Available online: journal.ipb.ac.id/index.php/jphpi This work is licensed under CC BY 4.0.

# APLIKASI LARUTAN FERMENTASI KULIT PISANG CAVENDISH DAN CUKA TERHADAP MASA SIMPAN FILET NILA MERAH

**Luthfiah Al Afifah*, Evi Liviawaty, Emma Rochima, Junianto, Kiki Haetami, Eri Bachtiar**
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran
Jalan Raya Bandung-Sumedang, Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat Indonesia 45363

Diterima: 29 Januari 2026/Disetujui: 19 Juni 2026
*Korespondensi: luthfiahalafifah12@gmail.com

**Cara sitasi (APA Style 7th)**: Afifah, L. A., Liviawaty, E., Rochima, E., Junianto, Haetami, K., & Bachtiar, E. (2026). Aplikasi larutan fermentasi kulit pisang Cavendish dan cuka terhadap masa simpan filet nila merah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia,* 29(10), 945-964. http://dx.doi.org/10.17844/jbem6z56

**Abstrak**

Filet nila merah merupakan produk perikanan bernilai ekonomi tinggi namun bersifat mudah rusak akibat aktivitas mikrobiologis selama penyimpanan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi larutan fermentasi kulit pisang Cavendish dengan penambahan cuka 1,5% yang optimal sebagai pengawet alami untuk memperpanjang masa simpan filet nila merah pada suhu rendah. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan perlakuan perendaman larutan fermentasi kulit pisang Cavendish 20%, 30%, dan 40% (b/v) serta kontrol tanpa perlakuan. Parameter yang diamati meliputi *total plate count* (TPC), total bakteri asam laktat (BAL), dan pH selama penyimpanan suhu rendah. Data dianalisis menggunakan *aligned rank transform analysis of variance* (ART-ANOVA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan, lama penyimpanan, serta interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata ($p$<0,001) terhadap nilai TPC, total BAL, dan pH filet nila merah. Perlakuan larutan fermentasi kulit pisang Cavendish 20% menunjukkan efektivitas terbaik dalam menghambat pertumbuhan mikrob pembusuk, mempertahankan dominasi BAL, serta menunda kenaikan pH sehingga mampu memperpanjang masa simpan filet nila merah hingga hari ke-11. Berdasarkan hasil tersebut, larutan fermentasi kulit pisang Cavendish 20% dengan penambahan cuka 1,5% berpotensi digunakan sebagai metode pengawetan alami, aman, dan berkelanjutan untuk produk filet nila merah.

Kata kunci: bakteri asam laktat, kualitas filet ikan, pengawet alami, pH, total mikrob

## Application of Fermented Cavendish Banana Peel Solution and Vinegar on the Shelf Life of Red Tilapia Fillets During Low-Temperature Storage

**Abstract**

Red tilapia fillets are fishery products with high economic value but are highly perishable due to microbiological activity during storage. This study aimed to determine the optimal amount of Cavendish banana peel substrate in a fermented solution with the addition of 1.5% vinegar as a natural preservative to extend the shelf life of red tilapia fillets under low-temperature storage. The study was conducted experimentally using a completely ran-domized design with immersion treatments in fermented Cavendish banana peel solutions at levels of 20%, 30%, and 40%, along with an untreated control. The observed parameters included total plate count (TPC), total lactic acid bacteria (LAB), and pH during refrigerated storage. Data were analyzed using Aligned Rank Transform Analysis of Variance (ART-ANOVA). The results showed that treatment, storage duration, and their interaction had a highly significant effect ($p$<0.001) on TPC, total LAB, and

http://dx.doi.org/10.17844/jbem6z56

pH values of red tilapia fillets. The fermented Cavendish banana peel solution at 20% showed the highest effectiveness in inhibiting spoilage mi-croorganisms, maintaining LAB dominance, and delaying pH increase, thereby extending the shelf life of red tilapia fillets up to 11 days. Based on these results, the fermented Cavendish banana peel solution at 20% with the addition of 1.5% vinegar has potential as a natural, safe, and sustainable preservation method for red tilapia fillet products.

Keywords: fish fillet quality, lactic acid bacteria, natural preservative, pH, total microbial count

## PENDAHULUAN

Indonesia berpotensi besar dalam sektor perikanan, baik perikanan tangkap maupun budi daya. Komoditas unggulan budi daya salah satunya adalah ikan nila yang memiliki prospek pengembangan untuk memenuhi kebutuhan domestik dan ekspor. Produksi ikan nila di Indonesia menunjukkan peningkatan selama lima tahun terakhir, yaitu sebesar 1,17 juta ton pada 2020; 1,30 juta ton pada 2021; 1,36 juta ton pada 2022; 1,37 juta ton pada 2023; dan mencapai 1,38 juta ton pada 2024 (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2024). Peningkatan produksi tersebut menunjukkan pentingnya pengembangan teknologi pascapanen untuk mempertahankan mutu dan meningkatkan nilai tambah ikan nila. Produk yang berpotensi dikembangkan adalah filet nila merah karena memiliki daging tebal, sedikit duri, warna daging yang menarik, serta praktis dalam pengolahan dan konsumsi (Fajrih *et al*., 2019; Ibrahim *et al*., 2023; Regalado *et al*., 2024).

Filet nila merah memiliki kelemahan berupa sifat mudah rusak (*perishable*). Proses pembuatan filet menghilangkan sebagian perlindungan alami ikan sehingga jaringan daging lebih mudah terpapar mikroorganisme dan mengalami kemunduran mutu (Afrianto dan Liviawati, 2010). Kemunduran mutu dapat menurunkan kualitas sensoris, keamanan, masa simpan, dan nilai ekonomi produk. Pendinginan merupakan metode pengawetan yang umum digunakan karena mampu memperlambat aktivitas enzimatik dan mikrobiologis, tetapi belum sepenuhnya menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang mampu hidup pada suhu rendah serta reaksi biokimia selama penyimpanan (Asiah *et al*., 2020; Nusaibah *et al*., 2020). Penggunaan pengawet kimia, yaitu benzoat, nitrit, nitrat, dan sorbat menimbulkan kekhawatiran terhadap keamanan dan penerimaan konsumen (Davidson *et al*., 2020). Alternatif pengawetan yang efektif, aman, dan ramah lingkungan diperlukan untuk mengatasi kekhawatiran tersebut.

Alternatif yang dapat dikembangkan adalah pengawetan biologis melalui fermentasi asam laktat. Bakteri asam laktat (BAL) memanfaatkan karbohidrat sebagai sumber energi dan menghasilkan asam laktat yang dapat menurunkan pH serta menghambat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk (Rasmito *et al*., 2019; Fachrial, 2022; Maulinasari *et al*., 2024). Keberhasilan fermentasi dipengaruhi oleh pH, suhu, oksigen, dan ketersediaan substrat (Ferdaus *et al*., 2017 dan Yuda *et al*., 2018). Pemilihan substrat yang kaya karbohidrat menjadi salah satu faktor penting untuk mendukung aktivitas BAL dan pembentukan metabolit hasil fermentasi.

Kulit pisang Cavendish (*Musa cavendish*) berpotensi digunakan sebagai substrat fermentasi karena memiliki kandungan karbohidrat sekitar 57,13%, lebih tinggi dibandingkan kulit pisang kepok sebesar 13,46% dan kulit pisang raja sebesar 11,82% (Badilla *et al*., 2022; Safitrah *et al*., 2017; Hassan *et al*., 2018). Pemanfaatan kulit pisang juga memiliki nilai lingkungan karena produksi pisang Indonesia mencapai sekitar 8,74 juta ton pada 2021 dan sekitar 40% bobot buah berupa kulit yang berpotensi menjadi limbah (Badan Pusat Statistik, 2021). Pemanfaatan kulit pisang Cavendish sebagai substrat fermentasi dapat mengubah limbah organik menjadi bahan yang bernilai guna serta mendukung pengembangan pengawet alami.

Penambahan cuka dalam fermentasi kulit pisang Cavendish berperan dalam menciptakan kondisi asam yang mendukung pertumbuhan BAL dan menekan mikroorganisme yang tidak diinginkan (Dewi,

This work is licensed under CC BY 4.0.

2018; Maske *et al*., 2024). Kombinasi substrat kaya karbohidrat dari kulit pisang dan kondisi asam tersebut berpotensi menghasilkan metabolit fermentasi, terutama asam organik, yang dapat meningkatkan aktivitas penghambatan terhadap mikroorganisme pembusuk. Pendekatan ini memiliki keunggulan dibandingkan penggunaan bahan alami secara langsung karena memanfaatkan proses fermentasi untuk menghasilkan senyawa yang berpotensi memberikan efek antimikrob, sekaligus memanfaatkan limbah organik sebagai bahan baku pengawet.

Penelitian Afifah (2024) menunjukkan bahwa fermentasi kulit pisang Cavendish sebanyak 150 g (30%) dengan penambahan cuka 1,5% mampu memperpanjang masa simpan filet nila merah hingga hari ke-11 pada suhu rendah. Hasil tersebut menunjukkan potensi fermentasi kulit pisang Cavendish sebagai pengawet alami. Penelitian tersebut masih berfokus pada penentuan konsentrasi cuka dan belum mengevaluasi pengaruh variasi konsentrasi larutan fermentasi kulit pisang Cavendish terhadap efektivitas pengawetan filet nila merah. Konsentrasi larutan fermentasi dapat memengaruhi ketersediaan substrat, aktivitas BAL, tingkat keasaman, serta jumlah metabolit yang dihasilkan selama fermentasi.

Berdasarkan *research gap* tersebut, penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian Afifah (2024). Penelitian sebelumnya telah menentukan penambahan cuka 1,5% sebagai kondisi terbaik, sedangkan penelitian ini melanjutkan tahap optimasi dengan mengevaluasi variasi konsentrasi larutan fermentasi kulit pisang Cavendish menggunakan cuka 1,5%. Variasi konsentrasi tersebut diharapkan dapat menentukan kondisi yang paling efektif dalam mempertahankan mutu filet nila merah selama penyimpanan suhu rendah. *Roadmap* penelitian mencakup penentuan konsentrasi cuka, optimasi konsentrasi larutan fermentasi, dan penentuan kondisi pengawetan yang paling efektif.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi optimal larutan fermentasi kulit pisang Cavendish dengan penambahan cuka 1,5% sebagai pengawet alami dalam memperpanjang masa simpan filet nila merah pada suhu rendah. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif metode pengawetan biologis yang lebih alami dan ramah lingkungan serta meningkatkan pemanfaatan limbah kulit pisang menjadi bahan bernilai tambah.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan tiga ulangan. Perlakuan yang diberikan, yaitu filet nila merah kontrol, filet nila merah yang direndam pada larutan fermentasi kulit pisang Cavendish 20%, 30%, dan 40% (b/v), masing-masing dengan penambahan cuka 1,5% (v/b). Konsentrasi 20%, 30%, dan 40% dipilih berdasarkan penelitian Afifah (2024), dengan 30% sebagai konsentrasi yang menunjukkan hasil terbaik. Konsentrasi 20% dan 40% digunakan sebagai variasi di bawah dan di atas 30% untuk melihat pengaruh perbedaan konsentrasi terhadap filet nila merah. Pengujian dilakukan pada hari ke-1, 4, 8, 9, 10, 11, dan 12 untuk filet yang direndam menggunakan larutan fermentasi kulit pisang Cavendish dan cuka. Pengamatan pada hari ke-1, 4, 6, 7, 8, 9 untuk filet nila tanpa perendaman fermentasi kulit pisang Cavendish dan cuka sebagai kontrol. Pengamatan dibatasi sampai hari ke-12 karena mengacu pada hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan masa simpan filet hingga sekitar hari ke-11. Hari ke-2 dan ke-3 dilewati karena pengamatan difokuskan pada interval tertentu untuk melihat perubahan kualitas hingga batas masa simpan.

### Pembuatan Larutan Fermentasi Kulit Pisang Cavendish

Bahan untuk pembuatan larutan fermentasi terdiri atas kulit pisang yang diperoleh dari Blitar, Jawa Timur, cuka makanan (*food grade acetic acid*) 25%, dan akuades yang digunakan sebagai pelarut dalam pembuatan larutan fermentasi. Kulit pisang Cavendish matang konsumsi (*ripeness stage* 6–7) dipotong dengan ukuran ±5 mm (Ulinnuha 2018), dicuci menggunakan air mengalir, dan ditiriskan. Kulit pisang kemudian ditimbang masing-masing 100, 150, dan 200 g (berat basah) menggunakan

http://dx.doi.org/10.17844/jbem6z56

Table 1 Formulation of Cavendish banana peel fermentation
Tabel 1 Formulasi fermentasi kulit pisang Cavendish

| Banana peel fermentation solution concentration (%) | Cavendish banana peel (g) | Vinegar (mL) | Water (mL) |
|---|---|---|---|
| 20 | 100 | 1.50 | 500 |
| 30 | 150 | 2.25 | 500 |
| 40 | 200 | 3.00 | 500 |

timbangan digital (Sonic SSA, kapasitas 1.000 g × 0,01 g). Akuades steril dimasukkan ke dalam stoples kaca berukuran 750 mL sebanyak 500 mL, kemudian ditambahkan larutan stok cuka berkonsentrasi 1,5% (v/v) sebanyak 1,5% (v/b) terhadap berat kulit pisang yang digunakan (Salsabila *et al.,* 2024). Larutan stok cuka 1,5% (v/v) diperoleh melalui proses pengenceran. Campuran dihomogenkan menggunakan sendok stainless steel. Kulit pisang dimasukkan ke dalam stoples, dilakukan pengukuran pH awal menggunakan pH meter digital, kemudian stoples ditutup dan dilapisi plastik wrap. Fermentasi dilakukan secara spontan selama 5 hari pada suhu ruang (25–30°C).

## Isolasi dan Identifikasi Bakteri Asam Laktat

Bahan yang digunakan untuk isolasi bakteri adalah media de Man Rogosa Sharpe Agar (MRS Agar), alkohol 70%, jarum ose, dan *glass bacterial cell spreader*. Bahan yang digunakan untuk identifikasi bakteri meliputi kristal violet, iodin, safranin, dan metanol untuk pewarnaan gram, *malachite green* untuk uji spora, $H_2O_2$ untuk uji katalase, spirtus sebagai bahan bakar bunsen, media Motility Indole Urea (MIU) untuk pengujian motilitas dan indol, media Kligler Iron Agar (KIA) untuk pengujian fermentasi gula, pembentukan gas, dan $H_2S$, serta reagen Kovacs untuk pengujian indol. Isolat BAL diamati secara makroskopis berdasarkan bentuk, warna, dan permukaan koloni (Prastujati *et al.,* 2022).

Prosedur pewarnaan gram pada penelitian ini berdasarkan penelitian Prastujati *et al.* (2022) menggunakan kristal violet, iodin, alkohol, dan safranin. Prosedur pengujian katalase pada penelitian ini berdasarkan penelitian (Canrika *et al.,* 2024) dengan penambahan $H_2O_2$ 3%. Uji spora dilakukan menggunakan metode Schaeffer–Fulton dengan *malachite green* dan safranin. Identifikasi biokimia meliputi uji fermentasi gula dan $H_2S$ menggunakan Kligler Iron Agar (KIA) mengacu pada Suhandayati *et al.* (2024), serta uji motilitas dan indol menggunakan media MIU dan reagen Kovacs mengacu pada Irdawati *et al.* (2018).

## Penanganan Ikan dan Pemfiletan Nila Merah

Bahan yang digunakan untuk penanganan dan pembuatan filet nila merah terdiri atas ikan nila merah dengan bobot ±350–500 g/ekor yang diperoleh dari PT-PUI Nanofinder, es curai, dan air bersih. Ikan diaklimatisasi selama 24 jam dalam bak fiber glass (1 $m^3$) dengan aerasi (Santoso, 2017). Ikan kemudian dimatikan menggunakan metode suhu dingin dengan es curai, dibersihkan sisiknya, dicuci, dan difilet menggunakan pisau filet pada suhu ruang 19–21°C (Liviawaty, 1999). Filet nila merah yang digunakan berupa single fillet yang diambil dari satu sisi tubuh ikan. Filet dipotong memanjang mengikuti bentuk tubuh ikan dengan ketebalan sekitar 0,5–1 cm dan ukuran relatif seragam pada setiap perlakuan.

## Perendaman dan Penyimpanan Filet

Filet nila merah direndam dalam larutan fermentasi kulit pisang Cavendish (20%, 30%, dan 40%) selama 30 menit pada suhu 5±1°C di dalam refrigerator (Nisah *et al.,* 2021). Filet kontrol tidak dilakukan perendaman. Setelah perendaman, filet

This work is licensed under CC BY 4.0.

ditiriskan, dikemas menggunakan piring mika (19×12 cm), *absorbent pads*, dan *cling wrap*, kemudian disimpan pada suhu 5–10°C.

## Uji pH

Bahan yang digunakan untuk uji pH meliputi bufer standar pH 4 dan pH 7, alkohol 70%, dan akuades. Pengukuran pH dilakukan pada filet nila merah untuk mengetahui tingkat keasaman hasil fermentasi serta perubahan kimiawi filet selama penyimpanan. Sebelum pengukuran, pH meter dikalibrasi menggunakan metode dua titik dengan larutan bufer pH 7,01 dan pH 4,01 untuk menjamin keakuratan hasil pengukuran (Devirizanty *et al.,* 2021). Pengukuran pH filet nila merah dilakukan dengan cara menimbang 1 g sampel, menghancurkannya hingga halus, mencampurkannya dengan 9 mL akuades, kemudian mengukur pH homogenat menggunakan pH meter terkalibrasi (Widiani, 2011).

## Uji Total Plate Count (TPC)

Bahan yang digunakan untuk uji *total plate count* (TPC) meliputi Nutrient Agar (NA), alkohol 70%, larutan NaCl fisiologis 0,85%. *Total plate count* (TPC) merupakan metode yang digunakan untuk memperkirakan jumlah total mikroorganisme, meliputi bakteri, kapang, dan ragi, dalam suatu bahan pangan (Arifan *et al.,* 2019). Pengujian TPC dilakukan menggunakan metode hitungan cawan berdasarkan SNI 2332.3:2015 yang dimodifikasi, dengan proses inkubasi pada suhu 35°C selama 48 jam. Sampel sebanyak 1 g diencerkan secara bertingkat menggunakan larutan NaCl fisiologis hingga pengenceran yang sesuai, kemudian masing-masing pengenceran ditanam secara duplo pada media *nutrient agar*. Setelah inkubasi, koloni yang tumbuh dihitung menggunakan *colony counter* dengan memilih cawan yang memiliki jumlah koloni antara 25–250 koloni.

## Uji Total Bakteri Asam Laktat (BAL)

Bahan yang digunakan untuk uji total bakteri asam laktat (BAL) meliputi deMan Rogosa and Sharpe Agar (MRSA), alkohol 70%, larutan NaCl fisiologis 0,85%. Pengujian total bakteri asam laktat (BAL) dilakukan untuk mengetahui jumlah BAL pada hasil fermentasi dan filet nila merah. Pengujian dilakukan menggunakan media deMan Rogosa and Sharpe Agar (MRSA) berdasarkan metode Dewi *et al.* (2022) yang dimodifikasi. Sampel sebanyak 1 g diencerkan secara bertingkat menggunakan larutan NaCl fisiologis, kemudian masing-masing pengenceran ditanam secara duplo pada media MRSA. Cawan petri yang telah berisi media dan sampel diinkubasi dalam posisi terbalik pada suhu 37°C selama 48 jam (Nugroho *et al.,* 2023).

## Uji Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan untuk menilai perubahan mutu filet ikan nila merah selama penyimpanan berdasarkan pengamatan indra manusia. Penilaian meliputi parameter ketampakan, lendir, aroma, dan tekstur dengan mengacu pada lembar penilaian organoleptik. Pengujian dilakukan menggunakan 5 panelis yang telah memahami karakteristik mutu ikan segar dan prosedur penilaian organoleptik. Penilaian mengacu pada karakteristik mutu ikan segar menggunakan kuesioner Liviawaty (1999), meliputi parameter ketampakan, lendir, aroma, dan tekstur. Setiap parameter dinilai menggunakan skala 1–9, dengan nilai 1 menunjukkan mutu terendah dan nilai 9 menunjukkan mutu terbaik. Batas penerimaan filet ikan ditetapkan pada nilai minimum 5, mengacu pada persyaratan mutu organoleptik filet ikan segar selama penyimpanan suhu rendah (Insani *et al*. 2021).

## Analisis Data

Data identifikasi bakteri asam laktat dianalisis secara deskriptif. Data hasil pengamatan pH, *total plate count* (TPC), dan total bakteri asam laktat (BAL) dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan larutan fermentasi kulit pisang Cavendish terhadap mutu filet nila merah. Apabila hasil ANOVA menunjukkan pengaruh yang nyata ($p<0,05$), analisis dilanjutkan dengan uji Tukey untuk mengetahui perbedaan nyata antarperlakuan.

Analisis statistik dilakukan dengan

http://dx.doi.org/10.17844/jbem6z56

bantuan perangkat lunak R Studio. Data organoleptik yang meliputi ketampakan, lendir, tekstur, dan aroma dianalisis menggunakan non-parametrik, yaitu menggunakan uji Friedman untuk mengetahui tingkat kesukaan panelis terhadap karakteristik organoleptik. Menurut Daniel (1989) apabila pengujian Friedman menunjukkan hasil yang signifikan, maka dilakukan uji lanjutan, yaitu perbandingan ganda (multiple comparison) untuk mengetahui perbedaan setiap perlakuan yang dilakukan menggunakan metode bayes dengan mempertimbangkan bobot kriteria dan nilai median.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

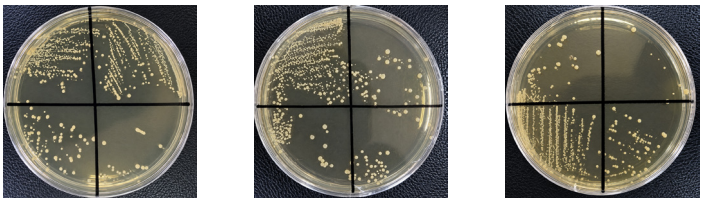
### Identifikasi Bakteri Asam Laktat (BAL)

Identifikasi BAL dilakukan untuk memastikan bahwa mikroorganisme yang tumbuh selama fermentasi kulit pisang Cavendish ditambah konsentrasi cuka 1,5% merupakan bakteri asam laktat. Identifikasi BAL dilakukan melalui pengamatan morfologi koloni, pewarnaan gram, pewarnaan endospora, uji katalase, uji motilitas, uji indol, uji urea, uji fermentasi gula, uji $H_2S$ dan gas. Seluruh pengujian dilakukan terhadap setiap perlakuan fermentasi kulit pisang Cavendish, yaitu pada konsentrasi 20%, 30%, dan 40% pada hari ke-5 fermentasi.

Berdasarkan hasil identifikasi, isolat bakteri dari fermentasi kulit pisang Cavendish menunjukkan morfologi koloni yang relatif seragam, yaitu berbentuk bulat, berwarna putih kekuningan, dengan permukaan cembung dan tepi rata. Terdapat 48 isolat yang diuji, masing masing 16 isolat dari setiap perlakuan 20%, 30%, dan 40%. Uji katalase menunjukkan bahwa sebagian besar isolat (44 isolat) bersifat katalase negatif, hanya 4 isolat yang katalase positif. Selanjutnya, uji pewarnaan gram menunjukkan dominasi isolat berbentuk batang (basil) gram positif sebanyak 41 isolat, sedangkan 3 isolat lain berbentuk basil gram negatif. Pengujian endospora pada 41 isolat menunjukkan hasil negatif (tidak membentuk spora). Rekapitulasi data identifikasi bakteri berbagai konsentrasi larutan fermentasi kulit pisang Cavendish disajikan pada *Table 2*.

Uji motilitas menunjukkan bahwa semua isolat (41 isolat) yang diuji bersifat non-motil, ditandai dengan pertumbuhan hanya pada bekas tusukan lurus media tanpa penyebaran, sesuai dengan karakteristik umum bakteri asam laktat yang tidak memiliki flagel (Ramadhani, 2024). Seluruh isolat menunjukkan hasil negatif pada uji indol, yang menunjukkan tidak adanya aktivitas enzim triptofanase dalam mendegradasi asam amino triptofan menjadi indol (Mogea *et al.*, 2019). Uji $H_2S$ memperlihatkan bahwa tidak ada isolat yang menghasilkan $H_2S$, ditandai dengan tidak terbentuknya endapan hitam pada media sehingga dapat disimpulkan bahwa isolat tidak memiliki kemampuan mendegradasi senyawa sulfur (Chusniasih *et al.,* 2023).

Hasil uji fermentasi gula menunjukkan bahwa semua isolat (41 isolat) mampu memfermentasi gula, ditandai dengan adanya perubahan warna pada media (Pohan *et al.,* 2024). Namun, pada uji produksi gas, seluruh isolat menunjukkan hasil negatif, yang mengindikasikan bahwa



(A) (B) (C)

Figure 1 Morphology of bacterial colonies isolated from Cavendish banana peel fermentation at various solution concentrations: (A) 20%, (B) 30%, and (C) 40%.

Gambar 1 Morfologi koloni bakteri hasil isolasi fermentasi kulit pisang Cavendish pada berbagai variasi konsentrasi larutan: (A) 20%, (B) 30%, dan (C) 40%.

This work is licensed under CC BY 4.0.

Table 2 Summary of bacterial identification data
Tabel 2 Rekapitulasi data identifikasi bakteri

| Test | Positive characteristics | Negative characteristics | Number of positive isolates | | | Number of negative isolates | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 20% | 30% | 40% | 20% | 30% | 40% |
| Colony morphology | Round, milky white/yellowish-white, convex surface, smooth edges, and entire margin | – | 16 | 16 | 16 | - | - | - |
| Catalase | Bubbles present | No bubbles | 1 | 1 | 2 | 15 | 15 | 14 |
| Gram stain | Purple (Gram-positive) | Red (Gram-negative) | 14 | 14 | 13 | 1 | 1 | 1 |
| Endospore | Green (spores present) | Red (vegetative) | 0 | 0 | 0 | 14 | 14 | 13 |
| Motility | Spreading growth (motile, flagella present) | Growth along the stab line (non-motile) | - | - | - | 14 | 14 | 13 |
| Indole | Red ring (indole-positive) | No change / orange ring (indole-negative) | - | - | - | 14 | 14 | 13 |
| Urea | Medium turns pink | No color change in the medium | - | - | - | 14 | 14 | 13 |
| $H_2S$ | Black (FeS present) | No change | - | - | - | 14 | 14 | 13 |
| Gas | Cracks/lifting of the medium | No change | - | - | - | 14 | 14 | 13 |
| Sugar fermentation | Color change | No color change | 14 | 14 | 13 | - | - | - |

bakteri tersebut termasuk kelompok BAL homofermentatif yang hanya menghasilkan asam laktat sebagai produk utama fermentasi tanpa disertai pembentukan gas (Amanda *et al.,* 2025). Dengan demikian, sebanyak 41 isolat terkonfirmasi sebagai Bakteri Asam Laktat (BAL) dengan ciri khas Gram positif, katalase negatif, non-motil, tidak membentuk endospora, serta fermentatif gula tanpa menghasilkan gas.

Tujuh isolat lainnya tidak termasuk kelompok BAL karena menunjukkan sifat katalase positif dan Gram negatif. Berdasarkan karakteristik tersebut, bakteri yang diisolasi teridentifikasi sebagai *Lactobacillus* sp. berdasarkan karakter kunci pada *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Setelah identifikasi bakteri asam laktat (BAL) pada larutan fermentasi kulit pisang Cavendish dengan variasi konsentrasi 20%, 30%, dan

http://dx.doi.org/10.17844/jbem6z56

40%, dilakukan aplikasi larutan fermentasi tersebut pada filet nila merah, selanjutnya diamati parameter *Total plate count* (TPC), total BAL, dan pH.

## *Total Plate Count* (TPC) Filet Nila Merah

Jumlah total bakteri pada filet nila merah selama penyimpanan pada berbagai konsentrasi larutan fermentasi kulit pisang Cavendish disajikan pada *Table* 3. Nilai TPC meningkat selama penyimpanan pada seluruh perlakuan. Pada hari ke-1, nilai TPC berkisar antara $5{,}3\times10^4$ – $1{,}1\times10^5$ CFU/g dan meningkat hingga $2{,}4\times10^7$ – $6{,}9\times10^7$ CFU/g pada hari ke-12 pada perlakuan 20%, 30%, dan 40%.

*Table* 3 menunjukkan adanya perbedaan nilai TPC antarkonsentrasi perlakuan pada beberapa waktu penyimpanan. Hasil analisis *Aligned Rank Transform Analysis of Variance* (ART-ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan, lama penyimpanan, serta interaksi antara keduanya berpengaruh sangat nyata terhadap nilai TPC ($p$<0,001). Interaksi antara perlakuan dan lama penyimpanan menunjukkan nilai F terbesar (F = 1.713,66), diikuti oleh lama penyimpanan (F = 382,38) dan perlakuan (F = 183,39). Hasil uji lanjut menunjukkan adanya perbedaan nyata antarperlakuan pada beberapa waktu penyimpanan, yang ditunjukkan oleh superskrip huruf berbeda pada baris yang sama dalam *Table 3*.

Filet nila merah tanpa perlakuan (kontrol) hanya layak konsumsi hingga hari ke-8 dengan jumlah bakteri $9{,}4\times10^6$ CFU/g. Sementara itu, perlakuan perendaman larutan fermentasi kulit pisang Cavendish mampu memperpanjang masa simpan filet nila merah. Perlakuan 20% dan 30% efektif mempertahankan mutu mikrobiologis hingga hari ke-10 dengan jumlah bakteri masing-masing $8{,}1\times10^6$ CFU/g dan $8{,}7\times10^6$ CFU/g, sedangkan perlakuan 40% hanya mampu memperpanjang masa simpan hingga hari ke-9 dengan jumlah mikrob $6{,}5\times10^6$ CFU/g.

Efektivitas larutan fermentasi kulit pisang Cavendish konsentrasi 20% dan 30% dalam mempertahankan mutu mikrobiologis filet nila merah diduga dipengaruhi oleh kandungan senyawa bioaktif, yaitu flavonoid,

Table 3 Total bacterial count (CFU/g) in red tilapia fillets during storage
Tabel 3 Jumlah total bakteri (CFU/g) filet nila merah selama penyimpanan

| Storage day | Total bacterial count (CFU/g) in fillets soaked in Cavendish banana peel fermentation solution | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Control | 20% | 30% | 40% |
| 1 | $(5.3\pm0.03)\times10^{4\,a}$ | $(9.3\pm0.03)\times10^{4\,b}$ | $(9.9\pm0.03)\times10^{4\,c}$ | $(1.1\pm0.02)\times10^{5\,d}$ |
| 4 | $(9.9\pm0.00)\times10^{4\,a}$ | $(1.2\pm0.00)\times10^{5\,b}$ | $(1.4\pm0.01)\times10^{5\,c}$ | $(7.6\pm0.00)\times10^{5\,d}$ |
| 6 | $(2.6\pm0.03)\times10^5$ | - | - | - |
| 7 | $(2.4\pm0.00)\times10^6$ | - | - | - |
| 8 | **$(9.4\pm0.00)\times10^{6\,d}$** | $(5.5\pm0.03)\times10^{5\,a}$ | $(6.3\pm0.00)\times10^{5\,b}$ | $(2.7\pm0.01)\times10^{6\,c}$ |
| 9 | $(2.6\pm0.03)\times10^{7\,d}$ | $(2.4\pm0.01)\times10^{6\,a}$ | $(3.1\pm0.02)\times10^{6\,b}$ | **$(6.5\pm0.03)\times10^{6\,c}$** |
| 10 | - | **$(8.1\pm0.00)\times10^{6\,a}$** | **$(8.7\pm0.03)\times10^{6\,b}$** | $(1.7\pm0.01)\times10^{7\,c}$ |
| 11 | - | $(1.3\pm0.01)\times10^{7\,a}$ | $(1.5\pm0.01)\times10^{7\,b}$ | $(2.1\pm0.03)\times10^{7\,c}$ |
| 12 | - | $(2.4\pm0.01)\times10^{7\,a}$ | $(3.1\pm0.01)\times10^{7\,b}$ | $(6.9\pm0.03)\times10^{7\,c}$ |

*Values are presented as mean ± standard deviation. Means in the same row followed by different superscript lowercase letters indicate significant differences ($p$<0.05). Bold values indicate that the total bacterial count has exceeded the maximum limit of microbial contamination according to SNI ($10^6$ CFU/g). —: Testing not performed.

This work is licensed under CC BY 4.0.

fenol, tanin, saponin, dan terpenoid yang memiliki aktivitas antibakteri. Senyawa-senyawa tersebut mampu menghambat pertumbuhan bakteri melalui kerusakan membran sel, gangguan permeabilitas sel, serta penghambatan aktivitas enzim mikrob (Safari *et al.* 2022). Hal ini mengindikasikan bahwa efektivitas penghambatan pertumbuhan bakteri dipengaruhi oleh jumlah substrat fermentasi yang digunakan. Perubahan nilai TPC filet nila merah selama penyimpanan pada berbagai konsentrasi larutan fermentasi kulit pisang Cavendish ditunjukkan pada *Figure 2*.

*Figure 2* menunjukkan peningkatan jumlah total bakteri pada seluruh perlakuan selama penyimpanan. Perlakuan dengan larutan fermentasi menunjukkan peningkatan TPC yang lebih lambat dibandingkan kontrol pada periode awal hingga pertengahan penyimpanan. Perlakuan 20% menunjukkan nilai TPC terendah pada hari ke-8 dan ke-9 dibandingkan perlakuan lainnya, sedangkan perlakuan 40% menunjukkan peningkatan TPC yang lebih tinggi pada periode penyimpanan tersebut.

Jumlah mikrob yang melebihi $10^6$ CFU/g tidak serta-merta menunjukkan bahwa filet nila merah tidak layak konsumsi. Penentuan kelayakan konsumsi perlu dikaitkan dengan parameter lain, misalnya dominasi bakteri asam laktat (BAL) dan nilai pH. Maharani *et al.* (2025) melaporkan bahwa filet nila merah yang direndam larutan fermentasi kulit singkong masih memiliki pH relatif netral (6,70) dan aroma yang dapat diterima panelis meskipun jumlah bakteri mencapai $3{,}3\times10^7$ CFU/g. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Luther (2025), yang menemukan jumlah bakteri hingga $2{,}2\times10^8$ CFU/g pada hari ke-11, namun pH filet tetap cenderung asam (6,60) dan mikrob yang tumbuh didominasi oleh BAL karena penggunaan media Nutrient Agar yang bersifat nonselektif.

Fermentasi kulit pisang Cavendish menghasilkan lingkungan asam dengan pH berkisar 3,8–4,5, yang mendukung pertumbuhan optimal BAL pada pH 4–5 (Salsabila *et al.,* 2024). BAL berperan penting dalam menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk melalui produksi asam organik, terutama asam laktat, yang menurunkan pH lingkungan sehingga tidak menguntungkan bagi bakteri pembusuk (Nadia *et al.,* 2020). Selain itu, BAL juga menghasilkan senyawa antimikrob, yaitu hidrogen peroksida, diasetil, karbon dioksida, dan bakteriosin (Suryaningsih *et al.,* 2019). Bakteriosin bekerja secara bakterisidal dengan merusak membran sel bakteri target, menyebabkan kebocoran komponen sel dan akhirnya kematian sel (Fadila *et al.,* 2022; Manna & Rottick, 2023).

Perlakuan 20% menunjukkan efektivitas tertinggi dalam menekan pertumbuhan total bakteri. Hal ini diduga karena konsentrasi substrat berada pada titik optimum sehingga

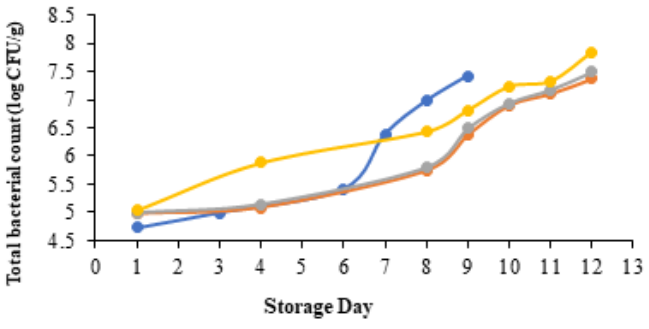



Figure 2 Changes in total bacterial count (log CFU/g) of red tilapia fillets during storage soaked in Cavendish banana peel fermentation solution: 0% (—●—), 20% (—●—), 30% (—●—), and 40% (—●—).

Gambar 2 Perubahan jumlah total bakteri (log CFU/g) filet nila merah selama penyimpanan yang yang direndam dalam larutan fermentasi kulit pisang Cavendish: 0% (—●—), 20% (—●—), 30% (—●—), dan 40% (—●—).

http://dx.doi.org/10.17844/jbem6z56

BAL dapat memetabolisme substrat secara efisien dan menghasilkan senyawa antimikrob dalam jumlah yang memadai. Pada konsentrasi substrat yang terlalu tinggi, yaitu perlakuan 40%, efisiensi metabolisme BAL cenderung menurun sehingga daya hambat terhadap bakteri pembusuk tidak optimal. Kondisi ini sejalan dengan pernyataan Abdullah & Amalia (2022) yang menyebutkan bahwa peningkatan konsentrasi substrat hanya efektif hingga titik tertentu setelah itu daya hambat mikrob dapat menurun.

## Jumlah Bakteri Asam Laktat Filet Nila Merah

Bakteri Asam Laktat (BAL) merupakan salah satu mikroorganisme penting yang banyak dimanfaatkan dalam pengolahan pangan karena kemampuannya memperbaiki cita rasa melalui proses fermentasi serta berperan dalam pengawetan dengan menghambat pertumbuhan bakteri patogen (Dwinianti *et al.* 2025; Raj *et al.* 2022). Jumlah total bakteri pada filet nila merah selama penyimpanan pada berbagai konsentrasi larutan fermentasi kulit pisang Cavendish disajikan pada *Table 4.*

Jumlah BAL pada perlakuan kontrol tidak terdeteksi selama periode pengamatan. Jumlah BAL pada perlakuan 20%, 30%, dan 40% menunjukkan peningkatan selama penyimpanan hingga mencapai nilai tertinggi pada hari ke-10, kemudian mengalami penurunan pada waktu pengamatan berikutnya. Pada perlakuan 20%, jumlah BAL meningkat dari $5{,}5\times10^4$ CFU/g pada hari ke-1 menjadi $6{,}9\times10^6$ CFU/g pada hari ke-10, kemudian menurun menjadi $5{,}1\times10^6$ CFU/g pada hari ke-12. Perlakuan 30% menunjukkan peningkatan dari $5{,}9\times10^4$ CFU/g pada hari ke-1 menjadi $7{,}7\times10^6$ CFU/g pada hari ke-10, kemudian menurun menjadi $5{,}7\times10^6$ CFU/g pada hari ke-12. Perlakuan 40% menunjukkan peningkatan jumlah BAL dari $6{,}3\times10^4$ CFU/g pada hari ke-1 menjadi $9{,}2\times10^6$ CFU/g pada hari ke-10, kemudian menurun menjadi $5{,}4\times10^6$ CFU/g pada hari ke-12.

Hasil analisis *Aligned Rank Transform Analysis of Variance* (ART-ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan, lama penyimpanan, dan interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata terhadap jumlah BAL ($p<0{,}0001$). Hasil uji lanjut *emmeans* menunjukkan adanya perbedaan nyata

Table 4 Total lactic acid bacteria count (CFU/g) in red tilapia fillets during storage
Tabel 4 Jumlah total bakteri asam laktat (CFU/g) filet nila merah selama penyimpanan

| Storage day | Number of bacteria in treatment (CFU/g) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Control | 20% | 30% | 40% |
| 1 | 0 | $(5.5\pm0.03)\times10^{4\,a}$ | $(5.9\pm0.03)\times10^{4\,b}$ | $(6.3\pm0.00)\times10^{4\,c}$ |
| 4 | 0 | $(7.9\pm0.03)\times10^{4\,a}$ | $(8.7\pm0.05)\times10^{4\,b}$ | $(4.9\pm0.03)\times10^{5\,c}$ |
| 6 | 0 | - | - | - |
| 7 | 0 | - | - | - |
| 8 | 0 | $(3.9\pm0.00)\times10^{5\,a}$ | $(4.7\pm0.00)\times10^{5\,b}$ | $(2.2\pm0.01)\times10^{6\,c}$ |
| 9 | 0 | $(2.1\pm0.02)\times10^{6\,a}$ | $(2.6\pm0.02)\times10^{6\,b}$ | **$(4.4\pm0.03)\times10^{6\,c}$** |
| 10 | - | **$(6.9\pm0.03)\times10^{6\,a}$** | **$(7.7\pm0.00)\times10^{6\,b}$** | $(9.2\pm0.03)\times10^{6\,c}$ |
| 11 | - | $(6.7\pm0.00)\times10^{6\,a}$ | $(7.6\pm0.03)\times10^{6\,b}$ | $(7.8\pm0.03)\times10^{6\,c}$ |
| 12 | - | $(5.1\pm0.03)\times10^{6\,a}$ | $(5.7\pm0.00)\times10^{6\,b}$ | $(5.4\pm0.34)\times10^{6\,ab}$ |

*Values are presented as mean ± standard deviation. Means in the same row followed by different superscript lowercase letters indicate significant differences ($p<0.05$). Bold values indicate peak population of lactic acid bacteria during storage. —: Testing not performed.

This work is licensed under CC BY 4.0.

antarkonsentrasi pada beberapa waktu penyimpanan, yang ditunjukkan oleh superskrip huruf berbeda pada baris yang sama dalam *Table 4* ($p$<0,05). Perbedaan jumlah BAL antarkonsentrasi menunjukkan bahwa konsentrasi larutan fermentasi memengaruhi pertumbuhan BAL selama penyimpanan.

Peningkatan jumlah BAL selama penyimpanan menunjukkan bahwa BAL dari larutan fermentasi kulit pisang Cavendish mampu bertahan dan berkembang pada filet nila merah selama penyimpanan suhu rendah. Penurunan jumlah BAL setelah mencapai nilai maksimum diduga berkaitan dengan keterbatasan nutrien dan perubahan kondisi lingkungan selama penyimpanan yang dapat menurunkan viabilitas BAL (Munthe *et al.*, 2025). Perlakuan 20% menunjukkan penurunan jumlah BAL yang relatif lebih kecil setelah mencapai nilai maksimum dibandingkan perlakuan lainnya. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan konsentrasi substrat yang lebih sesuai untuk mempertahankan viabilitas BAL selama penyimpanan. Konsentrasi substrat yang terlalu tinggi, yaitu pada perlakuan 40%, dapat menyebabkan kondisi lingkungan yang kurang mendukung keberlangsungan BAL. Abdullah & Amalia (2022) menyatakan bahwa konsentrasi substrat optimum tidak selalu merupakan konsentrasi tertinggi karena aktivitas mikroorganisme dipengaruhi oleh keseimbangan antara ketersediaan nutrien dan kemampuan mikroorganisme dalam memanfaatkannya.

BAL berperan dalam pengawetan pangan melalui produksi asam organik dan senyawa antimikrob yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk (Dwinianti *et al.*, 2025; Raj *et al.*, 2022). Perbandingan jumlah BAL dengan TPC menunjukkan bahwa BAL merupakan bagian besar dari populasi mikrob yang terdeteksi pada beberapa titik pengamatan. Pada hari ke-11, jumlah BAL pada perlakuan 20% dan 30% masing-masing mencapai $6{,}7\times10^{6}$ dan $7{,}6\times10^{6}$ CFU/g, sedangkan pada perlakuan 40% jumlah BAL mencapai $9{,}2\times10^{6}$ CFU/g pada hari ke-10.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan TPC pada filet yang diberi larutan fermentasi tidak hanya berasal dari mikroorganisme pembusuk, tetapi juga dari pertumbuhan BAL. BAL dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk melalui produksi asam organik, terutama asam laktat, serta senyawa antimikrob, yaitu hidrogen peroksida, diasetil, karbon dioksida, dan bakteriosin (Nadia *et al.*, 2020; Suryaningsih *et al.*, 2019). Bakteriosin dapat menghambat bakteri target melalui kerusakan membran sel dan kebocoran komponen intraseluler yang menyebabkan kematian sel (Fadila *et al.*, 2022; Manna &Rottick, 2023).

## pH Filet Nila Merah

Pengamatan nilai derajat keasaman (pH) dilakukan untuk mengetahui perubahan tingkat keasaman filet nila merah selama penyimpanan. Nilai pH dapat digunakan sebagai salah satu indikator perubahan mutu dan kesegaran ikan karena perubahan pH berkaitan dengan proses biokimia dan aktivitas mikroorganisme selama penyimpanan. Nilai rata-rata pH filet nila merah selama penyimpanan pada berbagai konsentrasi larutan fermentasi kulit pisang Cavendish disajikan pada *Table 5*.

*Table 5* menunjukkan bahwa nilai pH filet nila merah mengalami perubahan selama penyimpanan dan menunjukkan perbedaan antarkonsentrasi perlakuan pada beberapa waktu pengamatan. Nilai pH digunakan sebagai indikator penting kesegaran dan mutu filet nila merah selama penyimpanan. Pada penelitian ini, filet nila merah kontrol masih layak konsumsi hingga hari ke-8 dengan nilai pH 6,70, sedangkan batas maksimal pH filet nila merah tanpa perlakuan dilaporkan berada pada kisaran 6,80. Hasil ini sejalan dengan penelitian Farida *et al.* (2019) dan Santoso (2017) yang melaporkan bahwa filet nila merah tanpa perlakuan hanya mampu mempertahankan mutu hingga hari ke-8 dengan pH masing-masing 6,80 dan 6,85.

Hasil analisis *Aligned Rank Transform Analysis of Variance* (ART-ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan, lama penyimpanan, serta interaksi antara perlakuan dan lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata terhadap nilai pH filet nila merah ($p$<0,001). Hasil uji lanjut Tukey menunjukkan

http://dx.doi.org/10.17844/jbem6z56

Table 5 Average pH values of red tilapia fillets during storage
Tabel 5 Nilai rata-rata pH filet nila merah selama penyimpanan

| Storage day | Red tilapia fillet pH value | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Control | 20% | 30% | 40% |
| 1 | 6.25±0.05$^{c}$ | 5.80±0.05$^{a}$ | 5.85±0.05$^{ab}$ | 5.95±0.05$^{b}$ |
| 4 | 6.10±0.06$^{c}$ | 5.75±0.05$^{a}$ | 5.80±0.05$^{ab}$ | 5.90±0.00$^{b}$ |
| 6 | 6.05±0.06 | - | - | - |
| 7 | 6.30±0.00 | - | - | - |
| 8 | **6.70±0.09$^{c}$** | 5.65±0.00$^{a}$ | 5.75±0.05$^{a}$ | 6.00±0.00$^{b}$ |
| 9 | 7.00±0.06$^{d}$ | 5.60±0.05$^{a}$ | 6.30±0.00$^{b}$ | 6.45±0.05$^{c}$ |
| 10 | - | 6.25±0.00$^{a}$ | 6.45±0.05$^{b}$ | **6.65±0.05$^{c}$** |
| 11 | - | **6.50±0.05$^{a}$** | **6.70±0.05$^{b}$** | 6.95±0.05$^{c}$ |
| 12 | - | 6.90±0.00$^{a}$ | 6.95±0.00$^{b}$ | 7.10±0.00+ |

*Values are presented as mean ± standard deviation. Means in the same row followed by different superscript lowercase letters indicate significant differences ($p$<0.05). Bold values indicate pH reaching or approaching the upper freshness limit for fresh fish (≈ 6.5–6.8). —: Testing not performed.

adanya perbedaan nyata antarkonsentrasi pada beberapa waktu penyimpanan, yang ditunjukkan oleh superskrip huruf berbeda pada baris yang sama dalam *Table* 5 ($p$<0,05). Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi larutan fermentasi memberikan respons pH yang berbeda selama penyimpanan.

Perlakuan perendaman larutan fermentasi kulit pisang Cavendish terbukti mampu menunda kenaikan pH filet nila merah. Perlakuan 20% dan 30% mampu mempertahankan mutu filet hingga hari ke-11, dengan nilai pH berturut-turut 6,50 dan 6,70, sedangkan perlakuan 40% masih layak konsumsi hingga hari ke-10 dengan pH 6,65. Perlakuan 20% menunjukkan efektivitas paling tinggi dalam menahan kenaikan pH, yang mengindikasikan kemampuan lebih baik dalam menghambat aktivitas bakteri pembusuk melalui penciptaan kondisi asam yang lebih stabil.

Secara umum, nilai pH filet nila merah mengalami penurunan pada awal penyimpanan, kemudian meningkat secara fluktuatif seiring bertambahnya waktu simpan. Penurunan pH pada kisaran 5,80–6,05 berkaitan dengan produksi asam laktat, baik akibat metabolisme glikogen menjadi asam laktat maupun aktivitas BAL yang mampu tumbuh pada pH rendah (3,0–6,0) (Buckle *et al*. 1987; Asni *et al*. 2022). Akumulasi asam laktat ini menyebabkan kondisi filet menjadi lebih asam sehingga pertumbuhan bakteri pembusuk dapat ditekan pada fase awal penyimpanan.

Keberadaan BAL berperan dalam mempertahankan suasana asam dan memperpanjang fase rigor mortis pada filet ikan. Perlakuan 20% mampu memperlambat transisi menuju fase pembusukan sehingga kenaikan pH dapat ditunda lebih lama dan masa simpan filet menjadi lebih panjang (Le *et al.,* 2020). Setelah fase asam berakhir, kenaikan pH terjadi akibat habisnya cadangan glikogen dan berhentinya produksi asam laktat, serta meningkatnya aktivitas mikroorganisme pembusuk yang menghasilkan senyawa basa, yaitu amonia dan amina biogenik (Zhou *et al.,* 2011; Asni et al.. 2022; Dangur *et al.,* 2020).

Farida *et al.* (2019) menyatakan bahwa bakteri pembusuk tumbuh optimal

This work is licensed under CC BY 4.0.

pada pH sekitar 6,8 sehingga kenaikan pH setelah fase asam menjadi indikator awal pembusukan. Pada penelitian ini, kenaikan pH pada filet kontrol terjadi lebih cepat (hari ke-7) dibandingkan perlakuan fermentasi kulit pisang Cavendish, khususnya perlakuan 20% yang mampu menunda kenaikan pH hingga hari ke-9. Hal ini menegaskan bahwa makin lama kenaikan pH dapat ditunda, makin panjang masa simpan filet nila merah (An *et al.,* 2023). Dengan demikian, perlakuan fermentasi kulit pisang Cavendish 20% merupakan perlakuan paling efektif dalam mempertahankan kestabilan pH dan memperlambat penurunan mutu filet nila merah selama penyimpanan suhu rendah.

## Organoleptik Filet Nila Merah

### Ketampakan

Ketampakan merupakan salah satu parameter sensori yang penting dalam uji organoleptik karena berhubungan langsung dengan preferensi dan persepsi konsumen terhadap mutu suatu produk pangan. Kondisi daging menjadi indikator utama dalam menentukan tingkat kesegaran dan kelayakan konsumsi ikan (Masengi *et al*., 2021). Nilai median dan rata-rata ketampakan filet nila merah pada hari ke-9 berdasarkan perlakuan perendaman larutan fermentasi kulit pisang selama penyimpanan suhu rendah (5–10°C) disajikan pada *Table 6*.

Berdasarkan *Table* 6, nilai median ketampakan filet nila merah pada hari ke-9 menunjukkan perbedaan antarperlakuan. Perlakuan kontrol (0%) memiliki nilai median terendah, yaitu 3 dengan nilai rata-rata 3,8, sedangkan perlakuan 20% memiliki nilai median tertinggi, yaitu 7 dengan nilai rata-rata 6,6. Perlakuan 30% memiliki nilai median 7 dengan nilai rata-rata 6,2, sedangkan perlakuan 40% memiliki nilai median 5 dengan nilai rata-rata 5,4. Rendahnya nilai ketampakan pada perlakuan kontrol menunjukkan bahwa tanpa penambahan larutan fermentasi, penurunan mutu filet berlangsung lebih cepat selama penyimpanan. Penurunan ketampakan ditandai dengan perubahan warna daging menjadi lebih kusam dan kurang cemerlang. Hidrasi atau pengeluaran air dari ikan selama penyimpanan juga dapat menyebabkan tekstur daging menjadi lebih keras, kusam, dan tampak keriput sehingga menurunkan nilai ketampakan (Naiu *et al.,* 2023).

Rachmawati *et al.* (2024) menyatakan bahwa selama penyimpanan dapat terjadi perubahan fisik dan kimiawi yang menyebabkan penurunan mutu produk perikanan. Penurunan nilai ketampakan juga dapat berkaitan dengan aktivitas mikroorganisme selama penyimpanan. Sun *et al.* (2023) menyatakan bahwa aktivitas mikroorganisme dalam memecah protein dapat menyebabkan perubahan warna daging sehingga permukaannya menjadi kusam dan kurang menarik. Loppies *et al.* (2021) menambahkan bahwa mioglobin merupakan salah satu pigmen utama pada daging yang

Table 6 Summary of organoleptic scores (appearance, mucus, aroma, and texture) of red tilapia fillets on day 9 of storage

Tabel 6 Nilai organoleptik (ketampakan, lendir, aroma, dan tekstur) filet nila merah pada penyimpanan hari ke-9

| Concentration (%) | Appearance | | Mucus | | Aroma | | Texture | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Median | Mean | Median | Mean | Median | Mean | Median | Mean |
| 1 | 3 | 3.80$^{a}$ | 3 | 2.20$^{a}$ | 3 | 2.20$^{a}$ | 3 | 3.80$^{a}$ |
| 4 | 7 | 6.60$^{a}$ | 7 | 6.20$^{ab}$ | 7 | 6.60$^{ab}$ | 7 | 6.60$^{a}$ |
| 6 | 7 | 6.20$^{a}$ | 5 | 5.80$^{ab}$ | 7 | 6.20$^{b}$ | 7 | 6.20$^{a}$ |
| 12 | 5 | 5.40$^{a}$ | 5 | 5.80$^{b}$ | 5 | 5.00$^{b}$ | 5 | 5.00$^{a}$ |

*Values are presented as median and mean (n=5 panelists). Means in the same column followed by different superscript lowercase letters indicate significant differences ($p$<0.05).

http://dx.doi.org/10.17844/jbem6z56

berperan dalam perubahan warna daging ikan selama penyimpanan.

Berdasarkan nilai rata-rata pada hari ke-9, perlakuan 20% menunjukkan nilai ketampakan tertinggi, yaitu 6,6, diikuti perlakuan 30% sebesar 6,2 dan perlakuan 40% sebesar 5,4. Meskipun demikian, seluruh perlakuan memiliki notasi yang sama pada nilai rata-rata sehingga perbedaan tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang nyata secara statistik. Nilai ketampakan yang masih berada pada nilai 5 menunjukkan bahwa filet masih memenuhi batas penerimaan organoleptik. Batas penerimaan filet ikan segar pada penyimpanan suhu rendah menggunakan nilai minimum organoleptik 5 (Insani *et al.,* 2021).

Nilai 5 menunjukkan daging berwarna putih semu merah muda, agak kusam hingga agak cemerlang, serta noda darah pada bagian gurat sisi berwarna merah kecokelatan. Berdasarkan keseluruhan masa penyimpanan, perlakuan 20% dan 30% mampu mempertahankan penerimaan ketampakan filet hingga hari ke-11, sedangkan perlakuan 40% hingga hari ke-10 dan kontrol hingga hari ke-8. Oleh karena itu, perlakuan 20% dapat dipertimbangkan sebagai perlakuan terbaik secara keseluruhan karena mampu mempertahankan mutu filet hingga hari ke-11 dengan nilai parameter mutu yang masih dapat diterima,

## Lendir

Penilaian lendir dilakukan untuk mengetahui perubahan mutu filet nila merah selama penyimpanan suhu rendah karena karakteristik lendir merupakan indikator awal kemunduran mutu. Menurut Pariansyah *et al.* (2018), terbentuknya lendir merupakan tanda fase prerigor dan berhubungan erat dengan tingkat kesegaran ikan. Nilai median dan rata-rata lendir filet nila merah pada hari ke-9 berdasarkan perlakuan perendaman larutan fermentasi kulit pisang selama penyimpanan suhu rendah (5–10°C) disajikan pada *Table 6*.

Berdasarkan *Table 6*, nilai median lendir filet nila merah pada hari ke-9 menunjukkan perbedaan antarperlakuan. Perlakuan kontrol (0%) memiliki nilai median terendah, yaitu 3 dengan nilai rata-rata 2,2, sedangkan perlakuan 20% memiliki nilai median tertinggi, yaitu 7 dengan nilai rata-rata 6,2. Perlakuan 30% dan 40% memiliki nilai median yang sama, yaitu 5 dengan nilai rata-rata masing-masing sebesar 5,8. Rendahnya nilai lendir pada perlakuan kontrol menunjukkan bahwa penurunan mutu filet berlangsung lebih cepat dibandingkan filet yang diberi larutan fermentasi kulit pisang. Seiring dengan bertambahnya masa penyimpanan, lendir pada permukaan filet menjadi makin kental dan jelas. Timbulnya lendir merupakan salah satu akibat berlangsungnya proses biokimiawi dan perkembangan mikroorganisme selama penyimpanan (Dewi *et al.,* 2023). Lendir yang terbentuk pada ikan dapat menjadi substrat yang mendukung pertumbuhan bakteri sehingga mempercepat proses kemunduran mutu (Litaay *et al.,* 2017).

Terlambatnya penanganan dapat menyebabkan pertumbuhan bakteri makin pesat dan mempercepat pembusukan ikan. Kondisi tersebut ditandai dengan permukaan yang berlendir, tekstur daging menjadi lembek, serta timbulnya bau tidak sedap akibat terbentuknya senyawa hasil metabolisme, yaitu indol, skatol, merkaptan, amonia, dan asam sulfida (Husni dan Putra 2015). Penambahan larutan fermentasi kulit pisang diduga dapat membantu mempertahankan kondisi lendir filet selama penyimpanan sehingga perubahan lendir berlangsung lebih lambat dibandingkan kontrol. Berdasarkan nilai rata-rata pada hari ke-9, perlakuan 20% memiliki nilai tertinggi, yaitu 6,2, diikuti perlakuan 30% dan 40% yang masing-masing memiliki nilai 5,8. Sementara itu, kontrol memiliki nilai rata-rata terendah, yaitu 2,2. Notasi pada nilai rata-rata menunjukkan bahwa kontrol berbeda nyata dengan perlakuan 40%, sedangkan perlakuan 20% dan 30% tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hal ini ditunjukkan oleh adanya notasi yang sama pada masing-masing perlakuan.

Batas penerimaan filet nila merah berdasarkan parameter lendir menggunakan nilai minimum organoleptik 5. Pada nilai tersebut, kondisi lendir masih berupa lendir tipis, agak kental atau agak lengket, serta agak transparan atau agak jernih. Berdasarkan hasil pengamatan selama penyimpanan, kontrol

This work is licensed under CC BY 4.0.

dapat diterima hingga hari ke-8, sedangkan perlakuan 20% dan 30% dapat diterima hingga hari ke-11 dan perlakuan 40% hingga hari ke-10. Dengan demikian, perlakuan 20% dapat dipertimbangkan sebagai perlakuan terbaik dalam mempertahankan mutu filet nila merah karena mampu mempertahankan kondisi lendir yang masih dapat diterima hingga hari ke-11**.** Hasil tersebut menunjukkan bahwa efektivitas perlakuan tidak hanya ditentukan oleh nilai lendir pada satu waktu pengamatan, tetapi juga oleh kemampuan perlakuan dalam mempertahankan mutu selama keseluruhan periode penyimpanan.

## Aroma

Aroma merupakan parameter penentu kesegaran ikan yang mudah digunakan. Tujuan pengamatan aroma pada penelitian ini adalah karena perubahan aroma merupakan indikator awal kerusakan ikan yang sangat sensitif. Menurut Mardinah *et al.* (2022) faktor yang menyebabkan ikan cepat mengalami bau busuk adalah kadar glikogennya rendah sehingga rigormortis berlangsung lebih cepat. Nilai median dan rata-rata aroma filet nila merah berdasarkan perlakuan perendaman larutan fermentasi kulit pisang selama penyimpanan suhu rendah (5–10°C) disajikan pada *Table 6*.

Berdasarkan *Table 6*, nilai median aroma filet nila merah pada hari ke-9 menunjukkan adanya perbedaan antarperlakuan. Perlakuan kontrol (0%) memiliki nilai median terendah, yaitu 3 dengan nilai rata-rata 2,2, sedangkan perlakuan 20% memiliki nilai median tertinggi, yaitu 7 dengan nilai rata-rata 6,6. Perlakuan 30% memiliki nilai median 7 dengan nilai rata-rata 6,2, sedangkan perlakuan 40% memiliki nilai median 5 dengan nilai rata-rata 5,0. Nilai tersebut menunjukkan bahwa penambahan larutan fermentasi kulit pisang dapat membantu mempertahankan aroma filet selama penyimpanan dibandingkan kontrol.

Penurunan nilai aroma seiring bertambahnya waktu penyimpanan berkaitan dengan aktivitas mikroorganisme pembusuk dalam menguraikan komponen penyusun daging ikan. Filet nila merah yang pada awal penyimpanan memiliki aroma segar secara bertahap mengalami perubahan menjadi aroma yang kurang segar, mulai tercium aroma berbeda hingga menghasilkan bau busuk. Aktivitas bakteri dalam menguraikan protein dapat menghasilkan senyawa volatil amonia yang menyebabkan timbulnya bau tidak sedap. Saimima *et al.* (2021) menyatakan bahwa pembentukan amonia berkaitan dengan aktivitas bakteri dalam menguraikan protein. Hajriani *et al.* (2025) menambahkan bahwa aktivitas bakteri pembusuk dalam mendekomposisi lemak dan protein dapat menghasilkan senyawa indol, amonia, dan $H_2S$ yang menyebabkan timbulnya bau tidak sedap pada ikan.

Pemberian larutan fermentasi kulit pisang diduga dapat menghambat perkembangan bakteri pembusuk melalui aktivitas bakteri asam laktat yang dihasilkan selama proses fermentasi. Bakteri asam laktat menghasilkan asam organik, terutama asam laktat, yang dapat menurunkan pH lingkungan sehingga menghambat pertumbuhan sebagian bakteri pembusuk yang kurang mampu bertahan pada kondisi asam (Nadia *et al.* 2020). Kondisi tersebut dapat memperlambat pembentukan senyawa penyebab bau selama penyimpanan sehingga aroma filet dapat dipertahankan lebih lama.

Berdasarkan hasil uji lanjut, perlakuan kontrol (0%) memiliki nilai rata-rata aroma sebesar 2,2 dengan notasi a, sedangkan perlakuan 30% dan 40% masing-masing memiliki nilai rata-rata 6,2 dan 5,0 dengan notasi b. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan 30% dan 40% berbeda nyata dengan kontrol. Sementara itu, perlakuan 20% memiliki nilai rata-rata tertinggi, yaitu 6,6 dengan notasi ab sehingga tidak berbeda nyata dengan kontrol, perlakuan 30%, maupun 40%.

Batas penerimaan filet nila merah berdasarkan parameter aroma ditetapkan pada nilai minimum organoleptik 5. Nilai median 5 menunjukkan aroma filet nila merah masih agak segar, aroma khas ikan mulai berkurang, tetapi belum tercium aroma yang berbeda. Berdasarkan keseluruhan masa penyimpanan, kontrol dapat diterima hingga hari ke-8, sedangkan perlakuan 20% dan 30% dapat diterima hingga hari ke-11, serta perlakuan 40% hingga hari ke-10. Dengan demikian,

http://dx.doi.org/10.17844/jbem6z56

perlakuan 20% dapat dipertimbangkan sebagai perlakuan terbaik karena mampu mempertahankan penerimaan aroma filet hingga hari ke-11 dengan nilai median yang masih berada pada batas penerimaan.

## Tekstur

Tujuan pengamatan tekstur untuk menilai tingkat kesegaran dan mutu filet nila merah selama penyimpanan karena tekstur merupakan indikator penting yang mudah diamati dan sangat dipengaruhi oleh perubahan fisiologis pasca kematian ikan. Tekstur terdiri dari sekelompok sifat fisik yang disebabkan oleh elemen struktural bahan pangan dan dapat dirasakan (Lokollo *et al.* 2020). Tekstur menjadi parameter penting untuk menentukan kesegarannya (Dewi *et al.* 2023). Nilai median dan rata-rata tekstur filet nila merah pada hari ke-9 berdasarkan perlakuan perendaman larutan fermentasi kulit pisang selama penyimpanan suhu rendah (5–10°C) disajikan pada *Table 6*.

Berdasarkan *Table 6*, nilai median tekstur filet nila merah pada hari ke-9 menunjukkan adanya perbedaan antarperlakuan. Perlakuan kontrol (0%) memiliki nilai median 3 dengan nilai rata-rata 3,8, sedangkan perlakuan 20% memiliki nilai median 7 dengan nilai rata-rata 6,6. Perlakuan 30% memiliki nilai median 7 dengan nilai rata-rata 6,2, sementara perlakuan 40% memiliki nilai median 5 dengan nilai rata-rata 5,0. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa seluruh perlakuan memiliki notasi yang sama (a) sehingga tidak terdapat perbedaan yang nyata.

Meskipun secara statistik tidak berbeda nyata, secara deskriptif perlakuan yang diberi larutan fermentasi kulit pisang menunjukkan nilai tekstur yang lebih tinggi dibandingkan kontrol. Hal ini mengindikasikan bahwa larutan fermentasi mampu memperlambat penurunan mutu tekstur selama penyimpanan. Penurunan nilai tekstur terjadi akibat pelunakan jaringan otot yang disebabkan oleh degradasi jaringan ikat dan protein miofibril seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Litaay *et al.* (2017) menyatakan bahwa tekstur ikan akan berubah menjadi lebih lunak, bekas jari terlihat saat ditekan, serta daging menjadi lebih mudah terlepas dari tulang belakang. Menurut Maiola *et al.* (2020), perubahan tekstur tersebut disebabkan oleh proses enzimatis setelah kematian ikan akibat terhentinya suplai oksigen sehingga metabolisme berhenti dan ikan memasuki fase *rigor mortis*.

Seiring bertambahnya waktu penyimpanan, fase *rigor mortis* akan berlanjut ke fase *post rigor* yang ditandai dengan pelunakan kembali jaringan otot akibat aktivitas enzim dan mikroorganisme. Herlina *et al.* (2025) menyatakan bahwa pada tahap akhir pembusukan, otot ikan kehilangan elastisitasnya karena terjadi degradasi protein secara intensif oleh aktivitas bakteri dan enzim. Batas penerimaan filet nila merah berdasarkan parameter tekstur ditetapkan pada nilai minimum organoleptik 5, yang menunjukkan tekstur agak lunak, tetapi masih agak kenyal sehingga masih dapat diterima oleh konsumen. Berdasarkan keseluruhan masa penyimpanan, filet kontrol hanya dapat diterima hingga hari ke-8, sedangkan perlakuan perendaman larutan fermentasi kulit pisang konsentrasi 20% dan 30% mampu mempertahankan tekstur hingga hari ke-11. Perlakuan konsentrasi 40% dapat diterima hingga hari ke-10. Dengan demikian, perlakuan konsentrasi 20% dapat dipertimbangkan sebagai perlakuan terbaik karena mampu mempertahankan tekstur filet hingga hari ke-11 dengan nilai organoleptik yang masih memenuhi batas penerimaan meskipun pada hari ke-9 tidak menunjukkan perbedaan nyata dibandingkan perlakuan lainnya.

## KESIMPULAN

Bakteri yang diisolasi dari larutan fermentasi kulit pisang Cavendish teridentifikasi sebagai *Lactobacillus* sp. berdasarkan karakter kunci pada *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Fermentasi kulit pisang Cavendish dengan konsentrasi 20% dengan penambahan cuka 1,5% terbukti lebih efektif dibandingkan dengan konsentrasi 30% dan 40% sebagai pengawet alami untuk masa simpan filet nila merah yang disimpan pada suhu rendah. Perlakuan tersebut mampu memperpanjang masa simpan hingga hari ke-

This work is licensed under CC BY 4.0.

11 dibandingkan dengan kontrol yang hanya bertahan sampai hari ke-8, ditandai dengan total koloni bakteri sebesar $1{,}3\times10^{7}$ CFU/g, total bakteri asam laktat (BAL) sebesar $6{,}7\times10^{6}$ CFU/g, nilai pH 6,50, serta hasil uji organoleptik menunjukkan filet masih berada pada kategori dapat diterima (skor 5) untuk ketampakan, lendir, aroma, dan tekstur.

## DAFTAR PUSTAKA


Abdullah, A., & Amalia, Y. (2023). Lactic acid fermentation of banana peel using *Lactobacillus plantarum:* Effect of substrate concentration, inoculum concentration, and various nitrogen sources. *Reaktor*, 22(3), 92-101. https://doi.org/10.14710/reaktor.22.3.92-101

Afrianto, E. & Liviawaty, E. (2010). *Penanganan Ikan Segar*. Widya Padjadjaran.

Amanda, R., Rijai, L., & Arifuddin, M. (2025). Isolation and identification of lactic acid bacteria from the washing water of mayas rice, a traditional mountain rice from east kalimantan. *Jurnal Riseta Naturafarm*, 2(2), 96–104. https://doi.org/10.70392/jrn.v2i2.96104.

Arifan, F., Winarni, S., Wahyuningsih, W., Pudjihastuti, I., & Broto, R. W. (2019). Total plate count (TPC) analysis of processed ginger on Tlogowungu Village. In *International Conference on Maritime and Archipelago (ICoMA 2018)* (pp. 377-379). Atlantis Press.

Asiah, N., Cempaka, L., Ramadhan, K., & Matatula, S.H. (2020). *Prinsip dasar penyimpanan pangan pada suhu rendah*. Nas Media Pustaka.

Asni, A., Kasmawati, K., Ernaningsih, E., & Tajuddin, M. (2022). Analisis penanganan hasil tangkapan nelayan yang didaratkan di tempat pendaratan ikan beba kabupaten Takala. *Journal Of Indonesian Tropical Fisheries*, 5(1), 40–50. https://doi.org/10.33096/joint-fish.v5i1.96.

Atika Nur Farida, A. N. F., Amir Husni, A. H., & Indun Dewi Puspita, I. D. P. (2019). Karboksimetil kitosan memperpanjang daya simpan filet nila merah yang disimpan pada suhu rendah. *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, 8(2), 135-147. https://doi.org/ 10.22146/teknosains.37406.

Badillaa, O.S., Ashuin, K. G., Jeyne, M.V., Raúl, A.S.S., Carlos, O.V., Paola, H.C., & Addí, R. N. C. (2022). Potential use of banana peel (*Musa cavendish*) as ingredient for pasta and bakery products. *Heliyon*, 8, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11044.

Canrika, R. E., Utami, I. W., & Retno, E. K. (2024). Isolasi dan karakterisasi bakteri asam laktat (BAL) dari fermentasi stater (*Lactobacillus casei*) pada cuka mandai cempedek (*Artocarpus champeden*). *Pharmacia*, 2(1), 16-23.

Chusniasih, D., Suryanti, E., & Safitri, E. (2023). Isolasi dan uji aktivitas selulolitik bakteri asal limbah bagas. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 28(3), 386-395.

Connell, J.J. (1990). *Control Fish Quality.* Fishing News Book. London. 222 hlm.

Dangur, S. T., Kallau, N. H. G., & Wuri, D. A. (2020). Pengaruh infusa daun kelor (*Moringa oleifera*) sebagai preservatif alami terhadap kualitas daging babi. *Jurnal Kajian Veteriner,* 8(1), 1–23. https://doi.org/10.35508/jkv.v8i1.2241.

Davidson, P. M., Sofos, J. N., & Branen, A. L. (2020). *Antimicrobials in food*. CRC Press.

Devirizanty, D., Nurmalawati, S., & Hartanto, C. (2021). Perbandingan unjuk kinerja berbagai tipe ph meter digital di laboratorium kimia. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Sains dan Teknologi*, 1(1), 1–9. https://doi.org/10.33369/labsaintek.v1i1.15460.

Dewi, M. A., Mubarik, N. R., Desniar, & Budiarti, S. (2022). Aplikasi bakteri asam laktat dari inasua sebagai biopreservatif ikan patin (*Pangasius* sp.). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(1), 152–162. http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v25i1.39206.

Dwinianti, E., Neliana, I. R., & Prasetyo, F. H. H. (2025). Potensi bakteri asam laktat (BAL) untuk meningkatkan mutu produk pangan. *Jurnal Biosense*, 8(3), 263-278. https://doi.org/10.36526/biosense.v8i3.5219.

Eteke, C.N. Hengky, S., Edwin L. A. N., & Suria,

D. (2019). Strategi pengembangan budi daya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di karamba jaring apung danau galela kabupaten halmahera utara provinsi maluku utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 7(2), 449-454.

Fachrial, E. (2022). *Pengantar teknik laboratorium mikrobiologi dan pengenalan bakteri asam laktat.* Publish Buku Unpri Press ISBN, 1-78.

Fadila, D. S. R., Jilan, H., Amalia, S. K., Muhammad, F. R., Muhammad, A. N., Farhan, W. F., Megga, P., & Irawan, S. (2022). Bakteriosin dari bakteri asam laktat sebagai biopreservasi pada daging dan olahannya: tinjauan dari potensi hingga industrinya. *Jurnal Pro-life,* 9(1), 300-315. https://doi.org/10.33541/pro-life.v9i1.3667.

Fajrih, N., Qulubi, M. H., & Fanani, A. F. (2019). Studi penerimaan konsumen terhadap fillet daging ikan nila gift (*Oreochromis niloticus*). *Agromedia,* 37(1), 66–71. https://doi.org/10.47728/ag.v37i1.245.

Ferdaus, F., Meliani, O.W., Ery, S.R., & Wenny, I. (2017). Pengaruh pH, konsentrasi substrat, penambahan kalsium karbonat, dan waktu fermentasi terhadap perolehan asam laktat dari kulit pisang. *Widya Teknik*, 7(1), 1-14. https://doi.org/10.33508/wt.v7i1.1256.

Hajriani, H., Isnainar, I., & Rauf, A. (2025). Pemanfaatan maserat buah mangrove *Rhizophora mucronata* L. sebagai pengawet alami ikan mujair (*Oreochromis mossambicus)* dan pemanfaatannya sebagai media pembelajaran. *Journal of Biology Science and Education*, 13(1), 1-10. https://doi.org/10.22487/jbse.v13i1.5058

Hassan, H.F., Hassan, U.F., Usher, O.A., Ibrahim, A.B., & Tabe, N.N. (2018). Exploring the potentials of banana (*Musa sapietum*) peels in feed formulation. *Int. J. Adv. Res. Comput. Sci,* 5 (5), 10–14. http://dx.doi.org/10.20431/2349-0403.0505003.

Herlina, D., Nuryadi, M. H., Putra, G. K. P., Ghifari, D. N., & Aziz, A. A. (2025). Identifikasi tingkat kesegaran ikan kembung (*Rastrelliger kanagurta*) dan ikan makarel (*Scomber japonicus*) di Pasar Sumedang Kota Kabupaten Sumedang. *Jurnal Ilmiah Wahana Laut Lestari*, 3(1), 31-39. https://doi.org/10.33096/jiwall.v3i1.626

Ibrahim, P., Tambani, G. O., Longdong, F. V, Jusuf, N., Sondakh, S. J., & Durand, S. S. (2023). Analisis finansial usaha fillet ikan di CV. Camar Laut Gorontalo. *Akulturasi: Jurnal Ilmiah Agrobisnis Perikanan*, 11(1), 203–2012. https://doi.org/10.35800/akulturasi.v11i1.46264

Ikenganyia, E.E., M.A.N. Anikwe, T. E. Omeje, & J. O. Adinde. (2017). Plant tissue culture regeneration and aseptic techniques. *Asian Journal of Biotechnology and Bioresource Technology*, 1(3), 1-6. https://doi.org/10.9734/AJB2T/2017/31724

Junianto. (2003). *Teknik Penanganan Ikan*. Penebar Swadaya, Jakarta.

Le, T.T, Nguyen, H.T., & Pham, M.A. (2020). Rigor mortis development and effects of filleting conditions on the quality of Tra catfish (*Pangasius hypophthalmus*) fillets. *J Food Sci Technol*, 57, 1320–1330. https://doi.org/10.1007/s13197-019-04166-x

Litaay, C. Wisudo. S. H., Haluan. J., & Harianto, B. (2017). Pengaruh perbedaan metode pendinginan dan waktu penyimpanan terhadap mutu organoleptik ikan cakalang segar. *Jurnal Ilmu dan Kelautan Tropis,* 9(2), 717-726.

Liviawaty, E. (1999). *Pengaruh waktu pembuatan filet terhadap beberapa karakteristik filet ikan nila merah (Oreochromis niloticus).* [Tesis]. Universitas Padjadjaran.

Maharani, A.N., Liviawaty, E., Yustiati, A., & Pratama, R.I. (2025). Penggunaan larutan fermentasi kulit singkong dan cuka terhadap masa simpan filet nila merah berdasarkan jumlah mikrob pada penyimpanan suhu rendah. *Jurnal Perikanan Unram*, 15(4), 1915-1927. http://doi.org/10.29303/jp.v15i4.1558.

Manna, A. & Rottick, M. (2023). Bacteriocin mediated food preservation in conjugation with silver nanoparticles: a green approach. *Food Chemistry*

This work is licensed under CC BY 4.0.

*Advances*, 3, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100464.

Marcelli, V., Osimani, A., & Aquilanti, L. (2024). Research progress in the use of lactic acid bacteria as natural biopreservatives against *Pseudomonas* spp. in meat and meat products: a review. *Food Research International*, 196, 115129. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115129.

Mardiah, A., Karina, I., & Fitria, E. A. (2022). Uji organoleptik kesegaran ikan layang (*Decapterus* sp) selama penanganan suhu dingin. *SEMAH Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Perairan*, 6(2), 97-111. https://doi.org/10.36355/semahjpsp.v6i2.946

Maske, B.L, Mello, A.F.M.D., Vale, A.D.S., Martin, J.G.P., Soares, D.L.D.O., Lindner, J.D.D., Soccol, C.R., & Pereira, G.V.D.M. (2024). Exploring diversity and functional traits of lactic acid bacteria in traditional vinegar fermentation: A review. *International Journal of Food Microbiology*, 412, 110550. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110550.

Misra, A.N. & Meena, M. (2012). *Sterilization techniques in plant tissue culture*. Fakir Mohan University, Balasore.

Mogea, R.A., Waode, I.C.L.H.P., & Hermawaty, A. (2020). Isolasi bakteri penghasil *indole acetic acid* pada tanaman hortikultura di Perkebunan Prafi SP 1, Manokwari. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI),* 27 (1), 1–6. https://doi.org/10.18343/jipi.27.1.1.

Nadia, A. B., Jannah, S. N., & Purwantisari, S. (2020). Isolation and characterization of lactic acid bacteria from *Apis mellifera* stomach and their potential as antibacterial using in vitro test against growth of *Staphylococcus aureus* and *Salmonella typhimurium*. *NICHE Journal of Tropical Biology,* 3(1), 35-44. https://doi.org/10.14710/niche.3.1.35-44.

Nisah, S. A., Evi, L., Iis, R., Eddy, A. & Rusky, I. P. (2021). Karakteristik organoleptik peda kembung dengan menggunakan berbagai media fermentasi. *Jurnal Akuatek*, 2 (2), 130-139. https://doi.org/10.24198/akuatek.v2i2.37314.

Nor, T.A., Indriarini, D., & Koamesah, S.M.J. (2018). Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun pepaya terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* secara in vitro. *Cendana Medical Journal*, 6(3), 327-337. https://doi.org/10.35508/cmj.v6i3.662.

Nugroho, M.R., Wanniatie, V., Qisthon, A., & Septinova, D. (2023). Sifat fisik dan total bakteri asam laktat (BAL) *yoghurt* dengan bahan baku susu sapi yang berbeda. *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan,* 7(2), 279-286. https://doi.org/10.23960/jrip.2023.7.2.279-286.

Pohan, S.R., Manalu, K., & Nasution, R.A. (2024). Isolasi dan identifikasi bakteri endofit penghasil hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) dari akar tanaman mangrove *Avicennia marina. Bioedusains: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 7(1), 294–308. https://doi.org/10.31539/bioedusains.v7i1.9968.

Prastujati, A. U., Hilmi, M., Khusna, A., Arief, I. I., Makmur, S., & Maulida, Q. (2022). Isolation and identification of lactic acid bacteria of bekamal (Banyuwangi traditional fermented meat). *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,* 1020 (1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/1020/1/012026.

Rachmawati, N. F., Sulthoniyah, S. T. M., Ulfa, R., & Amalia, D. (2024). Analisis *total plate count* (TPC) dan pH pada ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) dengan perbedaan suhu dan lama penyimpanan. *Jambura Fish Processing Journal*, 6(1), 32-41. https://doi.org/10.37905/jfpj.v6i1.20871

Raj, T., Chandrasekhar, K., Kumar, A.N., & Kim, S.H. (2022). Recent biotechnological trends in lactic acid bacterial fermentation for food processing industries. *Systems Microbiology and Biomanufacturing,* 2(1), 14–40. https://doi.org/10.1007/s43393-021-00044-w.

Ramadhani, D., Patang, P., & Putra, R.P. (2024). Seleksi bakteri asam laktat pada fermentasi spontan biji kopi robusta dan karakterisasi enzim. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 10(2), 261-270. https://doi.org/10.26858/jptp.

v10i2.4608.

Rasmito, A., Hutomo, A., & Hartono, A. P. (2019). Pembuatan pupuk organik cair dengan cara fermentasi limbah cair tahu, starter filtrat kulit pisang dan kubis, dan bioaktivator EM4. *Jurnal IPTEK,* 23(1), 55–62. https://doi.org/10.31284/j.iptek.2019.v23i1.496.

Regalado, K.L.D.M., Kelly, L.D.M.R., Francielly, C.A., Ana, L.D.S.M., Maria, E.D.S.G., & Jaime, V.D.R. (2024). Quality and microstructure of tilapia fillets (*Oreochromis niloticus)* subjected to different freezing methods. *International Journal of Refrigeration,*165, 303–314. https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2024.06.004.

Riadi, S. (2022). Isolasi dan uji potensi bakteri asam laktat asal kimchii dan teh kombucha dalam menghambat bakteri patogen. *Jurnal Kesmas Prima Indonesia*, 2(1), 25-29. https://doi.org/10.34012/jkpi.v2i1.891.

Rika, R., Fachria, R., & Anggita, G. (2026). Pengaruh perbedaan konsentrasi ekstrak daun sirih terhadap mutu sensori selama masa simpan fillet ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Nusantara Sosial Sains*, 2(1), 1-16.

Safari, M. F., Patricia, V. M., & Syafnir, L. 2022. Penelusuran pustaka kandungan senyawa dari ekstrak kulit pisang raja (*Musa paradisiaca* var raja) dan kulit pisang Cavendish (*Musa cavendishii*) dalam beberapa aktivitas farmakologi. In *Bandung Conference Series: Pharmacy*, 2(2), 1036-1044.

Safitrah, A. (2017). Analisis *kandungan karbohidrat pada limbah kulit pisang kepok (Musa paradisiaca formatypica).* [Skripsi]. Fakultas Ilmu Tarbiyah Dan Keguruan Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Ambon.

Salsabila, R., Liviawaty, E., Junianto, J., & Pratama, R.I. (2024). Effectiveness of lactic acid bacteria solution challenge test by using different environmental controls cavendish banana peel fermentation results against mackerel fish reverse bacteria. *Jurnal Perikanan Unram*, 14(2), 906-918. https://doi.org/10.29303/jp.v14i2.859.

Santoso, M.A.R., Evi, L., & Eddy, A. (2017). Efektivitas ekstrak daun mangga sebagai pengaw*et al*ami terhadap masa simpan filet nila pada suhu rendah. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 8(2), 57-67.

Suhandayati, E., Hermawati, A.H., Hariyanto, H., & Cahyariza, N.I. (2024). Gambaran profil *Salmonella* sp. pada getuk: profile of *Salmonella* sp. in Getuk. *Borneo Journal of Medical Laboratory Technology*, 6(2), 547-553.

Sun, H., Wang, Y., Miyazaki, R., Ozaki, K., Takeshita, S., Hirasaka, K., & Taniyama, S. (2023). Inhibitory effects of modified atmosphere packaging using pure oxygen on discoloration of the dark muscle in cultured yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) during refrigerated storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, *32*(3), 235–243. https://doi.org/10.1080/10498850.2023.2198660

Suryaningsih, L., Hidayat, R., Lara Utama, G., Pratama, A., & Balia, R. L. (2019). Effect of lactic acid bacteria and yeasts towards chemical, physical and organoleptic qualities of mutton salami. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology.* 9(3), 829-834. https://doi.org/10.18517/ijaseit.9.3.8011.

Yuda, I. G. Y. W., Wijaya, I. M. M., & Suwariani, N. P. (2018). Studi pengaruh pH awal media dan konsentrasi substrat pada proses fermentasi produksi bioetanol dari hidrolisat tepung biji kluwih (*Actinocarpus communis*) dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 6(2), 115-124. https://doi.org/10.22219/jt.v20i2.21056.

Zhou, R., Liu, Y., Xie, J., & Wang, X. C. (2011). Effects of combined treatment of electrolysed water and chitosan on the quality attributes and myofibril degradation in farmed obscure puffer fish (*Takifugu obscurus*) during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 129(4), 1660–1666. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.06.028.