

# Isolasi dan Identifikasi Mikroba Selama Proses Fermentasi Spontan Ubi Kayu Menjadi Kabuto, Makanan Khas Asal Muna Sulawesi Tenggara

*[Isolation and Identification of Microorganisms During the Spontaneous Fermentation Process of Cassava into Kabuto, a Traditional Food from Muna, Southeast Sulawesi]*

Ilian Elvira<sup>1</sup>, Baihaqi<sup>1</sup>, Mariani L<sup>1</sup>, Andi Dahlan<sup>2</sup>, Nur Suci<sup>1</sup>, dan Agry Anugrah Pertiwi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo, Jl. H.E.A Mokodompit, Sulawesi Tenggara

<sup>2</sup> Program Studi D3 Teknologi Pangan, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jl. Sirjaya Negara Palembang, Sumatera Selatan

\* Email korespondensi : [ilian.lvira@uho.ac.id](mailto:ilian.lvira@uho.ac.id)

## ABSTRACT

*Kabuto is a traditional fermented food originating from Muna Regency, Southeast Sulawesi, Indonesia, made from cassava through a spontaneous fermentation process. The presence of microorganisms during fermentation plays an important role in the development of sensory characteristics such as flavor, aroma, texture, and ultimately determines the final quality of the product. This study aimed to isolate and identify microorganisms involved in the fermentation process of kabuto. Microbial isolation was conducted on days 0, 2, 4, and 6 of fermentation using the pour plate and spread plate methods on de Man, Rogosa and Sharpe Agar (MRSA), followed by incubation at 37 °C for 48 hours. The resulting colonies were enumerated using the Total Plate Count (TPC) method, and Gram staining was performed to determine the characteristics of bacteria present during fermentation. The results showed that the microbial population increased gradually throughout the fermentation process, reaching the highest count on day 6 at  $1.68 \times 10^8$  CFU/g. Gram staining results indicated that the microbial population was dominated by Gram-positive bacteria, suggesting the presence of lactic acid bacteria as the primary microorganisms involved in fermentation. Gram-negative bacteria were detected at the early stage, likely originating from raw materials and the surrounding environment. The dominance of lactic acid bacteria has positive implications for product safety due to pH reduction and inhibition of pathogenic microorganisms. However, the presence of Gram-negative bacteria in the early stage indicates a potential risk of contamination if proper sanitation is not maintained. Therefore, process control and hygienic practices are essential to ensure the safety of kabuto. Further studies are recommended to perform molecular identification and evaluate food safety parameters.*

*Keywords: lactic acid bacteria, fermentation, Kabuto*

## ABSTRAK

Kabuto merupakan makanan tradisional khas Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara, yang berbahan baku ubi kayu dan diproduksi melalui proses fermentasi spontan. Keberadaan mikroorganisme selama proses fermentasi berperan penting dalam pembentukan karakteristik sensori produk, seperti rasa, aroma, tekstur, serta menentukan kualitas akhir produk fermentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi mikroba yang berperan selama proses fermentasi kabuto. Isolasi mikroba dilakukan pada hari ke-0, ke-2, ke-4, dan ke-6 fermentasi menggunakan metode tuang (pour plate) dan metode sebar (spread plate) pada media de Man Rogosa and Sharpe Agar (MRSA), kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 48 jam. Koloni yang tumbuh selanjutnya dihitung jumlahnya menggunakan metode Total Plate Count (TPC) dan dilakukan pewarnaan Gram untuk mengetahui karakteristik bakteri yang berkembang selama fermentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah mikroba meningkat secara bertahap selama proses fermentasi dengan jumlah tertinggi pada hari ke-6 yaitu sebesar  $1,68 \times 10^8$  CFU/g. Hasil pewarnaan Gram menunjukkan mikroba didominasi oleh bakteri Gram positif yang mengindikasikan keberadaan bakteri asam laktat sebagai mikroba utama fermentasi. Bakteri Gram negatif terdeteksi pada tahap awal, yang diduga

berasal dari bahan baku dan lingkungan. Dominasi bakteri asam laktat berimplikasi positif terhadap keamanan produk melalui penurunan pH dan penghambatan mikroba patogen. Namun, keberadaan bakteri Gram negatif pada fase awal menunjukkan potensi risiko kontaminasi jika sanitasi tidak terjaga. Oleh karena itu, pengendalian proses dan praktik higienis diperlukan untuk menjamin keamanan kabuto. Penelitian lanjutan diperlukan untuk identifikasi molekuler dan pengujian parameter keamanan pangan mikroba.

Kata kunci: bakteri asam laktat, fermentasi, Kabuto

## Pendahuluan

Fermentasi ubi kayu telah menjadi praktik pengolahan pangan yang umum di berbagai budaya di dunia selama berabad-abad, termasuk Indonesia dan khususnya di Sulawesi Tenggara. Proses fermentasi menghasilkan berbagai produk pangan tradisional yang terbentuk melalui aktivitas mikroorganisme pada substrat tertentu. Mikroorganisme tersebut memanfaatkan komponen karbohidrat sebagai sumber energi dan mengubah gula menjadi berbagai senyawa metabolit seperti asam organik, gas, dan alkohol yang berperan dalam pembentukan cita rasa, aroma, serta tekstur khas produk fermentasi (Christo & Sutedja, 2024).

Salah satu makanan tradisional berbasis ubi kayu yang dihasilkan melalui proses fermentasi adalah Kabuto, yang berasal dari Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara. Kabuto merupakan makanan tradisional dari ubi kayu yang diproduksi melalui fermentasi spontan yaitu fermentasi alami tanpa penambahan kultur starter. Pada proses ini, mikroorganisme yang berperan umumnya berasal dari bahan baku dan lingkungan sekitarnya, sehingga komposisi mikroba yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh sumber mikroorganisme alami tersebut dan kondisi lingkungan selama proses fermentasi berlangsung (Atter et al., 2024; Carboni et al., 2023). Selama proses fermentasi spontan tersebut, komunitas mikroba berkembang secara alami dan biasanya didominasi oleh bakteri asam laktat, khamir, serta kapang. Kelompok mikroorganisme ini memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas sensori, memperbaiki nilai gizi, serta menurunkan kandungan senyawa antinutrisi melalui aktivitas enzimatis selama fermentasi, sehingga meningkatkan bioavailabilitas nutrisi pada bahan pangan (Kitessa, 2024; Bai et al., 2024). Selain itu, aktivitas metabolik mikroorganisme selama fermentasi juga menghasilkan berbagai senyawa biokimia penting seperti folat, asam-asam organik, senyawa volatil pembentuk aroma, serta metabolit bioaktif lainnya yang berkontribusi terhadap karakteristik sensori, nilai gizi dan fungsionalitas produk (Marco et al., 2021; Tamang et al., 2024).

Beberapa species bakteri asam laktat yang umum ditemukan dalam fermentasi ubi kayu antara lain *Lactobacillus plantarum* dan *L. Delbrueckii* (Kurniawan et al., 2021), *Limosilactobacillus fermentum* (Bamigbade et al., 2023) *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*, *Lactiplantibacillus pentosus*, *Lactobacillus harbinensis*. BAL berperan penting dalam menurunkan pH melalui produksi asam laktat, meningkatkan keamanan pangan dengan menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen serta memperbaiki kualitas sensori produk fermentasi (Li et al., 2024).

Kabuto memiliki karakteristik unik yaitu berwarna hitam dan bertekstur kenyal ketika sudah dimasak, yang diduga terbentuk akibat aktivitas metabolik mikroba terutama bakteri dan kapang selama proses fermentasi spontan berlangsung. Adanya aktivitas enzimatis mikro ini menyebabkan pati terdegradasi, struktur jaringan berubah serta terbentuknya pigmen dan senyawa hasil reaksi pencoklatan yang diketahui berkontribusi terhadap warna khas produk. Selain itu, perubahan sifat

fisik dan sensori produk fermentasi terjadi akibat adanya interaksi kompleks antara bakteri asam laktat, kapang dan juga mikroba lainnya (Yulia & Arman, 2023; Tuzzahra & Mustakim, 2024;). Meskipun fermentasi kabuto telah dilakukan secara turun temurun, namun kajian tentang karakteristik mikrobiologi khususnya identifikasi awal bakteri melalui pewarnaan Gram masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi mikroba pada proses fermentasi Kabuto sebagai dasar ilmiah dalam menjelaskan hubungan antar aktivitas mikroba dengan terbentuknya karakteristik unik produk Kabuto. Informasi ini penting sebagai landasan dalam pengendalian proses fermentasi, peningkatan kualitas serta konsistensi produk.

## **Bahan dan metode**

### ***Bahan dan alat***

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ubi kayu yang diperoleh dari pasar lokal kota Kendari Sulawesi Tenggara, media Potato Dextrose Agar (PDA), media Nutrient Agar (NA), de Man, Rogosa and Sharpe Agar (Merck), de Man, Rogosa and Sharpe Broth (Merck), Eosin Methylene Blue Agar (Himedia), NaCl (Merck), akuades (Teknis), Alkohol (One-med), PBS (Oxoid), Kristal Violet (teknis), lugol (teknis), safranin (teknis), etanol 95% (one-med), minyak emersi (Teknis), aluminium foil, kapas spiritus (teknis), dan manik-manik. Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu autoclave, laminar air flow, inkubator, mikroskop, vortex, cawan petri, tabung reaksi, beaker glass, gelas ukur, mortar, pemanas air, pipet tetes, blue tip, pipet mikro, jarum ose.

### ***Metode penelitian***

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium yang bertujuan untuk mengamati pertumbuhan mikroorganisme selama proses fermentasi ubi kayu menjadi kabuto berdasarkan jumlah koloni pada media kultur dan pewarnaan gram.

### ***Pelaksanaan penelitian***

#### **a) Proses fermentasi spontan ubi kayu menjadi kabuto**

Produksi kabuto melalui fermentasi spontan diawali dengan proses pembersihan ubi kayu yang meliputi pengupasan dan pencucian menggunakan air mengalir hingga bersih. Ubi kayu selanjutnya dijemur di bawah sinar matahari selama  $\pm 6$  hari menggunakan jaring penutup berpori halus berbentuk rangka tertutup (seperti kandang/jaring pelindung) yang bersih, untuk mencegah kontaminasi debu, serangga, dan hewan kecil, namun tetap memungkinkan sirkulasi udara. Sampel diletakkan di atas wadah stainless dan dialasi dengan alas datar (papan) agar tidak kontak langsung dengan tanah. Penjemuran dilakukan pada kondisi cuaca cerah dengan intensitas sinar matahari optimal. Pada malam hari atau saat kondisi lingkungan lembap, sampel dipindahkan ke dalam ruangan yang bersih, kering, dan memiliki ventilasi yang baik untuk mencegah reabsorpsi kelembapan dan kontaminasi mikroba. Selama proses penjemuran tersebut berlangsung fermentasi spontan secara alami yang dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme dari bahan baku maupun lingkungan sekitar.

#### **b) Isolasi bakteri dan perhitungan koloni**

Isolasi bakteri pada sampel kabuto diambil pada hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4 dan hari ke-6 fermentasi. Sebanyak 5 g sampel kabuto dimasukkan ke dalam 45 mL larutan pengencer NaCl 0,85% atau Phosphate Buffered Saline (PBS) steril, kemudian dilakukan pengenceran bertingkat hingga  $10^{-6}$ . Suspensi dari pengenceran  $10^{-4}$  hingga  $10^{-6}$  ditanam pada media de Man Rogosa Sharpe Agar (MRSA) menggunakan metode pour plate dan diinkubasi pada suhu  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 48 jam (Dahlan et al., 2024). Selain itu, suspensi sampel juga ditanam pada media Potato Dextrose Agar (PDA) dan

Nutrient Agar (NA) menggunakan metode pour plate atau spread plate dengan dua kali ulangan. Perhitungan jumlah koloni menggunakan metode Total Plate Count (TPC).

### c) Pewarnaan Gram

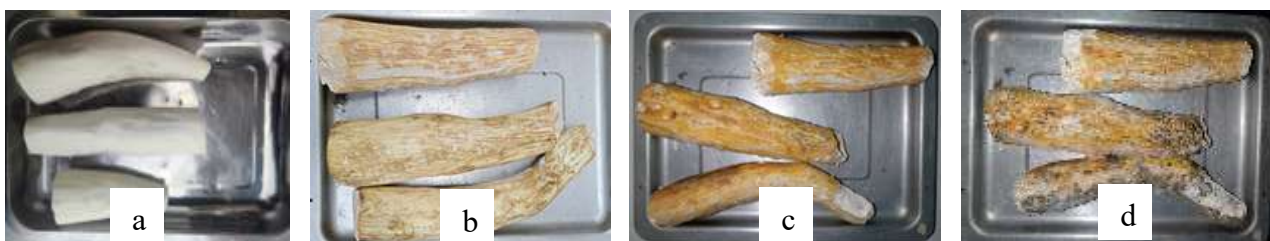
Pewarnaan gram dilakukan berdasarkan metode Tripati et al. (2025) dengan beberapa penyesuaian. Sampel kabuto terlebih dahulu dibuat preparat tipis pada kaca objek, kemudian dikeringkan dan difiksasi dengan pemanasan ringan. Preparat kemudian ditetesi larutan kristal violet selama  $\pm 1$  menit, kemudian dibilas dengan akuades. Selanjutnya, preparat ditetesi larutan iodine (lugol) selama  $\pm 1$  menit kemudian kembali dibilas dengan akuades. Setelah itu dilakukan proses dekolorisasi menggunakan larutan alkohol selama beberapa detik hingga warna ungu pada preparat memudar, kemudian segera dibilas dengan akuades. Preparat kemudian ditetesi larutan safranin selama  $\pm 30$  detik dan diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran  $100\times$  untuk mengamati morfologi serta karakteristik Gram bakteri yang terdapat pada sampel kabuto.

## Hasil dan pembahasan

### a) Isolasi Bakteri dan perhitungan koloni

Proses pembuatan Kabuto dimulai dengan ubi kayu yang telah dibersihkan dijemur di bawah sinar matahari langsung selama 6 hari. Penjemuran ini bertujuan untuk mengurangi kadar air dan memulai proses fermentasi alami, dimana mikroba dari lingkungan mulai berkembang biak. Fermentasi ini menghasilkan warna hitam, aroma khas, dan tekstur kenyal pada kabuto. Isolasi bakteri dilakukan pada fermentasi hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4 dan hari ke-6 dengan pengenceran  $10^{-4}$  sampai  $10^{-6}$ .

**Gambar 1** menunjukkan perubahan fisik kabuto selama proses fermentasi, yaitu hari ke-0 (a) yang masih berwarna putih dengan tekstur segar, hari ke-2 (b) mulai mengalami perubahan warna menjadi kekuningan dan tekstur lebih lunak, hari ke-4 (c) warna semakin gelap dengan indikasi aktivitas fermentasi yang meningkat, serta hari ke-6 (d) terlihat adanya pertumbuhan mikroba yang lebih nyata ditandai dengan munculnya bercak dan perubahan warna yang lebih intens. Perubahan visual tersebut mengindikasikan adanya aktivitas mikrobiologis selama fermentasi, terutama pertumbuhan dan dominasi mikroorganisme yang berperan dalam dekomposisi substrat serta pembentukan karakteristik produk.



**Gambar 1.** Perubahan Kabuto selama proses fermentasi hari ke-0 (a), hari ke-2 (b), hari ke-4 (c) dan hari ke-6 (d)

Data jumlah koloni mikroba selama fermentasi kabuto hari ke-0 hingga hari ke-6 disajikan pada **Tabel 1**. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah koloni mikroba yang ditumbuhkan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu inkubasi. Jumlah koloni mikroba pada hari ke-0 relatif rendah dengan jumlah koloni sebesar  $5,0 \times 10^6$  CFU/g hingga  $2,0 \times 10^6$  CFU/g, menunjukkan bahwa mikroorganisme masih berada pada fase adaptasi (lag phase), yaitu kondisi dimana bakteri melakukan penyesuaian terhadap kondisi lingkungan sekitarnya, seperti pH, suhu, ketersediaan

nutrisi, dan faktor lainnya. Pada tahap ini, penambahan jumlah sel berlangsung relatif lambat (Syarifuddin et al., 2022). Pada fermentasi hari ke-2, jumlah koloni meningkat signifikan menjadi  $3,3 \times 10^7$ – $6,4 \times 10^7$  CFU/g, yang menandakan mikroorganisme telah memasuki fase eksponensial (log phase), ditandai dengan adanya pertumbuhan sel yang tinggi karena tersedianya nutrisi yang cukup. Laju pertumbuhan pada fase ini sangat dipengaruhi oleh kondisi media, seperti pH dan kandungan nutrisi, serta faktor lingkungan seperti suhu dan kelembapan (Syarifuddin et al., 2022).

**Tabel 1.** Pertumbuhan mikroba (CFU/g) berdasarkan waktu inkubasi

Isolat	Hari ke-0 (CFU/g)	Hari ke-2 (CFU/g)	Hari ke-4 (CFU/g)	Hari ke-6 (CFU/g)
Kab1 <sup>1</sup>	$1,1 \times 10^7$	$3,3 \times 10^7$	$1,36 \times 10^8$	TNTC*
Kab1 <sup>2</sup>	$2,0 \times 10^7$	$6,4 \times 10^7$	$1,26 \times 10^8$	TNTC*
Kab2 <sup>1</sup>	$5,0 \times 10^6$	$5,6 \times 10^7$	$1,68 \times 10^8$	TNTC*
Kab2 <sup>2</sup>	$1,4 \times 10^7$	$4,6 \times 10^7$	$1,32 \times 10^8$	TNTC*

Ket: Kab1= media NA, Kab2= media PDA, <sup>1</sup> dan <sup>2</sup> = ulangan (cawan 1 dan cawan 2), CFU/g = Colony Forming Unit per gram, \*TNTC (Too Numerous To Count) = jumlah koloni terlalu banyak sehingga tidak dapat dihitung

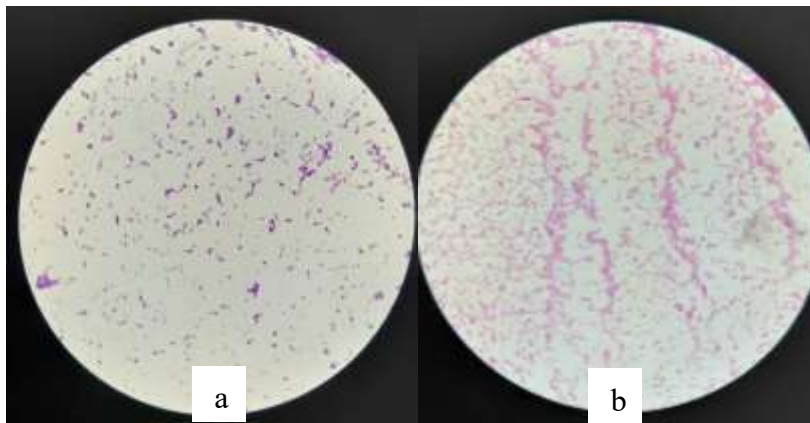
Pada hari ke-4, jumlah koloni masih meningkat, meskipun cenderung melambat, yang mengindikasikan transisi menuju fase stasioner. Jumlah koloni pada media Nutrient Agar (NA) lebih tinggi dibandingkan Potato Dextrose Agar (PDA), yang menunjukkan dominasi bakteri dibandingkan kapang dan khamir. Hal ini sesuai dengan karakteristik NA sebagai media non-selektif untuk pertumbuhan bakteri, sedangkan PDA lebih selektif untuk kapang dan khamir (Westphal et al., 2021). Sedangkan pada hari ke-6, jumlah koloni tidak dapat dihitung (Too Numerous To Count/TNTC). Umumnya kondisi ini terjadi karena pertumbuhan koloni yang terlalu padat sehingga tidak dapat dibedakan secara individual. Hal ini mengindikasikan bahwa populasi mikroba pada fermentasi hari ke-6 telah memasuki fase stasioner yaitu ketika laju pertumbuhan sel seimbang dengan laju kematian. Pada tahap ini, populasi mencapai titik maksimum sehingga jumlah sel relatif konstan dan tidak mengalami peningkatan lebih lanjut (Syarifuddin et al., 2022).

Jika dibandingkan dengan produk fermentasi ubi kayu lainnya seperti modified cassava flour (mocaf), pola pertumbuhan mikroba pada penelitian ini menunjukkan kesamaan. Fermentasi mocaf umumnya didominasi oleh bakteri asam laktat yang mengalami peningkatan signifikan pada 24–72 jam pertama fermentasi, diikuti oleh penurunan pH yang berperan dalam menghambat pertumbuhan mikroba kontaminan (Wulandari et al., 2021; Seveline et al., 2020). Dominasi bakteri pada fermentasi kabuto, terutama pada fase pertengahan hingga akhir, menunjukkan mekanisme yang serupa, yaitu seleksi alami mikroorganisme yang mampu bertahan pada kondisi asam. Hasil ini juga sejalan dengan penelitian fermentasi spontan ubi kayu lainnya, seperti pada produk gari dan fufu, yang menunjukkan bahwa jumlah mikroba meningkat secara bertahap selama fermentasi dengan dominasi bakteri asam laktat pada tahap akhir. Pada tahap awal fermentasi, mikroflora masih heterogen, termasuk bakteri Gram negatif, namun secara bertahap akan tersubstitusi oleh bakteri Gram positif yang lebih toleran terhadap kondisi asam (Bamigbade et al., 2023). Pola ini juga teramati pada fermentasi kabuto, di mana keberadaan bakteri Gram negatif hanya terdeteksi pada tahap awal sebelum akhirnya didominasi oleh bakteri Gram positif. Dengan demikian, dinamika pertumbuhan mikroba pada fermentasi kabuto memiliki kemiripan dengan berbagai produk fermentasi ubi kayu lainnya, baik dari segi fase pertumbuhan maupun komposisi mikroorganisme. Hal ini menunjukkan bahwa fermentasi

kabuto mengikuti pola umum fermentasi spontan berbasis pati, serta memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut dengan pengendalian proses guna meningkatkan kualitas dan keamanan produk.

#### b) Pewarnaan Gram

Pewarnaan Gram dilakukan pada isolasi bakteri yang diperoleh dari proses fermentasi Kabuto. Berdasarkan hasil pewarnaan Gram (**Gambar 2**), teridentifikasi dua jenis morfologi, yaitu Gram positif yang ditandai dengan sel berwarna ungu (**Gambar 2a**) dan bakteri Gram negatif (**Gambar 2b**) yang ditandai dengan sel berwarna merah. Perbedaan warna terjadi karena perbedaan komponen penyusun sel bakterinya (Khaerunnisa et al., 2024). Bakteri Gram positif memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal sehingga mampu mempertahankan kompleks kristal violet-iodine saat proses pencucian dengan alkohol, sehingga tetap berwarna ungu. Sebaliknya, bakteri Gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang lebih tipis serta membran luar yang mengandung lipid, sehingga kompleks kristal violet mudah terlepas saat pencucian dengan alkohol dan kemudian menyerap zat pewarna tandingan (safranin), sehingga tampak berwarna merah (Dewi et al., 2022). Beberapa genus bakteri asam laktat yang sering ditemukan pada fermentasi bahan pangan berbasis singkong antara lain *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Limosilactobacillus fermentum*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*, *Lactiplantibacillus pentosus*, *Lactobacillus harbinensis*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Lactococcus*, dan *Weissella*. Mikroorganisme tersebut berperan penting dalam pembentukan karakteristik sensori produk fermentasi, menurunkan pH melalui produksi asam laktat serta menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen (Kurniawan et al., 2021; Bamigbade et al., 2023, Li et al., 2024, Tamang & Kailasapathy, 2010).



**Gambar 2.** Hasil pewarnaan gram isolat bakteri yang diisolasi dari fermentasi kabuto

Hasil penelitian ini juga menunjukkan adanya bakteri Gram negatif yang ditandai dengan sel bakteri yang ditumbuhkan pada media Eosin Methylene Blue Agar (EMBA) berwarna merah muda setelah dilakukan pewarnaan Gram (**Gambar 2b**). Warna merah muda tersebut muncul karena bakteri Gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang tipis serta membran luar yang kaya akan lipid, sehingga tidak mampu mempertahankan kompleks kristal violet-iodine saat proses dekolorisasi dengan alkohol. Akibatnya, sel bakteri kehilangan warna ungu awal dan kemudian menyerap pewarna tandingan (safranin), sehingga tampak berwarna merah muda. Mikroorganisme tersebut kemungkinan komunitas mikroba awal yang terdapat pada proses fermentasi Kabuto, yang kemungkinan secara alami muncul dari bahan baku, air, maupun lingkungan fermentasi. *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter sakazakii* dan *Klebsiella pneumoniae* merupakan bakteri Gram negatif yang

tumbuh pada proses fermentasi singkong yang umumnya berasal dari mikroflora bahan baku atau lingkungan, namun pertumbuhannya akan menurun seiring berlangsungnya proses fermentasi dan penurunan pH akibat produksi asam laktat (Coulin, et al., 2006). Namun demikian, identifikasi mikroorganisme secara lebih spesifik melalui analisis lanjutan seperti isolasi kultur murni, uji biokimia, atau analisis molekuler masih sangat diperlukan.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa proses fermentasi kabuto menyebabkan perubahan karakteristik fisik ubi kayu yang semakin nyata seiring bertambahnya waktu fermentasi. Pertumbuhan mikroba menunjukkan peningkatan bertahap dengan jumlah  $5,0 \times 10^5$  CFU/g pada hari ke-0 hingga  $1,68 \times 10^8$  CFU/g pada hari ke-6 fermentasi. Hasil pewarnaan Gram mengindikasikan bahwa mikroorganisme yang mendominasi adalah bakteri Gram positif yang diduga merupakan kelompok bakteri asam laktat yang berperan penting dalam proses fermentasi. Selain itu, keberadaan bakteri Gram negatif juga terdeteksi, yang kemungkinan berasal dari mikroflora alami bahan baku dan lingkungan pada tahap awal fermentasi sebelum kondisi menjadi lebih asam.

## Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Halu Oleo yang telah mendanai penelitian ini melalui hibah penelitian dosen pemula dari Dana DIPA UHO 2024.

## Daftar pustaka

- Atter, A., Diaz, M., Tano-Debrah, K., Kunadu, A.P., Mayer, M. J., Sayavedra, L., Misita, C., Amoa-Awua, W., & Arjan, N. (2024). The predominant lactic acid bacteria and yeasts involved in the spontaneous fermentation of millet during the production of the traditional porridge Hausa koko in Ghana. *BMC Microbiology* 24 (163), 1-17
- Bai, J., He, L., Zhang, J., Gu, X., Wu, B., Wang, A., Zhu, Y., Zhang, J., Zhao, Y., Yuan, J., & Xiao, X. (2024). Influences of *Lactiplantibacillus plantarum* and *Saccharomyces cerevisiae* fermentation on the nutritional components, flavor property and lipid-lowering effect of highland barley. *Journal of Future Foods*, 4(3), 258–266
- Bamigbade, G. B., Sanusi, J. F. O., Oyelami, O. I., Daniel, O. M., Alimi, B.O., Ampofo, K. A. & 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
- Carboni, A., Martins, G. N., Gómez-Zavaglia, A. & Castilho, P. C. (2023). Lactic Acid Bacteria in the Production of Traditional Fermented Foods and Beverages of Latin America. *Fermentation*, 9 (4), 1-11.
- Christo, E. G., & Sutedia, A. M. (2024). Solid-State fermentation dengan variasi mikroorganisme. *Zigma*, 39(1), 38-49
- Coulin, P., Farah, Z., Assanvo, J., Spillmann, H., & Puhan, Z. (2006). Characterisation of the microflora of attiéké, a fermented cassava product, during traditional small-scale preparation. *International Journal of Food Microbiology*. 106 (2), 131-136

- Dahlan, A., Wijayanti, W., Rianse, M. I. K., & 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
- Dewi, M. A., Mubarik, N. R., Desniar, & Budiarti, S. (2022). Aplikasi bakteri asam laktat dari inasua sebagai biopreservatif ikan patin. *Jurnal Hasil Pengolahan Perikanan Indonesia*, 25(1), 152-162
- Kitessa, D. A. (2024). Review on effect of fermentation on physicochemical properties, antinutritional factors and sensory properties of cereal-based fermented foods and beverages. *Annals of Microbiology*, 74 (32), 1-8
- 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 Journal*, 3(2), 69-77
- Li, M., Lv, R., Ou, W., Chen, S., Zhou, H., Hou, G., & Zi, X. (2024). The potential of co-fermentation of whole-plant cassava with *piper sarmentosum*: a comprehensive study of fermentation quality, antioxidant activity, bacterial community structure, and microbial ecological networks in novel foods. *Foods*, 13(13), 1-19
- Marco, M. L., Heeney, D., Binda, S., Cifelli, C. J., Cotter, P. D., Foligné, B., Gänzle, M., Kort, R., Pasin, G., Pihlanto, A., Smid, E. J., Hutkins, R., & Watzl, B. (2021). Health benefits of fermented foods: Microbiota and beyond. *Annual Review of Food Science and Technology*, 12, 13–37.
- Seveline, S., Hedyana, R., & Kurniawati, S. (2020). The use of three species of lactic acid bacteria in the MOCAF (modified cassava flour) production. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 9(3), 163–172
- Syarifuddin, A., Wijayatri, R., Kurniawan, I. F. & Agusta, H. F. (2022). Penentuan kurva pertumbuhan dan aktivitas antibakteri dari isolat ekstrak etil asetat bakteri (Te.325) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*. 2(2), 252-258
- Tamang, J. P., Cotter, P. D., Endo, A., Han, N. S., Kort, R., Liu, S. Q., Mayo, B., Westerik, N., & Hutkins, R. (2023). Fermented foods in a global age: East meets West. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1198305
- Tamang, J.P., & Kailasapathy, K. (2010). *Fermented food and beverages of the world*. CRC Press.
- Tuzzahra, N., & Mustakim, M. (2024). Identifikasi dan karakterisasi mikroba pada tape singkong sebagai produk fermentasi tradisional. *Algoritma: Jurnal Sains*, 4(1), 12–18
- Westphal, K. R., Heidelberg, S., Zeuner, E. J., Riisgaard-Jensen, M., Nielsen, M. E., Vestergaard, S. Z., Zacho, S., Bekker, N. S., Skovmark, J., Olesen, C.K., Thomsen, K. H., Niebling, S. K., Sørensen, J. L., & Søndergaard, T. E. (2021). The effects of different potato dextrose agar media on secondary metabolite production in *Fusarium*. *International Journal of Food Microbiology*, 347,1-5
- Wulandari, F., Nazaruddin, N., & Amaro, M. (2021). Pengaruh jenis bakteri asam laktat dan lama fermentasi terhadap mutu fisika, kimia, organoleptik dan mikrobiologi tepung MOCAF. *Prosiding SAINTEK*, 3, 169–181
- Yulia, R., & Arman, D. (2023). Tapai sebagai salah satu kandidat pangan fungsional berbasis fermentasi. *Jurnal Kesehatan Saintika Meditory*, 6(1), 10–18