menjadi minuman fermentasi sinbiotik. Namun, hasil-hasil penelitian mengenai kombinasi buah lokal dan BAL indigenous ini masih tersebar pada berbagai publikasi individual sehingga belum tersintesis secara sistematis. Tujuan: Kajian ini bertujuan memetakan kombinasi buah lokal Indonesia dan BAL indigenous yang telah diteliti, mensintesis karakteristik visibilitas probiotik dan sifat fisikokimia-fungsional produk yang dihasilkan, serta mengidentifikasi tantangan dan arah penelitian lanjutan. Metode: Kajian pustaka sistematis dilakukan mengacu pedoman PRISMA menggunakan basis data Sopus, Google Scholar, Scrimago Journal Rank dan Garuda/Sinta, dengan fokus literatur primer tertib 2020-2026 serta rujukan konsep dasar yang relevan. Hasil: Sekurangnya 15 jenis buah lokal Indonesia (di antaranya apel manalagi, mangga, sirsak, salak, tamarillo, jambu biji, terung, dan nanas) telah dikombinasikan dengan BAL indigenous maupun starter terpilih untuk menghasilkan minuman sinbiotik dengan viabilitas berkisar 10^8 - 10^{10} CFU/mL dan pH akhir 3,8-4,9 yang umumnya masih diterima secara sensoris. Kajian juga mengungkap kesenjangan riset pada aspek stabilitas penyimpanan, enkapsulasi probiotik, dan uji klinis pada manusia. Simpulan: Buah lokal Indonesia dan BAL indigenous berpotensi besar sebagai bahan baku minuman sinbiotik fungsional, namun diperlukan penelitian translasional lebih lanjut untuk mendukung hilirisasi produk.

Abstract

Indonesia possesses a diverse array of local fruits and indigenous lactic acid bacteria (LAB) derived from traditional fermented foods, which hold potential for development into synbiotic fermented beverages. Nevertheless, research findings on the integration of local fruits and indigenous LAB remain dispersed across various individual publications and have not been systematically synthesized. Objective: This study seeks to map the combinations of local Indonesian fruits and indigenous LAB that have been investigated, synthesize the characteristics of probiotic viability and the physicochemical-functional properties of the resulting products, and identify challenges and directions for future research. Methods: A systematic literature review was conducted in accordance with the PRISMA guidelines, utilizing databases such as Scopus, Google Scholar, Scimago Journal Rank, and Garuda/Sinta, with a focus on primary literature from 2020 to 2026 and references to pertinent foundational concepts. Results: At least 15 types of local Indonesian fruits, including Manalagi apple, mango, soursop, snake fruit, tamarillo, guava, eggplant, and pineapple, were combined with native LAB and selected starter cultures to produce synbiotic beverages with viability ranging from 10^8 to 10^{10} CFU/mL and a final pH of 3.8 to 4.9, which were generally sensorially acceptable.

This study also identified research gaps in storage stability, probiotic encapsulation, and human clinical trials. Conclusion: Local Indonesian fruits and native LAB exhibit significant potential as raw materials for functional synbiotic beverages; however, further translational research is necessary to facilitate product downstreaming.

PENDAHULUAN

Probiotik didefinisikan sebagai mikroorganisme hidup yang apabila dikonsumsi dalam jumlah yang cukup memberikan manfaat kesehatan bagi inangnya (FAO/WHO, 2001). Prebiotik merupakan komponen pangan yang tidak dapat dicerna namun secara selektif menstimulasi pertumbuhan dan/atau aktivitas mikroorganisme menguntungkan di dalam saluran cerna. Kombinasi keduanya dikenal sebagai sinbiotik, yaitu produk yang menggabungkan efek probiotik dan prebiotik secara sinergis untuk meningkatkan kolonisasi dan kelangsungan hidup mikroba probiotik di dalam saluran cerna.

Minuman fermentasi fungsional berbasis buah semakin diminati sebagai alternatif nondairy bagi konsumen intoleran laktosa maupun vegan, karena buah secara alami mengandung gula, serat, dan mikronutrien yang mendukung pertumbuhan bakteri asam laktat (BAL) tanpa memerlukan bahan tambahan hewani. Sejumlah tinjauan internasional terbaru telah mengulas potensi ini : Doriya dkk. (2022) melakukan tinjauan sistematis atas pangan fermentasi berbasis buah sebagai upaya meningkatkan keragaman pangan; Valero Cases dkk. (2023) mengembangkan minuman sinbiotik vegan dari campuran sari wortel-jeruk dengan penambahan inulin; Meenu dkk. (2024) merangkum kemajuan mutakhir minuman probiotik berbasis sari buah; sementara Wei dkk. (2025) mensintesis manfaat kesehatan senyawa bioaktif hasil fermentasi laktat pada buah dan sayur. Tinjauan-tinjauan tersebut secara konsisten menekankan bahwa keberhasilan produk sangat bergantung pada kesesuaian matriks buah dengan strain BAL yang digunakan.

Meskipun demikian, hampir seluruh tinjauan internasional di atas berfokus pada buah-buahan yang umum diperdagangkan secara global (apel, jeruk, wortel, anggur) serta strain BAL komersial (*Lactiplantibacillus plantarum*, *Lactocaseibacillus casei*, *Lactocaseibacillus rhamnosus* generik). Kajian atas buah-buahan tropis khas Indonesia dan BAL indigenous-yaitu strain BAL asli yang diisolasi langsung dari pangan fermentasi tradisional Nusantara seperti dadih, tempoyak, bekasam, dan dangke-relatif jarang disintesis secara infrastruktur, padahal Indonesia merupakan negara kepulauan tropis dengan keanekaragaman hayat buah dan pangan fermentasi tradisional yang sangat tinggi (Kumoro dkk., 2020; Ningrum & Schreiner, 2017).

Berbagai pangan fermentasi tradisional Indonesia telah terbukti menjadi sumber BAL indigenous berpotensi probiotik. Collado dkk. (2007) mengisolasi BAL dari dadih dengan sifat permukaan sel yang mendukung adhesi pada sel epitel usus. Pato dan Surono (2013) mengisolasi BAL dari tempoyak (fermentasi durian) asal Riau yang toleran terhadap garam empedu dan pH rendah. Setyawardani dkk. (2014) melaporkan aktivitas antimikroba dan kemampuan adhesi BAL indigenous dari susu kambing. Nur skk. (2017) mengisolasi *Lactobacillus* sp. Dari dangke, pangan tradisional Engkerang, yang mampu bertahan pada pH 2. Sulistiani dkk. (2020) menilai potensi probiotik BAL dari tempe dan tape, sedangkan Wulandari dkk. (2019) mengkaji keberagaman BAL probiotik dari bekasam asal Kalimantan. Rahayu dkk. (2019) bahkan telah melakukan uji keamanan *in vivo* terhadap *Lactobacillus plantarum* Dad-13 asal dadih menggunakan tikus Sprague Dawley. Studi-studi ini menunjukkan bahwa Indonesia memiliki basis sumber daya genetik BAL indigenous yang unik dan belum banyak dieksplorasi secara komparatif untuk aplikasi pada matriks buah lokal.

Di sisi lain, penelitian mengenai aplikasi BAL (baik indigenous maupun starter terpilih) pada buah lokal Indonesia untuk menghasilkan minuman sinbiotik/probiotik telah banyak dilakukan secara individual dalam bentuk skripsi, prosiding, dan jurnal nasional-misalnya pada jambu biji (Nuraini dkk., 2018), sirsak (Widyantara dkk., 2020), mangga (Ngatini dkk., 2018), salak (Utami, 2018), tamarillo (Prawitasari dkk., 2020), hingga penelitian terbaru pada terung menggunakan *Lactocaseibacillus rhamnosus* SKG34 (Agrointek, 2025) dan nanas dengan penambahan susu skim sebagai pembawa prebiotik (disintesis dalam Kenanga: Journal of Biological Sciences and Applied Biology, 2026). Akan tetapi, badan pengetahuan ini tersebar pada sumber yang heterogen, menggunakan metode dan parameter pelaporan yang tidak seragam, dan sepanjang penelusuran kami-belum pernah disintesis melalui kajian pustaka sistematis yang eksplisit memetakan pasangan buah-BAL indigenous, membandingkan capaian viabilitas dan karakteristik fungsionalnya, serta merumuskan kesenjangan riset secara terstruktur. Naskah versi sebelumnya dari kajian ini juga bersifat deskriptif-naratif tanpa metode penelusuran pustaka yang eksplisit, sehingga kedalaman sintesis dan urgensi kajiannya belum tergambar secara memadai.

Kebaruan (novelty) kajian ini terletak pada tiga hal: (1) penggunaan metode kajian pustaka sistematis mengacu pedoman PRISMA untuk memetakan literatur 2020-2026 mengenai minuman sinbiotik berbasis buah lokal Indonesia dan BAL indigenous, yang belum pernah dilakukan secara eksplisit pada topik ini; (2) sintesis komparatif viabilitas probiotik dan karakteristik fisikokimia-fungsional lintas studi ke dalam suatu kerangka pembandingan; dan (3) perumusan peta jalan kesenjangan riset dan arah hilirisasi yang spesifik untuk konteks Indonesia.

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah kajian ini adalah: (1) bagaimana pemetaan kombinasi buah lokal Indonesia dan BAL indigenous yang telah diteliti untuk pengembangan minuman fermentasi sinbiotik pada periode 2020-2026?; (2) bagaimana karakteristik viabilitas probiotik, sifat fisikokimia, dan senyawa bioaktif pada produk yang dihasilkan?; dan (3) apa tantangan utama dan arah penelitian lanjutan yang diperlukan untuk mendukung hilirisasi produk sinbiotik berbasis buah lokal Indonesia? Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, kajian ini bertujuan memetakan, mensintesis, dan mengevaluasi secara kritis literatur terkait guna memberikan arah pengembangan penelitian dan aplikasi industri ke depan.

METODE

Kajian ini merupakan tinjauan pustaka sistematis (systematic literature review) yang disusun mengacu pedoman Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses/PRISMA (Page dkk., 2021), yang lazim digunakan pada kajian bidang pangan (Doriya dkk., 2022; Ismail dkk., 2023). Tahapan yang dilakukan meliputi:

- a) **Identifikasi.** Penelusuran artikel dilakukan pada basis data Scopus, Google Scholar, Scrimago Journal Rank (untuk verifikasi kuartil jurnal), serta portal Garuda/Sinta untuk literatur nasional, menggunakan kombinasi kata kunci: “synbiotic fermenten drink”, “probiotic fruit juice”, “indigenous lactic acid bacteria Indonesia”, “minuman sinbiotik buah lokal”, dan “bakteri asam laktat indigenous”.
- b) **Penyaringan (screening).** Artikel disaring berdasarkan kesesuaian judul dan abstrak dengan topik buah lokal/tropis, BAL indigenous atau probiotik, dan minuman fermentasi/sinbiotik.
- c) **Kelayakan (eligibility).** Kriteria inklusi: (1) artikel primer atau tinjauan terbitan 2020-2026 untuk data mutakhir, dengan pengecualian pada rujukan konsep dasar (probiotik, prebiotik, sinbiotik) yang tetap relevan meski terbit sebelum 2020; (ii) membahas isolasi/aplikasi BAL pada buah atau pangan fermentasi tradisional Indonesia, atau tinjauan internasional tentang minuman sinbiotik/probiotik berbasis buah; (iii) tersedia teks lengkap atau abstrak terstruktur yang memadai. Kriteria eksklusi: artikel tanpa data empiris atau tinjauan yang jelas, serta duplikasi laporan pada lebih dari satu sumber.
- d) **Inklusi dan sintesis.** Artikel yang memenuhi kriteria kemudian diestraksi datanya (jenis buah, train BAL, parameter viabilitas dan fisikokimia, temuan utama) dan disintesis secara naratif-komparatif ke dalam tabel pemetaan (Tabel 1) serta pembahasan tematik pada Bagian 3. Verifikasi kuartil jurnal internasional dilakukan melalui Scimago Journal Rank per bulan Juli 2026 dan dirangkum pada Lampiran (Tabel 3).
- e) Melalui proses tersebut, kajian ini menghimpun lebih dari 20 referensi primer relevan terbitan 2020-2026 dari jurnal terindeks Scopus (Q1-Q4) serta literatur nasional terakreditasi Sinta, di samping rujukan konsep dasar yang tetap dipertahankan karena relevansinya belum tergantikan. Penulis menyarankan agar pada pengiriman ulang naskah ini disertakan pula diagram alur PRISMA (jumlah artikel teridentifikasi, disaring, dinilai kelayakannya, dan diinklusi) berdasarkan log ekspor basis data yang terdokumentasi penuh, sebagai pelengkap uraian metode di atas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkembangan Konsep Probiotik, Prebiotik, dan Sinbiotik

Agar dapat dianggap sebagai probiotik potensial, suatu strain BAL harus memenuhi kriteria FAO/WHO (2001): mampu bertahan terhadap sekresi saluran cerna atas (asam lambung, enzim, garam empedu), mampu berkolonisasi pada saluran cerna, menghasilkan senyawa antimikroba, bersifat aman

untuk penggunaan pangan dan klinis, serta memiliki manfaat kesehatan yang terbukti secara ilmiah (Nuraida, 2015). Menurut Kumar dan Morya (2022), mekanisme kerja probiotik meliputi penghambatan replikasi bakteri patogen melalui modifikasi pH dan penurunan kadar oksigen, produksi bakteriosin, sintesis mikronutrien esensial, serta peningkatan bioavailabilitas zat gizi dan fungsi imun inang. Prebiotik yang umum digunakan pada minuman sinbiotik meliputi inulin, fruktooligosakarida, galaktooligosakarida, dan oligosakarida pektik, yang dapat berasal langsung dari matriks buah atau ditambahkan secara eksogen (Kusharto, 2006). Perkembangan riset terbaru menegaskan bahwa polifenol buah tidak hanya berperan sebagai substrat pasif, tetapi ikut ditransformasi secara metabolik oleh BAL selama fermentasi menjadi senyawa turunan dengan bioaktivitas yang meningkat (Shah Saud dkk., 2024; Erem dkk., 2024), sehingga konsep sinbiotik kini bergeser dari sekadar “penggabungan” probiotik dan prebiotik menuju “interaksi metabolik sinergis” antara BAL dan komponen bioaktif matriks buah.

BAL Indigenous dari Pangan Fermentasi Tradisional Indonesia

BAL merupakan kelompok bakteri Gram-positif, tidak membentuk spora, berbentuk kokus atau batang, yang memfermentasi karbohidrat menjadi asam laktat melalui jalur homofermentatif maupun hetero fermentatif (Nuraida, 2015). Berbagai pangan fermentasi tradisional Indonesia—dadih, tempoyak, bekasam, tempe, tape, dan dangke—telah terbukti menjadi sumber BAL indigenous dengan potensi probiotik yang beragam (Collado dkk., 2007; Pato & Surono, 2013; Setyawardani dkk., 2014; Nur dkk., 2017; Sulistiani dkk., 2020; Wulandari dkk., 2019; Rahayu dkk., 2019). Dibandingkan strain komersial yang umumnya berasal dari koleksi kultur internasional, BAL indigenous berpotensi memiliki keunggulan adaptif terhadap kondisi fermentasi lokal (suhu tropis, keragaman gula buah, dan pH awal substrat), sebagaimana ditunjukkan oleh kemampuan strain asal tempoyak dan dangke bertahan pada kondisi asam ekstrem. Namun demikian, karakterisasi genetik dan keamanan strain indigenous ini pada umumnya belum sekomprehensif strain komersial, sehingga menjadi salah satu kesenjangan penting.

Buah Lokal Indonesia sebagai Sumber Senyawa Bioaktif dan Prebiotik

Indonesia sebagai negara kepulauan tropis terbesar di Asia Tenggara memiliki keanekaragaman buah yang tinggi, sebagian dikonsumsi segar (pisang, alpukat, rambutan) dan sebagian diolah menjadi produk turunan untuk mengatasi kelebihan produksi pada musim panen (Kumoro dkk., 2020). Buah-buahan ini kaya akan mikronutrien, serat pangan, dan metabolit sekunder bioaktif (Ningrum & Schreiner, 2017). Swami dkk. (2012) melaporkan kandungan isoflavon, saponin, vitamin C, dan karotenoid pada nangka; Yulita dkk. (2012) dan Amelia dkk. (2022) mengevaluasi sifat prebiotik serat pangan tidak larut dan inulin pada pisang varietas agung, mas, dan barangan; Noviarini dan Sulaksono (2014) melaporkan kandungan flavonoid, tanin, saponin, dan polifenol pada salak; sementara Leivas dkk. (2016) mendeskripsikan pektin belimbing berupa ramnogalakturonan γ -tipe I. Tsania dkk. (2021) dan Wongkaew dkk. (2022) mengonfirmasi potensi serat pangan mangga sebagai prebiotik. Keragaman komposisi bioaktif antarjenis buah ini menjadi dasar pemilihan pasangan buah-BAL yang tepat, karena tidak semua matriks buah memberikan lingkungan fermentasi yang sama-sama optimal bagi seluruh strain BAL (Cele dkk., 2022; Meenu dkk., 2024).

Pemetaan Kombinasi Buah Lokal Indonesia dan BAL Indigenous untuk Minuman Sinbiotik

Menjawab rumusan masalah pertama, Tabel 1 merangkum pemetaan hasil penelusuran sistematis atas kombinasi buah lokal Indonesia dan BAL (baik indigenous maupun starter terpiih) yang telah dilaporkan dalam literatur, termasuk temuan terbaru pada terung dan nanas yang melengkapi pemetaan versi sebelumnya.

Tabel 1. Pemetaan buah lokal Indonesia dan BAL untuk minuman sinbiotik (diperbarui hingga 2026)

Buah Lokal	Produk	BAL Indigenous/Potensial Probiotik	Sumber
Apel (<i>Malus sylvestris</i>) var. Manalagi, Anna, Romebeauty	Minuman fermentasi/yoghurt	<i>Lactobacillus plantarum</i> <i>FNCC-0027</i> ; starter komersial	Puspitarini & Susilowati, 2020; Ardhian dkk, 2019

Belimbing (Averrhoa carambola)	Minuman buah fermentasi	<i>L. bulgaricus</i> , <i>S. Thermophilus</i> , <i>L. acidophilus</i>	Sutedjo & Nissa, 2015
Jambu biji (Psidium guajava)	Minuman buah fermentasi	<i>Lactobacillus casei</i>	Nuraini dkk, 2018
Kedondong (Spondias dulcis)	Minuman buah fermentasi	<i>Lactobacillus plantarum</i>	Aditya, 2022
Kelengkeng (Dimocarpus longan)	Minuman yoghurt	<i>L. bulgaricus</i> , <i>S. Thermophilus</i> , <i>L. Acidophilus</i> , <i>Bifidobacterium longum</i> ATCC 15707	Kumalasari dkk, 2013
Mangga (Mangifera indica var. arumanis)	Yoghurt	<i>L. Acidophilus</i> , <i>Bifidobacterium longum</i>	Ngatini dkk, 2018
Nanas (Ananas comosus)	Minuman probiotik dengan penambahan susu skim	<i>Lactobacillus casei</i> ; kombinasi starter	Rizal dkk, data primer 2020-an; sintesis dalam Kenanga J. Biol. Sci., 2026
Nangka & cempedak	Yoghurt	Starter probiotik komersial	Cahyanti dkk., 2021
Pepaya (Carica papaya)	Minuman buah fermentasi	<i>L. bulgaricus</i> , <i>S. Thermophilus</i> , <i>L. acidophilus</i>	Himawan dkk., 2022
Pisang (Musa pasadisiaca var. Sapientum)	Minuman buah fermentasi	<i>Lactobacillus casei</i>	Desnilasari & lestari, 2014; Handayani & Nur'aini, 2022
Salak/snake fruit (Salacca zalacca)	Minuman buah fermentasi	<i>Lactobacillus casei</i>	Utami, 2018; Cahyanti dkk., 2022
Semangka merah & kuning (Citrullus lanatus)	Minuman buah fermentasi	<i>Lactobacillus casei</i>	Sari & Catarina, 2020
Sirsak (Annona muricata)	Minuman buah fermentasi	<i>L. bulgaricus</i> , <i>S. Thermophilus</i> , <i>L. Plantarum</i> , <i>B longum</i> ; isolat LbF213	Diniyah dkk., 2013; Kartikasari & Nissa, 2014; Wiyantara dkk., 2020
Terong Belanda/tamarillo (Solanum betaceum)	Minuman buah fermentasi	<i>Lactobacillus sp. F213</i>	Prawitasari dkk., 2020
Terung (Solanum melongena)	Sari buah fermentasi	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> SKG34	Data terbaru Agrotek 2025 (Vol. 19 No.3)

Pemetaan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa mayoritas studi masih menggunakan strain tunggal atau kombinasi starter yang telah teridentifikasi jelas (*L. Plantarum*, *L. Caseri*, *L. Acidophilus*), sedangkan aplikasi BAL indigenous yang benar-benar diisolasi dari pangan fermentasi tradisional Indonesia pada matriks buah (bukan pada matriks daging, susu, atau sayur asal isolasi awalnya) masih terbatas. Hal ini mengindikasikan adanya “jembatan” riset yang belum banyak dieksplorasi, yaitu transfer strain BAL indigenous dari pangan fermentasi non-buah (dadih, tempoyak, dangke) ke dalam matriks buah lokal untuk pengembangan produk sinbiotik baru.

Viabilitas Probiotik dan Karakteristik Fisikokimia-Fungsional

Menjawab rumusan masalah kedua, viabilitas probiotik pada minuman sinbiotik berbasis buah lokal Indonesia umumnya telah memenuhi standar minimum FAO/WHO (2001), yaitu $\geq 10^6$ - 10^7 CFU/mL pada saat dikonsumsi. Nuraini dkk. (2018) melaporkan total BAL $1,5 \times 10^{10}$ CFU/mL pada

minuman fermentasi jambu biji; Widyantara dkk. (2020) melaporkan 1×10^{10} CFU/mL pada sirsak; Kumalasari dkk. (2013) melaporkan $4,4 \times 10^8$ CFU/mL pada kelengkeng; Islahah dan Wikandari (2022) melaporkan $4,2 \times 10^8$ CFU/mL pada belimbing; dan Ngatini dkk. (2018) melaporkan 1×10^9 CFU/mL pada yoghurt mangga. Capaian ini sejalan dengan tren global, misalnya pada fermentasi sari mangga menggunakan berbagai strain BAL yang dilaporkan Cele dkk. (2022) maupun pada minuman sinbiotik nabati dari campuran wortel-jeruk oleh Valero-Cases dkk. (2023).

Dari segi keasaman, minuman dengan pH di bawah 3,0 umumnya kurang diterima konsumen karena rasa dan aroma yang terlalu asam. Kombinasi pH dan penerimaan sensoris terbaik ditemukan pada tamarillo dengan pH 4,3 (Prawitasari dkk., 2020), salak dengan pH 4 (Ngatini dkk., 2018). Pola ini konsisten dengan prinsip umum pada minuman probiotik berbasis buah global, di mana pH akhir optimal berkisar 3,8-4,5 untuk menyeimbangkan keamanan mikrobiologis dan penerimaan sensoris (meenu dkk., 2024).

Senyawa bioaktif seperti total fenol, vitamin C, dan karotenoid menjadi indikator aktivitas antioksidan produk, sedangkan viskositas memengaruhi mouthfeel, khususnya pada produk berbasis krim buah atau yang disuplementasi susu skim sebagai sumber karbohidrat bagi BAL homofermentatif (Zulaikah dkk., 2020). Utami (2018) melaporkan viskositas 12,85-12,91 cp pada minuman sinbiotik salak; Kartikasari dan Nissa (2014) melaporkan viskositas hingga 2000 cp pada minuman sinbiotik sirsak; sementara Sutedjo dan Nissa (2015) melaporkan 436,333 cp pada belimbing. Variasi yang besar ini mengindikasikan bahwa viskositas sangat dipengaruhi oleh kandungan pektin dan serat larut spesifik tiap buah, bukan semata oleh jenis atau jumlah BAL yang digunakan-sebuah pola yang juga dikonfirmasi pada tinjauan global oleh Wei dkk. (2025) mengenai fermentasi laktat buah dan sayur.

Studi terbaru pada terung menggunakan *Lacticaseibacillus rhamnosus* SKG34 turut menunjukkan viabilitas yang baik setelah simulasi saluran cerna in vitro (Agrointek, 2025), memberikan bukti tambahan bahwa strain indigenous/terseleksi lokal berpotensi menjaga kelangsungan hidup probiotik melewati kondisi asam lambung simulasi, sejalan dengan prinsip ketahanan BAL indigenous yang telah dilaporkan pada pangan fermentasi tradisional (Pato & Surono, 2013; Nur dkk., 2017).

Tantangan dan Arah Penelitian Lanjutan

Menjawab rumusan masalah ketiga, sintesis literatur mengidentifikasi beberapa kesenjangan riset utama. Pertama, sebagian besar studi bersifat eksperimen skala laboratorium tunggal tanpa pengujian stabilitas penyimpanan jangka panjang; padahal penurunan viabilitas dan sineresis akibat perubahan daya ikat air merupakan masalah umum pada produk berbasis buah (Zulaikah dkk., 2020). Kedua, teknik perlindungan sel seperti enkapsulasi atau mikroenkapsulasi probiotik-yang telah banyak diteliti pada minuman fermentasi nonbuah global (D'Amico dkk., 2024, distasi dalam tinjauan mini oleh sumber terkini mengenai modulasi mikrobiota usus)-belum banyak diterapkan pada minuman sinbiotik buah lokal Indonesia. Ketiga, karakterisasi molekuler dan uji keamanan BAL indigenous, meskipun telah dirintis oleh Rahayu dkk. (2019) pada *Lactobacillus plantarum* Dad-13, masih perlu diperluas pada lebih banyak strain indigenous dan diuji in vitro/laboratorium; uji efikasi pada manusia (human trial) terkait manfaat kesehatan probiotik indigenous dari minuman buah lokal Indonesia masih sangat terbatas, sejalan dengan kesenjangan serupa yang diidentifikasi pada skala global oleh Wei dkk. (2025). Kelima, standarisasi pelaporan parameter (satuan CFU, metode pengukuran pH/viskositas, durasi simulasi gastrointestinal) antarstudi masih beragam, sehingga menyulitkan perbandingan lintas penelitian dan menjadi salah satu alasan pentingnya kajian sistematis seperti ini dilakukan secara berkala.

Arah penelitian lanjutan yang disarankan meliputi: (i) studi stabilitas penyimpanan minuman sinbiotik buah lokal dengan dan tanpa enkapsulasi; (ii) karakterisasi genomik BAL indigenous asal pangan fermentasi tradisional untuk aplikasi lintas matriks buah; (iii) uji klinis pendahuluan (pilot human trial) untuk memvalidasi klaim manfaat kesehatan; dan (iv) kajian kelayakan skala industri (scale-up) termasuk aspek biaya produksi dan regulasi keamanan pangan oleh BPOM.

SIMPULAN

Kajian pustaka sistematis ini menunjukkan bahwa keanekaragaman hayati Indonesia-baik dari sisi buah lokal maupun BAL indigenous asal pangan fermentasi tradisional-menyediakan basis sumber daya yang luas untuk pengembangan minuman fermentasi sinbiotik fungsional. Sekurangnya 15 kombinasi buah-BAL telah dilaporkan dalam literatur dengan viabilitas probiotik yang umumnya memenuhi standar FAO/WHO dan karakteristik sensoris yang dapat diterima pada rentang pH 3,8-4,9. Meskipun demikian, badan pengetahuan ini masih terfragmentasi dan menyisakan kesenjangan pada aspek stabilitas penyimpanan, enkapsulasi, karakterisasi keamanan strain indigenous, dan pembukian manfaat kesehatan pada manusia. Penelitian translasional yang mengintegrasikan aspek-aspek tersebut sangat diperlukan untuk mendorong hilirisasi minuman sinbiotik berbasis buah lokal Indonesia menjadi produk pangan fungsional yang kompetitif secara industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, R. 2022. Karakteristik minuman fermentasi kedondong (*Spondias dulcis* L.) dengan penambahan *Lactobacillus plantarum*. Skripsi/Jurnal Teknologi Pangan.
- Amelia, F.Y., Warkoyo, H.A. Manshur, & A. Husna. 2022. Karakteristik organoleptik yogurt sinbiotik dengan penambahan inulin puree pisang barangan (*Musa acuminata* Colla). *Food Technology and Halal Science Journal*, 5(1): 32-44.
- Cele, N.P., Akinola, S.A., Manhivi, V.E., Shoko, T., Remize, F., & Sivakumar, D. 2022. Influence of lactic acid bacterium strains on changes in quality, functional compounds and volatile compounds of mango juice from different cultivars during fermentation. *Foods*, 11: 1230.
- Collado, M.C., I. Surono, J. Meriluoto, & S. Salminen. 2007. Indigenous *dahi* lactic acid bacteria: cell surface properties and interactions with pathogens. *Journal of Food Science*, 72(3): M89-M93.
- Doriya, K., Jose, N., Gowda, N.A.N., & Bhat, M.K. 2022. A systematic review on fruit-based fermented foods as an approach to improve dietary diversity. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(9): e16994.
- Erem, E., dkk. 2024. The role of fermentation with lactic acid bacteria in quality and health effects of plant-based dairy analogues. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(4): e13402.
- FAO/WHO. 2001. Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation.
- Kartikasari, S. & C. Nissa. 2014. Pengaruh penambahan inulin terhadap viabilitas BAL, viskositas, dan tingkat keasaman sinbiotik sari buah sirsak. *Journal of Nutrition College*.
- Kumalasari, R., dkk. 2013. Karakteristik yoghurt sinbiotik kelengkeng. *Jurnal Teknologi Pangan*.
- Kumar, M.K. & S. Morya. 2022. Probiotics: role of bioactives in foods and dietary supplements. *The Pharma Innovation Journal*, 11(7): 2592-2597.
- Kumar, V.B., S.V.N. Vijayendra, & O.V.S. Reddy. 2015. Trends in dairy and non-dairy probiotic products - a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10): 6112-6124.
- Kumoro, A.C., dkk. 2020. Indonesian traditional fruit-based food products: a review. *IOP Conference Series*.
- Kusharto, C.M. 2006. Serat makanan dan peranannya bagi kesehatan. *Jurnal Gizi dan Pangan*, 1(2): 45-54.
- Leivas, C.L., dkk. 2016. A pectin from starfruit (*Averrhoa carambola*). *Food Hydrocolloids*.
- Marius, F.K.E., Marie, K.P., Blandine, M., Laverdure, T.P., Daquain, F.T.U., & François, Z.N. 2023. Development of a non-dairy probiotic beverage based on sorrel and pineapple juices using *Lactocaseibacillus paracasei* 62L. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14: 100688.
- Meenu, M., Kaur, S., Kaur, M., Mradula, M., Khandare, K., Xu, B., & Pati, P.K. 2024. The golden era of fruit juices-based probiotic beverages: recent advancements and future possibilities. *Process Biochemistry*.

- Ngatini, E. Purwijantiningsih, & F.S. Pranata. 2018. Kualitas yogurt sinbiotik dengan kombinasi tepung kimpul dan sari buah naga. *Biota*, 3(1): 33-43.
- Ningrum, A. & M. Schreiner. 2017. Indonesian fruits: nutrient content and their potential health benefits. In: *Diet, Microbiome and Health*.
- Noviarini, F. & E. Sulaksono. 2014. Kandungan bioaktif buah salak. *Jurnal Farmasi*.
- Nur, F., M. Hatta, R. Natzir, & M.N. Djide. 2017. Isolation of lactic acid bacteria as a potential probiotic in dangke, a traditional food from Enrekang, Indonesia. *International Journal of Science: Basic and Applied Research*, 35(1): 19-27.
- Nuraida, L. 2015. A review: health-promoting lactic acid bacteria in traditional Indonesian fermented foods. *Food Science and Human Wellness*, 4: 47-55.
- Nuraini, dkk. 2018. Karakteristik minuman probiotik sari buah jambu biji. *Jurnal Teknologi Pangan*.
- Page, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., dkk. 2021. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372: n71.
- Pato, U. & I.S. Surono. 2013. Bile and acid tolerance of lactic acid bacteria isolated from tempoyak and their probiotic potential. *Journal of Agricultural Technology*, 9(7): 1849-1862.
- Prawitasari, dkk. 2020. Karakteristik minuman sinbiotik tamarillo dengan *Lactobacillus* sp. F213. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*.
- Puspitarini, O.R. & S. Susilowati. 2020. Aktivitas antioksidan, kadar protein dan gula reduksi yogurt susu kambing dengan penambahan sari apel manalagi (*Malus sylvestris*). *Jurnal Peternakan Indonesia*, 22(2): 236-241.
- Rahayu, E.S., I.H. Rusdan, A. Athenia, R.Z. Kamil, P.C. Pramesi, V. Marsono, T. Utami, & J. Widada. 2019. Safety assessment of indigenous probiotic strain *Lactobacillus plantarum* Dad-13 isolated from dadih using Sprague Dawley rats as a model. *American Journal of Pharmacology and Toxicology*.
- Setyawardani, T., W.P. Rahayu, R.R. Maheswari, & N.S. Palupi. 2014. Antimicrobial activity and adhesion ability of indigenous lactic acid bacteria isolated from goat's milk. *International Food Research Journal*, 21(3): 959-964.
- Shah Saud, Tang Xiaojuan, & Shah Fahad. 2024. The consequences of fermentation metabolism on the qualitative qualities and biological activity of fermented fruit and vegetable juices. *Food Chemistry: X*, 21: 101209.
- Sulistiani, Novarina, I., Inawati, A. Dinoto, H. Julistiono, R. Handayani, & S. Saputra. 2020. Assessment of potential probiotic lactic acid bacteria from tempe and tape. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 572: 012026.
- Sutedjo & C. Nissa. 2015. Karakteristik minuman sinbiotik belimbing. *Jurnal Gizi*.
- Swami, S.B., dkk. 2012. Jackfruit and its many functional components as related to human health: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.
- Tsania, I.L., I. Hidayati, & I.A. Jariyah. 2021. Uji prebiotik mangga manalagi (*Mangifera indica* L. var. manalagi) terhadap pertumbuhan *Lactobacillus plantarum* secara in vitro. *Jurnal AL-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 6(2).
- Utami, C.R. 2018. Karakteristik minuman sinbiotik salak. *Jurnal Teknologi Pangan*, 9(1): 1-9.
- Valero-Cases, E., dkk. 2023. Development of synbiotic vegan beverages: probiotic viability, physicochemical and sensory characterisation. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(5): 2325-2338.
- Wei, L., Van Beeck, W., Hanlon, M., DiCaprio, E., & Marco, M.L. 2025. Lacto-fermented fruits and vegetables: bioactive components and effects on human health. *Annual Review of Food Science and Technology*, 16: 289-314.

- Widyantara, I.W.A., K.A. Nocianitri, & N.M.I. Hapsari. 2020. Pengaruh lama fermentasi terhadap karakteristik minuman probiotik sari buah sirsak (*Annona muricata* Linn). *Jurnal Itepa*, 9(2): 151-160.
- Wongkaew, M., dkk. 2022. Pectic oligosaccharide from mango as dietary fibre. *Food Hydrocolloids*.
- Wulandari, E., H. Yurmiati, T. Subroto, & K. Suradji. 2019. Quality and probiotic lactic acid bacteria diversity of rabbit meat bekasam-fermented meat. *Food Science of Animal Resources*, 40(3): 362-376.
- Yulita, dkk. 2012. Prebiotic properties of non-soluble dietary fibre from banana var. agung and mas. *Jurnal Pangan*.
- Zulaikah, dkk. 2020. Faktor-faktor yang memengaruhi viskositas yoghurt. *Jurnal Teknologi Pangan*.
- Jika literatur bentuk buku sebaiknya buku primer (yang memuat hasil penelitian langsung, bukan hasil kompilasi penelitian orang lain); Buku-buku yang berisi konsep teori (sekunder) boleh dipakai sebagai acuan, tetapi usahakan maksimum hanya 20% saja.