

# POTENSI BAKTERIOSIN UNTUK KESEHATAN HEWAN DAN KEAMANAN BAHAN PANGAN

Siti Chotiah

Balai Besar Penelitian Veteriner, Jl. RE Martadinata No. 30, Bogor 16114  
sitichoti@yahoo.co.id

(Makalah masuk 24 Maret 2013 – Diterima 5 Juni 2013)

## ABSTRAK

Munculnya resistensi terhadap antibiotik pada bakteri yang berkaitan dengan hewan dan kesehatan masyarakat menekankan pentingnya pengurangan penggunaan antibiotik dalam produksi ternak. Pembatasan aplikasi antibiotik pada ternak hanya dapat dicapai jika strategi antimikroba alternatif tersedia. Sejumlah strategi telah digali untuk mengendalikan mikroba patogen, meningkatkan pertumbuhan dan efisiensi pakan pada ternak tanpa menggunakan antibiotik. Bakteriosin secara luas telah dipelajari dan diusulkan sebagai alternatif potensial antibiotik konvensional dalam peternakan. Bakteriosin adalah peptida antimikroba yang disintesis secara ribosoma oleh banyak spesies bakteri dan beberapa strain *Archaea*. Pada umumnya bakteriosin menunjukkan aktivitas bakterisidal atau bakteriostatik terhadap bakteri lain yang sangat erat kaitannya dengan strain penghasil. Mekanisme utama bakteriosin bervariasi, yaitu pembentukan pori dalam membran sitoplasma atau penghambatan biosintesis dinding sel dan aktivitas enzim (RNase atau DNase) dalam sel target. Penggunaan bakteriosin dalam aplikasi probiotik, sebagai pengawet, dan yang paling menarik adalah sebagai alternatif antibiotik konvensional yang belakangan ini secara luas sedang digali dan diteliti. Ulasan ini akan menggambarkan potensi bakteriosin bagi kesehatan ternak dan keamanan bahan pangan asal ternak, serta hasil penelitian bakteriosin yang telah dilakukan di Indonesia.

**Kata kunci:** Bakteriosin, kesehatan ternak, keamanan pangan

## ABSTRACT

### POTENCY OF BACTERIOICIN FOR ANIMAL HEALTH AND FOOD SAFETY

The emergence of antibiotic resistance in many bacteria related to animal and public health stresses the importance of decreasing the use of antibiotics in animal production. The reduction of antibiotic application in livestock can only be achieved if alternative antimicrobial strategies are available. A number of strategies have been explored to control microbial pathogens and to improve growth and feed efficiency in livestock without the use of antibiotics. Bacteriocins have been more extensively studied and proposed as potential alternatives to conventional antibiotics in animal husbandry. Bacteriocins are antimicrobial peptides ribosomally synthesized by many species of Bacteria and some strains of Archaea. In general, bacteriocins just exhibited bactericidal or bacteriostatic activity against other bacteria that are closely related to the producing strain. The main mechanisms of bacteriocin activity vary from pore formation in cytoplasmic membranes to the inhibition of cell wall biosynthesis and enzyme activities (RNase or DNase) in target cells. The use of bacteriocins in probiotic applications, as preservatives, and most excitingly as alternatives to conventional antibiotics is being broadly explored and studied. This review will describe the bacteriocins potency for animal health and food safety, as well as the results of bacteriocin study that had been conducted in Indonesia.

**Key words:** Bacteriocin, animal health, food safety

## PENDAHULUAN

Penggunaan antibiotik untuk kesehatan ternak sudah berjalan lebih dari 50 tahun, baik untuk pengobatan maupun pencegahan terhadap berbagai infeksi bakteri. Disamping itu, untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi pakan pada ternak sapi, unggas dan babi telah diberikan dalam tingkat sub-terapeutik berbagai jenis antibiotik melalui makanan. Resistensi terhadap antibiotik tertentu dapat terjadi akibat penggunaan antibiotik yang terus menerus dan

dosis yang kurang tepat. Selain itu bakteri komensal yang ada dalam saluran pencernaan dapat ikut terbunuh akibat spektrum kerja antibiotik yang luas. Lebih lanjut residu yang tersisa pada produk bahan pangan asal ternak yang dikonsumsi juga dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat.

Beberapa negara telah menerapkan kebijakan pembatasan penggunaan antibiotik dalam pakan ternak seperti di Swedia tahun 1986, Denmark tahun 1995, Jerman tahun 1996 dan Swiss tahun 1999 (Cogliani et al. 2011; Mackie 2011). Komisi Masyarakat Uni Eropa

sejak tanggal 1 Januari 2006 (Regulasi No. 1831/2003), menetapkan penggunaan antibiotik misalnya *Avilamycin*, *Avoparcin*, *Flavomycin*, *Salinomycin*, *Spiramycin*, *Virginiamycin*, *Zn-Bacitracin*, *Carbadox*, *Olaquinox* dan *Monensin* tidak dapat digunakan dalam ransum ternak (Cogliani et al. 2011; Mackie 2011). Kebijakan untuk pengurangan penggunaan antibiotik pada ternak hanya dapat dicapai jika strategi antimikroba alternatif telah tersedia.

Bakteriosin merupakan subyek perhatian yang potensial sebagai salah satu alternatif pengganti antibiotik tradisional dan telah banyak dipergunakan sebagai pengawet alami makanan (Gillor et al. 2004; Cheigh dan Pyun 2005). Sebagai strategi keamanan pangan prapanen, bakteriosin digunakan karena mampu mengendalikan pertumbuhan bakteri patogen dalam saluran pencernaan yang dapat mengganggu kesehatan induk semang (Schamberger dan Diez-Gonzalez 2004) dan berpotensi untuk mencemari lingkungan terutama bahan pangan asal ternak yang dapat ditularkan ke konsumen hilir (Revolledo et al. 2006; Braden 2006; Hussein 2007).

Tulisan ini menyajikan ulasan tentang potensi bakteriosin bagi kesehatan ternak dan keamanan bahan pangan asal ternak, serta hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan di Indonesia.

## KARAKTERISTIK BAKTERIOSIN

Bakteriosin merupakan protein yang disintesis secara ribosomal dan bersifat bakterisidal terhadap bakteri lain yang mempunyai hubungan dekat dengan bakteri penghasilnya (Heng et al. 2007). Hampir 100 tahun yang lalu bakteriosin pertama kali diidentifikasi sebagai produk dari biakan bakteri *Escherichia coli* yang bersifat tidak tahan panas dan toksik terhadap *E. coli* lain. Produk tersebut diberi nama kolisin untuk mengidentifikasi spesies yang memproduksinya (Gratia 1925). Sejak saat itu, bakteriosin telah ditemukan di seluruh garis keturunan utama dari bakteri dan baru-baru ini telah digambarkan sebagai produk universal beberapa anggota *Archaea* (Shand dan Leyva 2007).

Klasifikasi bakteriosin yang diproduksi oleh bakteri dan *Archaea* menurut Bakkal et al. (2012) dipaparkan dalam Tabel 1.

Bakteriosin yang diproduksi oleh kelompok bakteri Gram negatif dikelompokkan dalam empat kelas yaitu: kolisin, *colicins like*, *phage-tail like*, dan mikrosin (Chavan dan Riley 2007). Kolisin yang diproduksi oleh *E. coli* merupakan bakteriosin yang paling banyak dipelajari dan dipakai sebagai model dalam mempelajari struktur, fungsi dan evolusi bakteriosin (Cascales et al. 2007). Umumnya kolisin

**Tabel 1.** Klasifikasi bakteriosin yang diproduksi oleh bakteri dan *Archaea* serta contoh dari masing-masing kelas

Bakteriosin	Tipe /kelas bakteriosin	Ukuran (kDa)	Contoh
<b>Bakteri Gram-Negatif</b>			
Kolisin	Pembentuk pori	20-80	Kolisin A, B
	Nuklease		Kolisin E2,E3
<i>Colicins like</i>	-	20-80	Piosin S, Klebisin
<i>Phage-tail like</i>	-	>80	Piosin R dan F
Mikrosin	Pascatranslasi dan dimodifikasi	<10	Mikrosin C7 dan B17
	Tidak dimodifikasi		Kolisin V
<b>Bakteri Gram-Positif</b>			
Kelas I	Tipe A-bermuatan positif dan peptida linier	<5	Laktisin 3147
	Tipe B-netral atau bermuatan negatif dan peptida globuler		Mersasidin
	Tipe C-gabungan		Nisin
Kelas II	Kelas IIa-antilisterial	<10	Pediosin PA1
	Kelas IIb-gabungan		Carnobakteriosin B2
Kelas III	Tipe IIIa- enzim bakteriolitik	>10	Lisostaphin
	Tipe IIIb-peptida nonlitik		Helvetisin
Kelas IV	Peptida siklik	<10	Enterisin AS-48
<b>Archaea</b>			
Halosin	Mikrohalosin	<10	Halosin A4, C8, G1
	Protein halosin	>10	Halosin H1, H4
Sulfolobisin	-	~20	Sulfolobisin

**Sumber:** Bakkal et al. (2012)

bersifat sensitif terhadap protease, proteinnya sensitif terhadap panas dan ukurannya bervariasi mulai dari 25 sampai 90 kDa (Pugsley dan Oudega 1987). Berdasarkan modus pembunuhan ada dua tipe kolisin yaitu kolisin pembentuk pori dan kolisin nuklease. Kolisin pembentuk pori membunuh target dengan cara membentuk pori dalam membran sel, contohnya: kolisin A, B, E1, Ia, Ib, K, E1, E5. Sedangkan kolisin nuklease membunuh target dengan berperan sebagai DNase, RNase, atau tRNase, contohnya: kolisin E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9 (Gillor et al. 2004).

*Colicins like* disebut demikian karena protein dari bakteriosin tersebut memiliki struktur dan fungsi mirip dengan kolisin, yaitu sebagai pembentuk pori. Contoh *colicins like* adalah piosin S5 dan menjadi nuklease contohnya piosin S1 dan S2 (Michel-Briand dan Baysse 2002). Bakteriosin kelas *colicins like* yang banyak dipelajari adalah klebisin yang diproduksi oleh *Klebsiella species*, piosin S diproduksi oleh *Pseudomonas aeruginosa*, dan alveisin diproduksi oleh *Hafnia alvei*.

Bakteriosin yang memiliki struktur besar, mirip dengan ekor bakteriofag dinamakan *phage-tail like bacteriocins*. Dari kelompok tersebut yang banyak dipelajari adalah piosin R dan F yang diproduksi oleh *P. aeruginosa* (Michel-Briand dan Baysse 2002).

Mikrosin merupakan bakteriosin yang diproduksi oleh bakteri Gram negatif yang memiliki peptida jauh lebih kecil (<10 kDa) dan dibagi dalam dua kelas yaitu pascatranslasi dan dimodifikasi, contohnya mikrosin C7, B17 dan tidak dimodifikasi, contohnya mikrosin V (Gillor et al. 2004).

Berdasarkan ukuran, morfologi dan fisik, bakteriosin yang dihasilkan oleh bakteri Gram-Positif umumnya dikelompokkan ke dalam empat kelas (Lee dan Kim 2011). Kelas I adalah antibiotik yang merupakan bakteriosin dengan peptida kecil berukuran <5 kDa (Field et al. 2007), contohnya nisin dan laktisin. Menurut Cleaveland et al. (2001) bakteriosin ini mengalami pascatranslasi dan dimodifikasi dengan menggabungkan non-tradisional asam amino seperti *dehydroalanine*, *dehydrobutyrine*, *methyl-lanthione* dan *lantionine*. Kelas ini dibagi menjadi tiga tipe: tipe A bermuatan positif dan peptida linier, tipe B netral atau bermuatan negatif dengan peptida globuler kaku, dan Tipe C merupakan gabungan dari dua tipe yang lain.

Kelas II adalah bakteriosin kecil dengan ukuran <10 kDa, tahan panas dan tidak mengalami pascatranslasi dan modifikasi (Heng et al. 2007). Kelas ini dibagi dalam dua subkelas: kelas IIa adalah *pediocin-like* atau peptida *Listeria*-aktif, yang mengandung sekuen N-terminal lestari (YGNVxCxxxxCxV) dan kelas IIb yaitu bakteriosin yang memerlukan aktivitas gabungan dari dua peptida untuk menjadi aktif sepenuhnya.

Bakteriosin kelas III, umumnya berukuran besar (>10 kDa), dan tidak tahan panas yang terdiri dari dua tipe. Tipe IIIa adalah bakteriolisin yang merupakan enzim bakteriolitik. Contoh yang banyak dipelajari pada tipe ini adalah lisostaphin. Tipe IIIb adalah bakteriosin tipe non-litik, salah satunya adalah helvetisin J (37 kDa) yang diproduksi oleh *Lactobacillus helveticus*.

Kelas IV adalah bakteriosin yang memiliki struktur karakteristik yang unik. Asam amino pertama dan terakhir dari bakteriosin ini terikat secara kovalen sehingga memiliki struktur siklik, contohnya adalah enterosin AS-48 yang diproduksi oleh *Enterococcus faecalis* subsp. *liquefaciens* S-48 merupakan bakteriosin yang pertama kali terkarakterisasi dalam bakteriosin kelas IV (Maqueda et al. 2004).

*Archaea* juga memproduksi sejenis bakteriosin unik seperti senyawa antimikroba yang disebut archaeosin (Shand dan Leyva 2007). Sejauh ini, ada dua tipe utama dari archaeosin yang diidentifikasi, yaitu halosin yang diproduksi oleh halobacteria dan sulfolobisin diproduksi oleh *Sulfolobus species*. Halosin dapat menjadi peptida ukuran <10 kDa dan atau protein ukuran >10 kDa (Shand and Leyva 2007). Menurut Torreblanca et al. (1994) produksi halosin adalah fitur universal dari halobacteria dan terletak pada megaplasmid atau minichromosom. Halosin H4 dan halosin S8 masing-masing terletak di ~300 kbp dan ~200 kbp plasmida dan aktivitas halosin biasanya terdeteksi pada akhir fase eksponensial sampai awal fase stationer (Price dan Shand 2000).

Prangishvili et al. (2000) telah menapis sulfolobisin yang diproduksi oleh *Sulfolobus islandicus* yang diisolasi dari lingkungan udara vulkanik sepanjang Islandia. Sulfolobisin diduga mempunyai aktivitas *membrane associated* dan tidak dilepas dari sel. Selain itu sulfolobisin juga terkait dengan membran vesikel yang ukuran diameternya mulai dari 90 sampai 180 nm (Prangishvili et al. 2000). Seperti kebanyakan bakteriosin halosin dan sulfolobiosin tahan panas dan sensitif terhadap pemberian enzim protease. Meskipun demikian, menurut Ellen et al. (2011) cara kerja bakteriosin tersebut masih belum diketahui.

## BAKTERIOSIN DAN PERANANNYA PADA TERNAK

Berbagai jenis bakteriosin dan bakteri penghasil bakteriosin yang telah diaplikasikan pada ternak:

### Kolisin (*Colicin*)

Kolisin adalah protein dengan berat molekul tinggi yang dihasilkan oleh galur-galur *E. coli* dan bersifat antimikroba terhadap *E. coli* lain atau

enterobakteria. Biasanya diproduksi dalam kondisi stres dan lebih dari 25 macam kolisin yang berbeda telah dikarakterisasi dan diklasifikasikan. Penggunaan kolisin pada ternak, pertama kali dilaporkan sebagai probiotik, diberikan pada anak babi untuk mengurangi kasus diare (Tadd dan Hurst 1961). Cutler et al. (2007) melaporkan bahwa pemberian diet kolisin E1 pada anak babi lepas sapih, dapat menurunkan kasus *postweaning diarrhea* yang disebabkan oleh *E. coli* enterotoksigenik serotipe F18 dan meningkatkan kinerja pertumbuhan anak babi. Pada ternak sapi, Von Buenau et al. (2005) melaporkan bahwa *E. coli strain* Nissle 1917 sebagai produsen kolisin X, dapat digunakan untuk mengobati diare anak sapi neonatal yang disebabkan oleh *E. coli* enterotoksigenik (ETEC) serotipe K99.

Sebagai strategi keamanan pangan prapanen, *E. coli* produsen kolisin banyak diteliti untuk menghambat *E. coli* enterohemoragik (EHEC) serotipe O157:H7 pada populasi sapi. EHEC serotipe O157:H7 telah menjadi perhatian utama dalam kesehatan masyarakat karena sering menjadi penyebab wabah yang sebagian besar disebabkan oleh bahan pangan asal sapi, air minum dan makanan yang terkontaminasi oleh kotoran sapi (Rangel et al. 2005). Berdasarkan pengamatan, kolisin E2, E7 dan E8 yang diproduksi oleh *E. coli* dapat menghambat kontaminasi EHEC serotipe O157:H7 pada anak sapi, dan kolisin E7 merupakan salah satu bakteriosin yang paling menghambat (Schamberger dan Diez-Gonzalez 2004).

### Mikrosin (*Microcin*)

Mikrosin merupakan bakteriosin yang dihasilkan oleh *E. coli* dan memiliki peptida antimikroba lebih kecil dengan ukuran <10 kDa dibandingkan dengan kolisin. Beberapa perbedaan dengan kolisin, antara lain: mekanisme induksi, penyandian kromosom, dan jalur sekresi. Selain itu mikrosin tampaknya memiliki spektrum aktivitas hambat lebih luas dibandingkan dengan kolisin (Gillor et al. 2004).

Mikrosin 24 (pGOB 18) yang dihasilkan oleh transforman *E. coli* galur AvGOB18 diketahui mampu menghambat *Salmonella* dan *E. coli* serotipe O157:H7 secara *in vitro* (Wooley et al. 1999), dan sebagai intervensi untuk mengendalikan *foodborne pathogen* prapanen pada ternak telah dipatenkan (Wooley dan Shotts 2000). Mikrosin 24 yang dihasilkan oleh transforman *E. coli* galur GOB18 digunakan untuk mengobati babi yang terinfeksi *Salmonella typhimurium*, namun hasilnya kurang signifikan (Frana et al. 2004).

Mikrosin B17 yang diproduksi oleh *E. coli strain* Nissle 1917 mampu mengurangi 50% kejadian diare anak sapi akibat infeksi pada kolon (Von Buenau et al. 2005).

### Nisin

Nisin biasanya diproduksi oleh *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* dan penggunaannya banyak dilakukan dalam keamanan pangan asal ternak sebagai pengawet karena menghambat berbagai bakteri patogen dan pembusuk (Hurst 1981; Delves-Broughton et al. 1996; Ariyapitipon et al. 2000). Meskipun penggunaan nisin luas, tetapi penerapannya dalam budidaya ternak sangat terbatas. Salah satu kegunaan bakteriosin sebagai desinfektan yang mampu mengurangi populasi *Staphylococcus aureus* dan telah dikomersialisasikan (Ross et al. 1999). Secara *in vitro* peranan nisin pada fermentasi rumen mirip dengan monensin (Callaway et al. 1997). Namun setelah dibandingkan keduanya menggunakan sistem rumen buatan, ternyata nisin dapat meningkatkan degradasi hemiselulosa dan produksi asetat dan butir, tetapi tidak berpengaruh pada degradasi selulosa, produksi metan dan efisiensi sintesis mikroba (Jalc dan Laukova 2002). Nisin bukanlah bakteriosin yang secara alami diproduksi dalam rumen dan peptida ini tidak stabil dalam lingkungan rumen (Russell dan Mantovani 2002; Lee et al. 2002).

### Laktisin (*Lacticin*)

Laktisin diproduksi oleh *Lactococcus lactis* dan *Lactococcus sake* (Ray dan Bhunia 2008). Laktisin 3147 yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat (BAL) umumnya dianggap aman dan dapat digunakan untuk produk pangan (Ross et al. 1999). Laktisin pada peternakan masih belum banyak digunakan. Laktisin 3147 juga telah digunakan sebagai desinfektan pada puding susu sapi dan untuk mengobati mastitis karena kemampuannya dalam menghambat bakteri *S. aureus* dan *Streptococcus dysgalactiae* (Twomey et al. 2000).

### Bovisin (*Bovicin*)

Bovisin HJ50 yang dihasilkan dari *Streptococcus bovis* HJ50 isolat dari susu mampu menghambat bakteri Gram positif spektrum luas tetapi potensinya pada fermentasi rumen masih belum diketahui (Xiao et al. 2004). Bovisin HC5 diperoleh dari isolat *S. bovis* HC5 dalam rumen dan mampu menghambat bakteri Gram positif yang diuji, sebagai bakteriosin jenis baru karena memiliki empat residu asam amino dan belum pernah dilaporkan sebelumnya. Bakteriosin tersebut diproduksi secara alami dalam rumen dan mampu mengurangi produksi metan sekitar 50% (Lee et al. 2002). Kemampuannya untuk menghambat *Listeria monocytogenes* digunakan sebagai metode acuan untuk mencegah proliferasi mikroorganisme patogen dalam silase (Mantovani dan Russell 2003).

### Butirivibriosin (*Butyriovibriocin*)

Butirivibriosin OR79A dihasilkan oleh bakteri *Butyriovibrio fibrisolvens* yang memiliki daya hambat luas terhadap bakteri Gram positif dalam rumen (Kalmokoff et al. 1999). Selain itu, butirivibriosin JL5 dihasilkan dari bakteri *B. fibrisolvens* galur JL5 yang diketahui mampu menghambat bakteri Gram-Positif dalam rumen termasuk *Clostridium aminophilum* yang dapat memfermentasi asam amino (Rychlik dan Russell 2002). Pemanfaatan potensi butirivibriosin JL5 diharapkan dapat mencegah produksi amonia dalam rumen dan akhirnya dapat meningkatkan efisiensi pakan. Hipotesis tersebut harus didukung oleh suatu identifikasi yang memiliki dampak signifikan pada modifikasi fermentasi rumen dalam suatu penelitian.

### Enterosin (*Enterocin*)

Enterosin diproduksi oleh *Enterococcus faecium* strain J96 jika diberikan pada ayam broiler tidak lama setelah menetas dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya sampai dewasa setelah diuji dengan *Salmonella pullorum* (Audisio et al. 2000). Kolonisasi *Salmonella* spp. dalam saluran pencernaan ayam tidak merusak, tetapi setelah dikonsumsi oleh manusia dapat menyebabkan enteritis yang parah (Revolledo et al. 2006).

Enterosin A yang dihasilkan oleh *E. faecium* strain EK13 dalam bentuk probiotik setelah diberikan pada burung puyuh Jepang, dapat mengurangi populasi *Salmonella dusseldorf* strain SA13 sehingga infeksi dapat dicegah (Laukova et al. 2003). Kelinci muda diketahui rentan terhadap infeksi seperti *E. coli* dan Clostridia (Rodriguez-Calleja et al. 2004). Pemberian *E. faecium* strain EK13, penghasil enterocin A dengan sifat probiotik, akan mempengaruhi kolonisasi *E. coli*

patogen, *Clostridia* dan *Staphylococcus* spp. (Laukova et al. 2006). Kemampuannya berkolonisasi dalam saluran pencernaan akan mempengaruhi mikroflora lain sekitarnya dan dapat menekan pertumbuhan bakteri-bakteri patogen tersebut.

## PROSPEK PENGGUNAAN BAKTERIOSIN DI INDONESIA

Sebagai negara tropis dan lembab, Indonesia memiliki diversitas hayati termasuk diantaranya diversitas mikroorganisme yang tinggi. Secara alami banyak dijumpai mikroorganisme dalam hal ini bakteri yang berpotensi memproduksi bakteriosin di berbagai *host* dan habitatnya. Keanekaragaman bakteri ini perlu dieksplorasi potensinya sebagai bakteri yang menghasilkan bakteriosin dan dipelajari sifat-sifatnya, untuk bisa diaplikasikan pada ternak baik sebagai prebiotik maupun probiotik.

Memasuki abad ke-20 penelitian mengenai bakteriosin mulai dilakukan di Indonesia, meskipun demikian sebagian besar masih dalam tahapan seleksi mikroba penghasil, karakterisasi bakteriosin secara parsial, dan belum sampai pada tahapan aplikasi (Dharma et al. 2004; Rachmawati et al. 2005; Desniar et al. 2012). Beberapa penelitian telah sampai ketahapan aplikasi dan penamaan bakteriosin, seperti pediocin Pa F-11 dan plantaricin (Tabel 2).

Seluruh aplikasi ditujukan untuk pengawet alami makanan, kecuali satu penelitian yang mengaplikasikan bakteriosin sebagai kontrol biologis terhadap patogen pada ikan lele (Tabel 2). Chotiah (2013) telah melakukan eksplorasi dan konservasi 55 isolat bakteri penghasil bakteriosin yang terdiri dari 11 genus dan 23 spesies. Galur-galur bakteri tersebut merupakan sumber daya yang berpotensi sebagai kontrol biologis untuk pengendalian bakteri patogen pada ternak dalam

**Tabel 2.** Bakteriosin yang diproduksi oleh isolat lokal Indonesia dan pemanfaatannya

Bakteriosin	Strain produsen	Strain dihambat	Pemanfaatan	Pustaka
ta	<i>Lactobacillus</i> sp. SCG 1223	<i>S. typhimurium</i> <i>L. monocytogenes</i> <i>E. coli</i>	biopreservatif daging sapi segar	Usmiati et al. (2009)
Pediosin PaF-11	<i>Pediococcus acidilactici</i> F-11	-	penggumpal dan pengawet tahu	Harmayani et al. (2009)
ta	<i>Lactobacillus</i> ( <i>Mar 8</i> )		preservatif alam terhadap produk ikan	Yulinery et al. (2009)
Plantarisin	<i>Lactobacillus plantarum</i> S12	<i>L. monocytogenes</i> , <i>S. Aureus</i>	preservasi pangan	Sukmarini et al. (2011)
ta	<i>Lactobacillus plantarum</i> 2C12	<i>E. coli</i> <i>S. aureus</i> <i>S. Typhimurium</i>	pengawet alami bakso	Arief et al. (2012)
ta	<i>Lactobacillus plantarum</i> FNCC 226	<i>Saprolegnia paracitica</i> A3	biokontrol patogen pada ikan lele	Nurhayati et al. (2012)

ta = tidak ada data

menjaga kesehatan ternak dan keamanan bahan pangan asal ternak prapanen (sejak dari hulu).

Bakteriosin telah lama diketahui dan penggunaannya sudah banyak dilakukan di beberapa negara dalam industri makanan dan minuman sebagai preservatif untuk keamanan pangan (O'Connor et al. 2007). Dari sekian banyak bakteriosin yang diketahui, nisin merupakan satu-satunya bakteriosin yang secara komersial digunakan di lebih dari 50 negara sebagai pengawet makanan (Delves-Broughton 2005).

Penggunaan bakteriosin pada ternak masih dalam aplikasi sebagai probiotik, sedang aplikasinya dalam bakteriosin murni masih dalam tahapan penelitian. Beberapa dekade belakangan ini, bakteriosin menjadi perhatian banyak peneliti karena banyak pemanfaatannya, mulai dari aplikasi awal dalam strategi untuk pengawetan makanan dan penggunaan yang lebih baru dalam strategi biomedis yang ditujukan untuk melawan infeksi bakteri tertentu. Baru-baru ini, sejumlah bakteri penghasil bakteriosin telah diusulkan untuk digunakan dalam aplikasi lain, seperti probiotik, untuk penghambatan biofilm di industri makanan, atau bahkan sebagai *coadjuvant* strategi terapi gabungan bersama dengan agen antimikroba lain dalam aplikasi biomedis. Campuran galur *Lactobacillus* yang menunjukkan hasil yang menjanjikan untuk mengurangi populasi *E. coli* O<sub>157</sub>: H<sub>7</sub> pada sapi dan sudah dipasarkan sebagai probiotik dengan nama Bovamine® (Brashears et al. 2003). Paten terbaru bakteriosin untuk pemanfaatan bakteriosin pada ternak adalah campuran asam sorbat dengan bakteriosin atau bakteri penghasil bakteriosin untuk dimasukkan dalam ransum pakan (Raczek 2004).

Kelebihan bakteriosin sehingga potensial digunakan pada ternak adalah: bukan bahan toksik dan mudah mengalami degradasi oleh enzim proteolitik karena merupakan senyawa protein, tidak membahayakan mikroflora usus karena mudah dicerna oleh enzim saluran pencernaan, dapat mengurangi penggunaan bahan kimia sebagai *feed additive*, penggunaannya fleksibel dan stabil terhadap pH dan suhu yang cukup luas sehingga tahan terhadap proses pengolahan yang melibatkan asam dan basa, serta kondisi panas dan dingin (Cleveland et al. 2001).

## KESIMPULAN

Bakteriosin merupakan salah satu alternatif alami untuk pengganti antibiotik karena perannya penting di alam dan berpotensi sebagai terapi dan probiotik bahkan sebagai bahan pengawet alami. Di luar negeri banyak dilakukan penelitian mengenai bakteriosin untuk aplikasi pada ternak, baik sebagai penghambat bakteri patogen pada ternak maupun *foodborne pathogen*, bahkan ada beberapa yang sudah dipatenkan.

Sedangkan di Indonesia penelitian masih terbatas pada aplikasi bakteriosin sebagai bahan pengawet alami pada pangan, tetapi aplikasinya pada ternak belum ada.

Pemanfaatan bakteriosin maupun bakteri penghasil bakteriosin pada ternak merupakan sumber daya untuk diteliti dan dikomersialisasi. Penelitian mengenai bakteriosin diperlukan untuk mengendalikan mikroba patogen maupun *foodborne pathogen*, meningkatkan pertumbuhan dan efisiensi pakan pada ternak tanpa menggunakan antibiotik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arief II, Jeni BSL, Suryati T, Ayuningtyas G, Fujiawan A. 2012. Antimicrobial activity of bacteriocin from indigenous *Lactobacillus plantarum* 2C12 and its application on beef meatball as biopreservative. *J Indonesian Trop Anim Agric*. 37:90-96.
- Ariyapitipun T, Mustapha A, Clarke AD. 2000. Survival of *Listeria monocytogenes* scott a on vacuum packaged raw beef treated with polylactic acid, lactic acid, and nisin. *J Food Prot*. 63:131-136.
- Audisio MC, Oliver G, Apella MC. 2000. Protective effect of *Enterococcus faecium* J96, a potential probiotic strain, on chicks infected with *Salmonella pullorum*. *J Food Prot*. 63:1333-1337.
- Bakkal S, Robinson SM, Riley MA. 2012. Bacteriocins of aquatic microorganisms and their potential applications in the seafood industry. In: Carvalho ED, David GS, Silva RJ, editors. *Health and Environment in Aquaculture*. Rijeka (Croatia): INTECH Publisher. p. 303-328.
- Brashears MM, Galyean ML, Loneragan GH, Mann JE, Killinger-Man K. 2003. Prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 and performance by beef feedlot cattle given *Lactobacillus* direct-fed microbials. *J Food Prot*. 66:748-754.
- Braden CR. 2006. *Salmonella enterica* serotype enteritidis and eggs: a national epidemic in the United States. *Clin Infect Dis*. 43:512-517.
- Callaway TR, Carneiro De Melo AM, Russell JB. 1997. The effect of nisin and monensin on ruminal fermentations *in vitro*. *Curr Microbiol*. 35:90-96.
- Cascales E, Buchanan SK, Duche D, Kleanthous C, Llobes R, Postle K, Riley M, Slatin S, Cavard D. 2007. Colicin biology. *Microbiol and Mol Biol Rev*. 71:158-229.
- Chavan MA, Riley MA. 2007. Molecular evolution of bacteriocins in Gram-negative bacteria. In: Riley MA, Chavan MA, editors. *Bacteriocins: ecology and evolution*. Heidelberg (Germany): Springer-Verlag. p. 5-18.
- Cheigh CL, Pyun YR. 2005. Nisin biosynthesis and its properties. *Biotechnol Lett*. 27:1641-1648.

- Chotiah S. 2013. Eksplorasi dan konservasi sumber daya genetik mikroba penghasil bakteriosin penghambat pertumbuhan bakteri patogen pada ternak. *JITV* 18: 114-122.
- Cleveland J, Montville TJ, Nes IF, Chikindas ML. 2001. Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *Int J Food Microbiol.* 71:1-20.
- Cogliani C, Goossens H, Greko C. 2011. Restricting antimicrobial use in food animals: a lesson from Europe. *Microbe.* 6:274-280.
- Cutler SA, Lonergan SM, Cornick N, Johnson AK, Stahl CH. 2007. Dietary inclusion of colicin e1 is effective in preventing postweaning diarrhea caused by F18-positive *Escherichia coli* in pigs. *Antimicrob Agents Chemother.* 51:3830-3835.
- Delves-Broughton J, Blackburn P, Evans RJ, Hugenholz J. 1996. Applications of the bacteriocin nisin. *Antonie Van Leeuwenhoek.* 69:193-202.
- Delves-Broughton J. 2005. Nisin as a food preservative. *Food Aust.* 57:525-527.
- Desniar, Rusmana I, Suwanto A, Mubarik NR. 2012. Senyawa antimikroba yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat asal bekasam. *J Akuatik.* III:135-145.
- Dharma A, Syukur S, Harsanti SU. 2004. Bioaktivitas bakteriosin dari dadih Sumatra Barat. *J Kimia Andalas.* 10:64-67.
- Ellen AF, Rohulya OV, Fusetti F, Wagner M, Albers SV, Driessen AJ. 2011. The sulfobolobin genes of *Sulfolobus acidocaldarius* encode novel antimicrobial proteins. *J Bacteriol.* 193:4380-4387.
- Field D, Cotter P, Hill C, Ross RP. 2007. Bacteriocin biosynthesis, structure and function. In: Riley MA, Gillor O, editors. *Research and applications in bacteriocins.* Norfolk (UK): Horizon Bioscience. p. 5-41.
- Frana TS, Carlson SA, Rauser DC, Jones BD, Fergen BJ, Griffith RW. 2004. Effects of microcin 24-producing *Escherichia coli* on shedding and multiple-antimicrobial resistance of *Salmonella enterica* serotype typhimurium in pigs. *Am J Vet Res.* 65:1616-1620.
- Gillor O, Kirkup BC, Riley MA. 2004. Colicins and microcins: the next generation antimicrobials. *Adv Appl Microbiol.* 54:129-146.
- Gratia A. 1925. Sur un remarquable exemple d'antagonisme entre deux souches de coilbacille. *Comp Rend Soc Biol.* 93:1040-1041.
- Harmayani E, Rahayu ES, Djaafar TF, Sari CA, Marwati T. 2009. Pemanfaatan kultur *Pediococcus acidilactici* F-11 penghasil bakteriosin sebagai penggumpal pada pembuatan tahu. *J Pascapanen.* 6:10-20.
- Heng NCK, Wescombe PA, Burton JP, Jack RW, Tagg JR. 2007. The diversity of bacteriocins in Gram-positive bacteria. In: Riley MA, Chavan MA, editors. *Bacteriocins: ecology and evolution.* Heidelberg (Germany): Springer-Verlag. p. 45-92.
- Hurst A. 1981. Nisin. *Adv. Appl. Microbiol.* 27:85-123.
- Hussein HS. 2007. Prevalence and pathogenicity of shiga toxin-producing *Escherichia coli* in beef cattle and their product. *J Anim Sci.* 85:63-72.
- Jalc D, Laukova A. 2002. Effect of nisin and monensin on rumen fermentation in the artificial rumen. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr.* 115:6-10.
- Kalmokoff ML, Lu D, Whitford MF, Teather RM. 1999. Evidence for production of a new lantibiotic (butyriovibriocin OR79A) by the ruminal anaerobe *Butyriovibrio fibrisolvens* OR79: characterization of the structural gene encoding butyriovibriocin OR79A. *Appl Environ Microbiol.* 65:2128-2135.
- Laukova A, Guba P, Nemcova R, Vasilkova Z. 2003. Reduction of salmonella in gnotobiotic Japanese quails caused by the enterocin A-producing EK13 strain of *Enterococcus faecium*. *Vet Res Commun.* 27:275-280.
- Laukova A, Stropfova V, Skrivanova V, Volek Z, Jindrichova E, Marounek M. 2006. Bacteriocin-producing strain of *Enterococcus faecium* EK 13 with probiotic character and its application in the digestive tract of rabbits. *Biologia (Bratisl).* 61:779-782.
- Lee H, Kim HY. 2011. Lantibiotics, class I bacteriocins from the genus *Bacillus*. *J Microbiol Biotechnol.* 21:229-235.
- Lee SS, Hsu JT, Mantovani HC, Russell JB. 2002. The effect of bovicin HC5, a bacteriocin from *Streptococcus bovis* HC5, on ruminal methane production *in vitro*. *FEMS Microbiol Lett.* 217:51-55.
- Mackie B. 2011. Lessons from Europe on reducing antibiotic use in livestock. *BCM J.* 53:487.
- Mantovani HC, Russell JB. 2003. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by bovicin HC5, a bacteriocin produced by *Streptococcus bovis* HC5. *Int J Food Microbiol.* 89:77-83.
- Maqueda M, Galvez A, Bueno MM, Sanchez-Barrena MJ, Gonzalez C, Albert A, Rico M, Valdivia E. 2004. Peptide AS-48: prototype of a new class of cyclic bacteriocins. *Curr Protein Pept Sci.* 5:399-416.
- Michel-Briand Y, Baysse C. 2002. The pyocins of *Pseudomonas aeruginosa*. *Biochimie.* 84:499-510.
- Nurhayati J, Atira, Aryantha INP, Kadek Indah DG. 2012. The curative action of *Lactobacillus plantarum* FNCC 226 to *Saprolegnia parasitica* A 3 on catfish (*Pangasius hypophthalmus* Sauvage). *Int Food Res J.* 19:1723-1727.

- O'Connor EB, Roos RP, Hill C. 2007. Application of bacteriocins in food industry. In: Riley MA, Gillor O, editors. Norfolk (USA): Bacteriocins Current Research and Applications. p. 153-176.
- Prangishvili I, Holz D, Stieger E, Nickell S, Kristjansson JK, Zillig W. 2000. Sulfolobocins, specific proteinaceous toxins produced by strains of the extremely thermophilic archaeal genus *Sulfolobus*. J Bacteriol. 182:2985-2988.
- Price LB, Shand RF. 2000. Halocin S8: a 36-amino-acid microhalocin from the haloarchaeal strain S8a. J Bacteriol. 182:4951-4958.
- Pugsley AP, Oudega B. 1987. Methods for studying colicins and their plasmids. In: Hardy KG, editor. Plasmids: a practical approach. Oxford (England): IRL Press. p. 105-161.
- Rachmawati I, Suranto, Setyaningsih R. 2005. Uji anti bakteri bakteri asam laktat asal asinan sawi terhadap bakteri patogen. Bioteknologi. 2:43-48
- Rangel JM, Sparling PH, Crowe C, Griffin PM, Swerdlow DL. 2005. Epidemiology of *Escherichia coli* O157:H7 outbreaks, United States, 1982-2002. Emerging Infectious Diseases. www.cdc.gov/eid. 11: 603-609.
- Raczek N. 2004. Bacteriocin-containing sorbic acid product as addition to feedstuffs in agricultural livestock rearing (USA patent 6780447).
- Ray B, Bhunia A. 2008. Food biopreservatives of microbial origin. In: Ray B, Bhunia A, editors. Fundamental food microbiology. 4th Ed. New York (USA): CRC Press, Boca Raton. p. 176-187.
- Revolledo L, Ferreira AJP, Mead GC. 2006. Prospects in *Salmonella* control: competitive exclusion, probiotics, and enhancement of avian intestinal immunity. J Appl Poult Res. 15:341-351.
- Rodriguez-Calleja JM, Santos JA, Otero A, Garcia-Lopez ML. 2004. Microbiological quality of rabbit meat. J Food Prot. 67:966-971.
- Ross RP, Galvin M, McAuliffe O, Morgan SM, Ryan MP, Twomey DP, Meaney WJ, Hill C. 1999. Developing applications for lactococcal bacteriocins. Antonie Van Leeuwenhoek. 76:337-346.
- Russell JB, Mantovani HC. 2002. The bacteriocins of ruminal bacteria and their potential as an alternative to antibiotics. J Mol Microbiol Biotechnol. 4:347-355.
- Rychlik JL, Russell JB. 2002. Bacteriocin-like activity of *Butyrivibrio fibrisolvens* JL5 and its effect on other ruminal bacteria and ammonia production. Appl Environ Microbiol. 68:1040-1046.
- Schamberger GP, Diez-Gonzalez F. 2004. Characterization of colicinogenic *Escherichia coli* strain inhibitory to enterohemorrhagic *Escherichia coli*. J Food Prot. 67:486-492.
- Shand RF, Leyva KJ. 2008. Archaeal antimicrobials: an discovered country. In: Blum P, editor. Archaea: new models for prokaryotic biology. Norfolk (UK): Caister Academic. p. 233-242.
- Shand RF, Leyva KJ. 2007. Peptide and protein antibiotics from the domain archaea: halocins and sulfolobocins. In: Riley MA, Chavan MA, editors. Bacteriocins: ecology and evolution. Berlin (Germany): Springer Berlin Heidelberg. p. 93-109.
- Sukmarini, Wibowo LMK, Mustopa AZ. 2011. Isolation and identification of bacteriocin *Lactobacillus plantarum* S12 for food biopreservatives application. Proceedings The 2nd International Seminar on Chemistry. Jatinangor, 24-25 November 2011. Bandung (Indonesia): Padjadjaran University. p. 288-292.
- Tadd AD, Hurst A. 1961. The effect of feeding colicinogenic *Escherichia coli* on the intestinal of early weaned pigs. J Appl Bact. 24:222-228.
- Torreblanca M, Meseguer I, Ventosa A. 1994. Production of halocin is a Practically universal feature of archaeal halophilic rods. Lett Applied Microbiol. 19:201-205.
- Twomey DP, Wheelock AI, Flynn J, Meaney WJ, Hill C, Ross RP. 2000. Protection against *Staphylococcus aureus* mastitis in dairy cows using a bismuth-based teat seal containing the bacteriocin, lacticin 3147. J Dairy Sci. 83:1981-1988.
- Usmiati S, Miskiyah, Rarah RAM. 2009. Pengaruh penggunaan bakteriosin dari *Lactobacillus* sp. galur SCG 1223 terhadap kualitas mikrobiologi daging sapi segar. JITV 14:150-166.
- Von Buenau R, Jaekel I, Schubotz E, Schwarz S, Stroff T, Krueger M. 2005. *Escherichia coli* strain Nissle 1917: significant reduction of neonatal calf diarrhoea. J Dairy Sci. 88:317-323.
- Wooley RE, Gibbs PS, Shotts EB. 1999. Inhibition of *Salmonella typhimurium* in the chicken intestinal tract by a transformed avirulent avian *Escherichia coli*. Avian Dis. 43:245-250.
- Wooley RE, Shotts EB. 2000. Biological control of food pathogen in livestock. USA. Patent 504317.
- Yulinery T, Petria IY, Nurhidayat N. 2009. Penggunaan antimikroba dari isolat *Lactobacillus* terseleksi sebagai bahan pengawet alami untuk menghambat pertumbuhan *Vibrio* sp. dan *Staphylococcus aureus* pada fillet ikan kakap. Berkala Penelitian Hayati 15:85-92.
- Xiao H, Chen X, Chen M, Tang S, Zhao X, Huan L. 2004. Bovicin HJ50, a novel lantibiotic produced by *Streptococcus bovis* HJ50. Microbiol. 150:103-108.