

Isolation of Lactic Acid Bacteria from California Papaya and Antibacterial Activity as a Potential Starter Culture

Deni Harmoko^{1*}, Elsa Mega Suryani¹, Rizka Kusuma Ningrum¹

¹Program Studi Mikrobiologi, Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo, Indonesia;

Article History

Received : November 17th, 2025

Revised : December 11th, 2025

Accepted : December 16th, 2025

*Corresponding Author: **Deni Harmoko**, Program Studi Mikrobiologi, Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo, Indonesia; Email: deni.harmoko@dosen.umaha.ac.id

Abstract: Papaya fruit has many benefits for body health. Lactic acid bacteria can be used as a starter culture to produce more diverse foods (food diversification) and increase product shelf life. This study was conducted to obtain LAB isolates from California papaya that have potential as starter cultures. The methods in this study include the LAB isolation stage followed by the gram staining process, endospore staining, catalase test, hemolytic test, and antibacterial activity test using *S. aureus* and *E. coli* as indicator bacteria. Data were analyzed statistically using one-way ANOVA and Tukey's post hoc test at 5% of significance level. The total count (TPC) of LAB in California papaya samples was 3.6×10^5 CFU/mL. The results of LAB isolation from California papaya obtained 14 LAB isolates, after going through the testing and screening stages obtained 8 LAB isolates that could potentially be used as starter culture candidates, namely isolates DPC1, DPC5, DPC6, DPC7, DPC10, DPC11, DPC12, DPC14. Isolate DPC6 is an isolate with the highest antibacterial activity in inhibiting the growth of *S. aureus* and *E. coli* bacteria, so it is a potential bacterial candidate that can be used as a starter culture.

Keywords: Antibacterial activity, california papaya, isolation, lactic acid bacteria

Pendahuluan

Pepaya merupakan tanaman pangan dengan hasil panen tahunan pada tahun 2023 mencapai 1.238.692 ton, yang setara dengan sekitar 4,39% dari total produksi buah nasional (BPS, 2024). Kandungan nutrisi dan kimia pepaya, termasuk seng, besi, kalium, dan vitamin C, dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan pola makan dan kesehatan, sehingga membantu meringankan masalah metabolisme (Matsuane *et al.*, 2023). Pepaya memberikan berbagai manfaat kesehatan. Beta-karoten dan vitamin C yang terdapat dalam pepaya berfungsi sebagai antioksidan yang membantu mencegah pembentukan radikal bebas dan oksidasi lipid (Setiarto *et al.*, 2018). Selain itu, pepaya mengandung gula yang dapat berfungsi sebagai sumber karbon dan dapat

mengalami fermentasi mikroba (Kamelia *et al.*, 2019).

Fermentasi dapat membantu mengurangi pembusukan makanan, berkat bakteri asam laktat (LAB), yang menghambat pertumbuhan bakteri berbahaya. Bakteri asam laktat (LAB) umumnya terlibat dalam fermentasi buah dan sayuran (Sharma *et al.*, 2017). Biasanya, bakteri asam laktat dianggap sebagai jenis bakteri probiotik (So'aib *et al.*, 2020), yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan asam laktat dan bakteriosin (Simons *et al.*, 2020), secara efektif menghambat dan menghancurkan bakteri patogen di usus (Braïek *et al.*, 2018). Patogen dalam makanan, termasuk *Enterobacter aerogenes*, *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Bacillus subtilis*, dan *Staphylococcus aureus* dapat ditekan oleh beberapa spesies *Lactobacillus* sp., seperti *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus delbrueckii*,

dan *Lactobacillus fermentum* (Viswanathan et al., 2015).

Memahami bakteri asam laktat (LAB) dari buah dan sayuran sangat penting untuk memajukan pengembangan kultur starter dan pengawet yang digunakan dalam makanan nabati. Meskipun variasi fenotipik spesies LAB telah diteliti secara menyeluruh untuk penggunaan dalam produk susu, hal ini masih kurang dieksplorasi dalam makanan dan minuman nabati. Akibatnya, pemprofilan LAB asli yang bersumber dari produk segar memerlukan penyelidikan lebih lanjut (Fessard & Remize, 2019). Pemanfaatan komponen buah secara efisien sebagai aditif makanan fungsional dapat ditingkatkan melalui teknologi ekspansi vakum cepat dan fermentasi asam laktat, yang sangat penting dalam menciptakan dan memilih kultur starter (Jes et al., 2024).

Minuman yang mengandung probiotik dari LAB dianggap sebagai makanan praktis dan bergizi karena atribut nutrisinya yang mengagumkan, profil rasa, dan daya tahannya. Minat terhadap minuman probiotik yang terbuat dari jus buah telah meningkat karena meningkatnya alergi susu atau preferensi diet vegan di kalangan beberapa konsumen (Meenu et al., 2024). Isolasi dan pengujian aktivitas antibakteri bakteri asam laktat dari Pepaya California terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* sebagai kandidat kultur starter masih belum banyak dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi bakteri asam laktat potensial yang berasal dari pepaya california sebagai kandidat kultur starter.

Bahan dan Metode

Metode penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni – Agustus 2025, di laboratorium mikrobiologi Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo. Metode dalam penelitian ini meliputi tahap isolasi BAL dilanjutkan proses pewarnaan gram, pewarnaan endospora, uji katalase, uji hemolitik, dan uji aktivitas antibakteri dengan menggunakan *S. aureus* dan *E. coli* sebagai bakteri indikator. Data dianalisis secara statistik menggunakan *one-way* ANOVA dan uji post hoc Tukey pada tingkat signifikansi 5%.

Isolasi dan Seleksi BAL

Fase isolasi dilakukan dengan menyiapkan sampel daging buah pepaya California dalam kondisi steril, kemudian dihaluskan dan diencerkan dengan perbandingan 10^{-1} hingga 10^{-6} . Pengenceran serial dilakukan dengan menyiapkan lima tabung reaksi, masing-masing diisi dengan 9 mL larutan NaCl 0,85% steril. Setelah itu, 100 μ L diambil dan ditempatkan pada agar MRS dan M17, yang mengandung 1% CaCO_3 melalui teknik spread plate (Nurindasari et al., 2019).

Karakterisasi Morfologi Koloni dan Sel

Pemeriksaan morfologi koloni yang diisolasi meliputi pengamatan bentuk koloni, jenis tepi, ukuran, dan warnanya. Identifikasi morfologi sel difokuskan pada pengenalan bentuk isolat, serta karakteristik pewarnaan Gram-nya. Bentuk sel diperiksa di bawah mikroskop setelah proses pewarnaan Gram. Jika bakteri berwarna merah, maka diklasifikasikan sebagai Gram-negatif; Sebaliknya, jika tampak berwarna ungu, maka diberi label sebagai Gram-positif.

Pewarnaan Endospora

Pewarnaan endospora dilakukan mengikuti metode yang dijelaskan oleh Farikhah (2021). Metode ini melibatkan penempatan dua tetes larutan malachite green pada koloni bakteri yang disebar di atas kaca preparat, mengulangi langkah ini dua kali sebelum dibiarkan kering selama beberapa menit. Kaca preparat kemudian dipanaskan sebentar di atas pembakar Bunsen, setelah itu ditambahkan setetes safranin, dibiarkan selama satu menit, dan dibilas dengan air suling. Setelah dibiarkan kering selama 30 detik, kaca preparat diamati di bawah mikroskop (Kantari & Ariyanti, 2024).

Uji Katalase

Setelah inkubasi selama 24 jam, koloni bakteri ditempatkan pada kaca preparat, setelah itu ditambahkan setetes larutan H_2O_2 3%. Munculnya gelembung gas menunjukkan reaksi positif karena enzim katalase memecah H_2O_2 . Dalam uji katalase ini, isolat LAB diharapkan menunjukkan hasil negatif (Suardana et al., 2017).

Uji Aktivitas Hemolisis

Pengujian patogenisitas ditentukan oleh aktivitas hemolitik LAB. Penilaian hemolisis dilakukan menggunakan agar darah yang diinfus dengan 5% darah domba. Setiap isolat bakteri pertama-tama dikultur pada agar MRS selama 24 jam, kemudian satu loop diambil untuk menginokulasi permukaan agar darah. Kultur ini kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam, setelah itu diperiksa untuk β -hemolisis (yang menunjukkan zona jernih), α -hemolisis (zona hijau), dan γ -hemolisis (tidak adanya zona jernih) (Ghosh et al., 2021).

Uji Aktivitas Antibakteri

Teknik yang digunakan untuk skrining aktivitas antibakteri adalah metode difusi cakram agar. Awalnya, buat kultur cair dengan konsentrasi sel 107 CFU/mL, menggunakan hemositometer. Selanjutnya, sentrifugasi kultur cair pada 10.000 rpm dan 4 °C selama 10 menit, lalu pisahkan supernatan bebas sel (CFS) dari pelet, sesuaikan pH CFS menjadi 6,8. Supernatan kemudian disaring dengan filter membran, dan supernatan steril kemudian ditempatkan pada cakram kosong. Setelah itu, media kaldu nutrisi harus disiapkan untuk menumbuhkan strain bakteri patogen untuk digunakan sebagai indikator, seperti *E. coli* dan *S. aureus*, yang kemudian harus diinkubasi pada 37 °C selama 24 jam. Kepadatan sel disesuaikan menggunakan hemositometer, dan kemudian 100 μ L kultur diinokulasikan ke dalam media agar nutrisi dan disebar merata menggunakan kapas steril. Cakram kosong yang telah dikeringkan ditempatkan pada permukaan agar cawan petri

yang mengandung bakteri indikator, dengan tiga replikasi untuk masing-masing cawan. Susunan tersebut diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam..

Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis menggunakan *One-Way Anova* pada software SPSS 16.0. Kemampuan bakteri pada tiap perlakuan konsentrasi berbeda diuji menggunakan uji Tukey, dan dianalisis statistik pada tingkat kepercayaan 95%.

Hasil dan Pembahasan

Prosedur isolasi LAB dilakukan menggunakan dua jenis media selektif: MRS dan M17. MRS banyak digunakan untuk isolasi LAB, sedangkan M17 digunakan untuk mengisolasi spesies *Lactococcus*. Dalam percobaan ini, tidak ada LAB yang terdeteksi pada media M17, sehingga media MRSA digunakan untuk pengujian selanjutnya. Koloni bakteri yang dipilih untuk karakterisasi lebih lanjut adalah koloni yang membentuk zona transparan pada media agar yang telah diperkaya dengan CaCO_3 , menunjukkan koloni tersebut adalah LAB. Munculnya zona transparan di sekitar koloni merupakan hasil interaksi antara asam yang dihasilkan oleh LAB dan CaCO_3 , yang menyebabkan terbentuknya kalsium laktat, yang larut dalam media. 1% CaCO_3 berfungsi untuk menetralkan asam yang dihasilkan oleh LAB (Gunawan, 2018). Jumlah total koloni (TPC) untuk BAL dalam sampel pepaya California tercatat sebesar $3,6 \times 10^5$ CFU/mL

Tabel 1. Pengamatan Koloni Bakteri Asam Laktat yang diisolasi dari pepaya kalifornia pada media MRSA

Pengamatan Morfologi		Kode Isolat													
		DPC	DPC	DPC	DPC	DPC	DPC	DPC	DPC	DPC	DPC	DPC	DPC	DPC	DPC
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Bentuk Koloni	1. Memanjang	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+
	2. Tidak Beraturan	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
	3. Oval	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4. Bulat Sedang	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	+	-
	5. Bulat Besar	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
Pinggiran	1. Menyeluruh	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+
	2. Beralun	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-
	1. Cembung	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+

Pengamatan Morfologi		Kode Isolat													
		DPC 1	DPC 2	DPC 3	DPC 4	DPC 5	DPC 6	DPC 7	DPC 8	DPC 9	DPC 10	DPC 11	DPC 12	DPC 13	DPC 14
Permukaan	2. Pulvinat	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
Elevasi	3. Datar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Permukaan Tekstur	1. Kasar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	2. Berkontur	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
	3. Berkerut	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4. Licin	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+
Ciri Optik	1. Pudar	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2. Berkilat	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pigmentasi	1. Putih	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-
	2. Putih Susu	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+
	3. Krem	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
	4. Transparan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan :

+ : Menunjukkan

- : Tidak Menunjukkan

DPC : Isolat BAL dari dari sampel pepaya california yang diisolasi menggunakan media MRSA. Angka 1-14 merupakan penanda urutan isolat

Analisis isolasi menunjukkan bahwa isolat DPC1, DPC11, dan DPC14 menunjukkan koloni memanjang (Tabel 1). Sejumlah koloni bakteri lainnya tampak memiliki bentuk tidak beraturan (DPC2 dan DPC9), bentuk oval (DPC5), koloni bulat sedang (DPC4, DPC6, DPC8, DPC12, dan DPC13), dan koloni besar berbentuk bulan sabit (DPC3, DPC7, dan DPC10). Tepi koloni umumnya halus, sementara tiga isolat memiliki tepi bergelombang (DPC3, DPC9, dan DPC11). Sebagian besar koloni LAB menunjukkan bentuk cembung pada permukaan, sedangkan sisanya

berbentuk pulvinat (DPC4, DPC12, dan DPC13). Dari segi tekstur permukaan, isolat LAB sebagian besar halus, meskipun dua menunjukkan permukaan kasar (DPC12) dan satu menunjukkan kontur (DPC9). Karakteristik visual isolat LAB dari pepaya California seringkali meliputi penampilan mengkilap, sedangkan DPC3 tampak kusam. Warna isolat bervariasi, dengan pigmentasi putih diamati pada DPC1, DPC4, DPC8, dan DPC12, putih susu untuk DPC3, DPC5, DPC9, DPC10, dan DPC11, dan warna krem untuk DPC2, DPC6, dan DPC7.

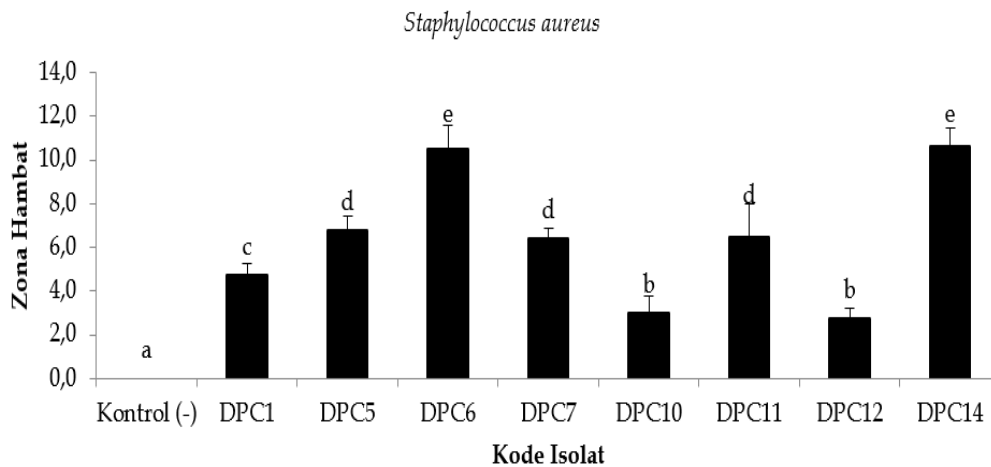
Tabel 2. Pengamatan Morfologi Bakteri, Pewarnaan Endospora, dan Uji Katalase Bakteri Asam Laktat yang diisolasi dari pepaya kalifornia pada media MRSA

Kode Isolat	Pengamatan				
	Cat gram	Bentuk Sel	Pewarnaan Endospora	Uji Katalase	Uji Hemolitik
DPC1	Positif	Basil	Tidak ada	Negatif	Gama Hemolitik
DPC2	Positif	Basil	Tidak ada	Positif	Gama Hemolitik
DPC3	Positif	Basil	Tidak ada	Positif	Gama Hemolitik
DPC4	Positif	Basil	Ada	Positif	Gama Hemolitik
DPC5	Positif	Basil	Tidak ada	Negatif	Gama Hemolitik
DPC6	Positif	Basil	Tidak ada	Negatif	Gama Hemolitik
DPC7	Positif	Basil	Tidak ada	Negatif	Gama Hemolitik
DPC8	Positif	Basil	Ada	Positif	Gama Hemolitik
DPC9	Positif	Basil	Ada	Positif	Gama Hemolitik
DPC 10	Positif	Basil	Ada	Negatif	Gama Hemolitik
DPC 11	Positif	Basil	Tidak ada	Negatif	Gama Hemolitik
DPC 12	Positif	Basil	Tidak ada	Negatif	Gama Hemolitik
DPC 13	Positif	Basil	Ada	Positif	Gama Hemolitik
DPC 14	Positif	Basil	Tidak ada	Negatif	Gama Hemolitik

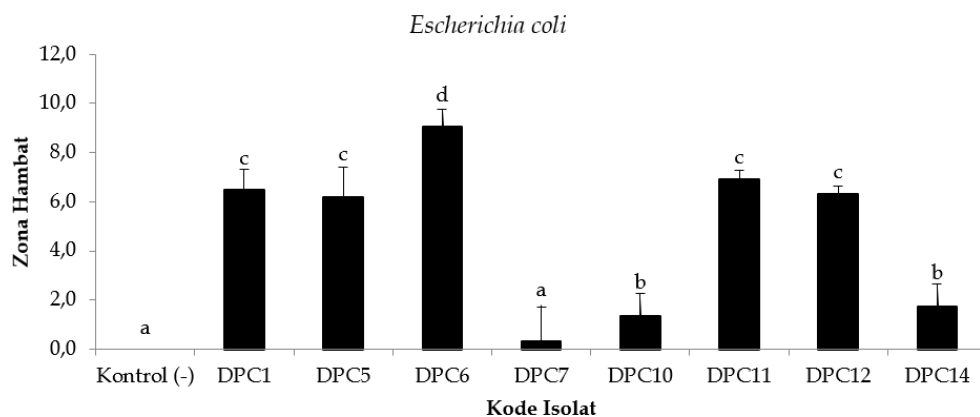
Pemeriksaan morfologi bakteri, pewarnaan endospora, dan pengujian katalase untuk bakteri asam laktat yang diisolasi dari pepaya California dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil dari pewarnaan Gram menunjukkan bahwa semua isolat bersifat Gram-positif dan berbentuk basil. Pewarnaan endospora mengungkapkan bahwa sembilan isolat (DPC1, DPC2, DPC3, DPC5, DPC6, DPC7, DPC11, DPC12, dan DPC14) tidak mengandung endospora. Di sisi lain, isolat DPC4, DPC8, DPC9, DPC10, dan DPC13 menunjukkan adanya endospora. Menurut hasil uji katalase, enam isolat memberikan hasil positif, yaitu DPC2, DPC3, DPC4, DPC8, DPC9, dan DPC13. Isolat yang menunjukkan hasil negatif untuk uji katalase adalah DPC1, DPC5, DPC6, DPC7, DPC10, DPC11, DPC12, dan DPC14. Dari pengamatan endospora dan uji katalase, delapan isolat, yaitu DPC1, DPC5, DPC6, DPC7, DPC10, DPC11, DPC12, dan DPC14, dipilih untuk diuji sifat

antibakterinya terhadap *S. aureus* dan *E. coli* sebagai bakteri indikator.

Sebanyak 8 isolat dievaluasi untuk sifat antibakterinya. Efektivitas isolat LAB yang berasal dari pepaya California terhadap *S. aureus* diilustrasikan pada Gambar 1. Perlakuan kontrol tidak menunjukkan efek penghambatan, yang menegaskan bahwa isolat LAB secara efektif membatasi pertumbuhan bakteri uji. Analisis uji Tukey mengungkapkan variasi seberapa baik setiap isolat LAB dari pepaya California dapat menghambat *S. aureus*. Isolat DPC10 tidak menunjukkan perbedaan signifikan dari isolat DPC12. Isolat DPC5, DPC7, dan DPC11 tidak menunjukkan variasi dalam kapasitasnya untuk menghambat pertumbuhan *S. aureus*, tetapi mereka berbeda secara signifikan dari DPC1, DPC6, DPC10, DPC12, dan DPC14. Isolat DPC6 dan DPC14 sebanding dan menunjukkan efektivitas antibakteri terbesar terhadap pertumbuhan *S. aureus*.



Gambar 1. Aktivitas antibakteri isolat BAL dari pepaya california terhadap bakteri *S. aureus*



Gambar 2. Aktivitas antibakteri isolat BAL dari pepaya california terhadap bakteri *E. coli*

Sifat antibakteri isolat LAB dari pepaya California terhadap *E. coli* disajikan pada Gambar 2. Analisis melalui uji Tukey menunjukkan perbedaan kemampuan penghambatan masing-masing isolat LAB terhadap *E. coli*. Isolat DPC5, DPC11, dan DPC12 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam kemampuan menghambat *E. coli*. Di sisi lain, isolat DPC10 dan DPC14 berbeda secara signifikan dari DPC7, yang menunjukkan aktivitas paling rendah. Di antara mereka, isolat DPC6 menunjukkan efektivitas antibakteri terkuat terhadap pertumbuhan *E. coli*.

Pembahasan

Berbagai penilaian dapat dilakukan untuk mengevaluasi LAB, termasuk evaluasi fenotipik, uji katalase, dan uji sifat antimikroba terhadap bakteri penyebab penyakit seperti *B. cereus*, *E. coli*, *S. aureus*, dan *S. typhimurium* (Setyawardani & Sumarmono, 2019). LAB dapat berfungsi sebagai kultur starter selama proses fermentasi. Proses fermentasi ini terjadi melalui dua jenis mekanisme: homofermentatif dan heterofermentatif. Bakteri asam laktat yang homofermentatif terutama mengubah gula menjadi asam laktat, terutama ketika kondisi anaerobik. Di sisi lain, LAB heterofermentatif mengubah gula untuk menghasilkan etanol, karbon dioksida, dan sejumlah kecil asam laktat (Saryono *et al.*, 2023).

Endospora merupakan strategi bertahan hidup bakteri terhadap faktor lingkungan yang keras, termasuk suhu tinggi. Endospora ini berfungsi sebagai bentuk tidak aktif untuk bertahan dalam situasi sulit seperti kekurangan nutrisi dan faktor lingkungan ekstrem seperti kekeringan atau fluktuasi suhu ekstrem (Mauboy *et al.*, 2022). Bakteri dari genus *Bacillus* dapat menghasilkan endospora, memungkinkan mereka untuk bertahan pada suhu setinggi 70°C, dan mereka menghasilkan endospora ketika terpapar suhu yang melebihi batas tersebut (Mukamto *et al.*, 2015). Endospora yang diwarnai memiliki afinitas yang kuat terhadap zat pewarna, sehingga ketika terpapar pewarna yang berbeda, seperti safranin, mereka mempertahankan warna aslinya. Perubahan warna hijau di dalam sel bakteri menandakan adanya endospora. Umumnya, endospora dapat ditemukan pada genus seperti *Bacillus*,

Clostridium, dan *Sporosarcina*. Endospora bakteri ini eksklusif untuk jenis bakteri tertentu, dengan dindingnya yang sangat tebal, tahan, dan sangat refraktif (Kantari & Ariyanti, 2024).

Menilai keberadaan enzim katalase pada bakteri, digunakan uji katalase. Enzim ini dapat menangkal efek berbahaya dari hidrogen peroksida. Katalase membantu memecah hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen ($2H_2O_2 + \text{katalase} \leftrightarrow 2H_2O + O_2$). Tanpa adanya gelembung, ini menunjukkan bahwa isolat tersebut positif katalase (menunjukkan kurangnya katalase yang memecah hidrogen peroksida). Hasil menunjukkan bahwa isolat LAB menunjukkan hasil uji katalase negatif (Mudawaroch *et al.*, 2020). Kemampuan untuk menggunakan oksigen bebas untuk respirasi seluler dapat menunjukkan variasi mikroorganisme. *Bacillus* sp. diidentifikasi sebagai bakteri aerobik. Dengan adanya oksigen, organisme aerobik menghasilkan produk sampingan metabolisme, beberapa di antaranya bersifat toksik, seperti superoksida O_2^- , radikal bebas. Enzim katalase yang diproduksi oleh isolat *Bacillus* sp. sangat penting dalam mengubah superoksida menjadi air dan oksigen (Mukamto *et al.*, 2015). Karena bakteri tidak menghasilkan enzim katalase yang dibutuhkan untuk mengubah hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen, hal ini menyebabkan tidak terbentuknya gelembung (Sirisha *et al.*, 2021).

Hemolisis merupakan teknik yang efektif dan mudah untuk menilai kompatibilitas darah (Sun *et al.*, 2020). Strain bakteri yang tidak menunjukkan hemolisis (hemolisis γ) atau menciptakan area kehijauan (hemolisis α) diidentifikasi sebagai non-hemolitik. Sebaliknya, strain yang menghasilkan zona tak berwarna merupakan ciri hemolisis β (Meng *et al.*, 2021). Pengujian hemolisis membantu memastikan apakah isolat bakteri dapat membahayakan manusia atau hewan. Karakteristik hemolisis dapat diidentifikasi berdasarkan bentuk area yang terpengaruh di sekitar koloni bakteri. Hemolisis gamma menunjukkan bahwa sel darah merah tetap utuh dan tidak ada perubahan pada medium di sekitarnya. Hemolisis alfa menunjukkan bahwa sel darah merah mengalami lisis, dengan hemoglobin berubah menjadi methemoglobin, sehingga menciptakan garis luar kehijauan di sekitar area pertumbuhan bakteri. Hemolisis beta menandakan bahwa sel darah

merah mengalami lisis, disertai dengan degradasi dan penggunaan hemoglobin oleh bakteri, menciptakan zona transparan di sekitar koloni (Sodiq *et al.*, 2019).

Isolat LAB dapat menghambat pertumbuhan *E. coli* dan *S. aureus*, menggunakan bakteri berbahaya ini dalam uji aktivitas antibakteri untuk mewakili kelompok bakteri Gram-positif dan Gram-negatif. Indikator efek penghambatan adalah munculnya zona jernih di sekitar cakram kertas (Ismail *et al.*, 2017). Sebagian besar penghambatan yang terlihat terhadap *E. coli* diklasifikasikan sebagai lemah (<5 mm), sedangkan terhadap *S. aureus* diberi label sedang (5-10 mm) (Saryono *et al.*, 2023). Hierarki penghambatan yang dihasilkan oleh patogen bawaan makanan adalah *Salmonella enteritidis* > *Salmonella typhimurium* > *L. monocytogenes* > *E. coli* > *S. aureus* (Garcia *et al.*, 2016). Efek antibakteri muncul melalui berbagai mekanisme, termasuk penumpukan asam total, pembentukan bakteriosin, dan pembentukan berbagai zat antibakteri.

Akumulasi ini terjadi pada sel LAB karena kekurangan enzim katalase. Penelitian oleh (Antarini *et al.*, 2022) yang menyelidiki isolat LAB untuk aksi antibakteri menemukan bahwa isolat TW28 menunjukkan efek antibakteri terkuat terhadap *E. coli*, dengan zona inhibisi 9,6 mm (kategori sedang), dan aktivitas tertinggi terhadap *S. aureus* dengan zona inhibisi 12 mm (kategori kuat). Selain itu, penelitian oleh (Nasri *et al.*, 2022) menunjukkan bahwa ekstrak daun pepaya memiliki sifat antibakteri yang nyata, menunjukkan zona inhibisi 14,3 mm pada *S. aureus* dan 16,1 mm pada *E. coli*, mengandung senyawa aktif seperti alkaloid, tanin, flavonoid, steroid, dan saponin.

Saat ini, terdapat peningkatan minat dalam memanfaatkan bakteri asam laktat (LAB) yang bersumber dari buah-buahan segar sebagai kultur starter dalam produksi makanan berbasis buah, dengan fokus pada penciptaan produk inovatif atau fungsional. LAB memiliki kemampuan untuk mengubah sumber karbohidrat menjadi asam organik, terutama asam laktat, sekaligus menghasilkan berbagai metabolit. Manfaat kesehatannya yang menarik menjadikan LAB populer sebagai kultur starter. Beberapa genus LAB yang berfungsi sebagai kultur starter adalah *Enterococcus*, *Fructobacillus*, *Lactobacillus*,

Lactococcus, *Leuconostoc*, dan *Weissella* (Rodríguez *et al.*, 2019).

Spesies LAB yang diidentifikasi termasuk *Lactobacillus acidophilus*; dalam kasus dangke, yang memanfaatkan koagulum getah pepaya, spesies seperti *Lactobacillus acidophilus* dan *Lactobacillus fermentum* telah diamati dalam pepaya (Aliifah *et al.*, 2023). Selama fermentasi pepaya, LAB berperan dalam memengaruhi parameter kualitas dan bioaksesibilitas senyawa fenolik di dalam saluran pencernaan. Aksi fermentasi bakteri *Weissella cibaria* 64 (W64D7) dan *Lactiplantibacillus plantarum* 75 (L75D7) meningkatkan konsentrasi asam klorogenik, vanilat, siringat, ellagik, ferulat, katekin, epikatekin, dan kuersetin dalam fraksi usus. Fermentasi LAB dapat memengaruhi bioaksesibilitas senyawa fenolik (Mashitoa *et al.*, 2021).

LAB merupakan kandidat yang cocok untuk probiotik dan kultur starter karena ketahanannya terhadap berbagai lingkungan asam, toleransi terhadap garam empedu, pertumbuhan yang efektif dalam berbagai media, dan kemampuan untuk menghambat banyak bakteri patogen. Sifat fermentasinya, kelangsungan hidupnya melalui beberapa matriks makanan, dan atribut teknologi juga berkontribusi pada kesesuaiannya (Garcia *et al.*, 2016). Penggunaan LAB dalam produksi sourdough dari pepaya fermentasi dapat meningkatkan kualitas dan umur simpan roti sourdough sekaligus menawarkan potensi manfaat kesehatan (Mutamima *et al.*, 2023). Minuman fermentasi yang terbuat dari campuran susu dan pepaya, ditambah dengan bakteri *Limosilactobacillus fermentum* J24, menunjukkan peningkatan sifat antioksidan, memberikan dasar untuk pembuatan minuman susu fungsional dari pepaya, yang dapat digunakan secara efektif untuk mengurangi polusi lingkungan dan meningkatkan nilai gizi (Jes *et al.*, 2024).

Kesimpulan

Nilai angka total (TPC) BAL pada sampel pepaya california adalah $3,6 \times 10^5$ CFU/mL. Hasil isolasi BAL dari pepaya california diperoleh sebanyak 14 isolat BAL, setelah melalui tahap pengujian dan screening diperoleh sebanyak 8 isolat BAL yang berpotensi dapat digunakan

sebagai kandidat kultur starter, yaitu isolat DPC1, DPC5, DPC6, DPC7, DPC10, DPC11, DPC12, DPC14. Isolat DPC6 merupakan isolat dengan kemampuan aktivitas antibakteri tertinggi dalam menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus* dan *E. coli*, sehingga merupakan kandidat bakteri potensial yang dapat digunakan sebagai kultur starter.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan rasa terima kasih dan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (Kemendikti Saintek) atas dukungan dana yang diberikan melalui program hibah penelitian. Hibah ini telah memberikan peluang dan kontribusi yang signifikan bagi proses penelitian, sehingga kegiatan penelitian dapat berjalan lancar dan mencapai tujuan yang diharapkan.

Referensi

- Aliifah, F., Rustama, M. M., & Putranto, W. S. (2023). Skrining Bakteri Asam Laktat Dan Khamir Potensial Proteolitik Ekstraseluler Dan Milk Clotting Activity Dari Getah Dan Fresh Cheese Pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 4(2), 167–186.
<https://doi.org/10.24198/jthp.v4i2.49944>
- Antarini, A. A. N., Agustini, N. P., Gumala, N. M. Y., & Mataram, I. K. A. (2022). Isolation, characterization and screening of functional properties probiotic candidates for lactic acid bacteria Bali traditional drink wong tea in vitro. *International Journal of Health Sciences*, 6(3), 1646–1658.
<https://doi.org/10.53730/ijhs.v6n3.13635>
- BPS. (2024). *Daftar Produksi Tanaman Buah-buahan*, 2021-2023.
<https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjLjMg==/produksi-tanaman-buah-buahan.html>
- Braïek, O. Ben, Morandi, S., Cremonesi, P., Smaoui, S., Hani, K., & Ghraïri, T. (2018). Biotechnological potential, probiotic and safety properties of newly isolated enterocin-producing *Enterococcus lactis* strains. *LWT - Food Science and Technology*, 92(January), 361–370.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.045>
- Fessard, A., & Remize, F. (2019). Genetic and technological characterization of lactic acid bacteria isolated from tropically grown fruits and vegetables. *International Journal of Food Microbiology*, 301(January), 61–72.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.05.003>
- Garcia, E. F., Luciano, W. A., Xavier, D. E., da Costa, W. C. A., Oliveira, K. D. S., Franco, O. L., de Moraes Júnior, M. A., Lucena, B. T. L., Picão, R. C., Magnani, M., Saarela, M., & de Souza, E. L. (2016). Identification of lactic acid bacteria in fruit pulp processing byproducts and potential probiotic properties of selected *Lactobacillus* strains. *Frontiers in Microbiology*, 7(AUG), 1–11.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01371>
- Ghosh, K., Mukherjee, A., Dutta, D., Banerjee, S., Breines, E. M., Hareide, E., & Ringø, E. (2021). Endosymbiotic pathogen-inhibitory gut bacteria in three Indian Major Carps under polyculture system: A step toward making a probiotics consortium. *Aquaculture and Fisheries*, 6(2), 192–204.
<https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.03.009>
- Gunawan, I. A. A. (2018). *LAKTAT DARI KEFIR DALAM MENGHAMBAT PERTUMBUHAN Staphylococcus aureus LAKTAT DARI KEFIR DALAM MENGHAMBAT PERTUMBUHAN Staphylococcus aureus*.
- Ismail, Y. S., Yulvizar, C., & Putriani. (2017). Isolasi, karakterisasi dan uji aktivitas antimikroba bakteri asam laktat dari fermentasi biji kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Bioleuser*, 1(2), 45–53.
- Jes, T. De, Romero, C., & Isidro, M. (2024). *Flash Vacuum Expansion of Maradol Papaya (Carica papaya L .) for Producing an Antioxidant-Potential Dairy Beverage Fermented by Limosilactobacillus fermentum J24*.
- Kamelia, M., Supriyadi, Widiani, N., Farida, & Damayanti, I. (2019). The Analysis of Glucose and Vitamin C on Papaya (*Carica papaya* L.) with Different Time Storage. *Journal of Physics: Conference Series*, 1338(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1338/1/012026>

- Kantari, W. W., & Ariyanti, D. (2024). Karakterisasi Biokimia Kandidat Bakteri Endofit Dari Alga Hijau (*Ulva lactuca*) Sebagai Bioprospeksi Agen Pengendalian Hayati. *Journal of Life Science and Technology Agustus*, 2024(2), 63.
- Mashitola, F. M., Akinola, S. A., Manhevi, V. E., Garcia, C., Remize, F., Slabbert, R. M., & Sivakumar, D. (2021). Influence of fermentation of pasteurised papaya puree with different lactic acid bacterial strains on quality and bioaccessibility of phenolic compounds during in vitro digestion. *Foods*, 10(5), 0–21. <https://doi.org/10.3390/foods10050962>
- Matsuane, C., Kavoo, A. M., Kiage, B. N., Karanja, J., & Rimberia, F. K. (2023). Nutrient content and biochemical analysis of papaya (*Carica papaya* L.) hybrids grown in central Kenya. *Plant Science Today*, 10(2), 263–268. <https://doi.org/10.14719/pst.2117>
- Mauboy, R. S., Dima, A. O. M., Ruma, M. T. L., Karyawati, A., Ati, V. M., & Tuaty, N. H. (2022). ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI PADA PASIR SARANG, CAIRAN KLOAKA, DAN CANGKANG TELUR PENYU LEKANG (*Lepidochelys olivacea* L.). 2022(2), 47–55.
- Meenu, M., Kaur, S., Kaur, M., Mradula, M., Khandare, K., Xu, B., & Pati, P. K. (2024). The golden era of fruit juices-based probiotic beverages: Recent advancements and future possibilities. *Process Biochemistry*, 142(January), 113–135. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2024.04.001>
- Meng, L., Zhu, X., Tuo, Y., Zhang, H., Li, Y., Xu, C., Mu, G., & Jiang, S. (2021). Reducing antigenicity of β -lactoglobulin, probiotic properties and safety evaluation of *Lactobacillus plantarum* AHQ-14 and *Lactobacillus bulgaricus* BD0390. *Food Bioscience*, 42(April), 101137. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101137>
- Mudawaroch, R. E., Setiyono, S., Yusiati, L. M., & Suryanto, E. (2020). Isolation and Identification of Lactic Acid Bacteria on Boiler Chicken. *Elkawnie*, 6(2), 287. <https://doi.org/10.22373/ekw.v6i2.7015>
- Mukamto, Ulfah, S., Mahalina, W., Syaui, A., Istiqfaroh, L., & Trimulyono, G. (2015). Isolasi dan karakterisasi *Bacillus* sp. . Pelarut Fosfat dari Rhizosfer Tanaman Leguminosae. *Sains Dan Matematika*, 3(2), 62–68.
- Mutamima, A., Fadli, A., Purnama, I., Azis, Y., & Izzuddin, M. S. (2023). Exploring the potential of fermented papaya as a functional ingredient for sourdough bread: a study on fermentation time and quality of sourdough donuts. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 20(1), 51–60. <https://doi.org/10.31849/jip.v20i1.13064>
- Nasri, N., Kaban, V. E., Gurning, K., Syahputra, H. D., & Satria, D. (2022). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Pepaya (*Carica papaya* Linn.) Terhadap Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(3), 252–259. <https://doi.org/10.55123/insologi.v1i3.438>
- Nurindasari, A., Bukang, S., Ananda, M., & Suwastika, I. N. (2019). Bacteriocin from Donggala cow's milk againsts *Salmonella typhi*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1277(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1277/1/012008>
- Rodríguez, L. G. R., Mohamed, F., Bleckwedel, J., Medina, R., De Vuyst, L., Hebert, E. M., & Mozzi, F. (2019). Diversity and functional properties of lactic acid bacteria isolated from wild fruits and flowers present in northern Argentina. *Frontiers in Microbiology*, 10(MAY). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01091>
- Saryono, Ismawati, Pratiwi, N. W., Devi, S., Sipayung, M. Y., & Suraya, N. (2023). Isolation and identification of lactic acid bacteria from traditional food sarobucong of Kuantan Singingi District, Riau, Indonesia. *Biodiversitas*, 24(4), 2201–2206. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240432>
- Setiarto, R. H. B., Widhyastuti, N., Octavia, N. D., & Himawan, H. C. (2018). Produksi sari pepaya (*Carica papaya*) fermentasi sebagai minuman probiotik antihiperkolesterolemia. *Jurnal Litbang Industri*, 8(1), 23. <https://doi.org/10.24960/jli.v8i1.3844.23-30>
- Setyawardani, T., & Sumarmono, J. (2019). Isolation and Antimicrobial Activities of

- Lactic Acid Bacteria Originated From Indonesian Local Goat's Colostrum. *ANIMAL PRODUCTION*, 20(3), 173. <https://doi.org/10.20884/1.jap.2018.20.3.731>
- Sharma, K., Mahajan, R., Attri, S., & Goel, G. (2017). Selection of indigenous *Lactobacillus paracasei* CD4 and *Lactobacillus gastricus* BTM 7 as probiotic: assessment of traits combined with principal component analysis. *Journal of Applied Microbiology*, 122(5), 1310–1320. <https://doi.org/10.1111/jam.13426>
- Simons, A., Alhanout, K., & Duval, R. E. (2020). Bacteriocins, antimicrobial peptides from bacterial origin: Overview of their biology and their impact against multidrug-resistant bacteria. *Microorganisms*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/microorganisms8050639>
- Sirisha, A., Lakshmi, J., Lakshmi, K., & Gopal, V. (2021). Isolation and Biochemical Characterization of Lactic Acid Bacteria from Fermented Foods. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 10(10), 584–600. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2021.1010.069>
- So'aib, M. S., Hamid, K. H. K., Salihon, J., Tan, H. L., & Hamid, A. (2020). Beneficial effects of spontaneous fermentation in enhancing the phenolic contents, antioxidant activity and cultivation of lactic acid bacteria of *Carica papaya* leaf. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 991(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/991/1/012006>
- Sodiq, A. H., Setiawati, M. R., Santosa, D. A., & Widayat, D. (2019). POTENSI MIKROBA ASAL MIKROORGANISME LOKAL DALAM MENINGKATKAN PERKECAMBAHAN BENIH PAPRIKA. *Jurnal Agroekotek*, 11(2), 130–140.
- Suardana, I. W., Ramona, Y., & Wahyuni, S. (2017). Bakteri Asam Laktat Isolat 18A (*Lactococcus lactis* ssp *lactis* 1) Asal Kolon Sapi Bali Berpotensi sebagai Probiotik. *Jurnal Veteriner*, 18(3), 422. <https://doi.org/10.19087/jveteriner.2017.18.3.422>
- Sun, L., Song, L., Zhang, X., Zhou, R., Yin, J., & Luan, S. (2020). Poly(γ -glutamic acid)-based electrospun nanofibrous mats with photodynamic therapy for effectively combating wound infection. *Materials Science and Engineering C*, 113(March), 110936. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2020.110936>
- Viswanathan, S., Preethi, G., Veilumuthu, P., Amuthan, M., Rajesh, R., & Suba, P. (2015). Probiotic Studies in Colostrum of Buffalo. *Global Veterinaria*, 14(2), 199–204. <https://doi.org/10.5829/idosi.gv.2015.14.02.92179>