

**Bakteriosin dari Bakteri Asam Laktat sebagai Biopreservasi pada Daging dan Olahannya: Tinjauan dari Potensi Hingga Industrinya**

**Diannisa Syahwa Rahma Fadila<sup>1\*</sup>, Jilan Hasanati<sup>1</sup>, Amalia Sekar Kusumawardhani<sup>1</sup>, Muhammad Fathur Rachman<sup>1</sup>, Muhammad Afi Naufal<sup>1</sup>, Farhan Wahyu Febrian<sup>1</sup>, Megga Pikoli<sup>1</sup>, dan Irawan Sugoro<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Biologi FST, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

<sup>2</sup>Pusat Riset Teknologi Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Riset Inovasi Nasional, Jakarta

\*Corresponding Author: [meggapikoli@uinjkt.ac.id](mailto:meggapikoli@uinjkt.ac.id)

**Article History**

Received : 24 January 2022

Approved : 16 February 2022

Published : 31 March 2022

**Keywords**

Bacteriocins, biopreservation, meat, Lactic Acid Bacteria (LAB)

**ABSTRACT**

*Biopreservation is an important strategy as an alternative to maintain the safety quality of meat and meat products. The increasing consumer concern about the quality and food safety of chemical additives has prompted the development of studies on the use of bacteria and their metabolites as natural antimicrobials that have the potential to extend shelf life and improve food safety. This article aims to systematically review knowledge about the use of bacteriocin-producing lactic acid bacteria and their production on an industrial scale as a natural preservative in meat and its products. The results of several studies prove the potential of lactic acid bacteria and their metabolites such as *Lactobacillus sp*, *Streptococcus sp*, *Lactococcus sp*, *Enterococcus sp*, and *Carnobacterium sp* to be biopreservative in meat and processed meat products with several conditions that must be considered to achieve a longer shelf life and inhibit spoilage of pathogenic bacteria. The use of bacteriocins from lactic acid has both advantages and disadvantages. However, these barriers can be overcome by reducing the level of purification protocols required, or by using food-grade media such as dairy products and food industry waste to produce bacteriocins.*

© 2022 Universitas Kristen Indonesia  
Under the license CC BY-SA 4.0

**PENDAHULUAN**

Berbagai produk makanan diharuskan untuk tetap memiliki kualitas dan keamanan yang tinggi oleh para konsumen terutama di negara-negara industri. Untuk itu permintaan akan produk makanan yang dapat mempertahankan

kualitasnya dalam waktu relatif lebih lama dari produksi hingga konsumsi akan semakin diminati. Selain itu, persyaratan kualitas dan keamanan pangan harus benar-benar dipenuhi, dengan mempertimbangkan juga nilai gizi dari produk akhir (Barcenilla *et al.*, 2022).

Daging segar dan olahannya mampu menjadi salah satu sumber penyakit akibat bakteri patogen. Tahun 2019 pernah terjadi wabah penyakit di Uni Eropa adalah *Campylobacteriosis*, *Salmonellosis*, dan *Escherichia coli* penghasil toksin shiga dan yersiniosis (EFSA, 2019). Penyakit ini disebabkan oleh bakteri patogen bawaan yang dapat mencemari daging dan produk daging selama penyembelihan atau proses pembuatan sehingga dapat berdampak negatif bagi manusia (Kim *et al.*, 2013). *Listeria monocytogenes* adalah salah satu agen zoonosis dengan tingkat fatalitas kasus tertinggi mencapai 300 kematian di Uni Eropa pada tahun 2019 (EFSA, 2019).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mencegah munculnya wabah yang disebabkan oleh bakteri patogen bawaan makanan. Metode termal umumnya digunakan sebagai metode pengawetan, namun perawatan termal yang intens dapat menyebabkan perubahan organoleptik dan nutrisi yang tidak diinginkan pada makanan (Pisoschi *et al.*, 2018). Masalah tersebut diatasi oleh industri melalui penggunaan pengawet kimia yang dapat menanggapi persyaratan terkait variasi, harga, aksesibilitas, kenyamanan dan kualitas produk (Barcenilla *et al.*, 2022). Beberapa contoh bahan pengawet kimia yang digunakan untuk daging adalah nitrit dan nitrat. Pengawet tersebut meskipun aman bagi konsumen tetapi telah

diklasifikasikan sebagai karsinogenik bagi manusia oleh *International Agency for Research on Cancer*. Selain itu, permintaan konsumen akan produk bebas bahan kimia juga semakin meningkat. Hal ini menjadi tantangan utama bagi industri makanan. Alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan menggunakan pengawet alami (biopreservasi) (Mortensen *et al.*, 2017).

Biopreservasi merupakan strategi penting sebagai alternatif untuk menjaga kualitas mikroorganisme dan keamanan daging dan olahannya. Teknik ini digunakan untuk memperpanjang umur simpan makanan melalui penerapan mikroorganisme pelindung, salah satunya dengan penggunaan Bakteri Asam Laktat (BAL) yang memiliki sifat antibakteri, seperti produksi bakteriosin. Aplikasi bakteriosin dalam industri makanan memanfaatkan proses fermentasi (Singh *et al.*, 2013). Menurut De Freire Bastos *et al.* (2015) bakteri Gram-positif merupakan mikroorganisme yang paling banyak dipelajari sebagai produsen bakteriosin. Bakteriosin yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat diketahui mampu menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk makanan dan bakteri patogen pada makanan penyebab *foodborne disease* (kontaminasi makanan akibat bakteri). Penambahan bakteriosin dalam makanan selain untuk mencegah terjadinya pembusukan, juga

berguna untuk memperpanjang waktu penyimpanan. Namun tidak semua bakteri asam laktat mampu menghasilkan bakteriosin (Sunaryanto & Tarwadi, 2015). Artikel ini bertujuan untuk meninjau secara sistematis mengenai penggunaan bakteri asam laktat penghasil bakteriosin serta produksinya dalam skala industri sebagai bahan pengawet alami pada daging dan olahannya.

### **METODE PENELITIAN**

Artikel disusun berdasarkan *review literature* pada *Google scholar* dan beberapa jurnal yang terdaftar pada situs *ScienceDirect*. Data jurnal dihubungkan untuk menggambarkan bakteriosin dalam makanan sebagai biopreservasi dengan produksi bakteriosin dari bakteri asam laktat.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Bakteriosin sebagai Biopreservasi pada Daging**

Bakteriosin adalah senyawa protein antimikroorganisme yang bekerja melawan bakteri Gram-positif dan Gram-negatif, namun bakteri penghasilnya memiliki mekanisme kekebalan spesifik yang melindunginya dari bakteriosinnya sendiri (Cotter *et al.*, 2013). Penggunaan bakteriosin digunakan sebagai pengawet makanan karena memiliki aktivitas bakterisida yang menargetkan membran

sitoplasma bakteri. Selain itu, bakteriosin juga tidak menyebabkan resistensi antibiotik (Gálvez *et al.*, 2007). Bakteriosin yang dihasilkan oleh BAL dibedakan berdasarkan aktivitas biokimia, genetik, struktural, dan metabolismenya. Sebagian besar memiliki berat molekul tereduksi (dari 3 menjadi 10 kDa), netral secara elektrik, dan memiliki daerah hidrofilik dan hidrofobik. Saat ini, klasifikasi bakteriosin masih menjadi kontroversi namun salah satu klasifikasi terbaru adalah memisahkan antara bakteriosin yang dihasilkan oleh bakteri Gram-positif dan Gram-negatif (Cotter *et al.*, 2013).

Penerapan bakteriosin yang diberikan dapat diprediksi oleh sifat-sifatnya, seperti stabilitas suhu, pH, dan spektrum aksi yang luas. Selain itu, penggunaan bakteriosin tidak boleh menimbulkan risiko bagi kesehatan konsumen atau mempengaruhi kualitas nutrisi dan sensori makanan, dan bakteri penghasil harus memiliki status GRAS (*Generally Recognized as Safe*) (Gautam & Sharma, 2009). Secara umum terdapat beberapa cara aplikasi bakteriosin pada bahan makanan yaitu menggunakan sediaan bakteriosin yang dimurnikan atau setengah dimurnikan sebagai bahan makanan, dengan penggabungan bahan yang sebelumnya telah diproduksi oleh BAL yang memproduksi bakteriosin, atau dengan menggunakan BAL penghasil

bakteriosin sebagai starter atau kultur tambahan secara langsung dalam produk fermentasi (Gálvez *et al.*, 2008; Arthur *et al.*, 2014).

Nisin adalah salah satu bakteriosin yang diproduksi oleh *Lactococcus lactis* yang sudah digunakan secara komersial di beberapa negara. Bakteriosin ini pertama kali dijelaskan oleh Rogers, (1928) dalam Anastasiadou *et al.* (2008) sebagai zat yang menghambat pertumbuhan *Lactobacillus bulgaricus*. dan diakui sebagai bahan tambahan makanan oleh FAO/WHO pada tahun 1969, dengan batas maksimum konsumsi 33.000 unit internasional/kg (IU/Kg) berat badan. Lebih dari 50 negara mengizinkan penggunaannya dalam produk seperti susu, keju olahan, keju parut, produk susu, tomat dan sayuran

kaleng lainnya, sup, dan daging, serta produk pembuatan bir dan mayones (López & Beloso, 2008).

Nisin memberikan aktivitas antimikroorganisme baik dengan pembentukan pori dan dengan penghambatan sintesis dinding sel melalui pengikatan spesifik pada lipid II, prekursor penting dari dinding sel bakteri khususnya pada mikroorganisme yang belum bisa mengembangkan resistensi spontan yang signifikan terhadap nisin meskipun digunakan secara luas dalam industri makanan (Field, 2019). Penggunaan ekstrak metabolik yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat bertujuan mempertahankan kesegaran maupun untuk pengawetan daging terdapat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Penelitian Penggunaan BAL Penghasil Bakteriosin sebagai Pengawet pada Daging dan Olahannya

Metode	Jenis BAL	Jenis Daging/Olahannya	Target Mikroorganisme Patogen	Hasil	Referensi
Penggunaan <i>Lactobacillus citrovorum</i> dan <i>Streptococcus lactis</i> ditambah dengan asam askorbat dengan analisis <i>total plate count</i> (TPC)	<i>Lactobacillus citrovorum</i> dan <i>Streptococcus lactis</i>	Daging giling	-	Dapat menghambat bakteri Gram negatif pada daging giling yang disimpan pada suhu 7°C	Reddy <i>et al.</i> , 1975
Penggunaan Pentosin 31-1 dengan metode TPC, tes Mikrobiologi dan <i>Total volatile basic</i>	<i>L. pentosus</i> 31-1	Daging babi	-	Mampu menekan pertumbuhan <i>Listeria</i> sp. dan <i>Pseudomonas</i> sp. dan memperpanjang	Zhang <i>et al.</i> , 2010

<i>nitrogen (TVB-N)</i>				umur simpan hingga 15 hari	
<b>Analisis total plate count (TPC) dengan De Man Rogosa and Sharpe (MRS) broth dan jus tomat</b>	<i>Streptococcus lactis</i>	Daging segar	Bakteri psikrofil daging paling besar	Daging belum menunjukkan pembusukan sampai hari ke-8 penyimpanan	Hadiwiyo to <i>et al.</i> , 2012
<b>Produksi bakteriosin oleh Lactobacillus plantarum DJ3 dengan TPC</b>	<i>Lactobacillus plantarum</i> DJ3	Daging sapi	-	Menghambat pertumbuhan bakteri daging	Hariani, 2013
<b>Antibakteri Listeria monocytogenes dengan TPC</b>	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> LABW4	Daging sapi	<i>Listeria monocytogenes</i>	Menghambat aktivitas pertumbuhan <i>Listeria monocytogenes</i> dan efektif untuk pengawetan daging jangka panjang dengan suhu rendah	Barman <i>et al.</i> , 2014
<b>Isolasi BAL dari daging ayam dengan metode TPC</b>	<i>Lactobacillus salivarius</i>	Daging ayam	<i>Salmonella</i> spp. dan <i>Listeria monocytogenes</i>	Penurunan signifikan populasi <i>Salmonella</i> hingga 1,12 log CFU/ml dan populasi <i>L. monocytogenes</i> hingga 1,48 log CFU/ml	Sakaridis <i>et al.</i> , 2014
<b>Uji biokimia, analisis filogenetik gen 16S rDNA dan evaluasi antimikroorganisme dalam kombinasi dengan kitosan dan sodium laktat (SL)</b>	<i>E. mundtii</i>	Ikan silverside ( <i>Odontesthes platensi</i> )	Gram positif dan bakteri negatif	Mampu menghambat Gram positif dan negatif, khususnya pada pH 5,50. Konstruksi isobologram dan menunjukkan adanya penghambatan bakteri <i>Listeria innocua</i> , <i>Shewanella putrefaciens</i>	Schelegu eda <i>et al.</i> , 2015
<b>Pengawetan dengan minyak esensial Mentha</b>	<i>Lactobacillus plantarum</i>	Daging sapi cincang	-	Adanya jumlah mentol dan menthone yang tinggi dan	Smaoui <i>et al.</i> , 2016

<b>piperita dan bakteriosin BacTN635 dari strain <i>Lactobacillus plantarum</i> TN635</b>				aktivitas antibakteri EOMP ( <i>Essential Oil of Mentha piperita</i> ) yang cukup besar.	
<b>Biopreservatif dengan menggunakan perendaman</b>	<i>Lactobacillus sp.</i> Galur SCG 1223	Daging ayam dan sapi	<i>E.coli, S. typhimurium,</i> dan <i>L.monocytogenes</i>	Potensi aktivitas daya hambat memiliki nilai besar	Usmiati & Richana, 2016
<b>Penambahan bakteriosin yang dimurnikan dari <i>C.maltaromaticum</i> strain UAL8 dan UAL307</b>	<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>	Daging sapi	-	Tidak ada efek sinergis yang didapatkan	Hu <i>et al.</i> , 2019
<b>Fermentasi ekstrak sawi putih</b>	<i>Lactobacillus plantarum</i>	Ikan tambakan ( <i>Helostoma temminckii</i> C.V)	-	Mampu menurunkan nilai pH substrat dan hidrogen peroksida	Hendra & Hidayat, 2020
<b>Uji aktivitas antimikroorganisme bakteriosin kasar (ujiantang), analisis total plate count (TPC), uji fisikokimia, dan pengujian mutu organoleptik</b>	<i>Lactobacillus plantarum</i>	Daging ayam	<i>Pseudomonas aeruginosa,</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i>	Konsentrasi bakteriosin sebesar 6.25% memiliki diameter zona hambat sebesar $9.76 \pm 0.35$ dan $9.29 \pm 1.33$ . Hasil analisis bakteriosin 10% memiliki rata-rata pH 6,25 mampu mempertahankan kualitas daging.	Nurraifah <i>et al.</i> , 2021

Hasil pada **Tabel 1** menunjukkan bahwa kombinasi bakteriosin *mundticin* KS diproduksi oleh strain bakteri *E. mundtii* Tw 56, strain diisolasi dari usus *O. platensis* dengan kitosan dan SL akan berguna untuk mengurangi jumlah

antimikroorganisme yang ditambahkan ke makanan dan untuk mencegah pertumbuhan bakteri pembusuk dan mikroorganisme patogen. Konstruksi isobologram dan nilai indeks konsentrasi hambat fraksional menunjukkan bahwa

penggunaannya bersama dengan kitosan dan sodium laktat (SL) memberikan aktivitas sinergis pada penghambatan bakteri *Listeria innocua*, *Shewanella putrefaciens* yang diisolasi dari ikan. Perbedaan ini dapat dikaitkan dengan fakta bahwa makanan adalah ekosistem yang menyebabkan beberapa populasi berinteraksi dan mempengaruhi struktur komunitas total (Schelegueda *et al.*, 2015).

Tahun 2021, Nurraifah *et al.* melakukan penelitian mengenai penggunaan bakteriosin yang diproduksi oleh *Lactobacillus plantarum* sebagai pengawet alami untuk daging ayam yang disimpan di suhu ruang pada **Tabel 1**. Penggunaan *L. plantarum* dibuktikan berdasarkan penelitian Larasati, (2017) yang diketahui bahwa dengan menambahkan *Lactobacillus plantarum* dapat menghasilkan pengaruh yang sangat nyata terhadap pH dan nyata terhadap kadar air pada waktu 12 jam. Sedangkan dalam waktu 18 jam mampu menurunkan kadar air dendeng iris fermentasi. Bakteri *L. plantarum* dapat menghasilkan asam laktat, hidrogen peroksida dan mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang terdapat pada daging sehingga daging dapat bertahan lebih lama (Lestariningsih & Azis, 2018).

Penambahan EOMP (*Essential Oil of Mentha piperita*) pada 0,5% dikombinasikan dengan BacTN635 pada

1000 AU/g pada **Tabel 1** dapat digunakan untuk menunda proliferasi mikroorganisme pembusuk, membatasi oksidasi lipid, dan memperpanjang umur simpan selama kurang lebih 7 hari. Penggunaan ini dapat dianggap sebagai alat yang menjanjikan untuk aplikasi masa depan sebagai metode yang aman untuk pengawetan produk daging (Smaoui *et al.*, 2016). Penambahan bakteriosin yang dimurnikan sebagian dari *C. maltaromaticum strain* UAL8 dan UAL307 dapat meningkatkan aktivitas kitosan terhadap *E. coli* dan *Salmonella* dalam percobaan *in vitro*. Penurunan nilai pH dapat mendukung kemampuan bakteriosin dalam menghambat bakteri pembusuk walaupun pada suhu rendah sehingga dapat memperpanjang masa simpan daging ikan pada suhu rendah (Desniar *et al.*, 2009). Oleh karena itu, penyempurnaan metode dari penelitian ini perlu dilakukan agar dapat diaplikasikan ke produksi industri daging giling dan kaleng (Fangio & Fritz, 2014).

### **Proses Produksi Bakteriosin dari Bakteri Asam Laktat**

Proses produksi bakteriosin secara industri oleh bakteri asam laktat terdiri atas 3 tahap, yaitu tahap penggandaan skala, *downstream* dan *upstream*. Tahap penggandaan skala adalah proses untuk meningkatkan suatu proses dari skala laboratorium ke skala industri (Mulyadi *et al.*, 2015). Produksi bakteriosin

menggunakan galur produsen bebas/imobilisasi dalam produksi yang berbeda sistem ditunjukkan pada **Tabel 2**. Faktor dalam produksi bakteriosin adalah

strain media, kondisi fermentasi, ketersediaan nutrisi dan penghambatannya serta sistem produksi, hal tersebut terlihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Produksi bakteriosin menggunakan galur sel bebas/imobilisasi

Mikroorganisme	Media	Jenis Bakteriosin	Sistem Produksi	Produksi Bakteriosin	Imobilisasi Sel	Referensi
<i>P. acidilactici</i> C20	Pediocin C20	Whey permeate dilengkapi dengan 2% YE	Batch culture	150 9 103 AU/ml	Sel bebas	Halami & Chandrashekar, 2005
<i>Lactococcus lactis</i> C CSUB20 2	Soya Nutri Nuggets Extract Medium (SNNEM)	-	Batch culture	5280 AU/mL	Sel bebas	Kumari <i>et al.</i> , 2008
<i>Lactococcus lactis</i>	Susu skim encer dalam bioreaktor 2 L.	Nisin	Batch	Konsentrasi nisin tertinggi, 49,88 mg/L (3,3 log AU/mL atau 1,995,29 AU/mL), diperoleh pada kultur 16 jam, 200 rpm dan tanpa aliran udara.	Sel bebas	De Arauz <i>et al.</i> , 2012
<i>Lactobacillus casei</i>	Whey	-	Continuous fermentasi dan batch culture	Fermentasi menghasilkan kuantitas yang lebih tinggi bakteriosin (dari 160 AU/ml hingga 640 AU/ml).	Imobilisasi sel	Subha <i>et al.</i> , 2017
<i>Lactococcus lactis</i> CE CT 539	Media whey (DW) encer yang dilengkapi dengan nutrisi kaldu De Man Rogosa and	Nisin	Batch dan fed-batch fermentasi	Konsetrasi tertinggi biomassa probiotik (5,98 g/L) dan nisin (258,47 BU/mL)	Sel bebas	Malvido <i>et al.</i> , 2019



---

*Sharpe*  
(MRS)  
dan 125%  
dari  
konsentra  
si standar

---

Tingkat ekspresi gen yang berbeda dari beberapa strain produsen bakteriosin dengan aktivitas enzim yang berbeda berfungsi dapat mengubah bakteriosin tidak aktif menjadi aktif. Menurut Xiraphi *et al.*, (2008) perbedaan strain bertanggung jawab untuk berbagai tingkat produksi nisin dan leucocin daripada pediocin. Pada penelitian yang dilakukan oleh Halami & Chandrashekar, (2005) ditemukan bahwa strain *P. acidilactici* C20 memiliki kemampuan untuk menghasilkan jumlah pediosin C20 pada *whey permeate* dengan kelebihan satu kali hingga 1,5 kali lipat dalam media berbasis laktosa dibandingkan dengan medium dengan glukosa. *Whey permeate* yang dioptimalkan dengan ekstrak ragi 2% dan memberikan pertumbuhan aktivitas sel sebanyak 3,5 OD600, setara dengan pertumbuhan diperoleh dengan dalam kaldu MRS komersial terlihat pada **Tabel 2**.

Produksi bakteriosin baik pada media kompleks seperti MRS dan media *food grade* bergantung pada komposisi media dan dipengaruhi oleh parameter nutrisi, suhu, pH (awal dan akhir) dan tingkat aerasi. Penelitian yang dilakukan oleh De Arauz *et al.*, (2012) pada **Tabel 2**. telah

mengevaluasi pertumbuhan sel dan produksi nisin *Lactococcus lactis* dalam media alami berbiaya rendah yang terdiri dari susu skim encer dalam bioreaktor 2 L. Aktivitas nisin dievaluasi menggunakan uji difusi agar, kemudian diperoleh nilai konsentrasi nisin tertinggi, 49,88 mg/L (3,3 log AU/mL atau 1,995,29 AU/mL) pada kultur 16 jam, 200 rpm dan tanpa aliran udara. Penelitian juga dilakukan oleh Malvido *et al.*, (2019) menyatakan bahwa produksi bakteriosin *L. lactis* CECT 539 diatur oleh ketersediaan nutrisi dalam media kultur. *L. lactis* CECT 539 dapat memproduksi nisin dalam jumlah tinggi sebanyak 258,47 BU/mL dengan menggunakan media DW100 (media whey yang ditambahkan dengan nutrisi kaldu MRS tanpa glukosa dan Tween 80, pada konsentrasi 100 % dari standar medium kompleks) dilihat pada **Tabel 2**. Hasil tersebut berpotensi dapat dilanjutkan ke skala yang lebih besar karena biaya produksi yang lebih rendah terutama saat menggunakan kultur *fed-batch* dalam media.

Produksi bakteriosin sebagian besar dalam kultur *batch* dengan media sintetik (kaldu MRS). Penelitian yang dilakukan

oleh Subha *et al.*, pada tahun 2017 telah membandingkan produksi bakteriosin dan aktivitas spesifik *Lactobacillus casei* amobil dengan fermentasi *batch* dan kontinyu pada **Tabel 2** dengan menggunakan 30 kultur BAL untuk memeriksa produksi bakteriosin. Hasil penelitian ini menunjukkan dari 30 isolat yang diuji untuk produksi bakteriosin, 3 isolat ditemukan menghasilkan bakteriosin, satu diantaranya ditemukan tahan panas. Kultur BAL tahan panas diimobilisasi dan dilakukan proses fermentasi *batch* dan kontinyu untuk menilai aktivitas spesifik. Dari kedua proses fermentasi yang dibandingkan, fermentasi kontinyu menghasilkan jumlah bakteriosin yang lebih tinggi (160 AU/ml menjadi 640 AU/ml). Peningkatan ini disebabkan oleh peningkatan produksi bakteriosin dan peningkatan pemanfaatan protein selama fermentasi yang dilakukan secara terus menerus.

### **Kondisi Kultur untuk Produksi Bakteriosin**

Komposisi media kultur dan kondisi kultur penting untuk mengoptimalkan produksi bakteriosin yang harus dioptimalkan (Yildirim *et al.*, 2007). Secara umum terdapat beberapa faktor dan kondisi untuk produksi bakteriosin diantaranya strain produsen bakteriosin, media, pengaruh kondisi fermentasi, dan sistem produksi (Garsa *et al.*, 2014).

Terdapat beberapa kondisi yang harus diperhatikan yaitu pada media pertumbuhan seperti *Luria Broth* (LB) adalah media yang paling umum digunakan untuk kultur *E. coli* untuk ekspresi bakteriosin karena mudah dibuat dan kaya nutrisi. Namun, kepadatan sel yang diperoleh dengan media ini rendah, mempengaruhi hasil bakteriosin. Untuk mengatasi masalah ini, tersedia media yang lebih unggul dari LB untuk mencapai kepadatan sel yang lebih tinggi seperti  $2 \times$  ekstrak ragi *tryptone* (YT), *Terrific Broth* (TB), dan *Super Broth* (SB) (Rosano & Ceccarelli, 2014). Bakteriosin lain telah diproduksi menggunakan media minimal. Karena itu, tidak ada aturan umum (Metelev *et al.*, 2013).

Selanjutnya, agen penginduksi dengan tingkat ekspresi bakteriosin dapat disetel dengan memvariasikan konsentrasi penginduksitapi penggunaan konsentrasi tinggi untuk menginduksi sepenuhnya promotor tidak selalu mengarah pada ekspresi maksimal karena beban metabolik dan toksisitas penginduksi ke sel (Jiang *et al.*, 2016). Kemudian, suhu adalah salah satu faktor yang paling penting untuk ekspresi protein. Penelitian Chen *et al.*, (2012) menunjukkan bahwa tingkat ekspresi sakacin P lebih tinggi ketika *E. coli* BL21 (DE3) diinduksi pada suhu 20°C daripada 37°C. Hasil serupa diamati ketika ekspresi *plantaricin* E diinduksi pada 25°C

daripada pada 37°C. Penting untuk menentukan suhu induksi yang optimal dalam setiap kasus untuk meningkatkan jumlah fraksi terlarut. Ketika pembentukan badan inklusi menjadi masalah, direkomendasikan untuk mengekspresikan protein dalam kisaran 15-25°C (Rosano & Ceccarelli, 2014).

**Industri Bakteriosin Bakteri Asam Laktat**

Dalam aplikasinya sebagai pengawet makanan, bakteriosin memiliki beberapa keunggulan dibandingkan sistem pengawetan secara kimia, antara lain tidak toksik dan mudah mengalami biodegradasi karena merupakan senyawa protein, tidak membahayakan mikroflora usus karena

mudah dicerna oleh enzim-enzim dalam saluran pencernaan, mengurangi penggunaan bahan kimia pengawet, penggunaannya sangat fleksibel dapat berupa strain kultur starter unggul yang terseleksi dan mampu menghasilkan senyawa antimikroorganisme (Sunaryanto & Tarwadi, 2015) serta stabil dengan pH dan suhu yang luas, karena bakteriosin toleran terhadap proses pengolahan yang menggunakan asam dan basa sama seperti juga toleran terhadap panas dan dingin (Desniar *et al.*, 2011). Berikut perusahaan dengan produksi bakteriosin untuk penggunaan secara komersial dalam **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Produksi Bakteriosin untuk Penggunaan Komersial

Bakteriosin	Nama Komersial	Perusahaan	Aplikasi	Mikroorganisme target
Nisin A	Nisaplin ®	Danischo, Copenhagen, Denmark	susu, daging, produk roti serta minuman	<i>Listeria spp.</i> , dan <i>Bacillus spp.</i>
Plantaricin dan Carnosine	ALCMix 1®	Danisco DuPont, Illinois, America	Sosis fermentasi dan <i>cooked ham</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
Micocin	Micocin ®	CanBiocin, Edmonton, Canada	Produk daging	<i>Listeria monocytogenes</i>
Nisin	Chrisin ®	Chr. Hansen, Horsholm, Denmark	Daging, sosis dan keju	<i>Clostridium botulinum</i> dan <i>L. monocytogenes</i>
Nisin A	BioSafe	Chr. Hansen, Horsholm, Denmark	Susu, <i>cottage</i> , <i>feta</i> , dan keju	<i>Clostridia sp.</i>
Pediocin	Fargo 23 ®	Quest International, B.V., Naarden, The Netherlands	Produk daging	<i>Listeria monocytogenes</i>
Pediocin	Alta-2341	Kerry Group, 3400 Millington Road,	Produk daging	<i>Listeria monocytogenes</i>

USA			
Hasil fermentasi gandum, beras dan substrat makanan lain	UpGrade	Kerry Group, 3400 Millington Road, USA	Produk roti -

Beberapa bakteriosin yang dihasilkan oleh mikroorganisme Indonesia telah banyak dilaporkan. Sebagian besar isolat juga diisolasi dari produk makanan fermentasi dan produk makanan olahan lainnya, namun produksi bakteriosin di Indonesia sampai saat ini hanya sebatas di laboratorium seperti yang tertera pada **Tabel 1**. Produksi bakteriosin banyak terdapat di luar negeri di **Tabel 3**. Hal ini disebabkan karena hasil yang rendah dan biaya produksi serta tingkat pemurnian yang tinggi. Namun, tingkat protokol pemurnian dapat disederhanakan dengan mengurangi jumlah langkah yang diperlukan untuk pemurnian minimum sehingga dapat ditingkatkan ke skala besar tetap hemat biaya.

Bakteriosin yang diproduksi menggunakan media kompleks seperti media *De Man Rogosa and Sharpe* (MRS) memerlukan biaya produksi yang lebih tinggi sehingga perlu dikembangkan dengan menggunakan media *food grade* seperti produk sisa industri susu dan makanan seperti tepung ikan, limbah anggur, serat industri sisa kacang kedelai, tepung kacang kedelai dan keju untuk menghasilkan bakteriosin. Hasil yang

rendah, biaya produksi dan pemurnian yang tinggi merupakan hambatan utama untuk produksi bakteriosin secara komersial dalam pengembangan bakteriosin sebagai biopreservasi makanan (Garsa *et al.*, 2014).

### SIMPULAN

Pemanfaatan bakteriosin yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat sebagai pengawet alami pada industri daging dan olahannya berpotensi untuk menjadi alternatif dalam mengurangi pemakaian pengawet kimia atau bahkan menghilangkannya. Bakteriosin yang dihasilkan oleh mikroorganisme lokal Indonesia telah banyak dilaporkan, namun produksi bakteriosin di Indonesia sampai saat ini hanya sebatas di laboratorium. Hal ini terjadi karena terdapat kondisi yang harus diperhatikan, dan berbagai hambatan yang ada seperti biaya produksi, dan tingkat pemurnian yang tinggi. Kendala ini dapat diatasi dengan mengurangi tingkat protokol pemurnian yang diperlukan untuk perlakuan pemurnian sehingga dapat ditingkatkan ke skala besar dan tetap hemat biaya, atau dengan menggunakan media *food grade* seperti produk sisa

industri susu dan makanan untuk menghasilkan bakteriosin.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anastasiadou, S., Papagianni, M., Filiou, G., Ambrosiadis, I., & Koidis, P. 2008. Pediocin SA-1, an antimicrobial peptide from *Pediococcus acidilactici* NRRL B5627: Production conditions, purification and characterization. *Bioresource Technology*, 99(13), 5384–5390. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.11.015>
- Arthur, T. D., Cavera, V. L., & Chikindas, M. L. 2014. On bacteriocin delivery systems and potential applications. *Future Microbiology*, 9(2), 235–248. <https://doi.org/10.2217/fmb.13.148>
- Barcenilla, C., Ducic, M., López, M., Prieto, M., & Álvarez-Ordóñez, A. 2022. Application of lactic acid bacteria for the biopreservation of meat products: A systematic review. *Meat Science*, 183, 108661. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2021.108661>
- Barman, S., Ghosh, R., & Mandal, N. C. 2014. Use of bacteriocin producing *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* LABW4 to prevent *Listeria monocytogenes* induced spoilage of meat. *Food and Nutrition Sciences*, 05(22), 2115–2123. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.52224>
- Chen, H., Tian, F., Li, S., Xie, Y., Zhang, H., & Chen, W. 2012. Cloning and heterologous expression of a bacteriocin sakacin P from *Lactobacillus sakei* in *Escherichia coli*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 94(4), 1061–1068. <https://doi.org/10.1007/s00253-012-3872-z>
- Cotter, P. D., Ross, R. P., & Hill, C. 2013. Bacteriocins—a viable alternative to antibiotics? *Nature Reviews Microbiology*, 11(2), 95–105. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2937>
- De Arauz, L. J., Jozala, A. F., Barque-Ramos, J., Mazzola, P. G., Júnior, A. P., & Penna, T. C. V. 2012. Culture medium of diluted skimmed milk for the production of nisin in batch cultivations. *Annals of Microbiology*, 62(1), 419–426. <https://doi.org/10.1007/s13213-011-0278-6>
- de Freire Bastos, M. D. C., Varella Coelho, M. L., & da Silva Santos, O. C. 2015. Resistance to bacteriocins produced by gram-positive bacteria. In *Microbiology (United Kingdom)* (Vol. 161, Issue 4). <https://doi.org/10.1099/mic.0.082289-0>
- Desniar, Poernomo, D., & Wijatur, W. 2009. The influence of salt concentration on peda chub mackerel (*Rastrelliger* sp.) with spontaneous fermentation. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 12(1), 73–87. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v12i1.898>
- Desniar, Rusmana, I., Suwanto, A., & Mubarik, N. R. 2011. Penapisan bakteriosin dari bakteri asam laktat asal bekasam. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 14(2), 124–133. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v14i2.5321>
- EFSA, E. F. S. A. 2019. The European Union One Health 2018 Zoonoses Report. *EFSA Journal*, 17(12), 5926. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5926>
- Fangio, M. F., & Fritz, R. 2014. Potential use of a bacteriocin-like substance in meat and vegetable food biopreservation. *International Food Research Journal*, 21(2), 677–683.
- Gálvez, A., Abriouel, H., López, R. L., & Omar, N. Ben. 2007. Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *International Journal*

- of Food Microbiology*, 120(1–2), 51–70.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.06.001>
- Gálvez, A., López, R. L., Abriouel, H., Valdivia, E., & Omar, N. Ben. 2008. Application of bacteriocins in the control of foodborne pathogenic and spoilage bacteria. *Critical Reviews in Biotechnology*, 28(2), 125–152.  
<https://doi.org/10.1080/07388550802107202>
- Garsa, A. K., Kumariya, R., Sood, S. K., Kumar, A., & Kapila, S. 2014. Bacteriocin production and different strategies for their recovery and purification. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 6(1), 47–58.  
<https://doi.org/10.1007/s12602-013-9153-z>
- Gautam, N., & Sharma, N. 2009. Bacteriocin: Safest approach to preserve food products. *Indian Journal of Microbiology*, 49(3), 204–211. <https://doi.org/10.1007/s12088-009-0048-3>
- Hadiwiyoto, S., Rahayu, E. S., & Bawono, I. Y. 2012. Pengawetan daging segar dengan ekstrak metabolik bakteri asam laktat dari buah tomat. *Buletin Peternakan*, 29(1), 35.  
<https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v29i1.1160>
- Halami, P. M., & Chandrashekar, A. 2005. Enhanced production of pediocin C20 by a native strain of *Pediococcus acidilactici* C20 in an optimized food-grade medium. *Process Biochemistry*, 40(5), 1835–1840.  
<https://doi.org/10.1016/j.procbio.2004.06.065>
- Hariani, L. 2013. Produksi bakteriosin oleh *Lactobacillus plantarum* DJ3 dan aplikasinya sebagai pengawet daging. *El-Hayah*, 4(1), 17–26.  
<https://doi.org/10.18860/elha.v4i1.2617>
- Hendra, & Hidayat, S. 2020. Pengaruh pemanfaatan cairan hasil fermentasi sawi putih (*Brassica rapa* L. var Pekinensis) sebagai bahan pengawet alami terhadap kualitas ikan tambakan (*Helostoma temminckii* C.V.). *Edubioloek*, 1(2), 1–9.
- Hu, Z. Y., Balay, D., Hu, Y., McMullen, L. M., & Gänzle, M. G. 2019. Effect of chitosan, and bacteriocin – Producing *Carnobacterium maltaromaticum* on survival of *Escherichia coli* and *Salmonella Typhimurium* on beef. *International Journal of Food Microbiology*, 290(October 2018), 68–75.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.10.003>
- Jiang, H., Li, P., & Gu, Q. 2016. Heterologous expression and purification of Plantaricin NC8, a two-peptide bacteriocin against *Salmonella* spp. from *Lactobacillus plantarum* ZJ316. *Protein Expression and Purification*, 127, 28–34.  
<https://doi.org/10.1016/j.pep.2016.06.013>
- Kim, S. J., Cho, A. R., & Han, J. 2013. Antioxidant and antimicrobial activities of leafy green vegetable extracts and their applications to meat product preservation. *Food Control*, 29(1), 112–120.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.05.060>
- Kumari, A., Garg, A. P., Makeen, K., Lal, M., Gupta, C., & Chandra, S. 2008. A bacteriocin production on soya nutri nuggets extract medium by *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* CCSUB202. *International Journal of Dairy Science*, 3(1), 49–54.  
<https://doi.org/10.3923/ijds.2008.49.54>
- Larasati, E. 2017. Pengaruh penambahan stater *Lactobacillus plantarum* pada level dan waktu inkubasi berbeda terhadap karakteristik kimia dendeng iris fermentasi. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Lestariningsih, L., & Azis, R. 2018. Potensi *Lactobacillus plantarum* sebagai bahan pengawet alami bakso

- daging kelinci. *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 3(3), 327. <https://doi.org/10.28926/briliant.v3i3.220>
- Malvido, M. C., González, E. A., Bazán Tantaleán, D. L., Bendaña Jácome, R. J., & Guerra, N. P. 2019. Batch and fed-batch production of probiotic biomass and nisin in nutrient-supplemented whey media. *Brazilian Journal of Microbiology*, 50(4), 915–925. <https://doi.org/10.1007/s42770-019-00114-1>
- Metevlev, M., Serebryakov, M., Ghilarov, D., Zhao, Y., & Severinov, K. 2013. Structure of microcin B-like compounds produced by *Pseudomonas syringae* and species specificity of their antibacterial action. *Journal of Bacteriology*, 195(18), 4129–4137. <https://doi.org/10.1128/JB.00665-13>
- Mortensen, A., Aguilar, F., Crebelli, R., Di Domenico, A., Dusemund, B., Frutos, M. J., Galtier, P., Gott, D., Gundert-Remy, U., Lambré, C., Leblanc, J. C., Lindtner, O., Moldeus, P., Mosesso, P., Oskarsson, A., Parent-Massin, D., Stankovic, I., Waalkens-Berendsen, I., Woutersen, R. A., ... Younes, M. 2017. Re-evaluation of potassium nitrite (E 249) and sodium nitrite (E 250) as food additives. *EFSA Journal*, 15(6), 4786. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4786>
- Mulyadi, A. F., Dewi, Ika Atsari, & Ikawati, N. Q. F. 2015. Upscaling of dried noodles processing from sweet potato (*Ipomea batatas* L.). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 16(1), 41–50.
- Nurraifah, Y., Arief, I. I., & Ulupi, N. 2021. Penggunaan bakteriosin yang diproduksi oleh *Lactobacillus plantarum* sebagai pengawet alami untuk daging ayam yang disimpan di suhu ruang. *Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan*, 9(1), 7–14. <https://doi.org/10.29244/jipthp.9.1.7-14>
- Pisoschi, A. M., Pop, A., Georgescu, C., Turcuş, V., Olah, N. K., & Mathe, E. 2018. An overview of natural antimicrobials role in food. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 143, 922–935. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.11.095>
- Reddy, S. G., Chen, M. L., & Patel, P. J. 1975. Influence of lactic cultures on the biochemical, bacterial and organoleptic changes in beef. *Journal of Food Science*, 40(2), 314–318. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1975.tb02191.x>
- Rogers, L. A. 1928. *The inhibiting effect of Streptococcus lactis on Lactobacillus bulgaricus*. <https://journals.asm.org/journal/jb>
- Rosano, G. L., & Ceccarelli, E. A. 2014. Recombinant protein expression in *Escherichia coli*: Advances and challenges. *Frontiers in Microbiology*, 5(APR), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00172>
- Sakaridis, I., Soultos, N., Batzios, C., Ambrosiadis, I., & Koidis, P. 2014. Lactic acid bacteria isolated from chicken carcasses with inhibitory activity against *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes*. *Czech Journal of Food Sciences*, 32(1), 61–68. <https://doi.org/10.17221/414/2012-cjfs>
- Schelegueda, L. I., Vallejo, M., Gliemmo, M. F., Marguet, E. R., & Campos, C. A. 2015. Synergistic antimicrobial action and potential application for fish preservation of a bacteriocin produced by *Enterococcus mundtii* isolated from *Odontesthes platensis*. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 794–801. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.017>
- Singh, R., Sivasubramani, K., Jayalakshmi, S., Satheesh, S., & Selvi, C. 2013.

- Isolation and production of bacteriocin by marine *Lactobacillus fermentum* SBS001. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2(4), 67–73.
- Smaoui, S., Hsouna, A. Ben, Lahmar, A., Ennouri, K., Mtibaa-Chakchouk, A., Sellem, I., Najah, S., Bouaziz, M., & Mellouli, L. 2016. Bio-preservative effect of the essential oil of the endemic *Mentha piperita* used alone and in combination with BacTN635 in stored minced beef meat. *Meat Science*, 117, 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.006>
- Subha, V., Nithya Quintoil, M., Porteen, K., & Sood, S. K. 2017. Bacteriocin production by immobilized *Lactobacillus casei* in paneer whey is enhanced upon continuous fermentation. *Indian Veterinary Journal*, 94(9), 64–66.
- Sunaryanto, R., & Tarwadi, T. 2015. Isolasi dan karakterisasi bakteriosin yang dihasilkan oleh *Lactobacillus lactis* dari sedimen laut. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 10(1), 11. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v10i1.240>
- Usmiati, S., & Richana, N. 2016. Potensi bakteriosin dari *Lactobacillus* sp. galur SCG 1223 sebagai biopreservatif pada daging segar. *Buletin Teknologi Pasca Panen*, 7(2), 65–77.
- Xiraphi, N., Georgalaki, M., Rantsiou, K., Cocolin, L., Tsakalidou, E., & Drosinos, E. H. 2008. Purification and characterization of a bacteriocin produced by *Leuconostoc mesenteroides* E131. *Meat Science*, 80(2), 194–203. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.11.020>
- Yildirim, S., Konrad, D., Calvez, S., Drider, D., Prévost, H., & Lacroix, C. 2007. Production of recombinant bacteriocin divercin V41 by high cell density *Escherichia coli* batch and fed-batch cultures. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 77(3), 525–531. <https://doi.org/10.1007/s00253-007-1188-1>
- Zhang, J., Liu, G., Li, P., & Qu, Y. 2010. Pentocin 31-1, a novel meat-borne bacteriocin and its application as biopreservative in chill-stored tray-packaged pork meat. *Food Control*, 21(2), 198–202. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.05.010>