

Dinamika Bakteri Asam Laktat (BAL) Asal Pikel Bawang Putih Lokal Eban, NTT, Indonesia

Adelya Irawan Manalu^{*1}, Miko Purnomo², Adrian Hartanto³, Lucky Agung Wiranata⁴

¹Program Studi Biologi, Fakultas Pertanian Sains dan Kesehatan, Universitas Timor, Kefamenanu, Nusa Tenggara Timur, Indonesia

²Program Studi Matematika, Fakultas Pertanian Sains dan Kesehatan, Universitas Timor, Kefamenanu, Nusa Tenggara Timur, Indonesia

³Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

⁴Program Studi Kimia, Fakultas Pertanian Sains dan Kesehatan, Universitas Timor, Kefamenanu, Nusa Tenggara Timur, Indonesia

*Corresponding Author Email: adelyamanalu@unimor.ac.id

ABSTRAK

Pikel bawang putih merupakan salah satu produk fermentasi yang berpotensi dikembangkan sebagai pangan fungsional, terutama melalui aktivitas bakteri asam laktat (BAL) yang berperan dalam pembentukan cita rasa, keasaman, dan bioaktivitas. Bawang putih lokal Eban dari Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU), Nusa Tenggara Timur, diketahui memiliki keragaman genetik dan morfologi yang menonjol, sehingga berpotensi memberikan respons fermentasi yang berbeda dibandingkan aksesori lainnya. Penelitian ini bertujuan memperoleh informasi awal mengenai dinamika fermentasi spontan skala laboratorium menggunakan bawang putih lokal Eban, dengan fokus pada perubahan kepadatan BAL, profil keasaman, serta karakter warna produk selama tujuh hari fermentasi. Fermentasi dilakukan dalam larutan garam 8% dan asam asetat 5% pada kondisi semi-anaerob. Kepadatan BAL ditentukan menggunakan metode standard plate count; pH dan total asam tertitrisasi (TAT) diukur secara harian; sedangkan warna dianalisis menggunakan sistem CIELAB. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fermentasi berlangsung baik dengan peningkatan signifikan kepadatan BAL dari hari pertama ($\log 6,33$ CFU/mL) hingga hari ketujuh ($\log 7,07$ CFU/mL), dan mencapai fase stabil mulai hari kelima. Nilai pH menurun dari 6,03 menjadi 1,91, sedangkan TAT meningkat dari 0,67% menjadi 1,33% pada hari ketujuh. Analisis korelasi Pearson menunjukkan hubungan positif yang kuat antara BAL dan TAT, serta hubungan negatif antara BAL dan pH. Analisis warna menunjukkan perubahan signifikan hanya pada parameter b^* (kekuningan), sedangkan L dan a^* relatif stabil. Perubahan warna kehijauan pada sebagian kecil umbi diduga berkaitan dengan reaksi sulfur-asam amino yang dipicu kondisi asam. Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa bawang putih lokal Eban memiliki potensi kuat sebagai bahan baku pikel fungsional dan layak diteliti lebih lanjut untuk karakterisasi metabolit serta isolasi BAL unggul.

Keyword: Bakteri asam laktat; Bawang putih; CIELAB; Fermentasi spontan; Pikel

1. PENDAHULUAN

Fermentasi telah berkembang dari fungsi utamanya, yaitu menjaga kestabilan dan keamanan bahan pangan yang mudah rusak, menjadi suatu proses yang menghasilkan produk dengan karakteristik sensoris, nilai gizi, serta manfaat kesehatan yang diinginkan (Terefe dan Augustin, 2019). Pikel merupakan produk pangan fermentasi yang telah berusia lebih dari 9.000 tahun dan berawal dari Tiongkok, melalui teknik pengawetan menggunakan garam, sebelum akhirnya menyebar ke berbagai wilayah Asia. Seiring kemajuan teknologi dan pengetahuan terkini, diketahui bahwa teknik sederhana tersebut bergantung pada komunitas bakteri asam laktat (BAL) indigenous atau

fermentasi spontan untuk menghasilkan produk akhir dengan cita rasa dan aroma yang disukai (Davison, 2018). Hingga saat ini, variasi pikel berbahan dasar tumbuhan terus berkembang, dari yang awalnya dibuat menggunakan mentimun sebagai sumber pangan darurat bagi pelaut dan penjelajah pada masa lampau, hingga menjadi produk komersial dengan karakter rasa yang disesuaikan dengan preferensi pasar dan nilai kesehatan (Ray et al., 2024).

Bawang putih (*Allium sativum* L.) merupakan salah satu bahan dasar dalam pembuatan pikel yang prospektif terutama mencakup aspek nilai gizi, bioaktivitas, tren pasar, serta inovasi dalam teknik produksinya. Boonpeng et al. (2014) melaporkan bahwa pikel bawang putih (PBP) memiliki aktivitas antioksidan lebih tinggi dibandingkan bawang putih segar, yang tercermin dari meningkatnya kemampuan penangkapan radikal bebas. Peningkatan ini berkaitan dengan hasil akhir dari fermentasi yang meningkatkan senyawa bioaktif. Komposisi nutrisi PBP juga dipengaruhi oleh varietas bawang putih yang difermentasi dan aktivitas BAL, namun secara umum PBP menunjukkan kadar vitamin dan asam amino tertentu yang lebih tinggi dibandingkan produk non-fermentasi, meskipun kadar asam askorbat menurun selama pemrosesan (Sunanta et al., 2023; Cocom et al., 2025). Variasi ini berkontribusi terhadap preferensi konsumen, terutama di kalangan masyarakat yang mencari pangan fungsional, serta secara langsung memengaruhi peluang pengembangan berbagai varian PBP lokal.

Bawang putih lokal Eban dikenal oleh masyarakat di Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU) sebagai komoditas konsumsi harian dengan permintaan yang terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan meningkatnya kesadaran terhadap kualitas pangan (Bani dan Metboki, 2021). Studi terbaru menunjukkan bahwa aksesori bawang putih asal Eban memiliki keragaman genetik tertinggi pada fragmen gen *AsNF-YB3* dan *LECASAI*, disertai karakter morfologi yang paling menonjol dibandingkan aksesori lokal lainnya (Nugroho et al., 2024). Aksesori ini merupakan satu-satunya yang memiliki bentuk umbi khas, yaitu struktur melingkar dengan pewarnaan biru yang paling pekat pada analisis morfologinya (Aswani et al., 2024). Keragaman genetik tersebut mencerminkan adanya respon terhadap karakter fisiologis dan biokimia umbi. Dalam konteks produksi pikel, atribut genetik dan morfologi ini berpotensi memengaruhi dinamika fermentasi spontan, komposisi komunitas BAL, pembentukan metabolit, serta karakter sensori produk akhir.

Namun hingga kini, informasi dasar mengenai pemanfaatan bawang putih lokal Eban sebagai bahan baku pikel masih belum tersedia. Selain itu, beberapa strain BAL yang diisolasi dari pikel bawang putih dilaporkan memiliki potensi probiotik yang mendukung pemanfaatannya sebagai pengawet alami serta sebagai komponen pangan fungsional yang berperan dalam menjaga kesehatan usus dan meningkatkan respons imun (Kusano et al., 2015; Nikfarjam et al., 2022). Berdasarkan temuan tersebut, pemanfaatan PBP berbahan baku bawang putih lokal Eban memiliki prospek untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai pangan fungsional. Penelitian ini bertujuan memperoleh informasi awal mengenai keberhasilan fermentasi spontan skala laboratorium menggunakan bawang putih lokal Eban melalui pengamatan dinamika harian kepadatan BAL serta karakteristik kimia dan warna secara terbatas.

2. METODOLOGI

Pembuatan Pikel

Bawang putih lokal Eban diperoleh dari Pasar Baru, Kefamenanu, Nusa Tenggara Timur, Indonesia. Umbi dikupas dan dicuci menggunakan air mengalir, kemudian ditiriskan hingga kering permukaannya. Sebanyak 250 g bawang putih dimasukkan ke dalam wadah fermentasi kaca steril berkapasitas 500 mL. Larutan garam (NaCl) dengan konsentrasi 8% (w/v) disiapkan menggunakan garam dapur dan akuades steril. Larutan garam tersebut dituangkan hingga seluruh bahan terendam sempurna. Kemudian ditambahkan cuka dapur (asam asetat) sebanyak 5% (v/v) dari total volume larutan. Larutan garam dan cuka ini dituangkan hingga seluruh bawang putih terendam sempurna. Fermentasi dilakukan pada suhu ruang (27–30°C) selama 7 hari dalam kondisi semi-anaerob. Wadah fermentasi ditutup rapat, dan sesekali dibuka untuk mengeluarkan gas hasil fermentasi dan pengambilan sampel pengukuran atau profil dinamika harian selama tujuh hari. Pembuatan pikel diulangi sebanyak tiga kali ulangan.

Pengukuran Nilai pH dan Total Asam Tertitrasi

Pengukuran nilai pH dilakukan secara sederhana menggunakan pH meter analitik. Penentuan kadar total asam tertitrasi (TAT) pada pikel bawang putih lokal Eban dilakukan berdasarkan metode titrasi asam-basa. Sebanyak 10 g sampel pikel bawang putih dihomogenkan dengan 90 mL akuades steril menggunakan blender aseptik. Sampel disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 1, dan filtrat yang diperoleh digunakan sebagai larutan sampel untuk titrasi dan pengukuran pH. Sebanyak 10 mL filtrat diambil ke dalam erlenmeyer 125 mL, kemudian ditambahkan dua hingga tiga tetes indikator fenolftalein 1%. Sampel kemudian dititrasi dengan larutan standar NaOH 0,1 N hingga terbentuk warna merah muda (*pink*) yang stabil selama ± 30 detik, menandakan titik akhir titrasi telah tercapai. Prosedur ini dilakukan setiap hari selama tujuh hari fermentasi dan diulangi sebanyak tiga kali ulangan. Nilai total asam dinyatakan sebagai persentase asam laktat dengan rumus berikut:

$$\text{Total asam tertitrasi (\%)} = \frac{V_{NaOH} \times N_{NaOH} \times 90}{V_{Sampel} \times 1000} \times 100$$

Keterangan: Rumus total asam tertitrasi (%) dihitung menggunakan volume NaOH yang terpakai selama titrasi (V_{NaOH}) dan normalitas larutan NaOH (N_{NaOH}), kemudian dikalikan dengan nilai '90' sebagai bobot setara asam laktat. Nilai tersebut dibagi dengan volume sampel yang digunakan (V_{sampel}) dan faktor '1000' untuk mengubah satuan mg menjadi g, lalu dikalikan 100 untuk memperoleh hasil dalam bentuk persen.

Perhitungan Angka Lempeng Total

Sebanyak 1 mL sampel pikel (filtrat) dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 mL larutan pengencer NaCl fisiologis 0,85% (w/v) steril untuk memperoleh pengenceran 10^{-1} . Pengenceran selanjutnya dilakukan secara berseri hingga mencapai 10^{-5} . Dari pengenceran 10^{-3} hingga 10^{-5} , masing-masing sebanyak 1 μL diambil, ditetaskan pada

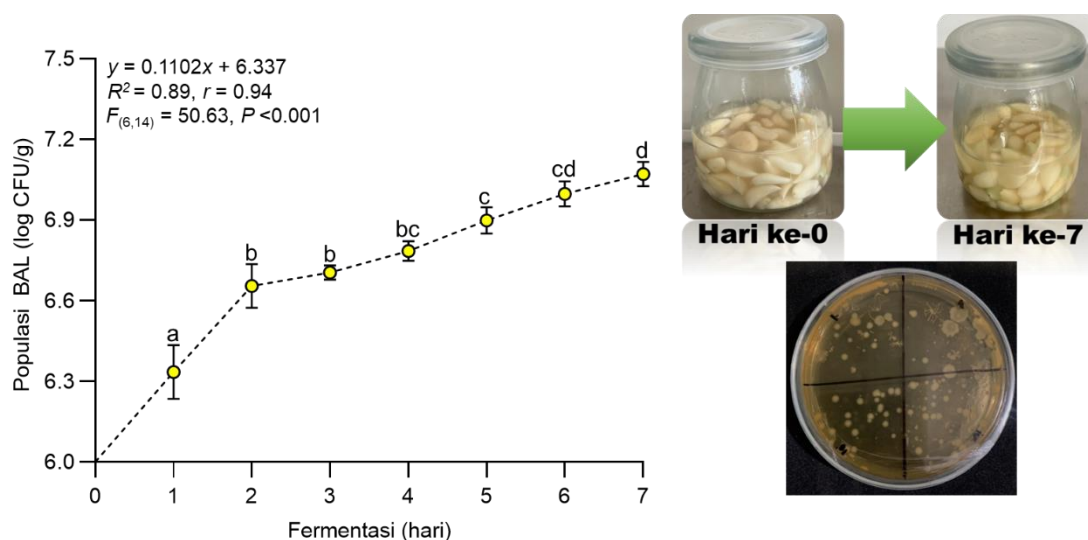
permukaan cawan petri berisikan media agar de Man, Rogosa, & Sharpe (MRS) yang telah dibagi menjadi empat kuadran, kemudian diratakan secara aseptik. Cawan diinkubasi dalam posisi terbalik pada suhu kamar selama 24 jam. Koloni yang tumbuh dihitung dan dinyatakan sebagai log CFU/mL. Prosedur ini dilakukan setiap hari selama tujuh hari fermentasi dan diulangi sebanyak tiga kali ulangan.

Analisis Data

Data numerik dari setiap parameter dianalisis secara statistik menggunakan *one-way ANOVA*, diikuti uji lanjut *Tukey's HSD* pada perangkat Minitab versi 19.0. Hubungan antara dinamika komunitas BAL dan profil keasaman (pH, TAT) ditentukan melalui analisis korelasi Pearson. Warna umbi sebelum dan sesudah fermentasi dianalisis secara kuantitatif menggunakan 10 umbi yang dipilih secara acak, kemudian dipotret dalam kondisi yang sama lalu ditentukan area pengamatan secara konsisten. Nilai kecerahan (L), tingkat kemerahan (a^*), dan tingkat kekuningan (b^*) diukur menggunakan perangkat analisis warna secara daring (<https://trigit.com.au/>) (Tjandra et al., 2023). Data warna tersebut kemudian dianalisis secara statistik menggunakan uji t dua sampel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

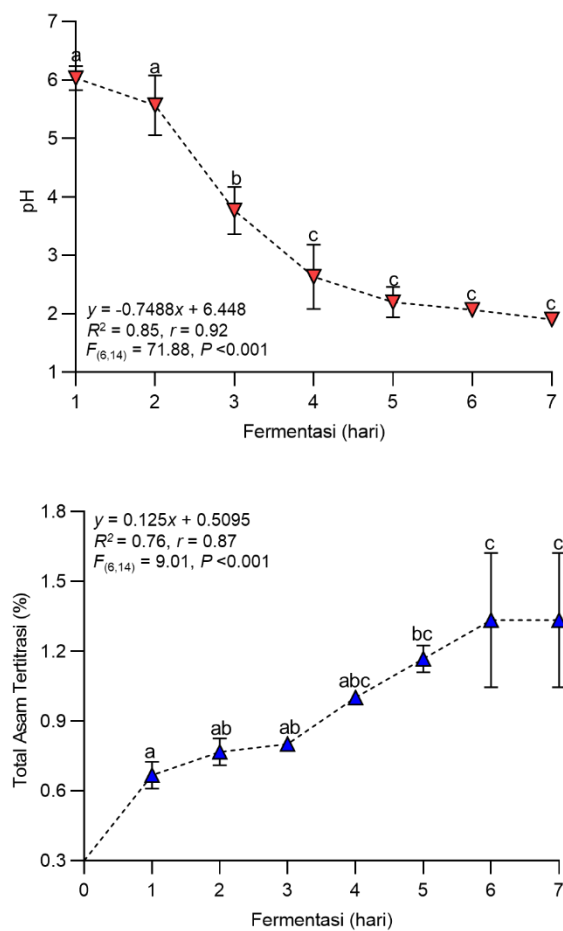
Fermentasi spontan skala laboratorium menggunakan umbi bawang putih lokal Eban untuk menghasilkan produk pikel telah berhasil dilakukan, ditunjukkan oleh perubahan parameter yang diamati secara harian serta keberhasilan pertumbuhan komunitas BAL (Gambar 1).



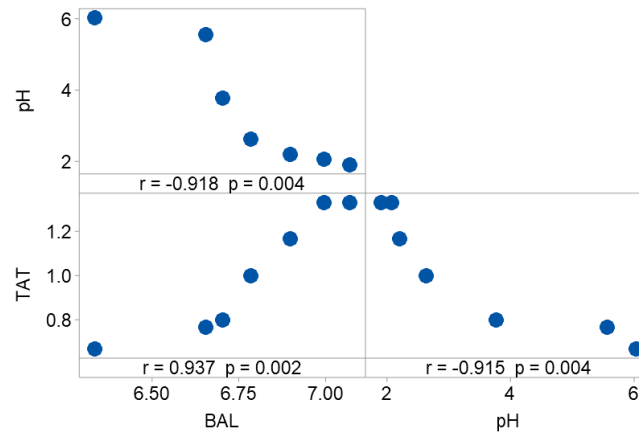
Gambar 1. Dinamika/ profil kepadatan (log CFU/mL) komunitas BAL dari hasil fermentasi spontan asal produk PBP lokal Eban. Huruf yang berbeda (a, b, c) menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$) berdasarkan uji ANOVA dan Tukey.

Kepadatan sel BAL meningkat signifikan dari hari ke hari, dengan nilai terendah pada hari pertama (log 6,33 CFU/mL) dan mencapai puncak pada hari ketujuh (log 7,07

CFU/mL). Secara statistik, tidak terdapat perbedaan antara hari kelima hingga hari ketujuh, mengindikasikan bahwa fermentasi telah memasuki fase stabil berdasarkan konsistensi jumlah BAL yang berperan dalam proses fermentasi. Penggunaan cuka dapur (asam asetat) 5% berfungsi sebagai pemicu awal pertumbuhan BAL dan menentukan dinamika keasaman selama fermentasi (Gambar 2). Nilai pH berubah signifikan setiap hari, dimulai dari kondisi mendekati netral pada hari pertama (6,03) dan menurun tajam hingga mencapai 1,91 pada hari ketujuh. Total asam tertitrasi (TAT) juga menunjukkan perubahan signifikan, dengan nilai terendah pada hari pertama (0,67%) dan tertinggi pada hari ketujuh (1,33%). Sejalan dengan pola pertumbuhan BAL, kedua parameter keasaman tersebut tidak menunjukkan perbedaan signifikan mulai hari kelima, menandakan fase stabil fermentasi. Analisis korelasi Pearson (Gambar 3) menunjukkan hubungan yang kuat dan signifikan antara parameter yang diamati: kepadatan BAL berkorelasi positif dengan TAT dan berkorelasi negatif dengan pH. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan populasi BAL berperan langsung dalam pembentukan keasaman melalui produksi asam organik, yang pada akhirnya menurunkan pH dan meningkatkan TAT selama proses fermentasi.

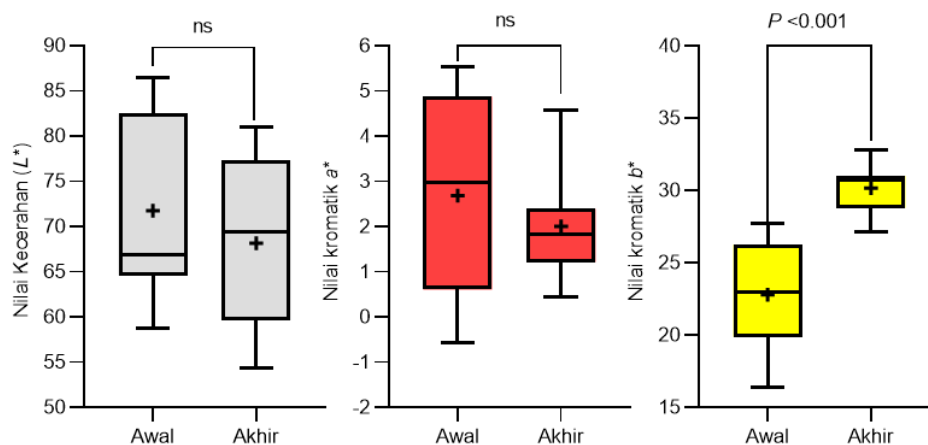


Gambar 2. Dinamika/ profil pH dan TAT dari produk PBP lokal Eban. Huruf yang berbeda (a, b, c) menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$) berdasarkan uji ANOVA dan Tukey.



Gambar 3. Nilai koefisien korelasi Pearson (r) dan nilai signifikan (p) antara kepadatan BAL dengan keasaman (pH, TAT) pada produk PBP lokal Eban.

Parameter warna umbi bawang putih sebelum dan setelah menjadi produk PBP lokal Eban dianalisis menggunakan sistem warna CIELAB, yaitu ruang warna internasional yang merepresentasikan kecerahan (L), tingkat kemerahan-kehijauan (a^*), dan tingkat kekuningan-kebiruan (b^*) (Gambar 4). Berdasarkan hasil uji t dua sampel, tidak ditemukan perbedaan signifikan pada nilai L ($t = 0,93$; $p = 0,364$) dan a^* ($t = 0,27$; $p = 0,790$), sedangkan nilai b^* menunjukkan perbedaan signifikan ($t = -0,64$; $p < 0,001$). Hasil ini mengindikasikan bahwa perubahan warna selama fermentasi terutama terjadi pada komponen kekuningan, sementara kecerahan dan kemerahan relatif tidak berubah.



Gambar 4. Perubahan warna secara kuantitatif berdasarkan parameter CIELAB pada produk PBP lokal Eban.

Pola pertumbuhan BAL pada fermentasi bawang putih lokal Eban selaras dengan karakter umum BAL pada fermentasi sayuran. Secara umum, BAL menunjukkan fase pertumbuhan eksponensial pada tahap awal fermentasi, diikuti fase stabil ketika konsentrasi asam telah meningkat. Kondisi fermentasi pada penelitian ini diantaranya suhu ruang dan penggunaan garam 8% dengan tambahan asam asetat, yang kemungkinan besar mempercepat dominasi BAL dan menghasilkan pola fermentasi yang

efisien. Pada fase awal, BAL tumbuh dengan cepat karena kondisi fermentasi yang mendukung, seperti lingkungan semi-anaerob, ketersediaan karbohidrat, serta konsentrasi garam yang sesuai (Cagno et al., 2015; Bautista-Gallego et al., 2020). Seiring berlangsungnya fermentasi, peningkatan akumulasi asam laktat menyebabkan lingkungan menjadi semakin asam. Kondisi ini secara alami menekan pertumbuhan mikroorganisme lain, termasuk mikroba pembusuk dan patogen, sehingga stabilisasi komunitas mikroba terjadi (Medina et al., 2015). Temuan penelitian ini yang menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan kepadatan BAL mulai hari kelima mengindikasikan bahwa komunitas fermentasi telah memasuki fase stabil, dimana BAL tetap dominan karena toleransinya terhadap kondisi asam lebih tinggi dibandingkan mikroorganisme lain (Wouters et al., 2013; Xu et al., 2024). Selain memproduksi asam laktat, BAL juga diketahui menghasilkan metabolit lain seperti etanol, asam asetat, dan senyawa aromatik yang berkontribusi terhadap cita rasa serta stabilitas produk fermentasi. Produksi metabolit ini merupakan bagian dari jalur metabolisme BAL, termasuk aktivitas glikolisis, lipolisis, dan proteolisis (Zalan dan Halasz, 2012; Bintsis, 2018; Chen dan Wu, 2023).

Pada beberapa umbi teramati perubahan warna menjadi kehijauan meskipun jumlahnya sangat kecil, hanya sekitar satu hingga dua umbi. Perubahan warna hijau pada sebagian umbi diduga berasal dari rangkaian reaksi biokimia antara senyawa sulfur volatil dan asam amino selama fermentasi. Mekanisme ini dapat berlangsung melalui jalur enzimatis maupun non-enzimatis yang sangat dipengaruhi oleh pH. Pada pH rendah (2,0–3,0) reaksi non-enzimatis lebih dominan, sedangkan pH tinggi ($\geq 6,0$) cenderung mempercepat reaksi enzimatis; rentang pH 4,0–5,0 dilaporkan sebagai kondisi yang umum dalam pembentukan pigmen hijau (Bai et al., 2005). Dalam kondisi asam, aktivitas alliinase memicu pembentukan turunan sulfur reaktif yang kemudian berinteraksi dengan asam amino, menghasilkan senyawa berwarna kuning dan biru yang bergabung membentuk pigmen hijau khas, salah satunya asam karboksilat 2-(1H-pyrrolyl) (Wang et al., 2008). Fenomena ini merupakan reaksi kimia yang umum dijumpai pada bawang putih yang mengalami perlakuan asam atau proses penyimpanan tertentu dan tidak berhubungan dengan kerusakan mikrobiologis.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Fermentasi spontan bawang putih lokal Eban berhasil berlangsung selama tujuh hari, ditunjukkan oleh peningkatan signifikan kepadatan BAL hingga mencapai fase stabil pada hari kelima. Dinamika keasaman menunjukkan pola khas fermentasi BAL, dengan penurunan pH dan peningkatan TAT yang berkorelasi kuat dengan pertumbuhan BAL. Analisis warna CIELAB menunjukkan perubahan signifikan hanya pada parameter b^* (kekuningan), sementara L dan a^* relatif stabil. Perubahan warna kehijauan pada sebagian kecil umbi diduga disebabkan oleh reaksi kimia sulfur–asam amino pada kondisi asam dan tidak berkaitan dengan kerusakan mikrobiologis. Bawang putih lokal Eban memiliki potensi kuat sebagai bahan baku pikel dan sebagai pangan fungsional berdasarkan respons fermentasi dan stabilitasnya secara terbatas.

Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengidentifikasi spesies atau strain BAL dominan selama fermentasi serta karakter probiotiknya. Analisis metabolit, khususnya senyawa volatil dan komponen bioaktif, dianjurkan untuk memperkuat pemahaman mengenai kualitas fungsional pikel. Uji preferensi konsumen dengan panelis lokal diperlukan untuk mendorong pemanfaatan bawang putih lokal Eban sebagai produk unggulan daerah berbasis pangan fermentasi atau dalam bentuk pikel.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Timor yang telah memberikan dukungan pendanaan melalui Skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun Anggaran 2025 dengan Nomor Kontrak 135/UN60.6/PP/2025. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada seluruh tim yang berperan selama pelaksanaan penelitian ini.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Aswani, N., Terryana, R. T., Lestari, P., Sudarmonowati, E., Satyawan, D., Nugroho, K., Murtiningsih, R. R. R., Mulya, K., Prihaningsih, A., Karjadi, A. K., Saidah, Basuki, R. S., & Harmanto. (2024). Genetic variability studies of Indonesian garlic (*Allium sativum* L.) accessions based on morphological traits. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*,56(2),557-571.doi:10.54910/sabrao2024.56.2.9.
- Bai, B., Chen, F., Wang, Z., Liao, X., Zhao, G., & Hu, X. (2005). Mechanism of the greening color formation of "Laba" garlic, a traditional homemade Chinese food product. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*,53(18),7103-7107.doi:10.1021/jf051211w.
- Bani, P. W., & Metboki, B. (2021). Karakterisasi bawang putih lokal Eban (*Allium sativum* L.) di Kabupaten Timor Tengah Utara berdasarkan karakter fenotip dan genotip. *Biotropika*,9(3),210-217.doi:10.21776/ub.biotropika.2021.009.03.05.
- Bautista-Gallego, J., Medina, E., Sanchez, B., Benitez-Cabello, A., & Arroyo-Lopez, F. N. (2020). Role of lactic acid bacteria in fermented vegetables. *Grasas y Aceites*,71(2),e358.doi:10.3989/GYA.0344191.
- Bintsis, T. (2018). Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics. *AIMS Microbiology*,4(4),665-684.doi:10.3934/microbiol.2018.4.665.
- Boonpeng, S., Siripongvutikorn, S., Sae-wong, C., & Sutthirak, P. (2014). The antioxidant and anti-cadmium toxicity properties of garlic extracts. *Food Science & Nutrition*,2(6),792-801.doi:10.1002/fsn3.164.
- Cagno, R. D., Filannino, P., & Gobbetti, M. (2015). *Vegetable and Fruit Fermentation by Lactic Acid Bacteria*. England, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Chen, M., & Wu, X. (2023). Research progress of ethanol-tolerant lactic acid bacteria in traditional fermented vegetable. *China Brewing*,42(1),9-14.doi:10.11882/j.issn.0254-5071.2023.01.002.
- Cocom, L. M., Wang, H. C., Tseng, K. C., & Chu, Y. L. (2025). The antimicrobial and antioxidant properties of raw, aged, and fermented garlic: Influence of processing methods. *Food Science & Nutrition*,13(8),e70743.doi:10.1002/fsn3.70743.
- Davison, J. (2018). *Pickles: A Global History*. London, UK: Reaktion Books.
- Kusano, S., Tamura, H., & Okazaki, K. (2015). Isolation of the lactic acid bacteria *Lactobacillus plantarum* S506 strain with fructan utilizing ability and application of it to foods

- containing fermented garlic. *Japan Journal of Food and Engineering*,16(2),125-131.doi:10.11301/jsfe.16.125.
- Medina, E., de Castro, A., Romero, C., Ramirez, E. M., & Brenes, M. (2016). *Safety of Fermented Fruits and Vegetables*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Inc.
- Nikfarjam, A. K., Mahdian, E., Ghavidel, R. A., & Karazhyan, R. (2022). Isolation and lactic identification of dominant bacteria in garlic pickled and investigation of some potential probiotic activities. *Journal of Food Science and Technology*,19(127),385-394.doi:10.22034/FSCT.19.127.385.
- Nugroho, K., Terryana, R. T., Aswani, N., Yusuf, Syah, M. J. A., Prabawati, S., Yufdy, M. P., Roostika, I., Supriati, Y., & Lestari, P. (2024). Genetic diversity of Indonesia's local garlic (*Allium sativum* L.) accessions based on nucleotide variations. *AIP Conference Proceedings*,2957,080004.doi: 10.1063/5.0185527.
- Ray, R. C., Paramithiotis, S., Thekkangil, A., Nethravathy, V., Rai, A. K., & Martin, J. G. P. (2024). *Food Fermentation and Its Relevance in The Human History*. Cham: Springer Nature Switzerland.
- Sunanta, P., Kontogiorgos, V., Pankasemsuk, T., Jantanasakulwong, K., Rachtanapun, P., Seesuriyachan, P., & Sommano, S. R. (2023). The nutritional value, bioactive availability and functional properties of garlic and its related products during processing. *Frontiers in Nutrition*,10,1142784.doi:10.3389/fnut.2023.1142784.
- Terefe, N. S., & Augustin, M. A. (2020). Fermentation for tailoring the technological and health related functionality of food products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*,60(17),2887-2913.doi:10.1080/10408398.2019.1666250.
- Tjandra, A. D., Heywood, T., & Chandrawati, R. (2023). Trigit: A free web application for rapid colorimetric analysis of images. *Biosensors and Bioelectronics: X*,14,100361.doi: 10.1016/j.biosx.2023.100361.
- Wang, D., Nanding, H., Han, N., Chen, F., & Zhao, G. (2008). 2-(1 H-Pyrrolyl) carboxylic acids as pigment precursors in garlic greening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*,56(4),1495-1500.doi:10.1021/jf073025r.
- Wouters, D., Grosu-Tudor, S., Zamfir, M., & de Vuyst, L. (2013). Applicability of *Lactobacillus plantarum* IMDO 788 as a starter culture to control vegetable fermentations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*,93(13),3352-3361.doi:10.1002/jsfa.6184.
- Xu, B., Mi, T., Ma, S., Yi, X., Huang, P., Huang, P., & Wu, C. (2024). Insight into the autochthonous lactic acid bacteria as starter culture for improving the quality of Sichuan radish paocai: Changes in microbial diversity and metabolic profiles. *International Journal of Food Microbiology*,425,110877.doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2024.110877.
- Zalan, Z., & Halasz, A. (2012). *Lactobacillus in Lacto-Fermented Vegetables*. Hauppauge, New York: Nova Science Publishers, Inc