

PENAPISAN DAN PRODUKSI ANTIBAKTERI *Lactobacillus plantarium* NS(9) YANG DIISOLASI DARI BEKASAM IKAN NILA ATIN

Screening and Production of Antibacterial from Lactobacillus plantarium NS(9) *Isolated from Nile Tilapia Bekasam*

Desniar^{*}, Iriani Setyaningsih, Yoga Indra Purnama

Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Jalan Agatis, Telepon. (0251) 8622909-8622906, Faks.
(0251) 8622907, Bogor-Jawa Barat 16680.

^{*}Korespondensi: desniar2004@yahoo.com

Diterima: 15 Mei 2016/ Review: 15 Juli 2016/ Disetujui: 11 Agustus 2016

Cara sitasi: Desniar, Setyaningsih I, Purnama YI. 2016. Penapisan dan produksi antibakteri *Lactobacillus plantarium* NS(9) yang diisolasi dari bekasam ikan nila atin. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 19(2): 132-139.

Abstrak

Bakteri asam laktat telah digunakan sebagai biopreservatif karena zat metabolit sekunder yang dihasilkannya aman dan memiliki aktivitas penghambatan terhadap bakteri enteropatogenik. Penelitian ini bertujuan menapis senyawa antibakteri yang dihasilkan oleh *Lactobacillus plantarium* NS(9) dan memproduksi senyawa antibakterinya. Penelitian ini terdiri dari dua tahap. Tahap pertama adalah *L. plantarium* NS(9) dikultivasi pada suhu 37°C, selama 24 jam dalam kondisi semi anaerob. Supernatan bebas sel dari *L. plantarium* NS(9) diberi tiga perlakuan yaitu tidak dinetralkan (A), dinetralkan (N), dan pengendapan dengan ammonium sulfat 50% (P). Kemudian dilakukan uji aktivitas antibakteri terhadap *E. coli*, *S. typhimurium* ATCC 14028, *S. aureus*, *B. cereus*, dan *L. monocytogenes* menggunakan metode difusi sumur agar. Tahap kedua, produksi antibakteri, *L. plantarium* NS(9) dikultivasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Setiap tiga jam dilakukan pengukuran *optical density*, pH, total asam tertitrasi, dan aktivitas antibakterinya. Hasil penapisan antibakteri menunjukkan bahwa supernatan A menghasilkan aktivitas antibakteri terhadap kelima bakteri uji, sedangkan supernatan N dan P tidak menghasilkan aktivitas antibakteri. Senyawa antibakteri yang dihasilkan oleh *L. plantarium* NS(9) diduga bersifat asam. Produksi antibakteri dimulai pada 6 jam inkubasi dan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan bakteri. Aktivitas antibakteri tertinggi terhadap *E. coli*, *B. cereus* dan *L. monocytogenes* pada akhir fase pertumbuhan eksponensial (12 -15 jam inkubasi) sedangkan *S. aureus* dan *S. typhimurium* ATCC 14028 masing-masing pada jam ke-21 dan ke-24 inkubasi. Aktivitas antibakteri seiring dengan peningkatan total asam tertitrasi (1,350-4,050%) dan penurunan pH (6-4) selama pertumbuhan.

Kata kunci: asam organik, bakteri asam laktat, bekasam, senyawa antibakteri

Abstract

Lactic acid bacteria has been used as biopreservatif because produce a number of antibacterial substances are safety and has inhibitory activity against enteropatogenic bacteria. The aims of this study were to screen of antibacterial compounds produced by *Lactobacillus plantarium* NS (9) and to produce their antibacterial compounds. The research was devided into two stages. In the first stage was *L. plantarium* NS (9) inoculated at 37°C, for 24 hours in semi-anaerobic conditions. The cell-free supernatant was given three treatment, ie not neutralized (A), neutralized (pH 7) (N), and precipitated with ammonium sulfate 50% (P). This three supernatant was assayed their antibacterial activity against *E. coli*, *S. typhimurium* ATCC 14028, *S. aureus*, *B. cereus* and *L. monocytogenes* using the agar well diffusion method. In the second stage, production of antibacterial compound was *L. plantarium* NS (9) inoculated at 37°C, for 24 hours in semi-anaerobic conditions. The Density Optical, value pH, acid total and antibacterial activity were measured every three hours during growth of bacteria. The results of the antibacterial screening showed that *L. plantarium* NS (9) produced inhibitory zone againts the five indicator bacteria from a supernatant, whereas N and P supernatant were not produced inhibitory zone. This result indicated that inhibition

activity of *L. plantarum* (NS 9) was caused by the lower pH of supernatant. The antibacterial compounds were produced at 6 hours of incubation and were increased to simultaneously with increasing of bacteria growth. The highest antibacterial activity against *E. coli*, *B. cereus* and *L. monocytogenes* were produced at the end of the exponential growth phase (12 -15 hours incubation) while against *S. aureus* and *S. typhimurium* ATCC 14028 at 21 and 24 hour of incubation, respectively. The antibacterial activity also was increased to simultaneously with increasing of acid total (1.350 to 4.050%) and decreasing of pH value (6-4) during growth of bacteria.

Keywords: antibacterial compound, lactic acid bacteria, organic acid

PENDAHULUAN

Bakteri asam laktat (BAL) merupakan dasar biologi dari banyak makanan fermentasi, termasuk fermentasi ikan seperti bekasam. Bekasam merupakan salah satu produk olahan fermentasi ikan yang rasanya asam, banyak dikenal di daerah Sumatera Selatan dan Kalimantan Selatan. Bahan tambahan pada pembuatan bekasam adalah karbohidrat seperti nasi, kerak nasi, tepung tapioka, beras sangrai dan tape ketan. Penambahan karbohidrat bertujuan merangsang pertumbuhan bakteri asam laktat.

Bakteri asam laktat dapat menghasilkan senyawa antimikroba seperti asam organik (laktat, sitrat, dan lain-lain), diasetil, karbon dioksida, hidrogen peroksida dan bakteriosin (Diop *et al.* 2007; Galvez 2007). Asam laktat, asam asetat dan asam propionat telah digunakan secara luas dalam industri pangan sebagai aditif antibakteri (Threon & Lues 2011). Bakteriosin didefinisikan sebagai antimikroba peptida yang disintesis oleh ribosom dan dapat membunuh bakteri yang berhubungan erat dengan penghasil bakteriosin. Umumnya terdiri atas 12-45 residu asam amino (Galvez *et al.* 2007). Sebagian bakteriosin dari BAL adalah kationik, hidrofobik atau molekul amphifilik yang terdiri atas 20-60 residu asam amino (Chen & Hoover 2003).

Desniar *et al.* (2013) telah melakukan isolasi BAL dari beberapa produk fermentasi bekasam. Salah satunya adalah bekasam ikan nila yang diperoleh dari pengolah lokal di Desa Sungai Pasir Kecamatan Ogan Komiring Ilir (Sumatera Selatan). Bakteri *L. plantarum* NS(9) adalah salah satu isolat asal bekasam ikan nila yang telah dilaporkan berpotensi

sebagai antibakteri terhadap bakteri patogen makanan.

Penelitian terhadap *L. plantarum* NS(9) ini perlu dilakukan untuk mengetahui senyawa antibakteri yang dihasilkannya dan memproduksinya. Penelitian ini bertujuan menapis senyawa antibakteri yang dihasilkan oleh *L. plantarum* NS(9) dan produksi senyawa antibakterinya.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan diantaranya adalah bakteri *L. plantarum* NS(9) (koleksi Desniar *et al.* 2013), media MRS (*mann rogosa sharpe*) agar dan broth, NA (nutrient agar), NB (nutrient broth), MHA (mueller hinton agar), dan bakteri uji *S. typhimurium*, *L. monocytogenes*, *E. coli*, *B. cereus*, dan *S. aureus*. Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain autoklaf (Yamato SM 52 Autoclave), *shaker bath*, timbangan digital, *clean bench* (Thermo Scientific Ltd.), *incubator* (Thermolyne type 42000 incubator), spektrofotometer (UV Vis RS 2500), sentrifuse (Centrutium Scientific Ltd.), dan *digital colony counter*.

Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua tahap, yaitu 1) penapisan senyawa antibakteri dari *L. plantarum* NS(9) dan 2) produksi senyawa antibakteri *L. plantarum* NS(9).

Penapisan Senyawa Antibakteri

Isolat dikultivasi dalam media MRSB kemudian diinkubasi pada suhu 37°C, semi anaerob selama 24 jam. Supernatan bebas

sel diperoleh dengan melakukan sentrifugasi kultur cair dengan kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit pada suhu 4°C. Supernatan bebas sel diberi tiga perlakuan yaitu pertama tidak dinetralkan (A) dan kedua dinetralkan (N) (pH 7±0,24) dengan menambahkan NaOH 1N. Kemudian disaring menggunakan mikrofilter dengan diameter saringan 0,22 µm (Diop *et al.* 2007). Perlakuan ketiga ialah pengendapan dengan ammonium sulfat 50% (P). Supernatan dari ketiga perlakuan diuji aktivitas penghambatannya pada bakteri uji *E. coli*, *S. typhimurium* ATCC 14028, *L. monocytogenes*, *B. cereus*, dan *S. aureus* dengan menggunakan metode difusi sumur agar.

Produksi Senyawa Antibakteri

Kultivasi *L. plantarum* NS(9) dilakukan pada suhu 37°C selama 24 jam. Pengamatan dilakukan setiap tiga jam dengan parameter yang diamati ialah pertumbuhan bakteri dengan mengukur *optical density* pada panjang gelombang 660 nm (OD660) menggunakan spektrofotometer, perubahan pH diukur menggunakan pH meter (eutech instruments), total asam tertitrisasi (Modifikasi Moore *et al.* 2011), aktivitas antibakteri dengan metode difusi sumur agar (agar well diffusion).

Pengukuran total asam tertitrisasi sebagai berikut: supernatan bebas sel dilarutkan dengan indikator fenofalein, kemudian dititrasi oleh NaOH hingga warna larutan supernatan berubah kemerahan. Volume NaOH yang terpakai digunakan untuk melakukan perhitungan % total asam

tertitrasilaktat yang dihitung menggunakan rumus:

$$\% \text{ Asam Laktat} = \frac{V \text{ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times 90 \times \text{FP}}{\text{Bobot Sampel}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penapisan Senyawa Antibakteri

Penapisan senyawa antibakteri *L. plantarum* NS(9) bertujuan untuk mengetahui potensi dan jenis antibakteri yang dihasilkannya. Hasil uji aktivitas antibakteri dapat dilihat pada Tabel 1.

Substansi antibakteri dengan perlakuan tidak dinetralkan (A) menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap kelima bakteri uji. Akan tetapi pada Perlakuan dinetralkan (N) dan yang diendapkan (P) tidak menunjukkan adanya aktivitas antibakteri. Hasil ini dapat diduga bahwa senyawa antibakteri yang dihasilkan oleh *L. plantarum* NS(9) adalah asam organik dan tidak memproduksi antibakteri yang termasuk ke dalam jenis protein seperti bakteriosin pada pengendapan amonium sulfat 50%.

Paludan-Muller *et al.* (2002) menyatakan bahwa peran utama BAL ialah untuk memecah karbohidrat sehingga menyebabkan terjadinya penurunan pH. Hal ini penting untuk menghambat bakteri pembusuk dan patogen dan menjamin keamanan produk. Asam organik (terutama asam laktat) merupakan faktor pengawet utama pada produk fermentasi ikan.

Menurut Pelaez dan Orue (2010), asam laktat mampu melemahkan permeabilitas

Tabel 1 Aktivitas antibakteri terhadap lima bakteri uji

Bakteri uji	Rataan Diameter Zona Bening (mm)		
	A	N	P
<i>S. aureus</i>	2,5	-	-
<i>B. cereus</i>	6,5	-	-
<i>E. coli</i>	8,7	-	-
<i>S. typhimurium</i>	6,7	-	-
<i>L. monocytogenes</i>	8,5	-	-

bakteri Gram negatif dengan merusak membran luar bakteri Gram negatif. Asam laktat merupakan molekul yang larut dalam air sehingga mampu menembus ke dalam periplasma bakteri Gram negatif melalui protein porin pada membran luarnya. Pelindung dari permeabilitas membran luar berupa lapisan lipopolisakarida yang terletak pada permukaan membran dirusak oleh asam laktat sehingga substrat antibakteri yang lain yaitu diasetil, bakteriosin, hidrogen peroksida dan lactoperidase system dapat berpenetrasi ke dalam membran sitoplasma.

Produksi Senyawa Antibakteri *L. plantarum* NS(9) Pertumbuhan, Perubahan pH dan Kadar Total Asam Titrasi

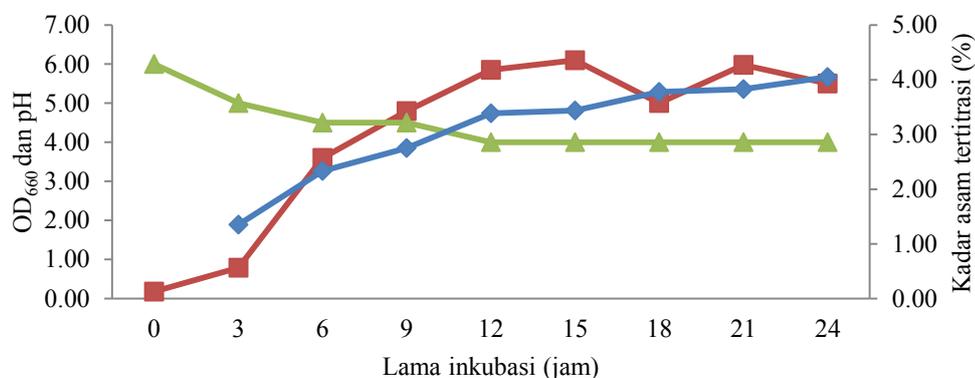
Pertumbuhan, perubahan pH dan produksi asam laktat oleh *L. plantarum* NS(9) selama inkubasi 24 jam dapat dilihat pada Gambar 1.

Pertumbuhan mulai terjadi pada jam ke-0 hingga jam ke-12 yang disebut dengan fase eksponensial (fase log). Cohen (2011) menyatakan bahwa fase eksponensial terjadi karena konsumsi nutrisi dalam media oleh kultur bakteri. Kultur berkembang pada growth rate yang konstan, dimana growth rate proporsional terhadap nilai OD. Pada fase ini semua sel dalam kultur mengalami pembelahan biner. Setiap generasi yang dilalui, jumlah sel bertambah dua kali lipat

dan grafik meningkat dalam bentuk garis lurus atau grafik logaritmik.

Kurva pertumbuhan mengalami fase stasioner pada jam ke-12 hingga jam ke-24. Kim *et al.* (2011) menyatakan bahwa kondisi nutrien yang hilang akibat konsumsi, medium yang semakin asam, akumulasi toksik atau karena zat yang dapat menghambat pertumbuhan menyebabkan pertumbuhan semakin menurun sehingga level pertumbuhan akan mendekati nol dan penambahan jumlah sel tidak ada.

Pertumbuhan bakteri terjadi, maka terjadi perubahan pH, dimana pH kultur cenderung menurun dari jam ke-0 sampai jam ke-12 inkubasi, setelah itu pH cenderung stabil sampai akhir inkubasi (24 jam), hal ini menunjukkan bahwa ketika Sel mengalami pertumbuhan eksponensial, terjadi peningkatan sel yang pesat sehingga pertumbuhan bakteri menjadi cepat dan aktivitas metabolismenya menjadi tinggi. Hasil dari aktivitas metabolisme ini merupakan asam-asam organik yang menyebabkan pH medium menjadi asam. Produksi total asam titrasi selama pertumbuhan meningkat tajam dari jam ke-0 sampai ke-12 inkubasi. Setelah jam ke-12 inkubasi peningkatan total asam titrasi cenderung kecil dengan nilai pH yang cenderung stabil. Alvarado *et al.* (2006) menyatakan bahwa penurunan pH diakibatkan oleh aktivitas pengasaman yang dipengaruhi oleh jumlah dan jenis asam organik yang dihasilkan.



Gambar 1 Kurva pertumbuhan isolat NS(9) (■), perubahan pH (▲) dan total asam titrasi (◆) selama inkubasi 24 jam

Asam laktat merupakan salah satu jenis asam organik yang diproduksi oleh bakteri asam laktat. Theron dan Lues (2011) menyatakan bahwa asam laktat merupakan salah satu metabolit utama dari bakteri asam laktat, namun pada bakteri heterofermentatif, bakteri asam laktat juga memproduksi asam asetat dan sebagian asam propionat dalam jumlah besar. Asidifikasi (pengasaman) yang diakibatkan asam organik meningkatkan aktivitas antibakterial baik asam organik maupun substansi inhibitor lain seperti bakteriosin.

Produksi dan Aktivitas Antibakteri

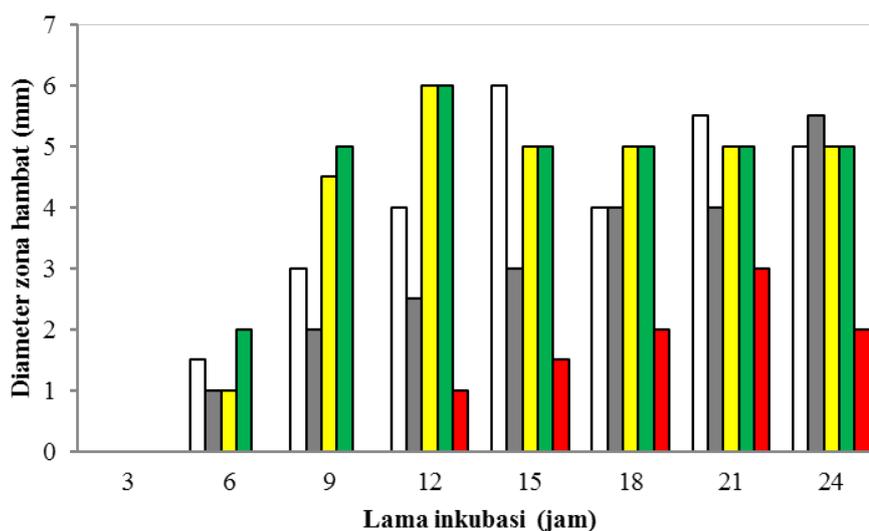
Antibakteri adalah salah satu metabolit yang dihasilkan oleh BAL. Aktivitas antibakteri yang dihasilkan oleh *L. plantarum* NS(9) selama pertumbuhan bakteri terhadap kelima bakteri uji dapat dilihat pada Gambar 2.

Supernatan bebas sel menunjukkan adanya aktivitas antibakteri terhadap kelima bakteri uji pada jam ke-6 inkubasi dengan pH supernatan 4,5 kecuali terhadap *S. aureus* aktivitas antibakteri mulai dihasilkan pada supernatan bebas sel pada jam ke-12 inkubasi. Pola zona hambat yang terbentuk dari supernatan bebas sel terhadap kelima

bakteri uji berbeda. Senyawa antibakteri yang dihasilkan juga berbeda sehingga menunjukkan aktivitas yang berbeda pada setiap bakteri uji.

Substansi antibakteri yang dihasilkan *L. plantarum* NS(9) memiliki daya hambat yang paling rendah untuk *S. aureus* dibandingkan daya hambat terhadap bakteri uji lainnya. Diameter penghambatan terbesar (6 mm) pada bakteri *L. monocytogenes*, *B. cereus*, *E. coli* dan *S. typhimurium* dihasilkan masing-masing pada jam ke-12, ke-12, ke-15 dan ke-24. Daya hambat zat antibakteri asam organik terhadap kelima bakteri patogen tersebut juga dipengaruhi oleh pH. Bakteri patogen seperti *L. monocytogenes* dan *B. cereus* terhambat maksimum pada jam ke-12 saat pH supernatan mencapai 4. Kedua bakteri uji tersebut sudah tidak mampu mentolerir pH yang terjadi pada jam tersebut sehingga mengakibatkan zona hambat yang terbentuk telah mencapai titik maksimal pada jam ke-12.

Bakteri uji seperti *E. coli* dan *S. typhimurium* adalah bakteri Gram negatif. Keduanya termasuk ke dalam golongan bakteri enteropatogenik. Bakteri jenis ini biasanya tahan terhadap pH yang cukup rendah. Korelasi dengan zona bening yang terbentuk adalah, butuh konsentrasi asam organik yang



Gambar 2 Produksi antibakteri *L. plantarum* NS(9) selama inkubasi 24 jam dan aktivitasnya terhadap bakteri uji □ *E. coli* (EC), ■ *S. typhimurium* ATCC 14028 (ST), ■ *L. monocytogenes* (LM), ■ *B. cereus* (BC) dan ■ *S. aureus* (SA)

lebih banyak untuk menghambat bakteri ini. Zona bening maksimum yang ditunjukkan pada bakteri uji *E. coli* terbentuk pada jam ke-15 inkubasi, lebih lama daripada bakteri uji *L. monocytogenes* dan *B. cereus*, begitu juga dengan bakteri uji *Salmonella typhimurium*, dimana zona hambat maksimum ditunjukkan pada jam ke-24 inkubasi. Alvarez-Ordenez *et al.* (2009) menyatakan *S. typhimurium* diketahui dengan kemampuannya bertahan hidup pada pH ekstrem, yaitu 3. Kemampuan hidup pada pH ekstrem tersebut tidak menjadikan bakteri ini dapat hidup dengan normal ketika bereaksi dengan asam organik. Sifat adaptasi asam dari *S. typhimurium* juga didapat dari peningkatan osmotik, toleransi terhadap garam, dan proteksi silang menjadi sistem laktoperoksidase yang aktif.

Aktivitas senyawa antibakteri terhadap *L. monocytogenes*, *B. cereus* dan *E. coli* memiliki pola yang sama yaitu meningkat dari jam ke-6 sampai jam ke-12, kecuali pada *E. coli* meningkat sampai jam ke-15 inkubasi dengan zona hambat 2-6 mm dan setelah itu sampai akhir inkubasi (24 jam) cenderung stabil (5 mm). Senyawa antibakteri yang dihasilkan oleh *L. plantarum* NS(9) bersamaan dengan pertumbuhannya dimana aktivitasnya maksimum ketika pertumbuhannya juga maksimum.

Aktivitas antibakteri terhadap *S. aureus* mulai dihasilkan pada jam ke-12 inkubasi dan terus meningkat maksimum sampai jam ke-21 setelah itu aktivitas antibakterinya menurun. Diduga senyawa antibakteri yang dihasilkan oleh *L. plantarum* NS(9) yang aktif terhadap *S. aureus* diproduksi pada fase stasioner, dan ini berbeda dengan senyawa antibakteri yang aktif terhadap bakteri uji yang lain.

Hasil yang berbeda juga ditunjukkan oleh pola aktivitas antibakteri terhadap *S. typhimurium* ATCC 14028, dimana aktivitas antibakteri meningkat dari jam ke-6 sampai jam ke-24 inkubasi. Hal ini menunjukkan bahwa Antibakteri masih memungkinkan diproduksi setelah jam ke-24 inkubasi apabila lama inkubasi diperpanjang.

Hasil penapisan diduga senyawa antibakteri yang dihasilkan *L. plantarum* NS(9) berupa asam organik diantaranya yang dominan adalah asam laktat dan asam asetat. Asam laktat dan asetat yang dihasilkan oleh BAL termasuk *generally regarded as safe* (GRAS) dan digunakan dalam beberapa makanan sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan flavor dan daya awet serta sebagai tindakan pencegahan keamanan terhadap mikroorganisme yang tidak diinginkan. Asam ini dan garamnya digunakan dalam makanan pada level 1-2%.

Bakteri uji memiliki ketahanan masing-masing terhadap jenis asam organik yang berbeda-beda. Garner *et al.* (2006) telah melaporkan bahwa *L. monocytogenes* memiliki kerentanan yang lebih besar terhadap asam laktat dibandingkan dengan asam asetat. Borsoi *et al.* (2011) menyatakan bahwa *E. coli* dan *S. typhimurium* memiliki kerentanan yang tinggi terhadap asam laktat dan asam asetat. *B. cereus* yang merupakan golongan bakteri Gram positif memiliki kerentanan yang tinggi terhadap asam laktat dan asam propionat.

Bakteri uji *S. aureus* memiliki ketahanan asam yang paling tinggi dibandingkan dengan empat bakteri uji lainnya. Charlier *et al.* (2009) mengatakan bahwa *S. aureus* akan bertambah rentan terhadap asam apabila terjadi peningkatan kadar garam. Sebaliknya Wallin-Carlquist *et al.* (2010) menyatakan bahwa bakteri *S. aureus* juga sangat peka terhadap aktivitas asam asetat.

Asam asetat umumnya bersifat bakteriostatik pada 0,2% tetapi bersifat bakteriosidal diatas 0,3%, dan lebih efektif terhadap bakteri Gram-negatif. Akan tetapi pengaruh ini tergantung pH dan pengaruh bakteriosidal lebih nyata pada pH rendah (<4,5). Asam laktat dan garamnya digunakan dalam makanan lebih untuk peningkatan flavor daripada untuk pengaruh antibakterinya, khususnya ketika digunakan diatas pH 5,0. Studi terakhir menunjukkan bahwa asam laktat mempunyai pengaruh antibakteri yang nyata ketika digunakan dalam makanan

pada level 1-2%; pada pH 5 atau lebih pertumbuhan bakteri Gram positif dan Gram negatif dikurangi, yang menunjukkan aksi bakteriostatik meningkat. Asam laktat pada pH<5 mempunyai pengaruh bakterisidal khususnya terhadap bakteri Gram negatif. Asam laktat tidak mempunyai pengaruh fungistatik dalam lingkungan makanan (Ray 2004).

Asam terdisosiasi menjadi ion hidrogen dan anion toksik yang mampu mengganggu fungsi fisiologis sel dan mendestabilasi protein sel (Theron dan Lues 2011). Asam terdisosiasi yang menembus membran akan menjadi penyebab kematian sel (Bjornsdottir *et al.* 2006).

KESIMPULAN

Senyawa antibakteri yang dihasilkan oleh *L. plantarum* NS(9) diduga bersifat asam yang berasal dari asam organik yang dihasilkan BAL. Produksi antibakteri dimulai pada 6 jam inkubasi dan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan bakteri. Aktivitas antibakteri tertinggi terhadap *E. coli*, *B. cereus* dan *L. monocytogenes* pada akhir fase pertumbuhan eksponensial (12 - 15 jam inkubasi) sedangkan *S. aureus* dan *S. typhimurium* masing-masing pada jam ke-21 dan ke-24 inkubasi. Aktivitas antibakteri seiring dengan peningkatan total asam tertitrasi (1,350-4,050%) dan penurunan pH (6-4) selama pertumbuhan. Setiap bakteri uji memiliki ketahanan masing-masing terhadap jenis asam organik yang berbeda-beda. Bakteri uji *S. aureus* memiliki ketahanan asam yang paling tinggi dibandingkan dengan empat bakteri uji lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Alvarado S, Garcia Almandarez BE, Martin SE, Regalado C. 2006. Food-associated lactic acid bacteria with antimicrobial potential from tradisional Mexican foods. *Microbiologia* 48:206-268.

Alvarez-Ordóñez A, Fernandez A, Bernardo A, Lopez M. 2009. Comparison of acids on the induction of an acid tolerance response in

Salmonella typhimurium, consequences for food safety. *Journal Meat Science* 81(1): 65-70.

Bjornsdottir K, Breidt F, McFeeters RF. 2006. Protective effects of organic acid on survival of *Escherichia coli* O157:H7 in acidic environments. *Applied and Environmental Microbiology* 72(1): 660-664.

Borsoi A, Santos LR, Diniz GS, Salle CTP, Moraes HLP, Nascimento VP. 2011. Salmonella fecal excretion control in broiler chickens by organic acids and essential oils blend feed added. *Brazilian Journal of Poultry Science* 13(1): 65-69

Chen H, Hoover DG. 2003. Bacteriosins and their food applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2.

Charlier C, Cretenet M, Even S, Le Loir Y. 2009. Interactions between *Staphylococcus aureus* and lactic acid bacteria: and old story with new perspective. *International Journal of Microbiology* 131: 30-39

Cohen GN. 2011. *Microbial Biochemistry: Second Edition*. London: Springer Science. p. 7-10.

Diop MB, Dubois-Dauphin R, Tine E, Ngom A, Destain J, Thonart P. 2007. Bacteriocin producers from traditional food products. *Biotechnol Agron Soc Environ* 11: 275-281.

Desniar, Rusmana I, Suwanto A, Mubarak NR. 2013. Characterization of lactic acid bacteria isolated from an Indonesian fermented fish (bekasam) and their antimicrobial activity against pathogenic bacteria. *Emir. J. Food Agric* 25 (6): 489-494.

Garner MR, James KE, Callahan MC. 2006. Exposure to salt and organic acid increases the ability of *Listeria monocytogenes* to invade caco-2 cells but decrease its ability to survive gastric stress. *Applied and Environmental Microbiology* 72(8): 5384-5395.

Gálvez A, Abriouel H, López RL, Omar NB. 2007. Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *Int J Food Microbiol* 120: 51-70.

Kim K, Kim JJ, Masui R, Kuramitsu S, Sung

- MH. 2011. A commensal symbiotic interrelationship for the growth of *Symbiobacterium toebii* with its partner bacterium, *Geobacillus toebii*. *BMC Research Notes* 4(437): 1-9.
- Paludan-Muller C, Madsen M, Sophanodora P, Gram L, Møller PL. 2002. Fermentation and microflora of plaa-som, a Thai fermented fish product prepared with different salt concentrations. *Int J Food Microbiol* 73: 61-70.
- Pelaez SM, Orue SM. 2010. Feeding strategies for the control of Salmonella in pigs. *Food Science and Technology Bulletin* 5(1): 39-47.
- Ray B. 2004. *Fundamental Food Microbiology*. Ed. ke-3. New York: CRC Press. p. 225-231, 483-490.
- Theron MM, Lues JFR. 2011. *Organic Acids and Food Preservation*. United States: CRC Press. p. 273.
- Wallin-Carlquist N, Cao R, Marta D, da Silva AS, Schelin J, Radstrom P. 2010. Acetic acid increases the phage-encoded enterotoxin A expression in *Staphylococcus aureus*. *BMC Microbiology* 10(147): 1-10.