



## Uji Antibakteri Bakteri Asam Laktat asal Asinan Sawi terhadap Bakteri Patogen

*Antimicrobial activity of lactic acid bacteria that were isolated from sauerkraut (asinan sawi) against pathogen bacteria*

INTAN RACHMAWATI, SURANTO<sup>♥</sup>, RATNA SETYANINGSIH

Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta 57126.

Diterima: 27 Desember 2005. Disetujui: 2 Pebruari 2006.

### ABSTRACT

Lactic acid bacteria are used in the production and preservation of various fermented foods such sauerkraut (asinan sawi). Beside that, lactic acid bacteria have an important role in the inhibition of pathogenic bacteria and spoilage bacteria. Lactic acid bacteria produce several antimicrobial substance including organic acids, carbon dioxide, hydrogen peroxide, diacetyl and bacteriocins which are responsible for antagonistic activities. The aim of the research was to evaluate the antimicrobial activities of lactic acid bacteria isolated from asinan sawi on the growth of *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 and *Escherichia coli* which have been isolated from faces of diarrhea illness patient. Eight isolates lactic acid bacteria that were isolated from sauerkraut (asinan sawi): *Lactobacillus* AS1, *Lactobacillus* AS2, *Lactobacillus* AS3, *Lactobacillus* AS4, *Lactobacillus* AS5, *Lactobacillus* AS6, *Lactobacillus* AS7, *Leuconostoc paramesenteroides* were screened for their ability to inhibit the growth of *S. aureus* ATCC 25923 and *E. coli* which have been isolated from faces of diarrhea illness patient. Antimicrobial activity of lactic acid bacteria were determined by well-agar diffusion method. All cultures lactic acid bacteria had an ability to inhibit the growth of pathogen bacteria that was used in this research. The highest antimicrobial activity showed by *Lactobacillus* AS6 indicated by the widest of inhibition zone was 5.16 mm of *E. coli* and 5.50 mm of *S. aureus*. This research noted that all supernatant neutral of lactic acid bacteria isolate were made sub inhibitory activity both to pathogenic bacteria.

---

#### ♥ Alamat korespondensi:

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126  
Tel. & Fax.: +62-271-663375.  
e-mail: biology@mipa.uns.ac.id

**Keywords:** lactic acid bacteria, sauerkraut (asinan sawi), antimicrobial test, pathogen bacteria.

### PENDAHULUAN

Pertumbuhan suatu jenis mikroorganisme dalam bahan pangan dapat menghasilkan zat-zat metabolit atau mengubah keadaan sedemikian rupa sehingga spesies mikroorganisme lainnya terhambat atau terhenti pertumbuhannya. Banyak mikroorganisme membentuk metabolit yang mempunyai daya antimikrobia, salah satunya bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat bermanfaat untuk peningkatan kualitas dan

keamanan bahan pangan melalui penghambatan secara alami terhadap mikroorganisme yang bersifat patogen. Bakteri asam laktat menghasilkan beberapa komponen antimikrobia yaitu asam organik, karbondioksida, hidrogen peroksida, diasetil, reuterin, dan bakteriosin (Amezquita dan Brashears, 2002). Menurut Jenie (1996) sebagian dari senyawa-senyawa tersebut memperlihatkan aktivitas antimikrobia terhadap banyak mikroorganisme perusak dan patogen makanan seperti *Bacillus cereus*, *Clostridium*

*botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, dan lain-lain. Asam organik yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat adalah asam laktat dan asam asetat. Asam laktat merupakan metabolit utama bakteri asam laktat. Efek penghambatan terjadi karena molekul asam organik masuk ke dalam membran sel dan menurunkan pH sitoplasma (Mishra dan Lambert, 1996).

Karbondioksida dapat menghambat bakteri perusak dan patogen pada makanan (Kimura *et al.*, 1999). Karbon dioksida memiliki sifat antimikrobia dengan menyebabkan lingkungan lebih anaerob, akumulasi karbondioksida pada lipida bilayer akan merusak permeabilitas membran sel (Nilsson *et al.*, 2000). Hidrogen peroksida yang dihasilkan bakteri asam laktat dapat menghambat bakteri patogen (Jarani dan Brashears, 2000). Hidrogen peroksida memiliki efek bakterisidal karena produksi superoksida oksigen dan radikal hidroksil yang menyebabkan oksidasi sel bakteri dan merusak struktur dasar molekul dari protein sel (Zalan *et al.*, 2005).

Diasetil diproduksi oleh bakteri asam laktat *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, dan *Leuconostoc* yang dihasilkan dari metabolisme sitrat (Hugenholtz *et al.*, 2000). Diasetil menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif seperti *Salmonella typhimurium* dan *Escherichia coli* (Kang dan Fung, 1999). Diasetil bereaksi dengan *arginine-binding protein* pada bakteri gram negatif dan mempengaruhi penggunaan arginin (Ouweland, 1998). Reuterin diproduksi oleh *Lactobacillus reuteri*. *Lactobacillus reuteri* merupakan mikroorganisme alami yang terdapat pada saluran pencernaan manusia dan hewan. Antimikrobia ini dapat menghambat mikroorganisme patogen terutama gram negatif seperti *Salmonella enteritica* dan *E. coli* serta perusak makanan (Ganzle *et al.*, 2000).

Bakteriosin merupakan substansi protein yang disekresikan bakteri-bakteri tertentu, yang bersifat bakterisidal terhadap bakteri gram positif (Kimura *et al.*, 1997). Bakteriosin yang diproduksi oleh bakteri asam laktat potensial digunakan sebagai pengawet makanan karena melawan patogen yang berasal dari bahan makanan (Tahara dan Kanatani, 1997). Bakteriosin dibagi menjadi 4 kelas yaitu bakteriosin kelas I yang disebut lantibiotik contohnya nisin yang dihasilkan oleh *Lactobacillus lactis* sangat aktif melawan sebagian besar bakteri gram positif dengan merusak membran sel (Benech *et al.*, 2002). Bakteriosin kelas II berupa non lantibiotik contohnya

pediosin yang dihasilkan oleh *Lactobacillus plantarum* yang dapat menghambat *Listeria monocytogenes* (Loessner *et al.*, 2002). Bakteriosin kelas III merupakan protein yang labil terhadap panas dengan berat molekul lebih dari 30 kDa. Bakteriosin kelas IV merupakan glikoprotein atau lipoprotein (Oscariz dan Pisabarro, 2000).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya aktivitas antimikrobia dari isolat bakteri asam laktat asal asinan sawi terhadap bakteri patogen *S. aureus* ATCC 25923 dan *E. coli*.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan antara lain: isolat bakteri asam laktat yang diisolasi dari asinan sawi yaitu *Lactobacillus* AS1, *Lactobacillus* AS2, *Lactobacillus* AS3, *Lactobacillus* AS4, *Lactobacillus* AS5, *Lactobacillus* AS6, *Lactobacillus* AS7, dan *Leuconostoc paramesenteroides*. Isolat bakteri *S. aureus* ATCC 25923 diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret, isolat bakteri *E. coli* isolat dari penderita diare diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada. Medium bakteri: MRSB (*de mann rogosa broth*), MRSA (*de mann rogosa agar*), NA (*nutrien agar*), NB (*nutrien broth*). Bahan kimia: Alkohol 70%, NaOH 1M.

### Cara kerja

Uji aktivitas penghambatan terhadap bakteri patogen dilakukan pada kultur bakteri asam laktat dan supernatan netralnya dengan metode difusi sumur (Schved *et al.*, 1993).

### Uji aktivitas penghambatan kultur bakteri asam laktat terhadap patogen.

Kultur bakteri asam laktat (BAL) sebanyak 2-3 ose dari kultur stok tegak diinokulasikan ke dalam 10 mL MRSB dan diinkubasi selama 2 hari pada suhu 37°C. Kultur stok bakteri patogen uji masing-masing sebanyak 1 ose diinokulasikan ke dalam 10 mL NB lalu diinkubasi pada 37°C sampai jumlah sel 10<sup>8</sup> CFU/mL. Sebanyak 25 µL bakteri uji tersebut diinokulasikan ke dalam 50 mL NA yang masih cair, dikocok merata kemudian dituangkan ke dalam cawan petri masing-masing 25 mL. Setelah agar mengeras, dibuat lubang sumur dengan diameter sekitar 6 mm menggunakan tip pipet 1 mL steril yang dibelah dua. Sebanyak 50 µL kultur BAL masing-masing diteteskan ke dalam lubang sumur yang

berbeda dalam satu cawan kemudian diinkubasi dengan posisi cawan tidak terbalik pada suhu 37°C selama 2 hari. Pada setiap cawan tersebut dibuat sebuah lubang kontrol yang berisi 50 µL MRSB. Zona bening di sekitar sumur sebagai zona penghambatan BAL terhadap bakteri patogen (Scheved *et al.*, 1993).

#### Uji aktivitas penghambatan supernatan netral bakteri asam laktat

Bakteri asam laktat ditumbuhkan pada 10 mL media MRSB dan diinkubasi pada 37°C selama 2 hari kemudian dipisahkan sel dengan filtratnya dengan disentrifus dengan kecepatan 3000 rpm pada suhu 4°C selama 10 menit. Supernatan dinetralkan sampai pH 6,8 dengan NaOH 1M untuk menghindari adanya hambatan pertumbuhan bakteri patogen oleh asam organik yang dihasilkan selama inkubasi (Kawai *et al.*, 1997). Selanjutnya supernatan netral bakteri asam laktat diuji aktivitas antibakteri terhadap bakteri patogen uji seperti pada kultur bakteri asam laktat dengan metode difusi sumur (Scheved *et al.*, 1993).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji antimikrobia bakteri asam laktat terhadap bakteri patogen menggunakan metode difusi sumur. Menurut Cadirci dan Citak (2005) kelebihan metode difusi sumur adalah seluruh metabolit yang dihasilkan bakteri asam laktat dapat diproduksi selama uji antimikrobia. Bakteri patogen yang digunakan adalah *S. aureus* dan *E. coli* masing-masing sebanyak 10<sup>8</sup> cfu/mL. Uji aktivitas penghambatan terhadap bakteri patogen yang dilakukan meliputi kultur bakteri asam laktat dan supernatan netralnya. Kultur bakteri asam laktat yang memberikan zona bening adalah kultur yang memiliki daya antimikrobia terhadap bakteri uji sedangkan supernatan netral yang memberikan zona bening merupakan supernatan bakteri asam laktat penghasil antimikrobia selain asam organik. Zona penghambatan diukur dari pinggiran sumuran sampai lingkaran terluar zona bening.

Hasil pengujian aktivitas penghambatan kultur bakteri asam laktat dan supernatan netralnya terhadap bakteri patogen diperlihatkan pada Tabel 1. Tampak bahwa kultur bakteri asam laktat yang diuji secara keseluruhannya dapat menghambat bakteri patogen, daya hambatnya bervariasi yang ditunjukkan dengan besar kecilnya zona bening, sedangkan supernatan

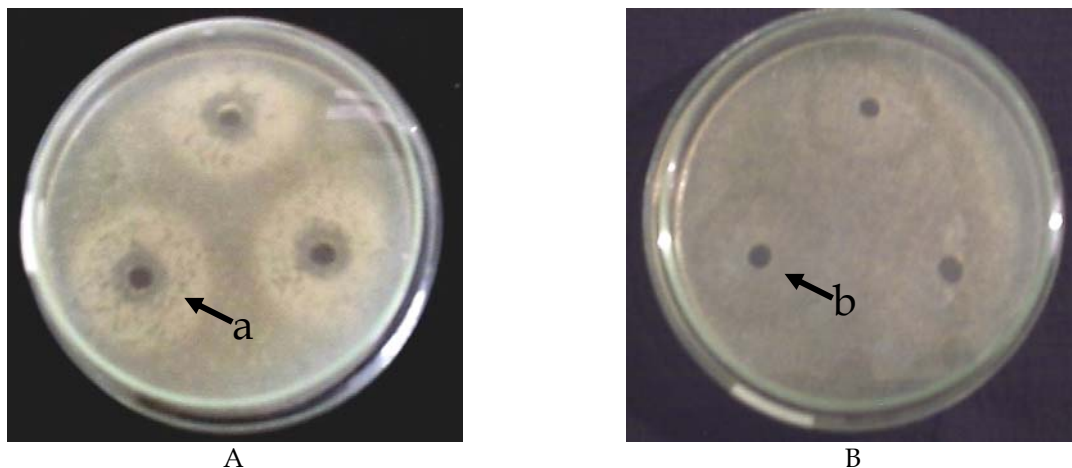
netral bakteri asam laktat menunjukkan penghambatan tetapi tidak membentuk zona bening seperti pada aktivitas penghambatan kultur bakteri asam laktat. Penghambatan yang disebabkan supernatan netral terjadi karena adanya aktivitas *subinhibitory* yang ditunjukkan dengan pertumbuhan bakteri patogen tampak lebih sedikit di sekitar tempat difusi supernatan netral.

**Tabel 1.** Zona penghambatan uji antimikrobia isolat bakteri asam laktat.

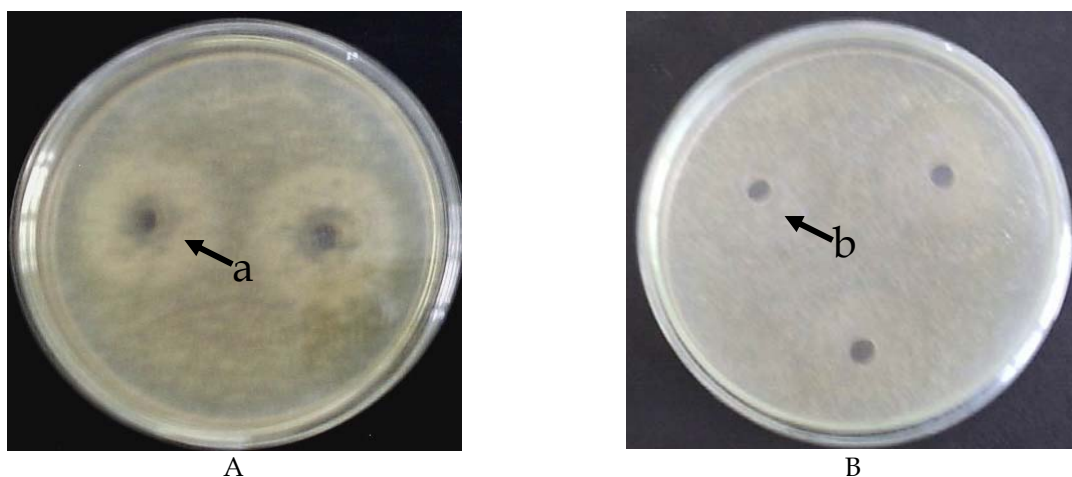
Jenis isolat	Zona penghambatan			
	E. coli		S. aureus	
	Kultur bakteri	Supernatan netral	Kultur bakteri	Supernatan netral
<i>Lactobacillus</i> AS1	4,16	subinhibitory	3,50	subinhibitory
<i>Lactobacillus</i> AS2	3,67	subinhibitory	4,67	subinhibitory
<i>Lactobacillus</i> AS3	4,16	subinhibitory	4,16	subinhibitory
<i>Lactobacillus</i> AS4	4,67	subinhibitory	3,67	subinhibitory
<i>Lactobacillus</i> AS5	4,16	subinhibitory	3,67	subinhibitory
<i>Lactobacillus</i> AS6	5,16	subinhibitory	5,50	subinhibitory
<i>Lactobacillus</i> AS7	4,00	subinhibitory	3,67	subinhibitory
<i>Leuconostoc paramesenteroides</i>	4,67	subinhibitory	4,50	subinhibitory

Penghambatan kultur bakteri asam laktat terhadap bakteri patogen terjadi disebabkan aktivitas kultur didukung oleh asam dan komponen-komponen metabolit yang dihasilkan. Supernatan netral terdiri dari komponen-komponen metabolit bakteri asam laktat selain asam organik seperti hidrogen peroksida, diasetil, etanol, dan bakteriosin. Supernatan netral bakteri asam laktat dapat menghambat bakteri patogen tetapi aktivitas penghambatannya tidak optimal seperti kultur bakteri asam laktat yang membentuk zona bening seperti terlihat pada Gambar 1A dan 2A. Hal ini dapat disebabkan karena senyawa antimikrobia yang dihasilkan selain asam organik jumlahnya relatif lebih sedikit dibandingkan dengan produksi asam organik (Daeschel, 1989). Aktivitas supernatan netral bakteri asam laktat tidak membentuk zona bening berarti penghambatan bakteri patogen karena aktivitas *subinhibitory* hidrogen peroksida, etanol, dan diasetil.

Dilihat dari besarnya zona penghambatan terhadap bakteri patogen *E. coli*, *Lactobacillus* AS6 memiliki aktivitas penghambatan yang lebih kuat dengan zona penghambatan 5,16 mm. Sedangkan untuk penghambatan terhadap *S. aureus*, *Lactobacillus* AS6 juga memberikan penghambatan yang lebih kuat dibanding isolat lainnya yaitu 5,50 mm. Aktivitas penghambatan



**Gambar 1.** Uji antimikrobia isolat bakteri asam laktat terhadap *E. coli*. Keterangan: A. Aktivitas penghambatan kultur bakteri asam laktat: a. zona penghambatan. B. Supernatan netral bakteri asam laktat membentuk *subinhibitory concentration*: b. *subinhibitory*.



**Gambar 2.** Uji antimikrobia isolat bakteri asam laktat terhadap *S. aureus*. Keterangan: A. Aktivitas penghambatan kultur bakteri asam laktat: a. zona penghambatan. B. Supernatan netral bakteri asam laktat membentuk *subinhibitory concentration*: b. *subinhibitory*.

paling kecil untuk *E. coli* adalah *Lactobacillus* AS2 dengan zona penghambatan 3,67 mm sedangkan penghambatan paling kecil untuk *S. aureus* adalah *Lactobacillus* AS1 dengan zona penghambatan 3,50 mm. Seluruh isolat bakteri asam laktat menunjukkan aktivitas penghambatan terhadap bakteri patogen baik gram positif maupun gram negatif.

Hasil akhir fermentasi karbohidrat dari bakteri asam laktat berupa beberapa komponen yang memiliki sifat antimikrobia. Aktivitas penghambatan bakteri asam laktat terjadi oleh akumulasi metabolit primer (asam laktat, asam asetat, etanol, karbondioksida) dan produksi komponen antimikrobia lain seperti hidrogen peroksida, diasetil, bakteriosin (Delgado *et al.*, 2001). Menurut Ray (2001) genus *Lactobacillus* homofermentatif menghasilkan asam laktat dari

fermentasi heksosa dan fermentasi pentosa menghasilkan asam laktat, asam asetat sedang *Lactobacillus* heterofermentatif dan genus *Leuconostoc* menghasilkan asam laktat, asetat atau alkohol dari fermentasi pentosa dan fermentasi heksosa menghasilkan asam laktat, asetat atau alkohol, karbondioksida. Berdasarkan hasil uji antimikrobia bakteri asam laktat yang memiliki penghambatan terbesar adalah isolat *Lactobacillus* AS6 yang merupakan bakteri asam laktat heterofermentatif. Menurut Lindquist (1998) bakteri asam laktat heterofermentatif pada fermentasi menghasilkan asam organik berupa asam laktat dan asam asetat, karbondioksida, etanol.

Selain metabolit yang dihasilkan dari fermentasi, bakteri asam laktat juga menghasilkan komponen antimikrobia lain yaitu hidrogen peroksida, diasetil, dan bakteriosin. Menurut Earnshaw (1996) dan Ouwehand (1998) hidrogen

peroksida terbentuk karena adanya laktat oksidase, piruvat oksidase, dan NADH oksidase. Menurut Kaneko *et al.*, (1990) diasetil dihasilkan dari metabolisme sitrat. Selain itu, bakteri asam laktat juga menghasilkan bakteriosin merupakan substansi protein yang bersifat bakterisidal (Nowroozi *et al.*, 2004).

Hasil penelitian menunjukkan kultur bakteri asam laktat dapat menghambat pertumbuhan *E. coli* dan *S. aureus*. Penghambatan terhadap bakteri patogen terutama disebabkan oleh komponen metabolit yang dihasilkan saat fermentasi. Aktivitas penghambatan kultur bakteri asam laktat berupa zona bening dapat dilihat pada gambar 1A dan 2A terjadi karena aktivitas senyawa antimikrobia yang bersifat bakterisidal yaitu asam organik. Menurut Ray dan Daeschel (1992) asam organik khususnya asam laktat bersifat bakterisidal pada pH 4,5 dengan konsentrasi di atas 0,2%. Menurut Alokami *et al.* (2000) asam organik yang dihasilkan menyebabkan penurunan pH dan menyebabkan sitoplasma sel menjadi asam, mengacaukan potensial transmembran dan menghambat transport substrat.

Dari fermentasi juga dihasilkan etanol dan karbondioksida. Karbondioksida menyebabkan lingkungan menjadi anaerob dan akumulasi pada lipida bilayer membran menyebabkan disfungsi permeabilitas membran (Yang, 2000). Etanol seperti asam organik menyebabkan penurunan pH sitoplasmik (Jordan *et al.*, 1999). Senyawa antimikrobia hidrogen peroksida, etanol, dan diasetil dapat bersifat bakterisidal terutama dipengaruhi oleh konsentrasi senyawa tersebut yang dihasilkan oleh bakteri. Aktivitas penghambatan kultur bakteri asam laktat selain membentuk zona bening juga terdapat penghambatan *subinhibitory* di sekeliling zona bening. Penghambatan *subinhibitory* diperkirakan karena penghambatan komponen metabolit selain asam organik yang jumlahnya relatif lebih sedikit sehingga hanya bersifat bakteristatik.

Supernatan netral bakteri asam laktat menunjukkan adanya penghambatan terhadap bakteri patogen yang ditunjukkan gambar 1B dan 2B karena adanya aktivitas *subinhibitory*. Menurut Mouton *et al.* (2005) *subinhibitory concentration* adalah konsentrasi senyawa antimikrobia yang besarnya di bawah *minimum inhibitory concentration* dan memiliki aktivitas penghambatan terhadap bakteri. Aktivitas *subinhibitory* terbentuk karena konsentrasi senyawa antimikrobia di bawah *minimum inhibitory concentration* (MIC). Supernatan netral

terdiri dari komponen-komponen metabolit bakteri asam laktat selain asam organik seperti hidrogen peroksida, diasetil, etanol, dan bakteriosin.

Beberapa senyawa antimikrobia membutuhkan konsentrasi yang besar supaya aktivitas antimikrobia efektif seperti etanol efektif menghambat mikroorganisme lain jika dalam konsentrasi yang besar yaitu 18-22% (Dillon dan Cook, 2000). Hidrogen peroksida bersifat bakteristatik dengan konsentrasi 6-8 mg/mL (Ray dan Daeschel, 1992) dan dipengaruhi oleh kondisi aerasi saat pertumbuhan bakteri, kultur bakteri yang diaerasi menghasilkan hidrogen peroksida 2-3 kali lebih banyak dari kultur yang tidak teraerasi (Teyssset *et al.*, 2000). Diasetil hanya bersifat bakterisidal pada konsentrasi yang besar dan efektif pada pH rendah yaitu 5,0 (Dillon dan Cook, 2000).

Penghambatan *subinhibitory* supernatan netral bakteri asam laktat lebih banyak dilakukan oleh senyawa antimikrobia selain bakteriosin yaitu hidrogen peroksida, etanol, dan diasetil. Hal ini disebabkan karena bakteriosin bersifat bakterisidal sehingga pada konsentrasi yang relatif sedikit dapat membunuh bakteri patogen. Oleh karena sifatnya yang bakterisidal, menurut Ray dan Daeschel (1992) zona penghambatan yang di bentuk bakteriosin berupa zona bening yang jelas, bulat, dan luas.

Bakteri asam laktat mampu menghasilkan senyawa antimikrobia yang dapat menghambat mikroorganisme lainnya, termasuk organisme perusak makanan dan patogen. Senyawa antimikrobia diproduksi saat proses fermentasi dan tetap berada dalam bahan pangan sehingga dapat menghambat pertumbuhan bakteri perusak dan patogen (Soomro *et al.*, 2002). Pada makanan tradisional dan minuman yang difermentasi bakteri asam laktat, keawetan produk dan pertumbuhan patogen berkaitan dengan adanya bakteri asam laktat dan hasil metabolitnya (Tadesse *et al.*, 2004). Oleh karena itu, penggunaan bakteri asam laktat untuk mengawetkan bahan makanan sangat dianjurkan (Savadago *et al.*, 2004).

## KESIMPULAN

Hasil uji antimikrobia terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* menunjukkan seluruh kultur isolat bakteri asam laktat mampu menghambat pertumbuhan kedua bakteri tersebut, sedangkan supernatan netral bakteri asam laktat menunjukkan aktivitas penghambatan *subinhibitory* terhadap kedua bakteri tersebut.

Aktivitas penghambatan terbesar ditunjukkan isolat *Lactobacillus* AS6 dengan zona penghambatan 5,16 mm terhadap *E. coli* dan 5,50 mm terhadap *S. aureus*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amezquita, A. and M.M. Brashears. 2002. Competitive inhibition of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat meat products by lactic acid bacteria. *Food Protection Journal* 65 (2): 316-325.
- Benech, R.O., E.E. Kheadr, R. Laridi, C. Laeroix, and I. Fills. 2002. Inhibition of *Listeria innocua* in cheddar cheese by addition of nisin-Z in liposomes or by in situ production in mixed culture. *Journal of Applied Environmental Microbiology* 68 (8): 3683-3690.
- Cardici, B.H. and S. Citak. 2005. A comparison of two methods used for measuring antagonistic activity of lactic acid bacteria. *Pakistan Journal of Nutrition* 4 (4): 237-241.
- Daeschel, M.A. 1989. Antimicrobial substance from lactic acid bacteria for use as food preservation. *Journal of Food Technology* 43 (1): 148-155.
- Delgado, A., D. Brito, P. Fevereiro, C. Peres, and J.F. Marques. 2001. Antimicrobial activity of *L. plantarum*, isolated from a traditional lactic acid fermentation of table olives. *INRA, EDP Science* 81 (1): 203-215.
- Dillon, V.M. and P.E. Cook. 2000. Biocontrol of undesirable microorganisms in food. In: Dillon, V.M. and R.E. Board (eds). *Natural Antimicrobial Systems and Food Preservation*. Wallingford: CAB International.
- Earnshaw, R.G. 1996. The antimicrobial action of lactic acid bacteria: natural food preservation system. In: Wood, B.J.B (ed). *The lactic Acid Bacteria Vol. 1 in Health and Disease*. London: Blackie Academic and Professional.
- Ganzle, M.G., A. Holtzel, J. Walter, G. Jung, and W.P. Hammes. 2000. Characterization of reutericyclin produced by *Lactobacillus reuteri* LTH2584. *Journal of Applied Environmental Microbiology* 66 (10): 4325-4333.
- Jaroni, D. and M.M. Brashears. 2000. Production of hydrogen peroxide by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis* as influenced by media used for propagation of cells. *Journal of Food Science* 65 (6): 1033-1035.
- Jenie, B.S.L. 1996. Peranan bakteri asam laktat sebagai pengawet hayati makanan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan* 1 (2): 60-73.
- Jordan, S.L., J. Glover, L. Malcolm, F.M.T. Carter, I.R. Booth, and S.F. Park. 1999. Augmentation of killing of *Escherichia coli* 0157 by combination low pH conditions. *Journal of Applied Environmental Microbiology* 65 (3): 1308-1311.
- Kaneko, T., M. Takahashi, and H. Suzuki. 1990. Acetoin fermentation by citrate-positive *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* 3022 grown aerobically in the presence of hemin or Cu<sup>2+</sup>. *Journal of Applied Environmental Microbiology* 56 (9): 2644-2649.
- Kang, D.H. and D.Y.C. Fung. 1999. Effect of diacetyl on controlling *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella typhimurium* in the presence of starter culture in a laboratory medium and during meat fermentation. *Journal of Food Protection* 62 (9): 975-979.
- Kawai, Y., T. Saito, J. Uemura, and T. Itoh. 1997. Rapid detection method for bacteriocin and distribution of bacteriocin-producing strains in *Lactobacillus acidophilus* group lactic acid bacteria isolated from human feces. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 61 (1): 179-182.
- Kimura, B., T. Yoshiyama, and T. Fujii. 1999. Carbon dioxide inhibition of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* on a pH-adjusted surface in a model system. *Journal of Food Science* 64 (2): 367-370.
- Kimura, H., R. Nagano, H. Matsusaki, K. Sonomoto, and A. Ishizaki. 1997. A bacteriocin of strain *Pediococcus* sp. ISK-1 isolated from human feces. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 61 (6): 1049-1051.
- Lindquist, J. 1998. *Laboratory Manual of The Food Microbiology Laboratory*. Madison: Department of Bacteriology University of Wisconsin
- Loessner, M., S. Guenther, and S. Scherer. 2002. A Pediocin-producing *Lactobacillus plantarum* strain inhibits *Listeria monocytogenes* in a multispecies cheese surface microbial ripening consortium. *Journal of Applied Environmental Microbiology* 69 (3): 1854-1857.
- Mishra, C. and J. Lambert. 1996. Production of antimicrobial substance by probiotics. *Asia Pasifik Journal of Clinical Nutrition* 5 (1): 20-24.
- Mouton, J.W., M.N. Dudley, O. Cars, H. Derendorf, and G.L. Drusano. 2005. Standardization of pharmacokinetic/pharmacodynamic (PK/PD) terminology for anti-infective drugs: an update. *Journal of Antimicrob. Chemotherapy* 55 (5): 601-607.
- Nilsson, L., Y. Chen, M.L. Chikindas, H.H. Huss, L. Gram, and T.J. Montville. 2000. Carbon dioxide and nisin act synergistically on *Listeria monocytogenes*. *Journal of Applied Environmental Microbiology* 66 (2): 769-774.
- Nowroozi, J., M. Mirzaii, and M. Norouzi. 2004. Study of *Lactobacillus* as probiotic bacteria. *Iranian Journal of Public Health* 33 (2): 1-7.
- Oscariz, J.C. and A.G. Pisabarro. 2000. Classification and mode of action of membrane-active bacteriocins produced by gram-positive bacteria. *International journal of Microbiology* 4 (1): 13-19.
- Ouweland, A.C. 1998. Antimicrobial component from lactic acid bacteria. In: Salminen, S. and A.V. Wright (eds.). *Lactic Acid Bacteria Microbiology And Functional Aspects 2<sup>ed</sup>*. New York: Marcell Dekker.
- Ray, B. 2001. *Fundamental Food Microbiology 2<sup>ed</sup>*. Boca Raton: CRC Press.
- Ray, B. and M. Daeschel. 1992. *Food Biopreservatives of Microbial Origin*. Boca Raton: CRC Press.
- Savadago, A., C.A.T. Quattara, I.H.N. Bassole, and A.S. Traore. 2004. Antimicrobial activities of lactic acid bacteria strains isolated from Burkina Baso fermented milk. *Pakistan Journal of Nutrition* 3 (3): 174-179.
- Schved, F., A. Lalazar, and Y. Hens. 1993. Purification, partial, characterization, and plasmids linkage of *Pediococcus* SJ-1, a bacteriocins produced by *Pediococcus acidilactici*. *Journal of Applied Environmental Microbiology* 76 (1): 67-77.
- Soomro, A.H., T. Masud, and K. Anwaar. 2002. Role of lactic acid bacteria (LAB) in food preservation and human health – a review. *Pakistan Journal of Nutrition* 1 (1): 20-24.
- Tadesse, G., E. Ephraim, and M. Ashenafi. 2004. Assessment of the antimicrobial activity of lactic acid bacteria isolated from borde and shamita, traditional ethiopian fermented beverages, on some food-borne pathogens and effect of growth medium on the inhibitory activity. *International Journal of Food Safety* 5 (5): 13-20.
- Tahara, T. and K. Kanatani. 1997. Isolation and partial amino acid sequence of bacteriocins produced by *Lactobacillus acidophilus*. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 61 (5): 884-886.
- Teyset, C.M., F. de la Torre, and J.R. Garel. 2000. Increased production of hydrogen peroxide by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* upon aeration: involvement of on NADH oxidase in oxidative stress. *Journal of Applied Environmental Microbiology* 66 (1): 262-267.
- Yang, Z. 2000. *Antimicrobial Compounds and Extracellular Polysaccharides Produced by Lactic Acid Bacteria: Structures and Properties*. Helsinki: Department of Food Technology, Sweden.