



ENUMERASI, ISOLASI, DAN KARAKTERISASI BAKTERI ASAM LAKTAT DARI PROSES FERMENTASI MAKANAN TRADISIONAL KABUTO

[Enumeration, Isolation, and Characterization of Lactic Acid Bacteria from the Fermentation Process of Traditional Food Kabuto]

Pono Suderajad¹, Andi Dahlan^{2*}, Willy Wijayanti², Baihaqi³, Muhammad Rahmad Ramadhan⁴,
Andi Marlina Nur¹

¹Program Studi Gizi, Institut Teknologi dan Kesehatan Avicenna, Kendari

²Program Studi D3 Teknologi Pangan, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang

³Program Studi Ilmu dan Teknologi pangan, Universitas Halu Oleo, Kendari

⁴ Prodi Teknologi Industri Pertanian, Universitas Insan Cita Indonesia, Jakarta

*Email: andi_dahlan@polsri.ac.id

Diterima tanggal 6 September 2025

Disetujui tanggal 8 September 2025

ABSTRACT

Kabuto is a traditional food produced through spontaneous cassava fermentation without starter culture addition. This study aimed to determine the lactic acid bacteria (LAB) population and to isolate and characterize LAB during kabuto fermentation. Enumeration of LAB was performed using pour-plate and spread-plate methods on de Man, Rogosa and Sharpe (MRS) agar, followed by incubation at 37 °C for 48 h. The colonies were examined for morphological characteristics, Gram staining, and catalase activity. The results revealed that the physical characteristics of cassava changed during fermentation, with the highest LAB count observed on day 2, reaching 4.9×10^5 CFU/g. Five LAB isolates were obtained from MRS medium, designated KB1.1, KB1.3, KB1.4, KB2.1, and KB3.1, which exhibited Gram-positive, catalase-negative, and rod- or coccus-shaped characteristics. These findings indicate that LAB isolates from kabuto fermentation display typical lactic acid bacteria characteristics.

Keywords: Kabuto, fermentation, lactic acid bacteria

ABSTRAK

Kabuto merupakan makanan tradisional hasil fermentasi spontan ubi kayu tanpa penambahan starter. Penelitian ini bertujuan menentukan jumlah bakteri asam laktat (BAL), melakukan isolasi, serta karakterisasi BAL dari proses fermentasi kabuto. Enumerasi BAL dilakukan dengan metode tuang dan metode sebar pada media de Man, Rogosa and Sharpe Agar (MRSA), kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 48 jam. Koloni yang tumbuh diamati morfologinya, diuji pewarnaan Gram, serta aktivitas katalase. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik fisik ubi kayu berubah sesuai lama fermentasi, dengan jumlah BAL tertinggi tercatat pada hari ke-2 sebesar $4,9 \times 10^5$ CFU/g. Proses isolasi BAL pada media MRSA menghasilkan lima isolat, yaitu KB1.1, KB1.3, KB1.4, KB2.1, dan KB3.1, yang memiliki ciri Gram positif, katalase negatif, serta berbentuk batang dan bulat. Hasil ini menegaskan bahwa isolat BAL dari fermentasi kabuto menunjukkan karakteristik khas bakteri asam laktat pada umumnya..

Kata kunci: Kabuto, Fermentasi, Bakteri Asam Laktat



PENDAHULUAN

Bakteri asam laktat (BAL) adalah kelompok bakteri Gram-positif, tidak membentuk spora, katalase-negatif yang menghasilkan asam laktat sebagai produk akhir utama dari fermentasi karbohidrat. BAL banyak ditemukan di berbagai makanan fermentasi dan saluran pencernaan manusia (Permatasari *et al.*, 2021). Genus utama BAL meliputi *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Streptococcus*, dan *Bifidobacterium* (Ramos *et al.*, 2020). BAL telah lama dikonsumsi oleh manusia dalam berbagai makanan fermentasi seperti produk susu, sayuran asin, dan ikan fermentasi. BAL memainkan peran penting dalam proses fermentasi dengan memproduksi asam laktat, yang menurunkan pH dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen dan pembusuk (Permatasari *et al.*, 2021).

Indonesia, dengan keberagaman budaya dan kulinernya, memiliki potensi besar untuk mengembangkan sumber probiotik alami melalui produk pangan fermentasi tradisional. Salah satu produk fermentasi tradisional yang menarik adalah kabuto, makanan hasil fermentasi spontan dari Muna, Sulawesi Tenggara. *Kabuto* merupakan makanan yang dihasilkan dari proses fermentasi spontan ubi kayu tanpa ada penambahan starter. Fermentasi adalah teknik pengolahan pangan yang sangat tua dan berperan penting dalam meningkatkan kandungan nutrisi serta mengurangi komponen anti-gizi pada bahan pangan, seperti ubi kayu (Magalhaes-Guedes *et al.*, 2017). Proses ini mengoptimalkan mikroorganisme alami yang ada, termasuk bakteri asam laktat (BAL), yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan asam laktat. Asam laktat ini tidak hanya menurunkan pH, tetapi juga menghambat pertumbuhan patogen, menjadikan BAL sebagai kandidat probiotik yang sangat potensial. Penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa mikroba memainkan peran kunci dalam fermentasi ubi kayu. Sebagai contoh, Elvira *et al.* (2016) melaporkan keterlibatan bakteri asam laktat Gram positif dalam fermentasi ubi kayu menjadi produk *wikau maombo* (Mustika *et al.*, 2019). Selain itu, penelitian oleh Meutia *et al.* (2013) juga mencatat pentingnya bakteri *Lactobacillus plantarum* dan *L. delbrueckii* dalam proses fermentasi menjadi tepung EMCF (Kurniawan *et al.*, 2021). Selain itu BAL juga berhasil diisolasi dari proses fermentasi singkong (*Lactiplantibacillus plantarum* dan *Limosilactobacillus fermentum*) yang juga dilaporkan memiliki potensi sebagai probiotik (Bamigbade *et al.*, 2023).

Karakterisasi BAL yang diisolasi dari makanan fermentasi tradisional umumnya meliputi identifikasi morfologi, biokimia, dan molekuler (Jeyagowri *et al.*, 2023; Dick *et al.*, 2024; Aryal *et al.*, 2024; Saryono *et al.*, 2023; Dey *et al.*, 2023). Ketersediaan isolat BAL yang diisolasi dari sumber dalam negeri masih sangat terbatas, sehingga diperlukan eksplorasi untuk meningkatkan keragaman isolat bakteri asam laktat. Berdasarkan hal tersebut diatas maka pada penelitian ini akan dilakukan penelitian mengenai enumerasi, isolasi, dan karakterisasi bakteri asam laktat dari proses fermentasi *kabuto*.



METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ubi kayu (singkong) yang diperoleh dari pasar Anduonohu, Kota Kendar, Sulawesi Tenggara, MRSA (Merck), MRSB (Merck), NaCl (Merck), aquadest (Teknis), alkohol (One-med), PBS (Oxoid), gliserol, H₂O₂, Kristal Violet (teknis), lugol (teknis), safranin (teknis), etanol 95% (one-med), minyak emersi (teknis), spiritus (teknis), dan manik-manik.

Tahapan Penelitian

Proses Fermentasi Kabuto

Proses fermentasi *kabuto* dimulai dengan Ubi kayu/singkong dikupas dan dicuci dengan menggunakan air mengalir sampai bersih lalu didiamkan selama 2 jam untuk menghilangkan air yang ada. Proses fermentasi *kabuto* berlangsung secara natural atau spontan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari langsung selama 3 hari dengan menggunakan jaring sebagai penutup untuk menghindari kotoran.

Enumerasi BAL

Enumerasi dan Isolasi BAL dari proses fermentasi *kabuto* dilakukan selama 4 hari yaitu pada hari ke-0, 1, 2, dan 3. Enumerasi dilakukan dengan mencampurkan 5 g kabuto ke dalam 45 mL pengencer NaCl 0,85% atau PBS steril. Sebanyak 1 mL sampel lalu dipupukkan ke dalam tabung reaksi ke tabung reaksi kedua dan dikocok sampai homogen sehingga didapatkan pengenceran 10⁻². Proses ini diulang sampai pada pengenceran 10⁻⁶. Pengenceran 10⁻⁴-10⁻⁶ kemudian diambil 1 mL lalu dipupukkan ke dalam cawan petri steril diikuti dengan penuangan media MRSA sebanyak 15 mL lalu digoyangkan pada bidang datar. Selanjutnya diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37°C (Dahlan *et al.*, 2024).

Isolasi BAL dari Proses Fermentasi Kabuto

Isolasi dilakukan setelah masa inkubasi dengan memilih koloni BAL yang dominan dan digoreskan pada media MRSA di dalam cawan petri. Penggoresan dilakukan dengan menggunakan metode penggoresan 4 kuadran untuk mendapatkan isolat BAL murni. Penggoresan diulang sampai ditemukan keseragaman bentuk sel yang diamati di bawah mikroskop. Isolat bakteri kemudian diawetkan dalam gliserol 20% dan disimpan pada suhu -18°C.

Pewarnaan Gram dan Uji Katalase

Pewarnaan Gram dilakukan dengan mengacu pada metode Tripathi *et al.* (2025) dan uji katalase dilakukan merujuk pada Coico (2005).

Analisis Data

Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan Microsoft excel. Selanjutnya, untuk mengetahui adanya perbedaan antara percobaan maka dilakukan uji beda yang dianalisis menggunakan uji one way Anova dilanjutkan

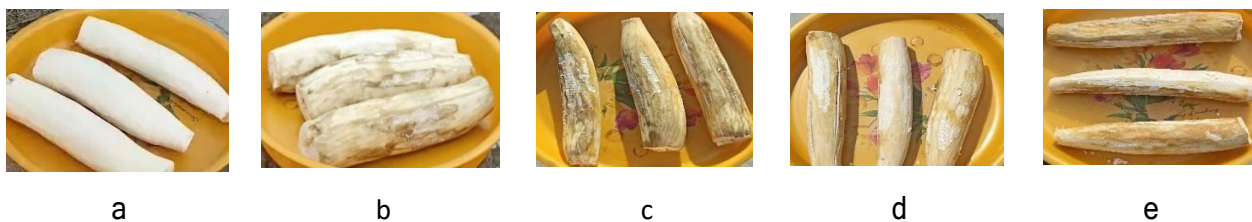


dengan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95% ($P < 0,05$) dengan menggunakan SAS 9.1.3 (SAS Institute Inc. Cary, NC 27513, USA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Sifat Fisik Kabuto Selama Fermentasi

Fermentasi kabuto dilakukan selama 4 hari dengan metode fermentasi natural tanpa penambahan starter. Kabuto dibuat dengan penjemuran di bawah matahari langsung selama beberapa hari. Perubahan kabuto selama fermentasi ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Perubahan kabuto selama fermentasi. a: hari ke-0, b: hari ke-1, c: hari ke-2, d: hari ke-3, dan e: hari ke-4

Gambar 1 menunjukkan bahwa selama proses fermentasi kabuto, ada dua faktor utama yang memengaruhi perubahan fisik bahan ini: pertumbuhan bakteri asam laktat (BAL) dan pengeringan dengan sinar matahari langsung. Pada hari pertama, ubi kayu masih dalam kondisi segar, keras, dan putih bersih, tanpa perubahan fisik yang signifikan. Begitu fermentasi dimulai, bakteri asam laktat mulai berkembang dan sedikit mempengaruhi bahan dengan menghasilkan asam laktat, yang menurunkan pH. Namun, perubahan fisik yang tampak lebih dipengaruhi oleh pengeringan di bawah sinar matahari, yang membuat permukaan kabuto mulai mengering dan mengeras. Pada hari kedua, pengaruh pengeringan semakin kuat. Kabuto mulai menguning, teksturnya menjadi lebih keras, dan permukaan bahan semakin mengering karena paparan sinar matahari langsung. Meskipun bakteri asam laktat masih aktif, perubahan fisik utama yang terjadi adalah pengeringan, yang secara bertahap membuat kabuto lebih rapuh dan keras.

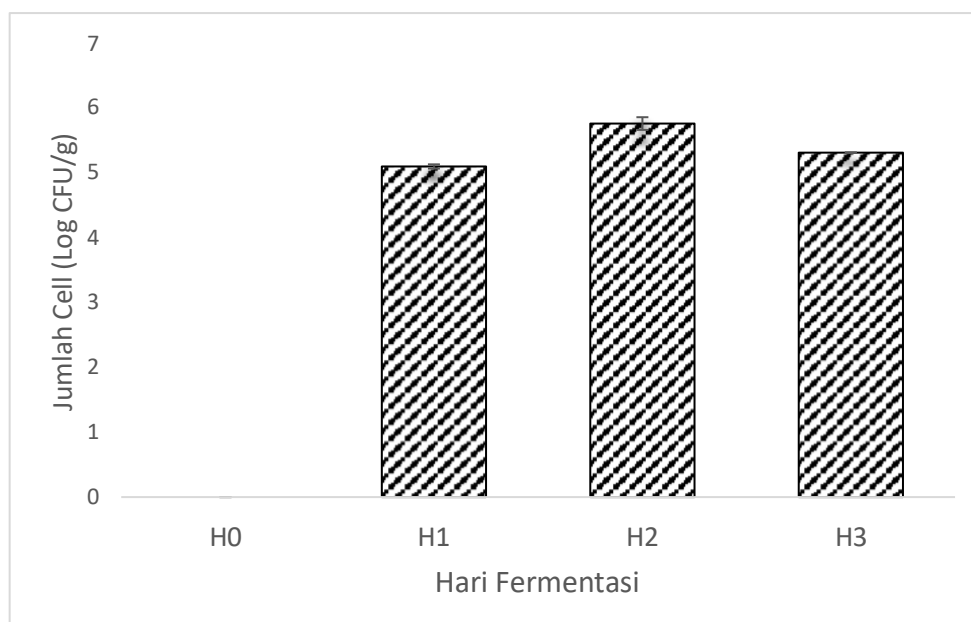
Memasuki hari ketiga, meskipun bakteri asam laktat masih ada, pertumbuhannya mulai menurun (Gambar 2). Aktivitas bakteri ini berkurang, yang mengurangi pengaruh fermentasi terhadap bahan. Warna kabuto menguning lebih dalam, dan teksturnya semakin keras dan rapuh akibat pengeringan yang berlanjut. Pengeringan kini menjadi faktor yang lebih dominan dalam mengubah fisik kabuto, sedangkan fermentasi mulai memiliki dampak yang lebih kecil terhadap perubahan tekstural. Pada hari keempat, kabuto menunjukkan hasil fermentasi dan pengeringan yang hampir selesai. Permukaan bahan sangat kering dan keras, dengan warna yang lebih gelap. Proses pengeringan yang intens telah mengurangi kelembapan kabuto secara maksimal, membuat bahan lebih



rapuh dan mudah pecah. Meskipun bakteri asam laktat memulai fermentasi, pada akhirnya, pengeringan di bawah sinar matahari langsung lebih berpengaruh pada perubahan fisik kabuto, menjadikannya lebih keras, kering, dan rapuh seiring berjalannya waktu. Pengeringan menyebabkan perubahan warna yang lebih signifikan, seperti pencokelatan, karena efek pada senyawa-senyawa yang sensitif terhadap panas (Ai *et al.*,2022; Zheng *et al.*,2023; Zhang *et al.*,2023; Shaukat *et al.*,2024).

Jumlah Total BAL Kabuto Selama Fermentasi

Enumerasi BAL dilakukan selama proses fermentasi kabuto yaitu pada hari ke-0 sampai ke-3. Jumlah total BAL kabuto selama fermentasi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil enumerasi BAL kabuto selama fermentasi

Hasil penelitian (Gambar 2) menunjukkan bahwa jumlah BAL selama proses fermentasi kabuto bervariasi tergantung harinya, dimana jumlah BAL tertinggi ada pada hari ke-2 dengan jumlah 5,75 log CFU/g ($4,9 \times 10^5$ CFU/g) dan terendah pada hari ke-0 dimana pada hari ini tidak ada pertumbuhan bakteri asam laktat. Pada Hari 0, nilai logaritma tercatat sebesar 0, yang mengindikasikan bahwa pada kondisi awal tersebut, bakteri asam laktat tidak terdeteksi atau jumlahnya sangat rendah. Hal ini mungkin disebabkan oleh periode inkubasi yang belum cukup lama atau tidak adanya inokulasi bakteri pada titik waktu tersebut. Selanjutnya, pada Hari 1, teramati peningkatan jumlah bakteri asam laktat yang signifikan, dengan nilai logaritma sebesar 5,09 FCU/g. Peningkatan ini menunjukkan bahwa bakteri mulai berkembang biak dengan pesat setelah kondisi awal, yang bisa disebabkan oleh faktor-faktor pendukung seperti ketersediaan nutrisi yang cukup dan suhu yang mendukung proliferasi bakteri. Pada Hari 2, jumlah bakteri asam laktat mencapai nilai logaritma tertinggi, yakni 5,75 CFU/g, yang menunjukkan fase



pertumbuhan eksponensial. Pada fase ini, bakteri asam laktat memanfaatkan sumber daya yang ada dengan maksimal, menghasilkan metabolit seperti asam laktat yang mendukung percepatan laju pertumbuhannya.

Namun, pada Hari ke tiga, terjadi penurunan jumlah bakteri asam laktat yang tercatat dengan nilai 5,30 CFU/g. Penurunan ini menunjukkan bahwa bakteri mulai memasuki fase stasioner, di mana laju pertumbuhan melambat akibat kehabisan sumber daya atau akumulasi produk sampingan seperti asam laktat yang dapat menghambat pertumbuhannya. Hal ini juga disebabkan oleh proses pengeringan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan BAL. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bakteri asam laktat mampu berkembang pesat pada kondisi yang mendukung, namun setelah mencapai titik tertentu, faktor pembatas seperti sumber daya dan produk metabolik mulai mempengaruhi laju pertumbuhannya. Secara keseluruhan, selama proses fermentasi singkong (ubi kayu), terjadi perubahan signifikan dalam pertumbuhan dan jumlah bakteri asam laktat yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu, kelembaban, aktivitas enzim, dan komposisi komunitas mikroba (Park *et al.*, 2023.)

Hasil Isolasi BAL dari Proses Fermentasi Kabuto

Dari proses fermentasi kabuto selama 4 hari diperoleh 5 isolat BAL yang diberi kode KB1.1, KB1.3, KB1.4, KB2.1, dan KB3.1. Proses ini ditunjukkan dengan pertumbuhan bakteri pada media MRS-A, yang merupakan media khusus untuk bakteri asam laktat (Nurlaela *et al.*, 2017). Penemuan ini juga didukung oleh penelitian Sari *et al.* (2016), yang menunjukkan bahwa bakteri asam laktat tumbuh dalam bentuk koloni pada media MRSA. Media MRS-A dirancang untuk mendukung pertumbuhan bakteri asam laktat, termasuk genus seperti *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, dan *Leuconostoc*. Hasil pengamatan morfologi isolat BAL ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan karakteristik morfologi isolat BAL yang diisolasi dari proses fermentasi *kabuto* meliputi bentuk (Bentuk), tepi (Tepi), elevasi (Elevasi), dan warna (Warna). Berdasarkan hasil penelitian, bentuk dari koloni bakteri asam laktat dalam fermentasi *kabuto* sebagian besar ditemukan memiliki bentuk yang tidak teratur (ireguler), dengan hanya satu isolat (KB1.4) yang berbentuk lingkaran. Bentuk yang tidak teratur ini sering kali mencerminkan adanya variasi dalam pertumbuhan koloni, yang dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan fermentasi atau perbedaan genetik antar isolat bakteri. Koloni BAL dapat menunjukkan bentuk bulat, tidak beraturan, atau rizoid, dengan ukuran yang bervariasi dari kecil (1-2 mm diameter) hingga lebih besar (hingga 4-5 mm diameter) (Janiszewska-Turak *et al.*, 2022; Hwang dan Lee, 2018). Keseluruhan isolat BAL menunjukkan karakteristik tepi yang halus dan mengkilap yang mengindikasikan adanya pertumbuhan yang baik dan teratur pada medium yang digunakan. Tepi koloni BAL dapat berupa halus dan mengkilap hingga kusam. Beberapa spesies dapat membentuk koloni mukoid atau lengket akibat sekresi eksopolisakarida (Yuan *et al.*, 2022; Kim dan Hu, 2023; Akarca *et al.*, 2023).

Hasil penelitian ini (Tabel 1) juga menunjukkan karakteristik elevasi koloni BAL dimana kebanyakan isolat bakteri menunjukkan elevasi yang *convex* atau *raised* (terangkat), yang menunjukkan adanya pertumbuhan koloni



yang lebih menonjol dibandingkan dengan permukaan medium. Ini mengindikasikan bakteri yang aktif dalam metabolisme dan berkembang dengan baik. Koloni yang terangkat biasanya mencerminkan bakteri yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan eksudat atau bahan-bahan metabolik yang membuat koloni mereka lebih menonjol, yang sering ditemukan pada bakteri asam laktat yang aktif. Koloni BAL dapat datar, cembung, atau meninggi, dipengaruhi oleh spesies dan kondisi pertumbuhan (Karyawati *et al.*, 2018; Yu *et al.*, 2018).

Tabel 1. Pengamatan morfologi isolat BAL yang diisolasi dari proses fermentasi *kabuto*

Isolat BAL	Bentuk	Tepi	Elevasi	Warna
KB1.1	<i>irregular</i>	halus mengkilap	<i>convex</i>	putih kekuningan
KB1.3	<i>irregular</i>	halus mengkilap	<i>convex</i>	putih kekuningan
KB1.4	<i>circular</i>	halus mengkilap	<i>raised</i>	putih kekuningan
KB2.1	<i>irregular</i>	halus mengkilap	<i>raised</i>	putih kekuningan
KB3.1	<i>irregular</i>	halus mengkilap	<i>raised</i>	putih kekuningan

Sedangkan untuk warna koloni BAL didapatkan memiliki warna yang seragam yaitu warna putih kekuningan. Warna putih kekuningan dari koloni menunjukkan karakteristik visual dari bakteri yang terkait dengan produksi asam laktat atau senyawa lain selama proses fermentasi. Banyak bakteri asam laktat yang menghasilkan metabolit dengan warna kuning atau putih, yang dapat dipengaruhi oleh pH lingkungan atau oleh produk sampingan metabolik lainnya. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilaporkan oleh Basroni *et al.* (2018) dan Guo *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa warna koloni BAL dapat bervariasi dari putih, krem, hingga kekuningan, tergantung pada spesies dan kondisi pertumbuhan.

Hasil Pewarnaan Gram dan Katalase

Pewarnaan Gram dan uji katalase merupakan dua metode penting dalam mengidentifikasi BAL, yang umumnya Gram-positif dan katalase-negatif. Hasil pewarnaan Gram dan uji katalase isolat BAL yang diisolasi dari proses fermentasi *kabuto* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pewarnaan Gram, katalase, dan bentuk sel BAL yang diisolasi dari proses fermentasi *kabuto*

Isolat BAL	Gram	Katalase	Bentuk sel
KB1.1	Positif	<i>Negative</i>	Batang
KB1.3	Positif	<i>Negative</i>	Bulat
KB1.4	Positif	<i>Negative</i>	Batang
KB2.1	Positif	<i>Negative</i>	Batang
KB3.1	Positif	<i>Negative</i>	Batang

Hasil penelitian (Tabel 2) menunjukkan bahwa semua isolat menunjukkan hasil gram positif, yang berarti bakteri ini memiliki dinding sel yang tebal dengan lapisan peptidoglikan yang melimpah, yang merupakan karakteristik utama dari kelompok bakteri gram positif. Bakteri gram positif, khususnya dari genus *Lactobacillus* dan *Streptococcus*, adalah bakteri yang umum ditemukan dalam proses fermentasi, termasuk dalam pembuatan produk makanan dan minuman fermentasi (Lawalata *et al.*, 2023; Peter *et al.*, 2022; (Retnaningrum *et al.*, 2020; Zamanpour



et al., 2023; Mudawaroch *et al.*, 2024). Hasil uji katalase yang menunjukkan hasil yang negatif memperkuat identifikasi ini, karena bakteri asam laktat umumnya tidak memproduksi enzim katalase. Enzim katalase berfungsi untuk mengurai hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen, dan bakteri yang tidak memproduksi enzim ini cenderung lebih adaptif terhadap kondisi anaerob atau mikroaerofilik, di mana mereka berkembang dalam lingkungan dengan sedikit oksigen BAL umumnya bersifat katalase-negatif, artinya tidak dapat menghasilkan enzim katalase (Pratama *et al.*, 2023; Kamel *et al.*, 2020; Khushboo *et al.*, 2023; Meryandini *et al.*, 2020). Kehadiran katalase yang negatif juga menunjukkan bahwa bakteri ini lebih mengandalkan jalur metabolik lain, seperti fermentasi, untuk bertahan hidup dan berkembang biak.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan keberagaman bentuk sel pada isolat yang diuji. Sebagian besar isolat memiliki bentuk batang (rod-shaped), yang merupakan bentuk morfologi khas bagi banyak bakteri asam laktat, seperti pada *Lactobacillus* dan *Lactococcus*. Bentuk batang ini memberikan keuntungan dalam hal distribusi dan efisiensi fermentasi, karena bakteri dengan bentuk ini cenderung memiliki area permukaan yang lebih besar untuk pertumbuhan dan produksi asam laktat. Di sisi lain, isolat KB1.3 menunjukkan bentuk bulat (*coccus*). Beberapa referensi menunjukkan bahwa BAL memiliki karakteristik seperti berbentuk batang atau bulat, tidak membentuk spora, bersifat fakultatif anaerob, dan dapat memfermentasi karbohidrat menjadi asam laktat (Retnaningrum *et al.*, 2020; Pratama *et al.*, 2023; Kamel *et al.*, 2020; Mudawaroch *et al.*, 2024; Lingga *et al.*, 2023).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil fermentasi, enumerasi, isolasi, dan karakterisasi Bakteri Asam Laktat (BAL) diperoleh bahwa selama proses fermentasi ubi kayu menunjukkan perubahan fisik yang signifikan dan juga memiliki jumlah BAL yang berbeda di setiap harinya dimana fermentasi pada hari ke-2 menunjukkan jumlah BAL paling tinggi yaitu $4,9 \times 10^5$ CFU/g. Hasil isolasi BAL dari proses fermentasi kabuto didapatkan 5 isolat BAL yaitu KB1.1, KB1.3, KB1.4, KB2.1, dan KB3.1 yang menunjukkan karakteristik Gram positif, katalase negatif, dan berbentuk batang dan bulat dimana merupakan karakteristik BAL pada umumnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Pendidikan Tinggi Sains dan Teknologi yang telah mendanai penelitian ini dengan skema penelitian dosen pemula tahun 2025.



DAFTAR PUSTAKA

- Ai Z, Lin Y, Xie Y, Mowafy S, Zhang Y, Li M, Liu Y. 2022. Effect of high-humidity hot air impingement steaming on *Cistanche deserticola* slices: drying characteristics, weight loss, microstructure, color, and active components. *Front Nutr.* 9: 824822. [https://doi.org/10.3389/fnut.2022.824822]
- Akarca G, Kılınç M, Denizkara A. 2023. Quality specification of ice creams produced with different homofermentative lactic acid bacteria. *Food Sci Nutr.* 12(1): 192-203. [https://doi.org/10.1002/fsn3.3762]
- Aritonang S, Roza E, Yetmaneli Y, Sandra A, Rizqan R. 2022. Characterization of lactic acid bacteria from buffalo dairy product (dadiah) as potential probiotics. *Biodiversitas J Biol Divers.* 23(9). [https://doi.org/10.13057/biodiv/d230906]
- Aryal B, Chaudhary R, Chaturvedi S. 2024. Potential of lactic acid bacteria isolated from fermented foods for yogurt production and antimicrobial activity. *Int J Res Publ Rev.* 5(4): 807-813. [https://doi.org/10.55248/gengpi.5.0424.0916]
- Bamigbade GB, Sanusi JFO, Oyelami OI, Daniel OM, Alimi BO, Ampofo KA, Ayyash M. 2023. Identification and characterization of lactic acid bacteria isolated from effluents generated during cassava fermentation as potential candidates for probiotics. *Food Biotechnol.* 37(4): 413-433. [https://doi.org/10.1080/08905436.2023.2276923]
- Basroni A, Al-Baarri A, Legowo A. 2018. Viability of lactic acid bacteria of yogurt powder with carrageenan addition. *J Appl Food Technol.* 5(1). [https://doi.org/10.17728/jaft.61]
- Dahlan A, Wijayanti W, Rianse MIK, dan Naim Y. 2024. Pengaruh Jenis Susu dan Konsentrasi Starter Terhadap Kadar Asam, Ph, dan Total Bakteri Asam Laktat Yoghurt. *Jurnal Teknologi Pengolahan pertanian.* 6(1):1-4.
- Dey T, Lindahl J, Sanjukta R, Milton A, Das S, Porteen K, Ghatak S. 2023. Characterization of lactic acid bacteria and pathogens isolated from traditionally fermented foods, in relation to food safety and antimicrobial resistance in tribal hill areas of northeast India. *J Food Qual.* 2023: 1-12. [https://doi.org/10.1155/2023/6687015]
- Dick J, Uzoh C, Jumbo U, Eze R, Uwagwu S, Okezie O. 2024. Exploration of probiotic potential of lactic acid bacteria from *Pentaclethra macrophylla* in Okigwe, Imo State, Nigeria. *South Asian J Res Microbiol.* 18(8): 1-7. [https://doi.org/10.9734/sajrm/2024/v18i8377]
- Elvira I, Wahyuni S, Asyik N. 2016. Karakterisasi sifat biokimia isolat bakteri asam laktat yang dihasilkan dari proses fermentasi Wikau Maombo. *J Sains Teknol Pangan.* 1(2): 121-124
- Guo X, Li Z, He N, Zhang B, Liu X, Bao J. 2023. Detection and elimination of trace d-lactic acid in lignocellulose biorefining chain: generation, flow, and impact on chiral lactide synthesis. *Biotechnol Bioeng.* 121(2): 670-682. [https://doi.org/10.1002/bit.28583]
- Hajigholizadeh M, Mardani K, Moradi M, Jamshidi A. 2020. Molecular detection, phylogenetic analysis, and antibacterial performance of lactic acid bacteria isolated from traditional cheeses, northwest Iran. *Food Sci Nutr.* 8(11): 6007-6013. [https://doi.org/10.1002/fsn3.1887][https://doi.org/10.1002/fsn3.1887]
- Hassanzadazar H, Mardani K, Yousefi M, Ehsani A. 2017. Identification and molecular characterization of lactobacilli isolated from traditional koopeh cheese. *Int J Dairy Technol.* 70(4): 556-561. [https://doi.org/10.1111/1471-0307.12396]
- Hwang H, Lee J. 2018. Characterization of arginine catabolism by lactic acid bacteria isolated from kimchi. *Molecules.* 23(11): 3049. [https://doi.org/10.3390/molecules23113049]



- Janiszewska-Turak E, Witrowa-Rajchert D, Rybak K, Rolof J, Pobiega K, Woźniak Ł, Gramza-Michałowska A. 2022. The influence of lactic acid fermentation on selected properties of pickled red, yellow, and green bell peppers. *Molecules*. 27(23): 8637. [<https://doi.org/10.3390/molecules27238637>]
- Jeyagowri N, Ranadheera C, Manap M, Gamage A, Merah O, Madhujith T. 2023. Phenotypic characterization and molecular identification of potentially probiotic *Lactobacillus* sp. isolated from fermented rice. *Fermentation*. 9(9): 807. [<https://doi.org/10.3390/fermentation9090807>]
- Kačániová M, Borotová P, Terenjeva M, Kunová S, Felšöciová S, Haščík P, Štefániková J. 2020. Bryndza cheese of Slovak origin as potential resources of probiotic bacteria. *Potravinárstvo Slovak J Food Sci*. 14: 641-646. [<https://doi.org/10.5219/1413>]
- Kamel A, Elsayed A, Youssef B, Amin S. 2020. Antibacterial bioactivity of some lactic acid bacteria isolated from various Egyptian products. *Arab Univ J Agric Sci*. 0(0): 0-0. [<https://doi.org/10.21608/ajs.2020.38231.1236>]
- Karyawati A, Nuraida L, Lestari Y, Meryandini A. 2018. Characterization of abundance and diversity of lactic acid bacteria from *Apis dorsata* hives and flowers in East Nusa Tenggara, Indonesia. *Biodiversitas J Biol Divers*. 19(3): 899-905. [<https://doi.org/10.13057/biodiv/d190319>]
- Khushboo K, Karnwal A, Malik T. 2023. Characterization and selection of probiotic lactic acid bacteria from different dietary sources for development of functional foods. *Front Microbiol*. 14. [<https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1170725>]
- Kim S, Hu D. 2023. Onggi's permeability to carbon dioxide accelerates kimchi fermentation. *J R Soc Interface*. 20(201). [<https://doi.org/10.1098/rsif.2023.0034>]
- Kurniawan K, Syila S. 2021. Kandungan bakteri (*Escherichia coli*) protein dan total asam laktat pada pembuatan fermentasi rusip ikan teri (*Stolephorus* sp.). *Jambura Fish Process J*. 3(2): 69-77. [<https://doi.org/10.37905/jfpj.v3i2.10563>]
- Lawalata H, Kumajas J, Tengker S, Runtuwene K, Hasani R, Weken M. 2023. Lactic acid bacteria as an exopolysaccharides (EPS) producing starter from Pakoba fruit (*Syzygium* sp.), endemic species at Minahasa, North Sulawesi. *J Pure Appl Microbiol*. 17(4): 2536-2546. [<https://doi.org/10.22207/jpam.17.4.51>]
- Lingga R, Adibrata S, Roanisca O, Sipriyadi S, Wibowo R, Arsyadi A. 2023. Probiotics potential of lactic acid bacteria isolated from slender walking catfish (*Clarias nieuhofii*). *Biodiversitas J Biol Divers*. 24(8). [<https://doi.org/10.13057/biodiv/d240839>]
- Liu Z, Xiao M, Xu Y, Li D, Zhu W, Huang T, Xiong T. 2022. Effect of homo- and hetero-fermentative lactic acid bacteria on physicochemical properties, amino acid, and volatile flavor compounds during paocai fermentation by pure culture. *J Food Process Preserv*. 46(12). [<https://doi.org/10.1111/jfpp.17052>]
- Magalhaes-Guedes KT, Ferreira CD, Magalhaes KT, Schwan RF, Costa JAV, Nunes IL. 2017. Microorganisms in functional food supplementation: A review. *Afr J Microbiol Res*. 11: 319-326. [<https://doi.org/10.5897/AJMR2017.8445>]
- Meryandini A, Karyawati A, Nuraida L, Lestari Y. 2020. Lactic acid bacteria from *Apis dorsata* hive possessed probiotic and angiotensin-converting enzyme inhibitor activity. *Makara J Sci*. 24(1). [<https://doi.org/10.7454/mss.v24i1.11728>]
- Meutia YM, Pohan HG, Loebis EH, Wirawan NNI. 2013. Viabilitas bakteri asam laktat pada pembuatan mokaf. *Warta IHP*. 30(1): 19-36
- Mudawaroch R, Setiyono S, Yusiati L, Suryanto E. 2024. Molecular identification of lactic acid bacteria from broiler chicken meat. *Agroindustrial J*. 10(2): 101. [<https://doi.org/10.22146/aij.v10i2.89982>]



- Mustika S, Yasni S, Suliantari S. 2019. Pembuatan yoghurt susu sapi segar dengan penambahan puree ubi jalar ungu. *J Pendidik Teknol Kejuruan*. 2(3): 97-101. [<https://doi.org/10.24036/jptk.v2i3.18823>]
- Nurlaela S, Sunarti TC, Meryandini A. 2017. Formula media pertumbuhan bakteri asam laktat *Pediococcus pentosaceus* menggunakan substrat whey tahu. *J Sumberdaya Hayati*. 2(2): 31-2024. *BIOEDUSAINS: J Pendidik Biol dan Sains*. 7(1): 322-334
- Park J, Park W, Do Y. 2023. Tadpole growth rates and gut bacterial community: dominance of developmental stages over temperature variations. *PLoS One*. 18(10): e0292521. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292521>]
- Peter S, Qiao Z, Godspower H, Ajeje S, Xu M, Zhang X, Rao Z. 2022. Biotechnological innovations and therapeutic application of *Pediococcus* and lactic acid bacteria: the next-generation microorganism. *Front Bioeng Biotechnol*. 9. [<https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.802031>]
- Pratama R, Melinda K, Muhsinin S. 2023. Viability of *Lactobacillus acidophilus* in effervescent granules prepared via wet granulation method: in vitro study. *Sci Pharm*. 2(4): 22-36. [<https://doi.org/10.58920/sciphar02040022>]
- Premasiri D, Rajawardana D, Muddannayake D, Hewajulige I. 2021. Isolation, characterization and identification of industrially beneficial probiotic lactic acid bacteria from goat milk. *J Agric Sci - Sri Lanka*. 16(2): 369-382. [<https://doi.org/10.4038/jas.v16i2.9341>]
- Ramadhanti N, Melia S, Hellyward J, Purwati E. 2021. Characteristics of lactic acid bacteria isolated from palm sugar from West Sumatra, Indonesia and their potential as a probiotic. *Biodiversitas J Biol Divers*. 22(5). [<https://doi.org/10.13057/biodiv/d220520>]
- Ramos O, Basualdo M, Libonatti C, Vega M. 2020. Current status and application of lactic acid bacteria in animal production systems with a focus on bacteria from honey bee colonies. *J Appl Microbiol*. 128(5): 1248-1260. [<https://doi.org/10.1111/jam.14469>]
- Retnaningrum E, Yossi T, Nur'Azizah R, Sapalina F, Kulla P. 2020. Characterization of a bacteriocin as biopreservative synthesized by indigenous lactic acid bacteria from dadih soya traditional product used in West Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas J Biol Divers*. 21(9). [<https://doi.org/10.13057/biodiv/d210933>]
- Saeed Z, Abbas B, Othman R. 2020. Molecular identification and phylogenetic analysis of lactic acid bacteria isolated from goat raw milk. *Iraqi J Vet Sci*. 34(2): 259-263. [<https://doi.org/10.33899/ijvs.2019.125896.1176>]
- Sari A, Okfrianti Y, Darwis D. 2021. Total bakteri asam laktat (BAL) dan uji daya terima organoleptik pada yoghurt sari buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). *J Penelit Terapan Kesehat*. 7(1). [<https://doi.org/10.33088/jptk.v7i1.125>]
- Sari RA, Risa NPA. 2012. Karakterisasi bakteri asam laktat genus *Leuconostoc* dari pekasam ale-ale hasil formulasi skala laboratorium. *J Kimia*. 1(1): 14-20. [<https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmpa/article/view/992>]
- Saryono S, Ismawati I, Pratiwi N, Devi S, Sipayung M, Suraya N. 2023. Isolation and identification of lactic acid bacteria from traditional food sarobuong of Kuantan Singingi district, Riau, Indonesia. *Biodiversitas J Biol Divers*. 24(4). [<https://doi.org/10.13057/biodiv/d240432>]
- Shao Y, Wu X, Yu Z, Li M, Sheng T, Wang Z, Qi K. 2023. Gut microbiome analysis and screening of lactic acid bacteria with probiotic potential in Anhui swine. *Animals*. 13(24): 3812. [<https://doi.org/10.3390/ani13243812>]
- Shaukat M, Fallico B, Nazir A. 2024. Impact of air-drying temperatures on drying kinetics, physicochemical properties, and bioactive profile of ginger. *Foods*. 13(7): 1096. [<https://doi.org/10.3390/foods13071096>]



- Wang H, Che G, Wan L, Chen Z, Sun W, Tang H. 2023. Effect of variable temperature levels on drying characteristics and quality indices of rice in continuous drying and multi-stage intermittent drying. *J Food Process Eng.* 46(7). [<https://doi.org/10.1111/jfpe.14356>]
- Tripathi N, Zubair M, Sapra A. 2025. Gram Staining. *StatPearls* [Internet]. [<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562156/>]
- Vauzia V, Fevria R, Monica I, Chatri M, Achyar A, Edwin E. 2023. Pengaruh penambahan cabai (*Capsicum annum*) dan gula terhadap total bakteri asam laktat (BAL) dari sauerkraut. *J Penelit Pendidik Ipa.* 9(SpecialIssue): 1165-1171. [<https://doi.org/10.29303/jppipa.v9ispecialissue.4811>]
- Wei X, Sun X, Zhang H, Zhong Q, Lu G. 2024. The influence of low-temperature resistant lactic acid bacteria on the enhancement of quality and the microbial community in winter Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) silage on the Qinghai-Tibet Plateau. *Front Microbiol.* 15. [<https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1297220>]
- Yeboah P, Ibrahim S, Krastonov A. 2023. A review of fermentation and the nutritional requirements for effective growth media for lactic acid bacteria. *Food Sci Appl Biotechnol.* 6(2): 215. [<https://doi.org/10.30721/fsab2023.v6.i2.269>]
- Yu Q, Long X, Pan Y, Li G, Zhao X. 2018. Isolation and identification of lactic acid bacteria (*Lactobacillus plantarum* YS2) from yak yogurt and its probiotic properties. *Biomed Res.* 29(4). [<https://doi.org/10.4066/biomedicalresearch.29-17-3418>]
- Yuan S, Jin Z, Ali N, Wang C, Liu J. 2022. Caproic acid-producing bacteria in Chinese baijiu brewing. *Front Microbiol.* 13. [<https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.883142>]
- Zamanpour S, Rezvani R, Esfehiani A, Afshari A. 2023. Isolation and some basic characteristics of lactic acid bacteria from beetroot (*Beta vulgaris* L.) – a preliminary study. *Canrea J Food Technol Nutritions and Culinary J.* 42-56. [<https://doi.org/10.20956/canrea.v6i1.980>]
- Zhang C, Zhou C, Assavasirijinda N, Yu B, Wang L, Ma Y. 2017. Non-sterilized fermentation of high optically pure d-lactic acid by a genetically modified thermophilic *Bacillus coagulans* strain. *Microb Cell Fact.* 16(1): 82. [<https://doi.org/10.1186/s12934-017-0827-1>]
- Zhang J, Zheng X, Xiao H, Li Y, Yang T. 2023. Effect of combined infrared hot air drying on yam slices: drying kinetics, energy consumption, microstructure, and nutrient composition. *Foods.* 12(16): 3048. [<https://doi.org/10.3390/foods12163048>]
- Zheng Z, Wang S, Zhang C, Wu M, Cui D, Fu X, Liu Z. 2023. Hot air impingement drying enhanced drying characteristics and quality attributes of *Ophiopogonis radix*. *Foods.* 12(7): 1441. [<https://doi.org/10.3390/foods12071441>]