

**REVIEW: POTENSI BAKTERI ASAM LAKTAT (BAL) UNTUK  
MENINGKATKAN MUTU PRODUK PANGAN**

**Edia Fitri Dwinianti<sup>1</sup>, Intan Ria Neliana<sup>2</sup>, Frengky Hermawan Hadi Prasetyo<sup>3</sup>\***

<sup>1</sup>Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37 Jember, Jawa Timur 68121, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37 Jember, Jawa Timur 68121, Indonesia

<sup>3</sup>Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember, Jl. Mastrip PO BOX 164 Jember, Jawa Timur 68101, Indonesia

\*e-mail: frengky\_hermawan@polije.ac.id

**Abstrak**

*Bakteri Asam Laktat (BAL) merupakan mikroorganisme penting yang dimanfaatkan secara luas dalam industri pengolahan pangan. Fermentasi bahan pangan menggunakan BAL memberikan manfaat signifikan dalam meningkatkan nilai gizi, cita rasa, sebagai probiotik, dan agen biopreservatif menjadikannya komponen kunci dalam proses produksi berbagai olahan pangan yang aman serta berkualitas tinggi. Artikel ini disusun berdasarkan kajian literatur 10 tahun terakhir, dimana data dan informasi yang diperoleh kemudian disajikan secara terstruktur. BAL memfermentasi bahan pangan dengan mendegradasi karbohidrat menjadi asam laktat (homofermentatif) atau menjadi campuran asam laktat, karbon dioksida, asam asetat dan/atau etanol (heterofermentatif). Bakteri ini mampu memproduksi bakteriosin yang memiliki aktivitas antimikroba sebagai alternatif yang layak untuk pengawet makanan. Seiring kemajuan di bidang rekayasa genetika, dan meningkatnya permintaan akan penggunaan BAL dalam industri pangan mendorong perlunya upaya yang signifikan dalam modifikasi genetik metabolisme mikroorganisme melalui pengembangan strain BAL baru yang dapat meningkatkan kualitas makanan industri.*

**Kata kunci:** Bakteri Asam Laktat; Fermentasi; Produk Pangan; Probiotik; Bakteriosin

**Abstract**

*Lactic Acid Bacteria (LAB) are important microorganisms that are widely used in the food processing industry. Fermentation of food materials using LAB provides significant benefits, including increased nutritional value, enhanced taste, as probiotic and biopreservative agents, making it a key component in the production process of various safe and high-quality food products. LAB ferments food materials by degrading carbohydrates into lactic acid (homofermentative) or a mixture of lactic acid, carbon dioxide, acetic acid, and/or ethanol (heterofermentative). These bacteria are able to produce bacteriocins that have antimicrobial activity, serving as a viable alternative to food preservatives. Along with advances in the field of genetic engineering and the increasing demand for the use of LAB in the food industry, significant efforts are needed to genetically modify the metabolism of microorganisms through the development of new LAB strains that can improve the quality of industrial foods.*

**Keywords:** Lactic Acid Bacteria; Fermentation; Food Product; Probiotic; **Bacteriocin**

## 1. PENDAHULUAN

Industri pengolahan makanan yang tumbuh pesat diharapkan dapat memenuhi permintaan akan makanan yang higienis dan bergizi seiring dengan populasi manusia yang terus bertambah. Makanan dan minuman fermentasi telah dikembangkan selama berabad-abad, terbukti aman dan bermanfaat bagi kesehatan manusia. Selain itu, produk fermentasi juga dapat meningkatkan masa simpan dan meningkatkan karakteristik organoleptik (Asgher et al., 2020). Saat ini, beberapa contoh produk makanan mentah yang banyak difermentasi yaitu daging, kedelai, sayuran, buah-buahan, ikan dan susu. Hal ini dikarenakan masyarakat semakin sadar akan pentingnya makanan aman dan bergizi.

Bakteri Asam Laktat (BAL) merupakan salah satu mikroorganisme penting yang dapat dimanfaatkan secara luas dalam industri pengolahan pangan. BAL merupakan kelompok bakteri Gram-positif, tidak membentuk spora, berbentuk kokus atau basil, fakultatif anaerob, katalase-negatif dan tahan terhadap asam (Mokoena, 2017). Menurut Daba & Elkhateeb (2020) BAL sebagian besar mencakup genus *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Oenococcus*, *Tetragonococcus*, *Vagococcus*, dan *Weissella*. Bakteri ini dapat diklasifikasikan baik dalam filum firmicutes maupun dalam berbagai kelas Bacilli atau *Lactobacillus*.

BAL mempunyai peran penting pada proses fermentasi makanan seperti keju, yogurt, kefir, daging dan sayur-sayuran. BAL dalam proses pengolahan makanan berperan untuk memperbaiki cita rasa pada proses fermentasi serta sebagai pengawetan dengan mengontrol pertumbuhan bakteri patogen (Raj et al., 2022). Konsentrasi asam laktat yang relatif tinggi dan pH yang rendah akan menghambat pertumbuhan mikroba pembusuk dan patogen, sehingga produk pangan terfermentasi yang dihasilkan akan dapat disimpan lebih lama dan aman bagi konsumen. Selain itu, BAL juga menghasilkan senyawa-senyawa lain yaitu hidrogen peroksida, diasetil, karbondioksida, reuterin dan bakteriosin yang juga berfungsi sebagai antimikroba (Coelho et al., 2022). Berbagai metabolit tersebut saat ini banyak dieksplorasi dalam industri pengolahan makanan.

Peran BAL dalam meningkatkan mutu produk pangan tidak hanya terbatas pada aspek fisik dan kimia, tetapi juga mencakup potensi probiotiknya yang bermanfaat bagi kesehatan manusia, seperti memperbaiki kesehatan pencernaan dan meningkatkan daya tahan tubuh. Menurut Coelho et al. (2022), probiotik ini dapat membantu menyeimbangkan mikroflora usus dan mencegah pertumbuhan bakteri patogen. Probiotik dari BAL seperti strain *Lactobacillus* digunakan secara komersial untuk produksi makanan fermentasi. *Lactobacillus casei* dan *Lactobacillus acidophilus* juga digunakan secara komersial untuk probiotik terkenal seperti BIO®, Actimel®, LC1®, dan Yakult® (Raj et al., 2022). Produk fermentasi yoghurt yang diproduksi dari susu kaya akan protein, vitamin, kalsium, riboflavin, dan asam folat serta memiliki nilai gizi yang lebih tinggi. Selain itu, eksopolisakarida (EPS) diproduksi dari strain *Lactobacillus acidophilus*, yang berfungsi untuk mengurangi pertumbuhan kanker usus besar jika diberikan dalam jumlah yang sesuai (Korcz & Varga, 2021).

Seiring dengan meningkatnya preferensi konsumen terhadap produk pangan alami dan bebas bahan kimia, BAL menjadi solusi potensial untuk menggantikan bahan pengawet sintetis dan meningkatkan nilai tambah produk pangan. Oleh karena itu banyak penelitian yang telah dilakukan dalam mengisolasi dan mengidentifikasi BAL dari berbagai sumber, diantaranya dari ASI (Anindita et al., 2022), kimchi (Lee et al., 2020), kombucha (Ismail et al., 2023), susu segar (Masalam et al., 2018), buah dan sayuran (Samedi & Charles, 2019) maupun feses bayi (Hasbi et al., 2024).

Fermentasi asam laktat saat ini dianggap sebagai alternatif untuk memproduksi polimer biokompatibel, yaitu asam polilaktat, yang diaplikasikan pada bidang biomedis, dan pengemasan makanan tanpa menimbulkan reaksi alergi atau toksik (Coelho et al., 2022). Selanjutnya, melalui rekayasa genetika fermentasi dapat ditingkatkan proses dan efisiensinya, seperti penelitian yang dilakukan oleh Li et al. (2025) dapat meningkatkan kemampuan BAL untuk memproduksi probiotik Galaktooligosakarida (GOS) yang berperan penting dalam mengatur fungsi kekebalan tubuh, alergi dan kesehatan kulit. Penelitian lainnya mengungkapkan bahwa *Lactobacillus acidophilus* dan *Lactobacillus casei* dapat meningkatkan

aktivitas induksi apoptosis obat kanker seperti *5-fluorouracil* (Raj et al., 2022). Seiring kemajuan bioteknologi yang semakin meningkat, semakin banyak kultur BAL yang dimanfaatkan pada bahan pangan, sehingga dapat meningkatkan sifat makanan, aktivitas antimikroba, dan penyimpanan yang lebih tahan lama (Peng et al., 2020).

Secara keseluruhan, BAL memberikan kontribusi yang sangat signifikan terhadap perkembangan industri pangan, terutama melalui proses fermentasi, peningkatan nilai gizi, dan biopreservatif untuk menghasilkan produk olahan pangan yang aman dan berkualitas tinggi. Namun demikian, masih diperlukan eksplorasi yang lebih mendalam mengenai mekanisme kerja, potensi bioteknologi, serta aplikasi BAL dalam berbagai jenis pangan untuk memaksimalkan manfaatnya. Oleh karena itu, dalam artikel ini dibahas mengenai berbagai galur BAL, pemanfaatannya dalam berbagai industri pangan, probiotik berbasis BAL, bakteriosin dan eksopolisakarida serta pengaruh kemajuan teknologi dalam kemajuan fermentasi BAL.

## **2. METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam penulisan jurnal review ini yaitu studi pustaka. Pustaka yang digunakan merupakan jurnal ilmiah terbitan 10 tahun terakhir, baik jurnal nasional maupun jurnal internasional yang diterbitkan secara online dari berbagai web jurnal dan melalui mesin pencarian berupa google scholar. Kemudian dilakukan penentuan jurnal yang digunakan sebagai jurnal utama, yaitu jurnal yang membahas tentang potensi bakteri asam laktat pada industri pengolahan makanan. Data dan informasi yang diperoleh kemudian disusun sedemikian rupa sehingga mempermudah pembaca dalam menemukan informasi.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### *3.1 Galur dan Klasifikasi BAL*

BAL adalah sekelompok bakteri Gram-positif, tidak membentuk spora, berbentuk kokus atau basil, fakultatif anaerob, katalase-negatif dan tahan terhadap asam (Mokoena, 2017). Bakteri ini dapat tumbuh pada kisaran pH 3,5-10,0 dan

suhu 5-45°C. Berdasarkan penelitian yang dipublikasikan, Zheng et al. (2020) mengusulkan 25 genus termasuk *Lactobacillus*, *Acetilactobacillus*, *Agrilactobacillus*, *Amylolactobacillus*, *Apilactobacillus*, *Bombilactobacillus*, *Companilactobacillus*, *Dellaglioia*, *Fruclactobacillus*, *Furfurilactobacillus*, *Holzapfelia*, *Lacticaseibacillus*, *Latilactobacillus*, *Lactiplantibacillus*, *Lapidilactobacillus*, *Lentilactobacillus*, *Levilactobacillus*, *Ligilactobacillus*, *Limosilactobacillus*, *Liquorilactobacillus*, *Loigolactobacillus*, *Paralactobacillus*, *Paucilactobacillus*, *Schleiferilactobacillus*, dan *Secundilactobacillus*. Pada makanan tradisional Asia yang difermentasi, BAL dianggap sebagai probiotik potensial termasuk *Lactobacillus plantarum*, *L. pentosus*, *L. brevis*, *L. fermentum*, *L. casei*, *Leuconostoc mesenteroides*, *L. kimchi*, *L. fallax*, *Weissella confusa*, *W. koreensis*, *W. cibaria*, dan *Pediococcus pentosaceus* (Nuraida, 2015). Di Indonesia sebagian besar BAL yang ada didalam makanan fermentasi yaitu spesies *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Weissella* dan *Leuconostoc* (Yusuf et al., 2020).

BAL memfermentasi bahan pangan dengan mendegradasi karbohidrat menjadi asam laktat (homofermentatif) atau menjadi campuran asam laktat, karbon dioksida serta asam asetat dan/atau etanol (heterofermentatif). Selain itu, fermentasi oleh BAL juga dapat menghasilkan senyawa lain seperti diasetil, asetaldehida dan hidrogen peroksida yang berkontribusi terhadap aroma dan rasa serta pada penghambatan mikroba yang tidak diinginkan dalam berbagai produk pangan (Mokoena, 2017). Beberapa BAL seperti *Streptococcus lactis*, *Lactobacillus lactis*, *Streptococcus thermophiles*, *Lactobacillus bulgarius*, *Pediococcus* dan *Enterococcus* merupakan homofermentatif. Homofermentatif sangat disukai dalam fermentasi susu untuk produksi dadih dan keju. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa *Lactobacillus* spp., yaitu bakteri homofermentatif membantu dalam pencernaan laktosa di saluran pencernaan manusia dan meningkatkan kesehatan manusia (Masalam et al., 2018). Bakteri heterofermentatif seperti *Leuconostoc* dan *Lactobacillus* memproduksi hidrogen peroksida dan menunjukkan efek antibiotik terhadap mikroba patogen sehingga memiliki efek pengawetan makanan (Daba & Elkhateeb, 2020).

### 3.2 Pemanfaatan BAL dalam Berbagai Industri Pangan

#### A. Fermentasi Produk Berbahan Dasar Susu

BAL dalam aplikasi bidang industri pangan digunakan untuk proses fermentasi sebagai upaya meningkatkan rasa, memperkaya nutrisi, meningkatkan keamanan pangan dan memberikan manfaat kesehatan (Raj et al., 2022). BAL yang umum digunakan dalam fermentasi makanan berasal dari genus *Lactobacillus* dan *Bifidobacterium*. Bakteri asam laktat banyak digunakan dalam industri pangan untuk menghasilkan kultur atau starter untuk berbagai produk susu. Banyak penelitian telah menunjukkan bahwa susu yang difermentasi oleh *Lactobacillus* spp. dapat memberikan efek menguntungkan dalam mengendalikan penyakit kardiovaskular yang disebabkan oleh hipertensi melalui produksi peptida penghambat ACE (Coelho et al., 2022). Fermentasi susu menghasilkan produk seperti yogurt, *shrikhand*, *dahi*, susu mentega, kefir dan keju. Selain meningkatkan cita rasa dan nilai nutrisi, BAL bermanfaat dalam menghambat mikroba pembusuk makanan dan mencegah adanya mikroba patogen karena menghasilkan bakteriosin dan asam organik (Gupta et al., 2018). Hal tersebut dapat dimanfaatkan sebagai alternatif untuk pengawet makanan kimiawi, karena statusnya yang memenuhi syarat untuk keamanan pangan (Mokoena, 2017). Selain itu, keberadaan asam organik yang dihasilkan dari fermentasi dengan BAL dapat menurunkan pH substrat sehingga bakteri pembusuk dan patogen akan terhambat pertumbuhannya, sehingga memberikan daya awet yang baik (Zheng et al., 2020).

#### B. Produk Berbahan Dasar Daging

Produk daging yang difermentasi diproduksi dengan memanfaatkan mikroflora yang terdapat secara alami, atau dengan menggunakan satu atau lebih spesies sediaan komersial bakteri, ragi, maupun jamur (seperti BAL, *Micrococci*, dan *Staphylococci*) (Raj et al., 2022). BAL dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen seperti *Listeria monocytogenes* pada berbagai produk pangan termasuk daging (Coelho et al., 2022). Fermentasi produk berbahan dasar daging merupakan metode pengawetan dengan pengasaman biologis berenergi rendah yang menghasilkan sifat daging yang unik dan khas, termasuk rasa, kelembutan, warna, tekstur dan nilai gizi yang diinginkan (Xiang et al., 2019). BAL pada produk daging

digunakan dalam proses fermentasi produk daging berupa sosis fermentasi yang banyak digunakan di negara Eropa dan Amerika Serikat. Beberapa jenis BAL yang digunakan dalam fermentasi sosis diantaranya *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus*, *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus*. Selain itu BAL jenis *Wisiella cibaria*, *Lactobacillus alimentarius*, dan *Carnobacterium piscicola* dimanfaatkan dalam fermentasi produk olahan ikan (Raj et al., 2022). Produk daging yang mengalami fermentasi tradisional meliputi salami dari Italia, salchichon dan chorizo yang berasal dari Spanyol, pudding hitam yang terbuat dari darah babi (sosis darah) di Irlandia, serta stik daging sapi dan pepperoni di Amerika. Sosis yang difermentasi dan dibuat melalui proses pematangan dan pengeringan yang lama kemungkinan akan memiliki kadar air yang rendah, rasa yang lebih kuat, tekstur yang lebih padat serta kandungan nutrisi yang lebih tinggi (Xiang et al., 2019).

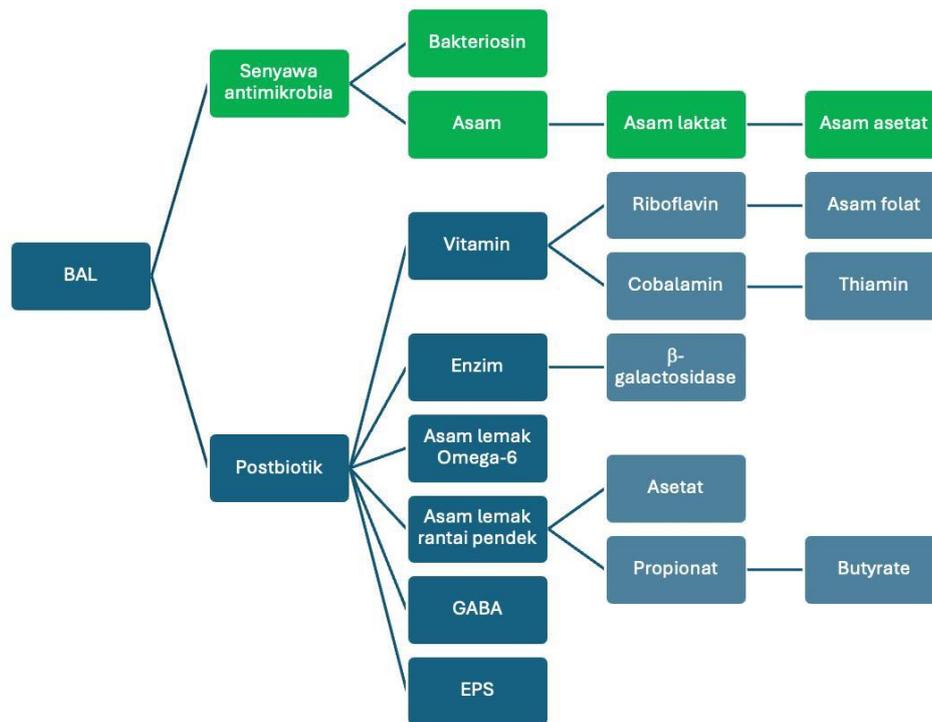
### C. Fermentasi Sayur dan Buah

Beberapa jenis BAL telah terbukti memiliki karakteristik yang menarik untuk meningkatkan kesehatan yang dikenal sebagai probiotik. Probiotik memiliki potensi untuk melawan bakteri patogen pencernaan seperti *Helicobacter pylori*, *Escherichia coli*, dan *Salmonella* (Coelho et al., 2022). Kimchi merupakan makanan fermentasi tradisional Korea yang terbuat dari sayuran hijau dan bumbu. Kimchi merupakan makanan probiotik yang umumnya difermentasi dengan bakteri asam laktat diantaranya *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, dan *Weissella*. Menurut Lee et al. (2020) kultur starter campuran *Leuconostoc mesenteroides* dan *Lactobacillus sakei* dapat meningkatkan rasa kimchi selama fermentasi kubis. Ada beberapa produk kimchi yaitu produk kimchi biasa (tanpa penambahan air), *mul-kimchi*, *beachu* kimchi, *tongbaechu* kimchi, *yeolmoo* kimchi, dan kimchi *nabak*. Produk kimchi ini diproduksi melalui fermentasi BAL bersama dengan sayuran lainnya, sehingga mengandung sejumlah besar BAL (107-109 CFU/g), serat makanan, vitamin, dan mineral. Produk kimchi memiliki efek probiotik, antioksidan, anti penuaan, anti inflamasi, anti bakteri, anti obesitas dan anti kanker (Xiang et al., 2019).

Buah yang difermentasi dapat dibuat menggunakan buah utuh seperti apel, lemon, mangga, kelapa sawit, pepaya, dan pir, atau menggunakan pulp dan jus buah seperti pisang dan anggur. Proses ini dilakukan melalui fermentasi "spontan" oleh mikroflora permukaan yang terdiri dari bakteri asam laktat alami seperti *Lactobacillus spp.* dan *Pediococcus spp.*, atau melalui "fermentasi terkontrol" yang menggunakan kultur starter seperti *L. plantarum*, *L. rhamnosus*, dan *L. acidophilus* (Raj et al., 2022). Produk baru dari fermentasi buah sedang dikembangkan untuk memiliki sifat biologis tertentu, di samping ciri organoleptik yang berbeda. Pada proses fermentasi buah, BAL dapat dimanfaatkan untuk memperoleh aroma yang khas seperti dalam pembuatan tempoyak. Tempoyak merupakan produk pangan tradisional hasil fermentasi buah durian dengan memanfaatkan aktivitas bakteri asam laktat yaitu *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus fermentum*. Makanan fermentasi ini banyak ditemukan di wilayah Sumatera, Kalimantan, Malaysia dan Filipina. BAL dalam tempoyak selama proses fermentasi menghasilkan asam organik rantai pendek yang dapat memberikan manfaat kesehatan karena mampu mencegah pertumbuhan kanker (Ardilla et al., 2022).

### 3.3 Probiotik berbasis BAL

Salah satu aspek pengembangan nutrisi di bidang pangan adalah penggunaan probiotik yang diketahui dapat memberikan pengaruh menguntungkan bagi kesehatan manusia dan hewan. Probiotik merupakan mikroorganisme hidup yang apabila diberikan dalam jumlah yang tepat dapat memberikan manfaat kesehatan yaitu melindungi inang dari mikroorganisme patogen dan meningkatkan sistem kekebalan tubuh (Daba & Elkhateeb, 2020). Probiotik dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi dan menghasilkan faktor terlarut bioaktif (produk sampingan metabolisme) yang bermanfaat bagi inang dan disebut sebagai postbiotik (Coelho et al., 2022). Beberapa jenis probiotik yang telah ditemukan mampu meningkatkan daya cerna saluran pencernaan dan mengurangi gangguan metabolisme. Karakteristik probiotik diantaranya aman, tahan asam, toleran terhadap cairan empedu, mampu melekat pada mukosa usus dan berkoloni pada saluran usus (Gupta et al., 2018).



Gambar 1. Senyawa bioaktif utama yang dihasilkan oleh BAL (Coelho et al., 2022).

BAL sangat umum digunakan sebagai probiotik dalam makanan karena mampu menghasilkan berbagai senyawa yang menguntungkan dan aman bagi kesehatan. Genus bakteri yang paling umum ditemukan dalam suplemen probiotik yang tersedia secara komersial adalah *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus*, dan *Enterococcus* (Raj et al., 2022). Senyawa bioaktif yang diproduksi oleh mikroorganisme probiotik juga mencakup vitamin (tiamin, riboflavin, kobalamin, asam folat, dan vitamin K), enzim (laktase atau  $\beta$ -galaktosidase), peptida bioaktif (dari hidrolisis protein), asam lemak omega-6, asam lemak rantai pendek,  $\gamma$ -Aminobutyric Acid (GABA), eksopolisakarida (EPS), dan senyawa antimikroba seperti bakteriosin (Gambar 1) (Coelho et al., 2022).

BAL banyak dieksplorasi sebagai agen biopreservatif dalam industri pangan, dan sebagai antibiotik alternatif dalam perawatan medis manusia (Mokoena, 2017). Selain mampu melawan bakteri patogen bawaan makanan, probiotik memberikan manfaat dalam mengatasi penyakit metabolisme. Probiotik dapat menyembuhkan berbagai kondisi kesehatan, seperti penyakit radang usus, sembelit, diare akut,

penyakit yang berhubungan dengan alergi, hipertensi, dan diabetes (Gupta et al., 2018). Strain probiotik yang memiliki karakteristik terutama tahan panas, memproduksi eksopolisakarida (EPS), yang dapat menguntungkan konsumen sebagai serat yang tidak dapat dicerna atau perasa makanan lebih diminati di dunia industri (Korc & Varga, 2021). Meskipun ada potensi manfaat probiotik, perlu untuk memilih suplemen probiotik dengan hati-hati karena tidak semua jenis probiotik terbukti efektif. Probiotik seharusnya tidak dianggap sebagai pengganti pola makan yang baik dan gaya hidup sehat, melainkan sebagai suplemen untuk mendukung kesehatan.

### 3.4 Potensi Bakteriosin dan Eksopolisakarida (EPS) BAL

Mikroorganisme yang dimanfaatkan sebagai biopreservatif harus memenuhi beberapa persyaratan termasuk keamanan pangan, tidak memproduksi metabolit beracun, memiliki aktivitas yang tinggi selama penyimpanan dan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap produk pangan. BAL sebagai agen pengawet hayati, memiliki peran yang sangat penting karena selama proses fermentasi menghasilkan berbagai senyawa metabolit meliputi hidrogen peroksida, asam laktat, asam asetat, zat dengan berat molekul rendah (diasetil, asam lemak, reuterin, reuteriklin), senyawa anti jamur dan bakteriosin (Mokoena, 2017).

Bakteriosin merupakan peptida yang memiliki aktifitas antimikroba, yang disintesis di ribosom (Raj et al., 2022). Bakteriosin pada umumnya diproduksi oleh BAL, yang berfungsi menghambat bakteri gram positif, dan memberikan efek antimikroba dengan cara membentuk saluran atau pori dalam membran sel bakteri patogen. Pembentukan saluran ini menyebabkan kebocoran ion dan molekul kecil dari dalam sel, yang mengganggu homeostasis sel sehingga mengakibatkan kematian sel. Proses ini mirip dengan cara kerja beberapa antibiotik, tetapi bakteriosin memiliki spesifisitas yang lebih tinggi terhadap bakteri tertentu. Beberapa bakteriosin efektif dalam melawan patogen yang mencemari makanan, seperti *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Salmonella enterica*, serta mikroorganisme pembusuk lainnya (Coelho et al., 2022).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa BAL juga dapat menghasilkan bakteriosin yang memiliki aktivitas anti jamur, namun cara kerja dalam

menghambat pertumbuhan jamur masih belum jelas (Fernandez et al., 2017). Pemanfaatan bakteriosin di industri pengolahan pangan sangat penting, terutama pada pembuatan keju yang diproduksi dari susu mentah, karena berpotensi dapat terkontaminasi patogen. Bakteriosin yang diproduksi oleh BAL sering kali aktif pada rentang pH yang luas, tahan terhadap suhu tinggi, dan menghambat pertumbuhan berbagai bakteri pembusuk makanan dan bakteri patogen. Selain itu, bakteriosin sensitif terhadap protease pencernaan seperti pankreatin, tripsin, dan kimotripsin, dan karenanya tidak memiliki efek negatif pada mikroba gastrointestinal (Gupta et al., 2018).

Eksopolisakarida (EPS) merupakan polimer yang disekresikan keluar dari sel BAL selama fermentasi. EPS umumnya disekresikan oleh mikroorganisme sebagai respons terhadap kelangsungan hidup dan stres biotik seperti suhu, pH, cahaya, intensitas, konsentrasi garam sehingga membantu sel mikroba beradaptasi untuk bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang ekstrem (Raj et al., 2022). Polisakarida bakteri telah dieksplorasi dalam industri pangan, farmasi, susu serta sebagai kultur yoghurt. EPS yang diproduksi oleh bakteri asam laktat dapat digunakan untuk mengentalkan dan menstabilkan produk fermentasi susu. Han et al. (2016), menyatakan bahwa EPS *Streptococcus thermophilus* telah terbukti dapat mempengaruhi tekstur yoghurt dan juga meningkatkan sifat reologinya. EPS yang berasal dari LAB memiliki aktivitas antimikroba, antivirus, antioksidan, antiinflamasi, antitumor, imunomodulator, dan penurun kolesterol darah, serta prebiotik, sehingga cocok untuk diaplikasikan pada makanan, seperti fermentasi buah dan sayuran (Samedi & Charles, 2019).

### 3.5 Pengaruh Kemajuan Teknologi dalam fermentasi BAL

BAL memiliki sejarah panjang dalam aplikasinya di industri pangan untuk proses fermentasi dan pengawetan. Hal ini dikarenakan produk metaboliknya dapat meningkatkan karakteristik nutrisi dan sensorik makanan, sedangkan senyawa antimikroba yang dapat memperpanjang masa simpan produk makanan. Beberapa teknologi yang sedang berkembang termasuk *Pulsed Electric Fields* (PEF), *Power Ultrasound* (US), *High Hydrostatic Pressure* (HPP), *ultraviolet* (UV), dan *Microwaves* (MW) telah menarik perhatian besar dalam penerapannya di industri

pangan sebagai teknologi pemrosesan ringan. Teknologi ini memiliki keuntungan untuk menonaktifkan mikroorganisme secara efisien, sekaligus mempertahankan kesegaran produk makanan. Teknologi ini menghadirkan potensi untuk meningkatkan beberapa proses, seperti peningkatan pertumbuhan mikroba dan kondisi fermentasi, serta modifikasi sifat metabolik BAL (Peng et al., 2020).

Kemajuan teknologi telah membawa dampak signifikan dalam proses fermentasi, yang merupakan metode penting dalam pengolahan pangan dan produksi berbagai produk pangan. Beberapa kemajuan di bidang rekayasa genetika ditandai dengan keberhasilan merakit organisme hasil rekayasa genetika (GMO) bakteri asam laktat (Tabel 1.) dengan peningkatan potensi metabolismenya (Xie et al., 2024). Namun demikian, regulasi yang ada serta penerimaan produk GMO di kalangan masyarakat masih menjadi faktor pembatas dalam pemasaran produk rekayasa genetik (Cho et al., 2020).

Tabel 1. Potensi aplikasi rekayasa genetik pada BAL (Xie et al., 2024)

Teknik Rekayasa Genetik	Uraian	Penerapan
<b>Random Mutagenesis (RM)</b>	Mutasi secara acak pada genom sehingga menghasilkan banyak variasi genom kemudian dipilih karakteristik yang diinginkan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yogurt fermentasi dengan <i>Lactobacillus helveticus</i> strain mutan peningkatan sifat tekstur.</li> <li>- <i>Lactococcus lactis</i> mutan mampu meningkatkan sekresi riboflavin.</li> </ul>
<b>Adaptive Laboratory Evolution (ALE)</b>	Teknik untuk mengarahkan proses evolusi galur dengan fenotipe yang lebih baik melalui kultur jangka panjang pada kondisi lingkungan pertumbuhan atau tekanan seleksi tertentu, sehingga mampu menoleransi kondisi stress.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penerapan long term ALE pada <i>Lactococcus lactis</i> menghasilkan mutan termotoleran yang bersifat autolitik dan dapat mereduksi waktu pemasakan pada keju.</li> <li>- <i>Lactocaseibacillus casei</i> strain toleran pada kondisi pH letal.</li> </ul>
<b>Food-Grade Plasmid Transfer Through Conjugation</b>	Transfer materi genetik (plasmid) dari sel bakteri donor ke penerima melalui pembentukan saluran pada membran atau pilus.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transfer pMRC01 gen pengkode untuk bakteriosin laktisin ke <i>Lactococcus</i> starter untuk mencegah pertumbuhan BAL non-starter selama pematangan keju Cheddar.</li> </ul>
<b>Recombination Mediated Genetic Engineering</b>	Rekombinasi dilakukan melalui integrasi langsung oligonukleotida ke dalam genom dengan bantuan sistem rekombinasi yang berasal dari fag.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rekombinasi ssDNA pada BAL dilaporkan pada <i>Lactococcus lactis</i> dan <i>Limosilactobacillus reuteri</i></li> </ul>

Teknik Rekayasa Genetik	Uraian	Penerapan
<b>CRISPR-Cas genome engineering</b>	Pendekatan rekayasa genetik melalui pengeditan gen yang meliputi penghapusan gen, penyisipan, dan <i>silencing</i> .	- Rekombinasi dsDNA fungsional pertama pada BAL dilaporkan pada <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> - Sistem pengeditan genom berbasis Cas9 <sup>D10A</sup> diaplikasikan pada <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus gasseri</i> , dan <i>Lactocaseibacillus paracasei</i>

Permintaan akan penggunaan BAL dalam industri pangan yang semakin meningkat saat ini mendorong perlunya upaya dalam modifikasi genetik mikroorganisme tersebut. Tujuan utamanya yaitu menciptakan strain BAL baru yang dapat meningkatkan mutu produk industri makanan. Saat ini, penerapan BAL dalam industri pangan meliputi produksi vitamin, bahan penyedap, dan polisakarida. BAL dipilih karena terbukti efisien mampu melepaskan protein rekombinan dalam kondisi kultur, serta diakui secara luas sebagai spesies yang aman (Mokoena, 2017). BAL yang aman secara ekologis dan berkualitas tinggi dinilai lebih kompetitif dibandingkan bakteri pangan lainnya.

#### 4. KESIMPULAN

##### 4.1 Kesimpulan

Pada proses fermentasi berbagai jenis makanan, BAL selain berfungsi untuk meningkatkan kandungan gizi dan cita rasa, juga sebagai probiotik yang dapat mendukung kesehatan sistem pencernaan serta meningkatkan imunitas tubuh. BAL juga menghasilkan sejumlah metabolit penting seperti bakteriosin dan eksopolisakarida yang dapat digunakan sebagai biopreservatif. Meskipun BAL telah banyak dimanfaatkan dalam industri makanan, namun masih ada peluang untuk pengembangan lebih lanjut melalui teknik rekayasa genetik untuk mendapatkan strain baru yang dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi produk yang dihasilkan.

##### 4.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut diperlukan pendekatan bioteknologi dengan berfokus pada eksplorasi keanekaragaman genetik, pengembangan starter kultur serta inovasi dalam metode fermentasi sehingga akan membuka jalan bagi inovasi yang lebih besar dalam industri pangan.

## 5. REFERENSI

- Anindita, N. S., Novalina, D., & Sholihah, N. (2022). Isolasi Dan Identifikasi Fenotipik Bakteri Asam Laktat (BAL) Indigenous Asal Air Susu Ibu (ASI). *Jurnal Teknologi Pangan*, 5(1), 18–23. <https://doi.org/10.14710/jtp.2021.22289>
- Ardilla, Y. A., Anggreini, K. W., & Rahmani, T. P. (2022). Peran Bakteri Asam Laktat Indigen Genus *Lactobacillus* Pada Fermentasi Buah Durian (*Durio zibethinus*) Sebagai Bahan Pembuatan Tempoyak. *Berkala Ilmiah Biologi*, 13(2), 42–52.
- Asgher, M., Qamar, S. A., Bilal, M., & Iqbal, H. M. N. (2020). Bio-based active food packaging materials: Sustainable alternative to conventional petrochemical-based packaging materials. In *Food Research International* (Vol. 137). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109625>
- Cho, S. W., Yim, J., & Seo, S. W. (2020). Engineering Tools for the Development of Recombinant Lactic Acid Bacteria. In *Biotechnology Journal* (Vol. 15, Issue 6). Wiley-VCH Verlag. <https://doi.org/10.1002/biot.201900344>
- Coelho, M. C., Malcata, F. X., & Silva, C. C. G. (2022). Lactic Acid Bacteria in Raw-Milk Cheeses: From Starter Cultures to Probiotic Functions. In *Foods* (Vol. 11, Issue 15). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods11152276>
- Daba, G. M., & Elkhateeb, W. A. (2020). Bacteriocins of lactic acid bacteria as biotechnological tools in food and pharmaceuticals: Current applications and future prospects. In *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* (Vol. 28). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101750>
- Fernandez, B., Vimont, A., Desfossés-Foucault, É., Daga, M., Arora, G., & Fliss, I. (2017). Antifungal activity of lactic and propionic acid bacteria and their potential as protective culture in cottage cheese. *Food Control*, 78, 350–356. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.03.007>
- Gupta, R., Jeevaratnam, K., Fatima, A., Scholar, P., & Graduate, P. (2018). *Lactic Acid Bacteria: Probiotic Characteristic, Selection Criteria, and its Role in Human Health (A Review)* (Vol. 5). JETIR. [www.jetir.org](http://www.jetir.org)
- Han, X., Yang, Z., Jing, X., Yu, P., Zhang, Y., Yi, H., & Zhang, L. (2016). Improvement of the Texture of Yogurt by Use of Exopolysaccharide Producing Lactic Acid Bacteria. *BioMed Research International*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/7945675>
- Hasbi, N., Rosyunita, R., Rahim, A. R., Parwata, W. S. S., Ayunda, R. D., Farras, A., Raihan, A. F., & Billah, M. A. (2024). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Asam Laktat

- Asal Feses Bayi Secara Fenotipik. *Prosiding SAINTEK*, 6, 101–109. <https://doi.org/10.29303/saintek.v6i1.924>
- Ismail, I., Mubarak, F., Rasyak, R. I., Rusli, R., Fitriana, F., & Mashar, H. M. (2023). Isolasi dan Uji Aktivitas Bakteri Asam Laktat dari Produk Fermentasi Kombucha Teh Dalam Menghambat Bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella thypi*. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 9(2), 335–344. <https://doi.org/10.35311/jmpi.v9i2.386>
- Korczyk, E., & Varga, L. (2021). Exopolysaccharides from lactic acid bacteria: Techno-functional application in the food industry. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 110, pp. 375–384). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.014>
- Lee, K. wook, Kim, G. S., Baek, A. H., Hwang, H. S., Kwon, D. Y., Kim, S. gu, & Lee, S. yun. (2020). Isolation and Characterization of Kimchi Starters *Leuconostoc mesenteroides* PBio03 and *Leuconostoc mesenteroides* PBio104 for Manufacture of Commercial Kimchi. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30(7), 1060–1066. <https://doi.org/10.4014/jmb.2001.01011>
- Li, Q., Wang, X., Guo, S., Wang, T., Cao, H., Cao, Y., & Dong, B. (2025). Galactooligosaccharides alleviate experimental lactose intolerance associated with gut microbiota in mice. *Frontiers in Microbiology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1530156>
- Masalam, M. S., Bahieldin, A., Alharbi, M. G., Al-Masaudi, S., Al-Jaouni, S. K., Harakeh, S. M., & Al-Hindi, R. R. (2018). Isolation, Molecular Characterization and Probiotic Potential of Lactic Acid Bacteria in Saudi Raw and Fermented Milk. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2018(1). <https://doi.org/10.1155/2018/7970463>
- Mokoena, M. P. (2017). Lactic acid bacteria and their bacteriocins: Classification, biosynthesis and applications against uropathogens: A mini-review. In *Molecules* (Vol. 22, Issue 8). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/molecules22081255>
- Nuraida, L. (2015). A review: Health promoting lactic acid bacteria in traditional Indonesian fermented foods. In *Food Science and Human Wellness* (Vol. 4, Issue 2, pp. 47–55). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.06.001>
- Peng, K., Koubaa, M., Bals, O., & Vorobiev, E. (2020). Recent insights in the impact of emerging technologies on lactic acid bacteria: A review. In *Food Research International* (Vol. 137). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109544>
- 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>
- Samedi, L., & Charles, A. L. (2019). Isolation and characterization of potential probiotic *Lactobacilli* from leaves of food plants for possible additives in pellet feeding. *Annals of Agricultural Sciences*, 64(1), 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2019.05.004>

- Xiang, H., Sun-Waterhouse, D., Waterhouse, G. I. N., Cui, C., & Ruan, Z. (2019). Fermentation-enabled wellness foods: A fresh perspective. *Food Science and Human Wellness*, 8(3), 203–243. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.08.003>
- Xie, Z., McAuliffe, O., Jin, Y.-S., & Miller, M. J. (2024). Invited review: Genomic modifications of lactic acid bacteria and their applications in dairy fermentation. *Journal of Dairy Science*, 107(11), 8749–8764. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-24989>
- Yusuf, D., Nuraida, L., Hariyadi, R., & Hunaefi, D. (2020). Lactic Acid Bacteria and Yeasts From Indonesian Kefir Grains and Their Growth Interaction. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology & Environmental Sciences Paper*, 22(1), 44–49.
- Zheng, J., Wittouck, S., Salvetti, E., Franz, C. M. A. P., Harris, H. M. B., Mattarelli, P., O'toole, P. W., Pot, B., Vandamme, P., Walter, J., Watanabe, K., Wuyts, S., Felis, G. E., Gänzle, M. G., & Lebeer, S. (2020). A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(4), 2782–2858. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004107>