

## Isolasi dan Uji Aktivitas $\alpha$ -Amilase Bakteri Asam Laktat Dari Fermentasi Durian (*Durio zibethinus* Murr.)

ALLYA PUTRI ADRYANI<sup>1</sup>, TINA DEWI ROSAHDI<sup>1\*</sup>, DAN ASEP SUPRIADIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati  
Bandung, Jalan A.H Nasution No. 105, Cipadung, Cibiru, Kota Bandung, Jawa  
Barat 40614, Indonesia

\*alamat email korespondensi: tina\_dr@uinsgd.ac.id

| Informasi Artikel                                                                                           | Abstrak/Abstract                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kata Kunci: $\alpha$ -amilase; aktivitas spesifik; bakteri asam laktat; fermentasi durian; kadar protein.   | Fermentasi durian ( <i>Durio zibethinus</i> Murr.) berpotensi menghasilkan Bakteri Asam Laktat (BAL) yang dapat memanfaatkan karbohidrat sebagai substrat dalam menghasilkan asam laktat. Keberadaan BAL pada hasil fermentasi durian berpotensi menghasilkan enzim hidrolitik, salah satunya $\alpha$ -amilase, yang berperan dalam menghidrolisis pati menjadi gula pereduksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi BAL dari tempoyak serta karakterisasi $\alpha$ -amilase dari BAL. Isolasi BAL dilakukan menggunakan media de Man Rogosa Sharpe Agar (MRSA), kemudian karakterisasi morfologi dilakukan melalui pengamatan koloni dan pewarnaan Gram. Kadar protein total ditentukan secara kuantitatif menggunakan metode Bradford, sedangkan aktivitas $\alpha$ -amilase dianalisis menggunakan metode 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS). Hasil isolasi menunjukkan dua isolat BAL dengan koloni berwarna putih susu, berbentuk bulat, elevasi cembung, dan tepian rata. Hasil pewarnaan Gram menunjukkan bahwa kedua isolat merupakan bakteri Gram positif, yaitu isolat FD.1 berbentuk diplobasil dan isolat FD.2 berbentuk kokus berantai. Kadar protein total pada isolat FD.1 dan FD.2 masing-masing sebesar 0,034 mg/mL dan 0,114 mg/mL. Kedua isolat BAL mampu menghasilkan $\alpha$ -amilase dengan aktivitas spesifik sebesar 31,403 U/mg pada isolat FD.1 dan 22,113 U/mg pada isolat FD.2. Karakterisasi enzim menunjukkan bahwa $\alpha$ -amilase dari BAL memiliki kondisi optimum pada pH 5 dan suhu 60°C. |
| Keywords: $\alpha$ -amilase; durian fermentation; lactic acid bacteria; protein content; specific activity. | <i>Durian (<i>Durio zibethinus</i> Murr.) fermentation has the potential to produce lactic acid bacteria (LAB), which can utilize carbohydrates as substrates for lactic acid production. The presence of LAB in fermented durian also has the potential to produce hydrolytic enzymes, one of which is <math>\alpha</math>-amylase, which plays a role in hydrolyzing starch into reducing sugars. This study aimed to isolate LAB from tempoyak and characterize the <math>\alpha</math>-amylase produced. LAB isolation was performed using de Man, Rogosa, and Sharpe Agar (MRSA), followed by morphological characterization through colony observation and Gram staining. Total protein content was quantitatively determined using the Bradford method, while <math>\alpha</math>-amylase activity was quantitatively analyzed using the 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) method. The isolation results showed two LAB isolates with milky-white, round colonies, convex elevation, and entire margins. Gram staining results indicated that both isolates were Gram-positive bacteria, with isolate FD.1 exhibiting a diplobacillary shape and isolate FD.2 exhibiting chain-forming cocci. The total protein contents of isolates FD.1 and FD.2 were 0.034 mg/mL and 0.114 mg/mL, respectively. Both LAB isolates were capable of producing <math>\alpha</math>-amylase, with specific</i>                                                                                                                                  |

activities of 31.403 U/mg for isolate FD.1 and 22.113 U/mg for isolate FD.2. Enzyme characterization showed that the  $\alpha$ -amylase produced by LAB exhibited optimum conditions at pH 5 and a temperature of 60°C.

## PENDAHULUAN

Durian (*Durio zibethinus* Murr.) menjadi komoditas unggulan buah tropis di Asia Tenggara karena kandungan gizi yang melimpah. Kandungan gizi yang dimiliki buah durian diantaranya yaitu karbohidrat, lipid, mineral, dan protein. Masyarakat di wilayah Sumatera dan Kalimantan mengolah durian menjadi olahan pangan tradisional berbasis fermentasi. Fermentasi durian ini diolah dengan menambahkan garam, gula, dan rempah dalam jumlah rendah [1] [2].

Fermentasi durian yang sering diolah ialah tempoyak. Tempoyak berpotensi menghasilkan bakteri asam laktat (BAL). Proses fermentasi ini berlangsung secara anaerob melalui jalur fermentasi asam laktat, memanfaatkan karbohidrat sebagai substrat pembentuk asam laktat [1], sebagaimana ditunjukkan oleh penurunan pH dan peningkatan kadar asam laktat pada penelitian Permatasari dkk. (2022), tanda adanya aktivitas metabolik BAL yang tinggi sekaligus menekan pertumbuhan mikroba perusak dan menjaga stabilitas produk [3] [4].

Tempoyak menjadi salah satu penghasil BAL tertinggi jika dibandingkan dengan fermentasi buah tropis lainnya. Murwani, dkk (2024) melaporkan bahwa tempoyak menghasilkan 89,94% mikroflora BAL sedangkan pada fermentasi buah nangka dihasilkan populasi BAL sebesar 60,32% [5]. Data tersebut menunjukkan bahwa tempoyak memiliki potensi sebagai sumber isolat BAL yang berpotensi menghasilkan enzim atau metabolit bioaktif.

Beberapa BAL diketahui memiliki kemampuan penting lainnya, yaitu memproduksi enzim hidrolitik seperti  $\alpha$ -amilase, yang berfungsi menghidrolisis pati menjadi gula sederhana [6]. Salah satu fungsi penting BAL adalah memproduksi  $\alpha$ -amilase, endoamilase yang memecah ikatan  $\alpha$ -1,4-glikosidik pada amilum menjadi maltosa dan glukosa [6] [7], seperti terlihat pada *Lactobacillus plantarum* S21 dari mie beras fermentasi Thailand dengan aktivitas 2,1 U/mL dan aktivitas spesifik 17,8

U/mg protein [8]. Sifat non-patogen, tahan asam, dan kestabilan enzimnya pada pH rendah menjadikan BAL lebih unggul untuk aplikasi pangan dibandingkan *Bacillus* sp. [9], sejalan dengan laporan Turkey dkk. (2025) dan Amapu dkk. (2016) mengenai tingginya aktivitas  $\alpha$ -amilase pada berbagai genus BAL [10] [11].

Terbatasnya penelitian mengenai isolasi  $\alpha$ -amilase dari BAL hasil fermentasi durian menjadi fokus masalah utama pada jurnal ini. Beberapa studi hanya berfokus pada identifikasi mikroflora tempoyak, perubahan fisik-kimia fermentasi, atau karakterisasi komunitas BAL, tanpa melanjutkan analisis terhadap potensi enzimatisnya [12]. Selain itu, belum ditemukan kajian yang secara khusus mengevaluasi aktivitas  $\alpha$ -amilase dari BAL asal tempoyak berbahan durian lokal, yang dikenal memiliki kandungan karbohidrat dan gula relatif tinggi. Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi BAL dari tempoyak serta karakterisasi  $\alpha$ -amilase dari BAL.

## EKSPERIMEN

Penelitian ini dilakukan pada Januari – Juni 2026 di Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung dan Laboratorium Sentral UNPAD.

### Material

Fermentasi buah durian (tempoyak), 1,8 gram NaCl (Merck), *Media de Man Rogosa Sharpe Agar* (MRSA) (Merck), *Media de Man Rogosa Sharpe Broth* (MRSB) (Himedia), 0,75 gram  $\text{CaCO}_3$  (Merck), 1,921 gram asam sitrat ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ ) (Merck), 5,365 gram natrium fosfat ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) (Merck), 1 gram DNS (asam 3,5 dinitrosalisilat) (Sigma Aldrich), 25 mL natrium hidroksida (NaOH) 2 M (Merck), 30 gram K-Na tartrat (PUDAK), 0,5 gram glukosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) (Merck), 10 mL substrat pati 1% (PUDAK).

## Instrumentasi

Spektrofotometer UV Visible (Barcov) pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 540 dan 595 nm.

## Prosedur

Pada penelitian telah dilakukan isolasi dan karakterisasi  $\alpha$ -amilase dari isolasi bakteri asam laktat (BAL) hasil fermentasi buah durian (tempoyak). Karakterisasi yang dilakukan meliputi uji kuantitatif serta faktor pH dan pengaruh suhu terhadap aktivitas  $\alpha$ -amilase.

## Fermentasi Durian (Tempoyak)

Sampel penelitian berupa durian lokal (*Durio zibethinus* L.) asal Lubuk Linggau yang difermentasi secara spontan selama 3–7 hari. Fermentasi dilakukan dengan penambahan garam (1–5% b/b) dan gula (0–6% b/b), kemudian diinkubasi pada suhu ruang (25–30 °C) dalam wadah tertutup [13].

## Isolasi Bakteri Asam Laktat (BAL)

Isolasi BAL dilakukan menggunakan metode pengenceran bertingkat ( $10^{-1}$ – $10^{-5}$ ) dalam larutan NaCl 0,9%, dilanjutkan dengan metode sebar (*spread plate*) pada media MRS Agar yang telah ditambahkan  $\text{CaCO}_3$ . Kultur diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam.

## Karakterisasi BAL

Karakterisasi isolat BAL dilakukan secara mikroskopis melalui pewarnaan Gram standar (kristal violet, lugol, alkohol, safranin) dan diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 100 $\times$ .

## Produksi Ekstrak Kasar $\alpha$ -amilase

Isolat BAL murni dikultur dalam media MRS Broth dan diinkubasi menggunakan *shaker incubator* (37 °C, 150 rpm, 24 jam). Kultur kemudian disentrifugasi (4.000 rpm, 10 menit); supernatan yang diperoleh digunakan sebagai ekstrak kasar  $\alpha$ -amilase.

## Uji Aktivitas $\alpha$ -amilase

Aktivitas enzim ditentukan menggunakan metode DNS (asam 3,5-dinitrosalisilat) berdasarkan kadar gula pereduksi yang terbentuk, diukur secara spektrofotometri pada  $\lambda$  540 nm dengan kurva standar glukosa (150–350 ppm), dan dinyatakan dalam U/mL [14].

## Penentuan Kadar Protein Total

Kadar protein ekstrak enzim ditentukan dengan metode Bradford menggunakan kurva standar BSA (15–55 ppm), diukur pada  $\lambda$  595 nm dan dinyatakan dalam mg/mL.

## Karakterisasi $\alpha$ -amilase

Karakterisasi enzim meliputi uji pengaruh pH (4–8, buffer universal asam sitrat–natrium fosfat) dan suhu (30–80 °C, buffer fosfat 50 mM pH 7) terhadap aktivitas enzim, masing-masing diukur menggunakan metode DNS seperti prosedur sebelumnya [15].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Fermentasi Durian (Tempoyak)

Fermentasi durian lokal dilakukan selama 6 hari pada suhu ruang dengan penambahan garam 4% (b/b), kemudian dilanjutkan penyimpanan pada suhu 4 °C selama 3 hari. Setelah fermentasi, tempoyak memiliki pH 5,88 dan mengalami penurunan menjadi 3,92 setelah penyimpanan. Penurunan pH menunjukkan terbentuknya asam organik selama fermentasi yang berkaitan dengan aktivitas metabolisme bakteri asam laktat (BAL).

Selama proses fermentasi berlangsung, BAL memanfaatkan kandungan nutrisi pada daging buah durian terutama karbohidrat sederhana seperti glukosa sebagai substrat untuk menghasilkan asam organik, khususnya asam laktat, melalui jalur homofermentatif maupun heterofermentatif. Produksi asam laktat ini menyebabkan penurunan pH secara bertahap pada sampel tempoyak. Secara fisik, fermentasi ditandai dengan aroma asam yang semakin kuat, tekstur lebih lunak, dan terbentuknya cairan pada permukaan tempoyak.

Pada penelitian ini digunakan konsentrasi garam 4% dalam proses pembuatan tempoyak.

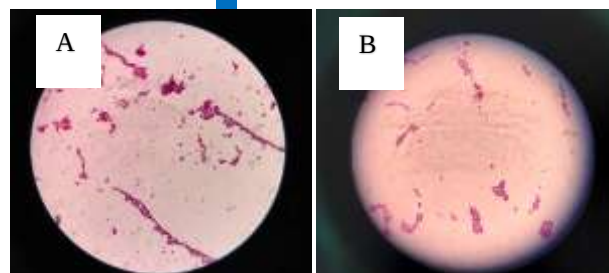
Pemilihan konsentrasi tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa kadar garam 4% masih berada pada kisaran yang mampu mendukung fermentasi oleh BAL, namun memberikan daya hambat yang lebih baik terhadap mikroorganisme kontaminan dibandingkan konsentrasi yang lebih rendah. Selain itu, penggunaan garam sekitar 4% juga telah diterapkan pada penelitian fermentasi durian sehingga masih termasuk dalam kisaran konsentrasi yang umum digunakan.

### Isolasi Bakteri Asam Laktat (BAL)

Isolasi BAL dilakukan menggunakan media MRSA yang ditambahkan  $\text{CaCO}_3$ . Hasil isolasi pada berbagai tingkat pengenceran ( $10^{-2}$  hingga  $10^{-5}$ ) menunjukkan pertumbuhan koloni bakteri berwarna putih susu disertai zona bening tipis di sekitar koloni. Terbentuknya zona bening tersebut mengonfirmasi kemampuan fermentatif isolat yang diperoleh, sekaligus menjadi seleksi awal terhadap isolat yang bersifat asidogenik. Secara morfologi, seluruh isolat yang diperoleh menunjukkan karakteristik koloni yang serupa, yaitu berbentuk bulat (*circular*), berelevasi cembung (*convex*), bertepian rata (*entrie*), dan berwarna putih susu. Karakteristik tersebut merupakan ciri umum BAL yang umumnya tidak menghasilkan pigmen sehingga koloni tampak berwarna putih hingga krem pada media pertumbuhan. Hasil ini sesuai dengan penelitian Ayun (2023) yang melaporkan bahwa koloni BAL hasil isolasi berbentuk bulat, tepian rata, dan berelevasi cembung. Dua isolat dengan pertumbuhan yang lebih terpisah dan homogen, yaitu FD.1 dan FD.2, dipilih untuk karakterisasi lebih lanjut [16].

### Karakterisasi BAL

Hasil pewarnaan Gram terhadap dua isolat BAL menunjukkan sel berbentuk batang dan bulat, dengan warna sel berwarna merah keunguan yang terlihat pada **Gambar 1**. Hasil tersebut menunjukkan bahwa FD.1 memiliki morfologi diplobasil, sedangkan FD.2 berbentuk kokus berantai.



**Gambar 1.** Pewarnaan Gram isolat BAL  
(A) Isolat FD.1 (B) Isolat FD.2

Kedua isolat disimpulkan sebagai BAL Gram positif berdasarkan karakteristik media selektif dan morfologi koloni, meskipun hasil pewarnaan secara visual menunjukkan warna merah keunguan yang diduga akibat *over-decolorization*.

**Tabel 1.** Hasil pewarnaan Gram isolat BAL dari tempoyak

| Isolat BAL | Sifat Gram  | Morfologi Sel  |
|------------|-------------|----------------|
| FD.1       | Positif (+) | diplobasil     |
| FD.2       | Positif (+) | kokus berantai |

Perbedaan morfologi sel antara kedua isolat tersebut mengindikasikan adanya keragaman jenis BAL dalam tempoyak, yang merupakan hal umum pada produk fermentasi spontan berbahan dasar buah tropis [12] [14]. Hasil karakterisasi morfologi sel kedua isolat secara lengkap disajikan pada Tabel 1. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Hassanuddin (2021) yang melaporkan bahwa BAL dari tempoyak menghasilkan isolat BAL dengan morfologi sel yang berbeda-beda [18].

### Uji Aktivitas $\alpha$ -amilase

Aktivitas  $\alpha$ -amilase ditentukan secara kuantitatif menggunakan metode DNS berdasarkan jumlah gula pereduksi hasil hidrolisis pati. Kurva standar glukosa menghasilkan persamaan regresi ( $y = 0,0031x - 0,0487$ ) dengan nilai ( $R^2 = 0,9900$ ), menunjukkan hubungan linear yang baik antara konsentrasi glukosa dan absorbansi. Hasil absorbansi isolat dihitung aktivitasnya dengan hasil yang ditampilkan pada **Tabel 2**. Aktivitas enzim adalah ukuran jumlah produk yang terbentuk atau substrat yang digunakan

dalam reaksi per satuan waktu. Satu IU enzim mengkatalisis 1  $\mu\text{mol}$  substrat per detik pada kondisi pH dan suhu tertentu. Dengan demikian, FD.1 menunjukkan aktivitas  $\alpha$ -amilase lebih tinggi dibandingkan FD.2.

**Tabel 2.** Data kadar protein dan aktivitas  $\alpha$ -amilase dari isolat BAL

| Isola<br>BAL | Kadar Protein<br>(mg/mL) | Aktivitas<br>(U/mL) | Aktivitas Spesifik<br>(U/mg) |
|--------------|--------------------------|---------------------|------------------------------|
| FD.1         | 0,034                    | 1,070               | 31,403                       |
| FD.2         | 0,114                    | 0,753               | 22,113                       |

Aktivitas  $\alpha$ -amilase yang diperoleh berada pada kisaran 0,753–1,070 U/mL. Nilai tersebut lebih rendah dibandingkan penelitian Turkey et al. (2025), yaitu 1,283–13,670 U/mL, tetapi masih sebanding dengan aktivitas 0,38–1,10 U/mL yang dilaporkan Amapu et al. (2016) pada isolat BAL. Perbedaan aktivitas dapat dipengaruhi oleh sumber isolat, substrat, serta kondisi produksi dan pengujian enzim [10] [11].

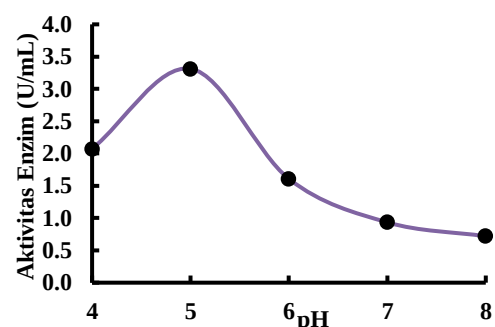
### Penentuan Kadar Protein Total

Penentuan kadar protein menggunakan metode Bradford menghasilkan kurva standar BSA dengan persamaan ( $y = 0,0108x + 0,2008$ ) dan ( $R^2 = 0,9992$ ). Kadar protein ekstrak kasar enzim ditunjukkan pada **Tabel 2**. Meskipun FD.2 memiliki kadar protein total lebih tinggi, FD.1 menunjukkan aktivitas spesifik yang lebih besar.

Hal ini menunjukkan bahwa proporsi protein yang memiliki aktivitas katalitik pada ekstrak FD.1 lebih tinggi dibandingkan FD.2. Hal ini disebabkan kadar protein yang dihasilkan merupakan kadar protein total enzim, sehingga pada ekstrak kasar enzim isolat FD.2 akan menghasilkan kadar protein terbesar karena sebagian protein yang ada tidak memiliki aktivitas katalitik dan enzim hanya sebagian kecil dari keseluruhan protein yang ada dalam ekstrak kasar. Oleh karena itu, FD.1 dipilih untuk karakterisasi lebih lanjut.

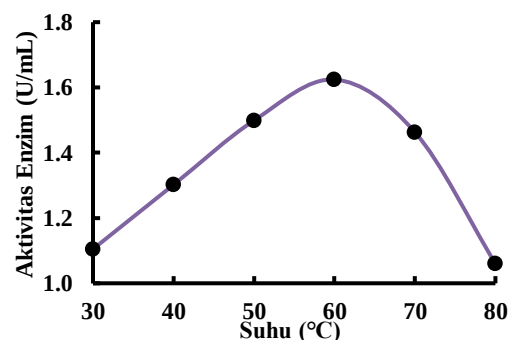
### Karakterisasi $\alpha$ -amilase

Karakterisasi pengaruh pH menunjukkan bahwa aktivitas  $\alpha$ -amilase meningkat dari pH 4 hingga mencapai maksimum pada pH 5, kemudian menurun pada pH 6–8. Aktivitas tertinggi diperoleh pada pH 5 (**Gambar 2**). Kondisi pH yang terlalu rendah atau tinggi dapat mengubah ionisasi gugus aktif enzim sehingga memengaruhi interaksi enzim dengan substrat. Hasil ini sesuai dengan penelitian Istia'nah et al. (2020) yang melaporkan pH optimum amilase pada pH 5 [15].



**Gambar 2.** Kurva pengaruh pH terhadap aktivitas  $\alpha$ -amilase

Pengaruh suhu menunjukkan bahwa aktivitas  $\alpha$ -amilase meningkat dari 30 hingga 60  $^{\circ}\text{C}$ , kemudian menurun pada 70 dan 80  $^{\circ}\text{C}$ . Aktivitas tertinggi diperoleh pada suhu 60  $^{\circ}\text{C}$  (**Gambar 3**). Peningkatan aktivitas hingga 60  $^{\circ}\text{C}$  berkaitan dengan meningkatnya energi kinetik dan frekuensi tumbukan antara enzim dan substrat. Penurunan aktivitas pada suhu yang lebih tinggi diduga disebabkan oleh denaturasi protein enzim yang mengubah konformasi sisi aktif. Suhu optimum 60  $^{\circ}\text{C}$  masih berada dalam kisaran suhu optimum  $\alpha$ -amilase mikroba yang umumnya dilaporkan sekitar 40–70  $^{\circ}\text{C}$ .



**Gambar 3.** Kurva pengaruh suhu terhadap aktivitas  $\alpha$ -amilase

Hasil ini sesuai dengan penelitian Gupta, dkk (2003) yang menyatakan bahwa  $\alpha$ -amilase dari mikroba umumnya memiliki suhu optimum pada kisaran 40-70 °C, bergantung pada jenis mikroorganisme dan karakteristik enzim yang dihasilkan [19]. Selain itu, de Souza, dkk (2010) melaporkan bahwa banyak  $\alpha$ -amilase mikroba menunjukkan aktivitas optimum pada kisaran 50-70 °C, sehingga suhu optimum sebesar 60 °C yang diperoleh pada penelitian ini masih berada pada rentang karakterisasi  $\alpha$ -amilase yang diisolasi dari mikroba [20].

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa karakteristik pewarnaan gram isolat bakteri asam laktat (BAL) hasil fermentasi durian memberikan hasil gram positif dengan bentuk sel pada isolat FD.1 berbentuk diplobasil dan pada FD.2 berbentuk kokus berantai. Lalu, kadar protein total pada kedua isolat sebesar 0,034 mg/mL untuk isolat FD.1 dan pada isolat FD.2 sebesar 0,114 mg/mL. Pada uji aktivitas spesifik  $\alpha$ -amilase pada isolat FD.1 didapatkan aktivitas enzim yaitu sebesar 31,403 U/mg dan pada isolat FD.2 sebesar 22,113 U/mg. Lalu, kondisi optimum yang didapatkan pada isolat FD.1 yaitu pada pH 5 dan suhu 60 °C yang memiliki aktivitas spesifik terbesar.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada UIN Sunan Gunung Djati Bandung, khususnya Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, yang telah memberikan fasilitas dan dukungan selama pelaksanaan penelitian. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Dr. Tina Dewi Rosahdi selaku Pembimbing I dan Dr. Asep Supriadin selaku Pembimbing II atas bimbingan, arahan, dan masukan selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung pelaksanaan penelitian ini.

## REFERENSI

- [1] T.-N. Dang dan B. H. Nguyen, "Study on Durian Processing Technology and Defleshing Machine," *Asia Pac. J. Sustain. Agric. Food Energy*, vol. 3, no. 1, hlm. 12–16, Apr 2015, doi: 10.36782/apjsafe.v3i1.886.
- [2] G. Khaksar, S. Kasemcholathan, dan S. Sirikantaramas, "Durian (*Durio zibethinus* L.): Nutritional Composition, Pharmacological Implications, Value-Added Products, and Omics-Based Investigations," *Horticulturae*, vol. 10, no. 4, hlm. 342, Mar 2024, doi: 10.3390/horticulturae10040342.
- [3] I. Permatasari, M. Turnip, dan R. Kurniatuhadi, "Tempoyak Durian Pekawai (*Durio kutejensis* (Hassk.) Becc.)," *Agroprimatech*, vol. 6, no. 1, Oktober 2022.
- [4] L. S. Siagian, K. Manalu, dan R. A. Nasution, "Isolasi dan Identifikasi Bakteri Asam Laktat dari Hasil Fermentasi Limbah Organik Kulit Buah (Eco-Enzyme)," *BIOEDUSAINS Jurnal Pendidik. Biol. Dan Sains*, vol. 7, no. 1, hlm. 322–334, Jun 2024, doi: 10.31539/bioedusains.v7i1.9967.
- [5] R. Murwani dkk., "Lactic Acid Bacteria Isolates and the Microbiome of Cincalok, Tempoyak, and Mandai: A Traditional Fermented Food from Kalimantan Island, Indonesia," *Int. J. Food Sci.*, vol. 2024, hlm. 1–11, Apr 2024, doi: 10.1155/2024/6589766.
- [6] R. H. Bimo Setiarto, B. Sri Laksmi Jenie, D. Nur Faridah, I. Saskiawan, dan Sulistiani, "Selection of Amylase and Pullulanase Producing Lactic Acid Bacteria and Its Application on Taro Fermentation," *J. Teknol. Dan Ind. Pangan*, vol. 26, no. 1, hlm. 80–89, Jun 2015, doi: 10.6066/jtip.2015.26.1.80.
- [7] L. S. Wahyuni, T. D. Rosahdi, dan A. Supriadin, "Isolasi dan Karakterisasi Amilase dari Biji Durian (*Durio* sp.)," *Al-Kim.*, vol. 2, no. 1, hlm. 18–23, Jun 2015, doi: 10.15575/ak.v2i1.348.
- [8] A. Kanpiengjai, S. Lumyong, T.-H. Nguyen, D. Haltrich, dan C. Khanongnuch, "Characterization of a maltose-forming  $\alpha$ -

amylase from an amylolytic lactic acid bacterium *Lactobacillus plantarum* S21,” *J. Mol. Catal. B Enzym.*, vol. 120, hlm. 1–8, Okt 2015, doi: 10.1016/j.molcatb.2015.06.010.

[9] B. Ramadhan dan P. R. Wikandari, “Review Artikel: Aktivitas Enzim Amilase Dari Bakteri Asam Laktat (karakteristik Dan Aplikasi),” *Unesa J. Chem.*, vol. 10, no. 2, hlm. 109–120, Mei 2021, doi: 10.26740/ujc.v10n2.p109-120.

[10] Ş. N. Turkay, K. Karaman, dan H. Bekiroğlu, “Alpha-amylase activity of lactic acid bacteria isolated from different fermented products: Characterization of *Latilactobacillus curvatus* Y2-1B amylase,” *Türk Doğa Ve Fen Derg.*, vol. 14, no. 2, hlm. 64–72, Jun 2025, doi: 10.46810/tdfd.1619709.

[11] T. Amapu, J. Ameh, S. Ado, I. Abdullahi, dan H. Dapiya, “Amylolytic Potential of Lactic Acid Bacteria Isolated from Wet Milled Cereals, Cassava Flour and Fruits,” *Br. Microbiol. Res. J.*, vol. 13, no. 2, hlm. 1–8, Jan 2016, doi: 10.9734/BMRJ/2016/24509.

[12] A. Viona, R. Fevria, I. Irdawati, dan D. H. Putri, “Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat (BAL) pada Fermentasi Durian Montong (*Durio zibethinus* Murr.),” *MASALIQ*, vol. 4, no. 1, hlm. 367–378, Jan 2024, doi: 10.58578/masaliq.v4i1.2636.

[13] L. Anggadhania, R. H. B. Setiarto, D. Yusuf, L. Anshory, dan M. F. Royyani, “Exploring tempoyak, fermented durian paste, a traditional Indonesian indigenous fermented food: typical of Malay tribe,” *J. Ethn. Foods*, vol. 10, no. 1, hlm. 42, Des 2023, doi: 10.1186/s42779-023-00206-2.

[14] C. Nisak, “Optimasi Aktivitas Enzim  $\alpha$ -Amilase Dari Jamur *Penicillium Sublateritium* Pada Variasi Suhu,” 2020.

[15] D. Istia’nah, U. Utami, dan A. Barizi, “Karakterisasi Enzim Amilase dari Bakteri *Bacillus megaterium* pada Variasi Suhu, pH dan Konsentrasi Substrat,” *J. Ris. Biol. Dan Apl.*, vol. 2, no. 1, hlm. 11, Mar 2020, doi: 10.26740/jrba.v2n1.p11-17.

[16] Q. Aýun, S. N. Muthiáh, dan D. Sukmalara, “Potensi Bakteri Asam Laktat (BAL) Dari Jus Tempe Sebagai Kandidat

Probiotik,” *J. Al-AZHAR Indones. SERI SAINS DAN Teknol.*, vol. 8, no. 2, hlm. 171, Mei 2023, doi: 10.36722/sst.v8i2.1673.

[17] A. L. Putri dan E. Kusdiyantini, “Isolasi dan identifikasi bakteri asam laktat dari pangan fermentasi berbasis ikan (Inasua) yang diperjualbelikan di Maluku-Indonesia,” *J. Biol. Trop.*, vol. 1, no. 2, hlm. 6, Nov 2018, doi: 10.14710/jbt.1.2.6-12.

[18] H. Hasanuddin, “The Lactic Acid Bacteria in Fermented Durian (*D. Zibethinus*),” *AGRITROPICA J. Agric. Sci.*, vol. 4, no. 1, hlm. 75–81, Mei 2021, doi: 10.31186/j.agritropica.4.1.75-81.

[19] R. Gupta, P. Gigras, H. Mohapatra, V. K. Goswami, dan B. Chauhan, “Microbial  $\alpha$ -amylases: a biotechnological perspective,” *Process Biochem.*, vol. 38, no. 11, hlm. 1599–1616, Jun 2003, doi: 10.1016/S0032-9592(03)00053-0.

[20] P. M. de Souza dan P. de Oliveira e Magalhães, “Application of Microbial  $\alpha$ -Amylase in Industry – a Review,” *Braz. J. Microbiol.*, 2010.