

Identification and Evaluation of Lactic Acid Bacteria from Collagen Milk as Potential Probiotic Candidates

Elsa Mega Suryani^{1*}, Deni Harmoko¹, Namrotur Rosiah¹

¹Program Studi Mikrobiologi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo, Indonesia;

Article History

Received : October 31th, 2025

Revised : November 27th, 2025

Accepted : December 03th, 2025

*Corresponding Author: Elsa

Mega Suryani, Jurusan

Mikrobiologi, Fakultas Ilmu

Kesehatan, Universitas Maarif

Hasyim Latif, Sidoarjo, Indonesia

Email:

elsamega.syn@dosen.umaha.ac.id

Abstract: Collagen milk is a novel substrate that has rarely been investigated as a source of probiotic bacteria, despite its great potential as a functional food. This study aimed to isolate and characterize lactic acid bacteria (LAB) from collagen milk and to evaluate their tolerance to acidic conditions. The isolation and identification of LAB were conducted based on Gram staining, catalase testing, and cell morphology. Acid tolerance was assessed at pH 1, 2, and 3 to simulate gastric conditions. The results showed that a total of 21 LAB isolates were successfully obtained, most of which were rod-shaped and Gram-positive. Among these isolates, three superior strains SKF-174, SKF-106, and SKF-204 exhibited high tolerance to acidic environments, indicating their ability to survive under gastrointestinal conditions. These findings suggest that fermented collagen milk has the potential to serve as a promising source of probiotic lactic acid bacteria with strong acid resistance and desirable functional properties.

Keywords: Collagen hydrolysate, fermentation, functional food, microbiota.

Pendahuluan

Penurunan tingkat keamanan pangan secara global kini menjadi isu serius yang mendapat perhatian luas di seluruh dunia. Berdasarkan laporan *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC), diperkirakan terdapat sekitar 76 juta kasus penyakit yang disebabkan oleh pangan terkontaminasi setiap tahunnya di Amerika Serikat maupun negara lain. Penyakit bawaan makanan muncul akibat konsumsi bahan pangan yang mengandung zat berbahaya, baik berupa senyawa kimia seperti toksin, alergen, dan residu, maupun disebabkan oleh agen biologis seperti virus, bakteri, protozoa, serta parasit yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan (Olaimat *et al.*, 2024). Beberapa jenis mikroorganisme patogen yang umum menyebabkan penyakit tersebut antara lain *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella Typhi*, dan *Bacillus cereus* (Ravindra *et al.*, 2024). Kasus penyakit bawaan pangan lebih banyak terjadi di negara berkembang karena

perbedaan tingkat sanitasi serta penerapan standar keamanan pangan yang masih terbatas dibandingkan negara maju (Subedi *et al.*, 2025).

Selama ini, bahan tambahan kimia sering digunakan untuk menjaga kualitas dan memperpanjang umur simpan produk pangan. Namun, muncul kekhawatiran terhadap dampak penggunaan bahan kimia tersebut sehingga banyak penelitian beralih pada penggunaan bahan alami sebagai pengganti. Salah satu pendekatan yang kini banyak dikembangkan adalah pemanfaatan mikroorganisme fungsional seperti bakteri asam laktat (BAL) yang berperan sebagai pengawet alami atau *biopreservatif*. BAL dikenal mampu meningkatkan mutu organoleptik dan nilai gizi pangan, serta memiliki efek kesehatan melalui kemampuannya menghambat pertumbuhan mikroba patogen. Beberapa contoh BAL yang telah diidentifikasi antara lain *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus cremoris*, dan *Streptococcus lactis* yang berasal dari susu unta fermentasi, serta *Lactobacillus*

plantarum RYPR1 yang diisolasi dari minuman fermentasi tradisional India dan diketahui memiliki sifat probiotik. Selain itu, genus *Enterococcus* juga banyak dimanfaatkan sebagai kultur starter dalam proses fermentasi berbagai produk seperti daging, susu, dan sayuran (Han *et al.*, 2023).

Kemampuan BAL dalam menekan pertumbuhan bakteri patogen terutama disebabkan oleh kemampuannya menghasilkan senyawa antimikroba alami yang disebut bakteriosin. Bakteriosin merupakan peptida antimikroba berukuran kecil yang dihasilkan melalui proses sintesis ribosomal dan bersifat amfifilik. Peptida ini bekerja dengan berinteraksi pada permukaan sel target sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikroba (Obafemi *et al.*, 2025). Keunggulan bakteriosin adalah sifatnya yang aman, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, mudah terurai oleh enzim proteolitik, memiliki toksisitas rendah, serta stabil pada berbagai kondisi pH dan suhu. [Click or tap here to enter text.](#) Karena karakteristik tersebut, bakteriosin berpotensi besar dikembangkan sebagai komponen pangan fungsional seperti probiotik, kultur starter, maupun pengawet alami (Liang *et al.*, 2025).

Bakteri asam laktat dapat ditemukan di berbagai sumber alami seperti buah-buahan (Sharma & Lee, 2025), tanaman (Saguibo *et al.*, 2019), susu (Saguibo *et al.*, 2019), keju (Psomas *et al.*, 2023), serta nira siwalan (Anggraeni *et al.*, 2025). Susu merupakan media yang ideal untuk pertumbuhan bakteri probiotik karena mengandung protein, serat, dan laktotransferin yang memiliki aktivitas antijamur serta antikanker. Selain itu, susu yang diperkaya dengan kolagen dan probiotik dapat memberikan manfaat tambahan bagi kesehatan kulit, sistem pencernaan, dan daya tahan tubuh. Kolagen dalam susu umumnya berasal dari sumber hewani seperti ikan, sapi, atau ayam dan mengandung peptida, yaitu rantai pendek asam amino yang penting dalam pembentukan protein tubuh.

Fermentasi susu dengan menggunakan probiotik terbukti mampu meningkatkan kesehatan saluran pencernaan dan berpotensi memperbaiki fungsi kognitif. Produk susu fermentasi memiliki masa simpan lebih lama dibandingkan susu segar karena aktivitas BAL

yang mampu menekan pertumbuhan bakteri patogen, meningkatkan jumlah BAL, serta menghasilkan asam laktat bersama senyawa lain yang memberikan rasa, aroma, dan tekstur khas (Rachwal & Gustaw, 2024). Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi jenis-jenis bakteri asam laktat yang terdapat dalam susu kolagen fermentasi serta mengevaluasi karakteristik isolat BAL unggul yang berpotensi digunakan sebagai kandidat probiotik.

Bahan dan Metode

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo, Jawa Timur.

Isolasi Bakteri Asam Laktat

Sampel yang digunakan berupa susu kolagen terfermentasi guna mendukung pertumbuhan bakteri asam laktat (BAL). Media selektif MRS agar (de Man, Rogosa, and Sharpe) yang mengandung 1% CaCO_3 digunakan untuk melakukan isolasi BAL. Inkubasi dilakukan pada kondisi aerobik dengan suhu 37°C selama 48 jam. Koloni yang menampakkan zona bening di sekeliling pertumbuhannya diidentifikasi sebagai bakteri asam laktat.

Karakterisasi mikroskopis

Pewarnaan gram bakteri, pada sediaan bakteri ditambahkan kristal violet dan dibiarkan selama satu menit, kemudian dicuci dengan akuades sebelum ditambahkan larutan iodine selama satu menit. Selanjutnya dilakukan proses dekolorisasi menggunakan etanol 70% sampai warnanya memudar, lalu dibilas kembali dengan air dan diberi pewarna safranin. Setelah kering, preparat diamati di bawah mikroskop dengan pembesaran $100\times$ untuk mengetahui reaksi Gram dari isolat. (Mekala *et al.*, 2023).

Pewarnaan endospora dilakukan untuk mendeteksi pembentukan endospora pada isolat. Tahapan dilakukan dengan meneteskan larutan malachite green pada sediaan yang telah difiksasi panas, kemudian dipanaskan perlahan selama 2–3 menit dan dibilas dengan air suling sebelum dilakukan pengamatan mikroskopis (Oktari *et al.*, 2017).

Uji katalase dilakukan dengan menempatkan satu koloni bakteri segar pada kaca objek menggunakan ose steril, kemudian ditetesi dengan satu hingga dua tetes larutan H₂O₂ 3%. Terbentuknya gelembung atau buih pada permukaan koloni menunjukkan hasil positif, yang menandakan adanya aktivitas enzim katalase, sedangkan tidak adanya gelembung

menunjukkan hasil negatif. Bakteri asam laktat sebagian besar tidak memproduksi enzim katalase sehingga menunjukkan sifat katalase negatif, meskipun pada beberapa spesies dapat terjadi reaksi lemah akibat aktivitas enzim peroksidase. (Mekala *et al.*, 2023).

Tabel 1. Karakterisasi sel bakteri asam laktat

No.	Isolat BAL	Pewarnaan Gram	Spora	Bentuk Sel	Katalase
1	SKF-174	positif	non spora	basil pendek berantai	negatif
2	SKF-106	positif	non spora	kokus	negatif
3	SKF-204	positif	non spora	basil tunggal	negatif
4	SKF-105	positif	non spora	basil pendek tunggal	negatif
5	SKF-106	positif	non spora	basil	negatif
6	SKF-164	positif	non spora	basil	negatif
7	SKF-385	positif	non spora	basil	negatif
8	SKF-315	positif	non spora	basil	negatif
9	SKF-336	positif	non spora	basil	negatif
10	SKF-226	positif	non spora	basil	negatif
11	SKF-215	positif	non spora	basil	negatif
12	SKF-214	positif	non spora	basil	negatif
13	SKF-315	positif	non spora	basil	negatif
14	SKF-326	positif	non spora	basil	negatif
15	SKF-324	positif	non spora	basil	negatif

Uji Ketahanan terhadap asam

Uji ketahanan asam dilakukan untuk mengetahui kemampuan BAL bertahan pada kondisi asam ekstrem dengan pH 1, 2, dan 3 yang merepresentasikan kondisi di saluran cerna manusia. Setiap isolat dimasukkan sebanyak 1 mL ke dalam 9 mL media MRS broth, lalu diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Setelah inkubasi, konsentrasi sel ditentukan menggunakan hemocytometer (Mulaw *et al.*, 2019).

Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil isolasi, karakterisasi morfologi, uji pewarnaan Gram, uji katalase, serta uji ketahanan terhadap asam dianalisis menggunakan spss dHasil pengamatan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk menggambarkan karakteristik setiap isolat. Data ketahanan asam dibandingkan antar isolat berdasarkan jumlah sel setelah perlakuan pada berbagai tingkat pH (1, 2, dan 3). Isolat yang menunjukkan pertumbuhan dan viabilitas tertinggi pada kondisi asam dianggap memiliki potensi terbaik sebagai kandidat probiotik.

Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi mikroskopis

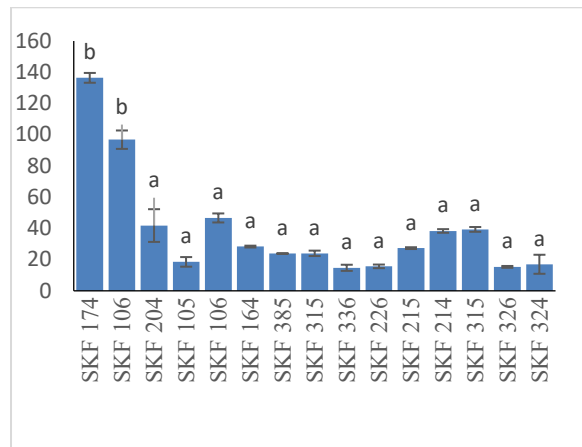
Koloni BAL hasil isolasi diperoleh sebanyak 21 isolat. Isolat-isolat tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Karakterisasi sel dari isolat tersebut adalah Gram positif dan katalase negatif. Sel bakteri asam laktat yang berbentuk kokus sebanyak satu isolat dengan ukuran dan basil sebanyak 14 isolat.

Ketahanan terhadap asam

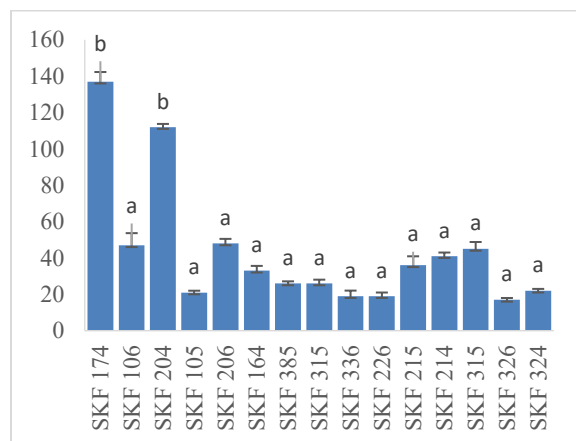
Hasil uji toleransi terhadap pH 1 dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat beda nyata yang signifikan ($p < 0,05$) total cell count yaitu SKF 174 dan SKF 106 memiliki kemampuan tinggi terhadap pH 1. Beberapa isolat BAL juga tetap bertahan hidup seperti SKF 204, SKF 106, SKF 164, SKF, 385, SKF, 315, SKF 336, SKF 226, SKF 215, SKF 214, SKF 315, SKF 326 dan SKF 324.

Hasil uji toleransi BAL terhadap pH 2 pada Gambar 3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat beda nyata yang signifikan ($p < 0,05$) total cell count yaitu isolat SKF 174 dan SKF 204 memiliki kemampuan tinggi terhadap pH 2. Beberapa isolat BAL juga tetap bertahan hidup

seperti SKF 106, SKF 164, SKF, 385, SKF, 315, SKF 336, SKF 226, SKF 215, SKF 214, SKF 315, SKF 326 dan SKF 324.

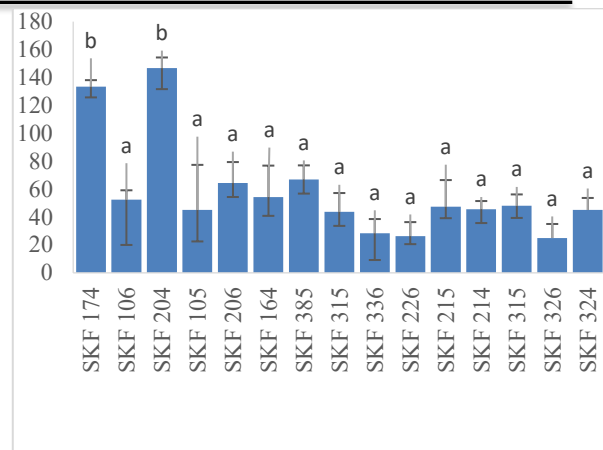


Gambar 2. Toleransi Bakteri Asam Laktat terhadap pH 1



Gambar 3. Toleransi Bakteri Asam Laktat terhadap pH 2

Hasil uji toleransi terhadap pH 3 pada Gambar 4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat beda nyata yang signifikan ($p < 0,05$) total cell count yaitu isolat SKF 174 dan SKF 204 memiliki kemampuan tinggi terhadap pH 3. Beberapa isolat BAL juga tetap bertahan hidup seperti SKF 106, SKF 164, SKF, 385, SKF, 315, SKF 336, SKF 226, SKF 215, SKF 214, SKF 315, SKF 326 dan SKF 324.



Gambar 4. Toleransi Bakteri Asam Laktat terhadap pH 3

Pembahasan

Karakterisasi mikroskopis

Secara umum, bakteri asam laktat memiliki ciri Gram positif dan bersifat katalase negatif. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa 9 isolat BAL hasil isolasi dari susu sapi menunjukkan karakteristik Gram positif, berbentuk basil atau kokus, tidak berspora, tidak motil, serta katalase negatif (Kouadri Boudjelthia *et al.*, 2023). Bakteri asam laktat tidak menghasilkan katalase tetapi mampu memfermentasi berbagai jenis karbohidrat menjadi asam organik seperti laktat dan asetat (Feyissa *et al.*, 2023).

Produk susu fermentasi diakui di banyak wilayah di dunia karena khasiat kesehatannya. Dibandingkan dengan susu segar yang tidak difermentasi, ini ditandai dengan penyerapan protein dan lemak yang lebih besar dan kandungan banyak vitamin yang lebih tinggi. Produk susu kolagen mengandung vitamin A sebesar 15%. Susu kolagen terfermentasi menyediakan tambahan kolagen yang lebih mudah diserap tubuh, peningkatan protein, stabilitas mikrobiologis, dan aktivitas antioksidan serta tidak mengorbankan kualitas sensori produk. Susu kolagen merupakan jenis susu yang ditambahkan kolagen hidrolisat, yaitu kolagen yang telah terdegradasi menjadi peptida bioaktif berukuran kecil agar lebih mudah diabsorpsi oleh tubuh.

Produk ini umumnya tetap mempertahankan kandungan gizi dasar dari susu, seperti protein, kalsium, fosfor, vitamin B kompleks, serta lemak sehat, namun memperoleh

tambahan manfaat dari kolagen yang berperan dalam mendukung kesehatan kulit, sendi, dan tulang (León-López *et al.*, 2020; Znamirowska *et al.*, 2020). Penelitian menunjukkan bahwa penambahan kolagen dalam susu meningkatkan kandungan protein total, bioavailabilitas asam amino tertentu (seperti glisin, prolin, dan hidroksiprolin), serta dapat berkontribusi pada efek antioksidan dan perbaikan jaringan ikat (Al Hajj *et al.*, 2024). Dengan demikian, susu kolagen dapat diposisikan sebagai pangan fungsional yang tidak hanya berperan sebagai sumber nutrisi dasar, tetapi juga memberikan manfaat kesehatan tambahan.

Populasi bakteri Gram positif yang bersifat menguntungkan, terutama bakteri asam laktat (BAL), pada susu kolagen terfermentasi cenderung lebih dominan dibandingkan dengan bakteri Gram positif yang berperan dalam kerusakan susu. Dominasi BAL tersebut berkontribusi terhadap stabilitas mikrobiologis, peningkatan keamanan pangan, serta pengembangan karakteristik sensori yang khas pada produk susu kolagen (Lima *et al.*, 2025). Pembusukan oleh bakteri Gram positif disebabkan adanya aktivitas proteolitik pada suhu mesofilik. Susu segar maupun susu kolagen, bakteri Gram positif tertentu yang bersifat proteolitik (misalnya *Bacillus*, *Clostridium*, atau beberapa *Staphylococcus*) dapat menyebabkan pembusukan, tetapi dominasi BAL dalam fermentasi biasanya mampu menekan bakteri pembusuk tersebut melalui pengasaman dan produksi metabolit antimikroba (Lys, 2025). Bakteri asam laktat genus *Lactobacillus* adalah spesies dominan dalam susu kuda dan susu kambing, sedangkan dalam susu sapi spesies dominan adalah *Lactobacillus* dan *Pediococcus* (Taye *et al.*, 2021; Abalo & Angelo, 2024; Luo *et al.*, 2024). Penelitian tentang isolasi BAL asal susu kolagen masih sangat jarang dilakukan. Beberapa penelitian lain mengisolasi BAL dari susu kambing, [Click or tap here to enter text.](#) susu sapi (Asha *et al.*, 2024), susu domba (Anagnostopoulos *et al.*, 2018), susu kuda (Chakraborty *et al.*, 2025), dan susu unta (Nawaz *et al.*, 2017).

Ketahanan terhadap asam

Toleransi terhadap kondisi gastrointestinal atau lambung (pH rendah) adalah salah satu

syarat probiotik. Agar probiotik seperti Bakteri Asam Laktat (BAL) efektif bagi manusia, mikroba tersebut harus mampu melewati lingkungan lambung yang sangat asam. Literatur menunjukkan bahwa pH lambung berkisar antara 1 hingga 3, sehingga penelitian ini menguji toleransi BAL pada pH tersebut. Pengujian ini bertujuan memastikan bahwa BAL tetap hidup melewati lambung sehingga dapat sampai ke usus dan memberikan manfaat kesehatan (Dikbaş *et al.*, 2025; Yumnam *et al.*, 2025).

Selain sifat antimikroba, isolat SKF-174, SKF-106, dan SKF-204 juga memiliki ketahanan terhadap kondisi gastrointestinal, yaitu pH lambung (pH 1–3). Hubungan kemampuan BAL tahan pH 1-3 dengan potensi probiotik yaitu berkaitan dengan kondisi lambung. Lingkungan lambung manusia sangat asam, biasanya berkisar pH 1–3 karena adanya sekresi asam klorida (HCl). BAL yang mampu bertahan pada pH 1–3 berarti dapat melewati barrier alami lambung tanpa mengalami kerusakan fatal. Salah satu kriteria probiotik menurut FAO/WHO adalah mampu bertahan hidup dalam kondisi gastrointestinal. Isolat yang tidak tahan pH asam akan mati sebelum sampai ke usus, sehingga tidak memberi manfaat fisiologis. Jika BAL tahan pH 1–3, ada peluang lebih tinggi bagi sel untuk melanjutkan perjalanan ke usus halus (pH 6–7,5). Di usus inilah probiotik dapat menempel, berkolonisasi, dan berperan sebagai barrier terhadap patogen serta memproduksi metabolit bermanfaat.

Mekanisme proteksi sel BAL yaitu BAL yang mampu bertahan dalam kondisi asam umumnya menunjukkan adaptasi fisiologis tertentu, seperti melepaskan proton atau asam laktat untuk menyeimbangkan gradien pH, memperkuat membran sel agar tidak rusak oleh ion H⁺ yang berlebihan, dan mengaktifkan sistem enzim protektif, misalnya ATPase proton. Mekanisme ini tidak hanya memungkinkan BAL bertahan hidup di lingkungan lambung, tetapi juga menunjukkan kemampuan isolat untuk menghadapi stres lingkungan secara umum. Isolat BAL yang toleran terhadap pH 1–3 memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai probiotik dalam pangan fungsional, suplemen, maupun sebagai agen bioreserve, karena saat dikonsumsi, mikroba tetap hidup, aktif, dan mampu memberikan efek kesehatan yang diinginkan (Ospanov *et al.*, 2023; Sekiya *et*

al., 2023).

Penelitian sebelumnya menemukan bahwa BAL yang bertahan hidup pada pH 1 berasal dari genus *Bifidobacterium* dan *Lactobacillus* (Cizeikiene & Jagelaviciute, 2021; Sionek *et al.*, 2024). Sedangkan beberapa BAL lainnya seperti *Pediococcus pentosaceus*, *Pediococcus pentosaceus* dan *Enterococcus faecium* juga mampu bertahan pada konsentrasi pH rendah. Perbedaan tingkat toleransi terhadap kondisi asam sangat bergantung pada strain BAL yang digunakan, di mana beberapa strain menunjukkan konsistensi dalam mempertahankan viabilitas pada pH rendah (Amenu & Bacha, 2023).

Bakteri asam laktat (BAL) menunjukkan kemampuan bertahan hidup yang berbeda-beda pada kondisi pH lambung buatan. Secara umum, pH 1 dianggap sebagai kondisi yang sangat ekstrem, sehingga sebagian besar strain BAL mengalami penurunan viabilitas drastis atau bahkan tidak mampu bertahan lebih dari 1–2 jam. Hanya strain tertentu yang memiliki mekanisme proteksi membran dan sistem pompa proton (ATPase) yang masih menunjukkan *survival rate* rendah pada pH ini (Coulibaly *et al.*, 2023). pH 2, lebih banyak strain BAL yang mampu bertahan, meskipun viabilitas tetap menurun signifikan dibandingkan kondisi netral. *Survival rate* berkisar antara 30–70% tergantung strain, waktu paparan, dan keberadaan enzim pencernaan (misalnya pepsin). Kondisi ini merepresentasikan tantangan nyata yang dialami probiotik saat melewati lambung manusia (Mulaw *et al.*, 2019).

Sementara pada pH 3, sebagian besar strain BAL masih dapat bertahan hidup dengan viabilitas relatif tinggi. Beberapa strain, seperti *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus salivarius*, bahkan dapat mempertahankan *survival rate* >90% setelah inkubasi 2–3 jam. Oleh karena itu, pH 3 sering digunakan sebagai indikator seleksi awal strain kandidat probiotik karena mendekati kondisi fisiologis lambung setelah makanan masuk (Madana & Sathiavelu, 2024).

Isolasi dan karakterisasi BAL dari susu kolagen merupakan kajian yang masih sangat jarang dilakukan, mengingat sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak berfokus pada susu sapi (Yang *et al.*, 2021), susu kambing (Samuel *et al.*, 2023), susu kuda (Kossaliyeva *et*

al., 2025), dan susu unta (Mahala *et al.*, 2022). Hingga saat ini, laporan ilmiah mengenai BAL dari susu kolagen masih terbatas, padahal susu kolagen memiliki keunggulan sebagai pangan fungsional dengan kandungan kolagen hidrolisat yang dapat meningkatkan bioavailabilitas protein, aktivitas antioksidan, serta memberikan manfaat tambahan bagi kesehatan kulit, tulang, dan sendi (León-López *et al.*, 2020; Al Hajj *et al.*, 2024). Kebaruan penelitian ini juga terletak pada penggunaan susu kolagen terfermentasi yang sudah diperkaya oleh BAL aktif akibat aktivitas starter kultur atau fermentasi spontan.

Susu kolagen nonfermentasi dan terfermentasi menunjukkan perbedaan signifikan dalam hal keberadaan bakteri asam laktat (BAL) serta profil metabolit yang dihasilkan. Pada susu kolagen nonfermentasi, BAL yang ditemukan biasanya merupakan flora asli yang masih terbatas jumlahnya, namun berpotensi memiliki sifat fisiologis yang unik karena belum mengalami seleksi akibat tekanan fermentasi. Isolat dari substrat ini sering menunjukkan ketahanan yang lebih tinggi terhadap stres lingkungan, misalnya pH rendah atau kondisi osmotik, sehingga menjadikannya kandidat menarik untuk eksplorasi probiotik baru.

Sebaliknya, susu kolagen terfermentasi telah diperkaya oleh BAL aktif melalui starter kultur atau fermentasi spontan (Ağagündüz *et al.*, 2021), sehingga populasi BAL lebih dominan dan aktif menghasilkan metabolit utama seperti asam laktat, asam organik lainnya, hidrogen peroksida, serta bakteriosin (Anumudu *et al.*, 2024). Metabolit-metabolit ini tidak hanya berperan dalam pengawetan alami dan penghambatan mikroba patogen, tetapi juga meningkatkan potensi fungsional produk fermentasi sebagai pangan probiotik dan biopreservatif (Khalil *et al.*, 2021). Oleh karena itu, susu terfermentasi lebih ideal untuk mengevaluasi aktivitas probiotik dan bioaktivitas metabolit yang telah teruji secara fungsional.

Selain itu, penelitian ini berbeda dengan penelitian terdahulu karena tidak hanya mengidentifikasi dan mengkarakterisasi BAL secara morfologi dan sifat fisiologis (Gram positif, katalase negatif, non spora), tetapi mengevaluasi toleransi terhadap pH lambung rendah (pH 1–3) sebagai indikator potensi probiotik. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi baru dalam

pengembangan pangan fungsional berbasis susu kolagen dengan isolat BAL yang memiliki toleransi asam lambung tinggi, sehingga berpotensi besar dikembangkan sebagai kandidat probiotik. (Zaky *et al.*, 2022).

Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan bahwa susu kolagen berpotensi sebagai sumber baru bakteri asam laktat (BAL) probiotik. Dari 21 isolat yang diperoleh, tiga isolat unggul, yaitu SKF-174, SKF-106, dan SKF-204, menunjukkan ketahanan tinggi terhadap kondisi asam. Kesimpulan utama dari penelitian ini adalah bahwa susu kolagen dapat digunakan sebagai bahan dasar alternatif dalam pengembangan produk probiotik. Temuan ini memberikan kontribusi penting bagi komunitas ilmiah dalam memperluas sumber mikroba probiotik, sekaligus memiliki implikasi ekonomi yang potensial melalui pemanfaatan susu kolagen sebagai bahan pangan fungsional bernilai tambah.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikri Saintek) atas dukungan pendanaan melalui Program Penelitian Dosen Pemula (PDP) BIMA.

Referensi

- Ağagündüz, D., Yılmaz, B., Şahin, T. Ö., Güneşliol, B. E., Ayten, Ş., Russo, P., Spano, G., Rocha, J. M., Bartkiene, E., & Özogul, F. (2021). Dairy lactic acid bacteria and their potential function in dietetics: The food–gut–health axis. *Foods*, 10 (12), 1–33. <https://doi.org/10.3390/foods10123099>
- Al Hajj, W., Salla, M., Krayem, M., Khaled, S., Hassan, H. F., & El Khatib, S. (2024). Hydrolyzed collagen: Exploring its applications in the food and beverage industries and assessing its impact on human health – A comprehensive review. *Heliyon*, 10(16). <https://doi.org/10.1016/J.HELİYON.2024.E36433>
- Amenu, D., & Bacha, K. (2023). Probiotic potential and safety analysis of lactic acid bacteria isolated from Ethiopian traditional fermented foods and beverages. *Annals of Microbiology*, 73(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/S13213-023-01740-9/TABLES/6>
- Anagnostopoulos, D., Bozoudi, D., & Tsaltas, D. (2018). Enterococci isolated from cypriot green table olives as a new source of technological and probiotic properties. *Fermentation*, 4(2), 48. <https://doi.org/10.3390/fermentation4020048>
- Anggraeni, C. D. W., Sri Winarti, & Luqman Agung Wicaksono. (2025). Development Probiotic Drink of Siwalan Sap Ready to Drink Using *Lactobacillus acidophilus* FNCC0051, *Lactobacillus plantarum* FNCC0027, and *Bifidobacterium breve* BRL131. *AJARCDE (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment)*, 9(2), 221–226. <https://doi.org/10.29165/AJARCDE.V9I2.685>
- Anumudu, C. K., Miri, T., & Onyeaka, H. (2024). Multifunctional Applications of Lactic Acid Bacteria: Enhancing Safety, Quality, and Nutritional Value in Foods and Fermented Beverages. *Foods*, 13(23), 3714. <https://doi.org/10.3390/FOODS13233714>
- Asha, M. N., Chowdhury, M. S. R., Hossain, H., Rahman, M. A., Emon, A. Al, Tanni, F. Y., Islam, M. R., Hossain, M. M., & Rahman, M. M. (2024). Antibacterial potential of lactic acid bacteria isolated from raw cow milk in Sylhet district, Bangladesh: A molecular approach. *Veterinary Medicine and Science*, 10(3), e1463. <https://doi.org/10.1002/VMS3.1463>
- Chakraborty, A., Dutta, P., Amrit, R., Dey, P., & Osborne, W. J. (2025). Antagonistic activity of butanamine 2,2-dinitro-N-methyl- synthesized by endosymbiotic *Bacillus amyloliquefaciens* VITAPRJS1 acquired from horse milk. *International Microbiology*, 1–19. <https://doi.org/10.1007/S10123-025-00640-Z/METRICS>

- Cizeikiene, D., & Jagelaviciute, J. (2021). Investigation of Antibacterial Activity and Probiotic Properties of Strains Belonging to Lactobacillus and Bifidobacterium Genera for Their Potential Application in Functional Food and Feed Products. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 13(5), 1387–1403. <https://doi.org/10.1007/S12602-021-09777-5/METRICS>
- Coulibaly, W. H., Kouadio, N. R., Camara, F., Diguřa, C., & Matei, F. (2023). Functional properties of lactic acid bacteria isolated from Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Ivory Coast. *BMC Microbiology*, 23(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/S12866-023-02899-6/FIGURES/6>
- Dikbař, N., Orman, Y. C., Uçar, S., & Alım, ř. (2025). Investigation of Probiotic Properties of Lacticaseibacillus casei 4 N-6 Strain Isolated From Cow Milk. *Food Science & Nutrition*, 13(4), e70205. <https://doi.org/10.1002/FSN3.70205>
- Han, K., Park, S., Sathiyaseelan, A., & Wang, M. H. (2023). Isolation and Characterization of Enterococcus faecium from Fermented Korean Soybean Paste with Antibacterial Effects. *Fermentation*, 9(8), 760. <https://doi.org/10.3390/FERMENTATION9080760/S1>
- Khalil, N., Dabour, N., M, E.-Z., & Kheadr, ehab. (2021). Food Bio-Preservation: An Overview with Particular Attention to Lactobacillus plantarum. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, 18(1), 33–50. <https://doi.org/10.21608/ajfs.2021.187135>
- Kossaliyeva, G., Rysbekuly, K., Zhaparkulova, K., Kozykan, S., Li, J., Serikbayeva, A., Shynykul, Z., Zhaparkulova, M., & Yessimsiitova, Z. (2025). Chemical composition, physical properties, and immunomodulating study of mare’s milk of the Adaev horse breed from Kazakhstan. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1443031. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2025.1443031/BIBTEX>
- Kouadri Boudjelthia, N., Belabbas, M., Bekenniche, N., Monnoye, M., Gérard, P., & Riazi, A. (2023). Probiotic Properties of Lactic Acid Bacteria Newly Isolated from Algerian Raw Cow’s Milk. *Microorganisms*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/microorganisms11082091>
- León-López, A., Pérez-Marroquín, X. A., Campos-Lozada, G., Campos-Montiel, R. G., & Aguirre-Álvarez, G. (2020). Characterization of Whey-Based Fermented Beverages Supplemented with Hydrolyzed Collagen: Antioxidant Activity and Bioavailability. *Foods* 2020, Vol. 9, Page 1106, 9(8), 1106. <https://doi.org/10.3390/FOODS9081106>
- Liang, Q., Zhou, W., Peng, S., Liang, Z., Liu, Z., Zhu, C., & Mou, H. (2025). Current status and potential of bacteriocin-producing lactic acid bacteria applied in the food industry. *Current Research in Food Science*, 10, 100997. <https://doi.org/10.1016/J.CRFS.2025.100997>
- Lima, E. M. F., Soutelino, M. E. M., Silva, A. C. de O., Pinto, U. M., Todorov, S. D., & Rocha, R. da S. (2025). Current Updates on Limosilactobacillus reuteri: Brief History, Health Benefits, Antimicrobial Properties, and Challenging Applications in Dairy Products. *Dairy* 2025, Vol. 6, Page 11, 6(2), 11. <https://doi.org/10.3390/DAIRY6020011>
- Lys, I. M. (2025). The Role of Lactic Fermentation in Ensuring the Safety and Extending the Shelf Life of African Indigenous Vegetables and Its Economic Potential. *Applied Research*, 4(1), e202400131. <https://doi.org/10.1002/APPL.202400131>
- Madana, S. T., & Sathiavelu, M. (2024). Probiotic evaluation, adherence capability and safety assessment of Lactococcus lactis strain isolated from an important herb “Murraya koenigii.” *Scientific Reports* 2024 14:1, 14(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66597-7>
- Mahala, N., Mittal, A., Lal, M., & Dubey, U. S. (2022). Isolation and characterization of bioactive lactoferrin from camel milk by novel pH-dependent method for large scale production. *Biotechnology Reports*, 36, e00765. <https://doi.org/10.1016/J.BTRE.2022.E00765>

- Mekala, P. N., Mohammad, R., & Ansari, H. (2023). *Biotechnological potential of lactic acid bacteria derived bacteriocins in sustainable food preservation*.
- Mulaw, G., Sisay Tessema, T., Muleta, D., & Tesfaye, A. (2019). In Vitro Evaluation of Probiotic Properties of Lactic Acid Bacteria Isolated from Some Traditionally Fermented Ethiopian Food Products. *International Journal of Microbiology*, 2019, 7179514. <https://doi.org/10.1155/2019/7179514>
- Nawaz, A. S. N., Jagadeesh, K. S., & Krishnaraj, P. U. (2017). Isolation and Screening of Lactic Acid Bacteria for Acidic pH and Bile Tolerance. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(7), 3975–3980. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.607.411>
- Obafemi, Y. D., Obiukwu, A. C., & Oranusi, S. U. (2025). Revisiting the application, current trends, and prospect of bacteriocins in food preservation. *Discover Food*, 5(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/S44187-025-00472-W/METRICS>
- Oktari, A., Supriatin, Y., Kamal, M., & Syafrullah, H. (2017). The Bacterial Endospore Stain on Schaeffer Fulton using Variation of Methylene Blue Solution. *Journal of Physics: Conference Series*, 812(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/812/1/012066>
- Olaimat, A. N., Taybeh, A. O., Al-Nabulsi, A., Al-Holy, M., Hatmal, M. M., Alzyoud, J., Aolymat, I., Abughoush, M. H., Shahbaz, H., Alzyoud, A., Osaili, T., Ayyash, M., Coombs, K. M., & Holley, R. (2024). Common and Potential Emerging Foodborne Viruses: A Comprehensive Review. *Life* 2024, Vol. 14, Page 190, 14(2), 190. <https://doi.org/10.3390/LIFE14020190>
- Ospanov, A., Velyamov, S., Tlevlessova, D., Schetinina, E., Kairbayeva, A., Makeeva, R., & Tastanova, R. (2023). Survival of lactic acid bacteria when using the developed yogurt from the milk of small cattle under in-vitro conditions. *Food Science and Technology (Brazil)*, 43. <https://doi.org/10.1590/fst.117722>
- Psomas, E., Sakaridis, I., Boukouvala, E., Karatzia, M. A., Ekateriniadou, L. V., & Samouris, G. (2023). Indigenous Lactic Acid Bacteria Isolated from Raw Graviera Cheese and Evaluation of Their Most Important Technological Properties. *Foods* 2023, Vol. 12, Page 370, 12(2), 370. <https://doi.org/10.3390/FOODS12020370>
- Rachwał, K., & Gustaw, K. (2024). Lactic Acid Bacteria in Sustainable Food Production. *Sustainability* 2024, Vol. 16, Page 3362, 16(8), 3362. <https://doi.org/10.3390/SU16083362>
- Ravindra B. Malabadi, Sadiya MR, Kiran P. Kolkar, & Raju K. Chalannavar. (2024). Pathogenic Escherichia coli (E. coli) food borne outbreak: Detection methods and controlling measures. *Magna Scientia Advanced Research and Reviews*, 10(1), 052–085. <https://doi.org/10.30574/MSARR.2024.10.1.0003>
- Saguibo, Maldia, M. A., Perez, S. T., Calapardo, M. T. M., & Elegado. (2019). *Identification and characterization of lactic acid bacteria isolated from some medicinal and/or edible Philippine plants*. 6(3), 698–712. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.3\(6\).148](https://doi.org/10.26656/fr.2017.3(6).148)
- Samuel, M., Sanwlan, R., Pathan, M., Anand, S., Johnston, E. L., Ang, C. S., Kaparakis-Liaskos, M., & Mathivanan, S. (2023). Isolation and Characterization of Cow-, Buffalo-, Sheep- and Goat-Milk-Derived Extracellular Vesicles. *Cells*, 12(20), 2491. <https://doi.org/10.3390/CELLS12202491/S1>
- Sekiya, M., Ikeda, K., Yonai, A., Ishikawa, T., Shimoyama, Y., Kodama, Y., Sasaki, M., & Nakanishi-Matsui, M. (2023). F-type proton-pumping ATPase mediates acid tolerance in Streptococcus mutans. *Journal of Applied Microbiology*, 134(4). <https://doi.org/10.1093/JAMBIO/LXAD073>
- Sharma, A., & Lee, H. J. (2025). Antimicrobial Activity of Probiotic Bacteria Isolated from Plants: A Review. *Foods (Basel, Switzerland)*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/FOODS14030495>
- Sionek, B., Szydłowska, A., Trzaskowska, M., & Kołożyn-Krajewska, D. (2024). The Impact of Physicochemical Conditions on Lactic

-
- Acid Bacteria Survival in Food Products. *Fermentation*, 10(6), 1–17. <https://doi.org/10.3390/fermentation10060298>
- Subedi, D., Paudel, M., Poudel, S., & Koirala, N. (2025). Food Safety in Developing Countries: Common Foodborne and Waterborne Illnesses, Regulations, Organizational Structure, and Challenges of Food Safety in the Context of Nepal. *Food Frontiers*, 6(1), 86–123. <https://doi.org/10.1002/FFT2.517>
- Taye, Y., Degu, T., Fesseha, H., & Mathewos, M. (2021). Isolation and Identification of Lactic Acid Bacteria from Cow Milk and Milk Products. *The Scientific World Journal*, 2021(1), 4697445. <https://doi.org/10.1155/2021/4697445>
- <https://doi.org/10.1111/TBED.13787>
- Yumnam, H., Nath, S., Chakraborty, P., & Sharma, I. (2025). Assessment of potential probiotic lactic acid bacteria in rice-based fermented products of Southern Assam, Northeast India. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1536593. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2025.1536593/BIBTEX>
- Zaky, A. A., Simal-Gandara, J., Eun, J. B., Shim, J. H., & Abd El-Aty, A. M. (2022). Bioactivities, Applications, Safety, and Health Benefits of Bioactive Peptides From Food and By-Products: A Review. *Frontiers in Nutrition*, 8, 815640. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2021.815640>
- Znamirska, A., Szajnar, K., & Pawlos, M. (2020). Probiotic Fermented Milk with Collagen. *Dairy 2020, Vol. 1, Pages 126-134*, 1(2), 126–134. <https://doi.org/10.3390/DAIRY1020008>