

Full Paper

POTENSI ANTIBAKTERIAL BAKTERI ASAM LAKTAT DARI PEDAS, JAMBAL ROTI, DAN BEKASAM

ANTIBACTERIAL POTENTION OF LACTIC ACID BACTERIA FROM PEDAS, JAMBAL ROTI, AND BEKASAM

Ninoek Indriati^{*)}, Indriarto P. Danan Setiawan^{**)}, dan Yulneriwarni^{**)}

Abstract

Isolation of lactic acid bacteria from fermented fish products, pedas, jambal roti and bekasam were carried out. Antibacterial activity of lactic acid bacteria was tested using well diffusion method against *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. Twelve isolates of lactic acid bacteria had been isolated. Results showed that isolate A2 from pedas was able to inhibit the growth of the 4 testing bacteria with inhibition zones of 6.7 mm for *E. coli*; 7.3 mm for *P. aeruginosa*; 8.3 mm for *S. aureus* and 10.0 mm for *B. cereus*. Isolate B5 from jambal roti had inhibition zones 11.6 mm for *E. coli*; 6.0 mm for *P. aeruginosa*; 7.3 mm for *S. aureus* and 13.3 mm for *B. cereus*; while isolate C6 from bekasam had inhibitor zones 7.7 mm for *E. coli*; 6.0 for *P. aeruginosa*; 8.0 mm for *S. aureus* and 9.3 mm for *B. cereus*.

Key words: antibacterial, bekasam, jambal roti, lactic acid bacteria, pedas

Pengantar

Bakteri asam laktat didefinisikan sebagai kelompok bakteri yang dalam metabolisme karbohidrat menghasilkan asam laktat sebagai produk utama disamping produk-produk lainnya (Stamer, 1979). Bakteri ini banyak terdapat pada bahan makanan, baik mentah maupun olahan. Pada umumnya, bakteri asam laktat ditemukan dalam bahan makanan fermentasi. Menurut Ray & Field (1992), biakan bakteri asam laktat yang berasal dari pangan merupakan agen biopreservatif yang unik, penggunaannya dari waktu ke waktu terbukti aman dan tidak menimbulkan gangguan kesehatan. Dari penelitian Van Hofstan & Wirahadikusumah (1972) diketahui bahwa fermentasi asam laktat pada ikan dapat menghambat pertumbuhan mikroba-mikroba yang

umum terdapat pada produk fermentasi ikan seperti *Clostridia* dan *Salmonella*.

Dalam produk fermentasi, bakteri asam laktat sering ditemukan sebagai mikroflora dominan yang dapat menghambat bakteri patogen dan bakteri pembusuk. Aktivitas bakteri asam laktat berkaitan dengan adanya produksi asam organik (asam laktat, asam asetat dan asam format), hidrogen peroksida dan bakteriosin (Tramer, 1966; Dahiya & Speck, 1968; Schved *et al.*, 1992).

Pedas adalah produk pangan tradisional yang sangat populer di Indonesia, merupakan hasil pengolahan ikan dengan fermentasi selektif, menggunakan garam sebagai media seleksi, dan memanfaatkan mikroba-mikroba halofilik serta enzim-enzim proteolitik. Menurut Indriati *et al.* (1999), pedas merupakan

^{*)} Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan (PRPPSE-KP), Jl. K.S. Tubun, Petamburan VI Jakarta 10260

^{**)} Fak. Biologi Universitas Nasional Jakarta, Fak. Biologi Universitas Nasional Jl. Sawo Manila, Pejaten, Pasar Minggu, Jakarta Selatan 12520

^{*)} Penulis untuk korespondensi: E-mail: bbrppb@yahoo.co.id

ikan kembung yang digarami tetapi tidak dikeringkan, dengan insang dan isi perut yang dikeluarkan melalui mulutnya dan pada umumnya tidak dibelah perutnya, bakteri asam laktat yang berperan dalam fermentasi pada adalah *Pediococcus damnosus* dan *Pediococcus parvalus*.

Jambal roti sebenarnya nama yang diberikan pada salah satu jenis ikan asin yang berasal dari jenis-jenis ikan manyung (*Arius* spp.). Menurut Indriati *et al.* (1999), istilah jambal roti menurut keterangan lisan beberapa pedagang ikan, khususnya Pekalongan, Cirebon, dan Cilacap, karena daging ikan jambal roti yang telah digoreng menjadi mudah hancur seperti rapuhnya roti panggang. Pembuatan jambal roti dilakukan dengan menambahkan garam dalam kadar cukup tinggi, yaitu sekitar 30% dari berat ikan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Indriati *et al.* (1999), bakteri asam laktat yang berperan dalam fermentasi produk jambal roti adalah jenis *Lactobacillus vitulinus* dan *P. damnosus*.

Bekasam adalah suatu jenis produk fermentasi ikan air tawar dengan rasa asam, terutama dikenal di Sumatra Selatan dan Kalimantan Tengah (Rahayu *et al.*, 1992). Proses pembuatan bekasam dilakukan dengan penambahan garam dan nasi sebagai sumber karbohidrat, kemudian fermentasi dilakukan dalam wadah dari tanah (Rahayu *et al.*, 1992; Indriati *et al.*, 1999). Dari penelitian Indriati *et al.* (1999), bakteri asam laktat yang berperan dalam fermentasi produk bekasam adalah *L. coryneformis* dan *P. damnosus*.

Bakteri asam laktat mempunyai sifat antibakterial. Piard & Desmazeaud (1991) menyatakan bahwa selama proses fermentasi berlangsung, bakteri asam laktat menghasilkan komponen-komponen seperti asam laktat, hidrogen peroksida dan bakteriosin. Berdasarkan spektrum aktivitasnya, bakteriosin dapat dibedakan menjadi 2 jenis. Jenis pertama merupakan bakteriosin dengan spektrum aktivitas yang sempit, mempunyai efek

mematikan terhadap organisme yang mempunyai hubungan dekat. Jenis kedua adalah bakteriosin yang menghambat bakteri gram positif dengan spektrum yang lebih luas (Daeschel, 1989).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi bakteri asam laktat dari peda, jambal roti dan bekasam serta melihat kemampuannya sebagai antibakterial.

Bahan dan Metode

Dalam penelitian ini digunakan 3 jenis produk ikan fermentasi yaitu jambal roti, peda dan bekasam. Jambal roti dan peda diperoleh dari Pasar Minggu, Jakarta; sedangkan bekasam dari pasar di Bandar Lampung.

Sebagai bakteri uji digunakan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* yang diperoleh dari Balitvet Bogor; *Pseudomonas aeruginosa* dari Lab. Mikrobiologi UI serta *Bacillus cereus* dari LIPI Bogor. Media yang digunakan antara lain MRS (Man de Rogosa Sharp) broth, SIM (Semi solid Indol Motility) Agar, Mueller-Hinton Agar, Nutrient Agar, media basal OF, semua media tersebut dibeli dari Oxoid.

Isolasi bakteri asam laktat

Sampel dari masing-masing produk ditimbang sebanyak 25 gram, ditambah 225 ml larutan NaCl 0.85%, kemudian dihancurkan dengan *stomacher*. Setelah itu diencerkan 1:10, 1:100 dan 1:1000, masing-masing diambil 1 ml, kemudian ditumbuhkan dalam MRS agar, di tambah CaCO_3 1% dengan teknik agar tuang. Selanjutnya, dari masing-masing produk diambil 10 koloni bakteri yang memiliki zona bening di sekelilingnya serta mempunyai kenampakan yang berbeda, dipindahkan ke media MRS agar miring.

Identifikasi

Isolat murni yang diduga sebagai bakteri asam laktat diidentifikasi dengan pewarnaan Gram, pewarnaan spora, uji

motilitas, OF (oksidatif-fermentatif), dan katalase.

Uji potensi

Bakteri asam laktat yang telah diidentifikasi ditumbuhkan dalam MRS broth selama 24 jam dan dihitung kepadatannya dengan metode *total plate count*. Setelah itu disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm untuk memisahkan supernatan dan sel bakteri. Bagian yang digunakan dalam uji potensi adalah bagian supernatan. Uji potensi bakteri asam laktat dilakukan dengan menggunakan metode sumur pada medium Mueller-Hinton agar.

Bakteri uji terlebih dulu dimasukkan dalam larutan fisiologis, kemudian diseragamkan kepadatannya dengan standar McFarlan 0,5 (kepadatan bakteri $1,5 \times 10^8$). Standar kekeruhan McFarlan 0,5 dibuat dengan cara mencampurkan 0,5 ml larutan BaCl₂ 1% dengan 9,5 ml H₂SO₄ 1% (Barry, 1980).

Bakteri uji tersebut diambil sebanyak 1 ml, dituang ke dalam cawan petri steril. Selanjutnya dituangi dengan media Mueller-Hinton agar, diputar-putar supaya rata dan dibiarkan memadat. Setelah

padat dibuat sumur-sumur dengan diameter 7 mm dengan menggunakan pembolong gabus. Supernatan sebanyak 50 µl dimasukkan dalam sumur-sumur tersebut, kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Zona hambatan yang terbentuk di sekitar sumur diukur dengan menggunakan penggaris. Sebagai kontrol, satu buah sumur diisi dengan antibiotik ampisilin yang telah disesuaikan dengan standar MIC (*Minimum Inhibitory Concentration*).

Hasil dan Pembahasan

Isolasi dan identifikasi

Pada tahap isolasi diperoleh 10 isolat bakteri untuk masing-masing produk. Setelah diidentifikasi, diperoleh 4 isolat bakteri asam laktat untuk masing-masing produk sehingga jumlah bakteri asam laktat yang berhasil diisolasi adalah 12 isolat (Tabel 1).

Bakteri asam laktat terdapat dalam bahan makanan, baik mentah maupun olahan (Daeschel, 1989). Bakteri ini hidup pada susu, daging segar dan sayur- sayuran (Jenie & Rini, 1995).

Tabel 1. Karakter bakteri asam laktat yang diisolasi dari peda, jambal roti dan bekasam

No. Isolat	Pewarnaan Gram	Morfologi	Pewarnaan spora	Motilitas	Katalase	Fermentatif
A1	+	Bulat	-	-	-	+
A2	+	Bulat	-	-	-	+
A3	+	Bulat	-	-	-	+
A4	+	Bulat	-	-	-	+
B2	+	Batang	-	-	-	+
B3	+	Bulat	-	-	-	+
B5	+	Batang	-	-	-	+
B7	+	Batang	-	-	-	+
C1	+	Bulat	-	-	-	+
C6	+	Batang	-	-	-	+
C8	+	Bulat	-	-	-	+
C10	+	Bulat	-	-	-	+

Keterangan : Isolat A berasal dari peda, isolat B dari jambal roti, dan isolat C dari bekasam

Pada ikan fermentasi, faktor yang mendukung ditemukannya bakteri asam laktat antara lain adalah, dalam proses pengolahannya hampir selalu menggunakan garam dalam jumlah yang besar. Penggunaan garam ini bertujuan untuk mengekstrak air dan nutrisi dari jaringan ikan, sehingga membentuk larutan garam yang mengandung substrat yang ideal untuk pertumbuhan bakteri asam laktat dan menghambat pertumbuhan bakteri lain yang tidak diinginkan. Hal ini menjadikan bakteri asam laktat sebagai mikroorganisme yang dominan pada produk fermentasi (Rahayu *et al.*, 1992).

Penelitian-penelitian sejenis sebelumnya menunjukkan bahwa bakteri asam laktat ditemukan pada produk ikan fermentasi. Orillo & Pederson (1968) mengisolasi *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus cerevisiae* dan *Lactobacillus plantarum* dari produk "burong dalag"; Tanikawa (1985) mengisolasi *L. plantarum*, *Streptococcus faecium* dan *L. pentoaceticus* dari fermentasi sushi; Indriati *et al.*, (1999) mengisolasi *P. damnosus* dan *P. parvalus* dari peda; *L. vitulinus* dan *P. damnosus* dari jambal roti; *L. acidophilus*, *L. fermentum*, *L. plantarum*, *L. vitulinus* dari terasi dan *L. coryneformis* dan *P. damnosus* dari bekasam.

Pada penelitian ini, dari produk peda ditemukan bakteri asam laktat yang semuanya berbentuk bulat. Hal ini sesuai dengan penelitian Indriati *et al.* (1999) yang mengisolasi *P. damnosus* dan *P. parvalus* dari peda. Hal yang sama terjadi pada produk jambal roti dan bekasam, dimana bakteri asam laktat yang berhasil diisolasi berbentuk batang dan bulat, sesuai dengan penelitian Indriati *et al.* (1999) yang mendapatkan *L. vitulinus* dan *P. damnosus* dari jambal roti serta *L. coryneformis* dan *P. damnosus* dari bekasam.

Potensi bakteri asam laktat

Bakteri asam laktat yang diperoleh kemudian diuji potensinya dalam

menghambat bakteri patogen dan pembusuk. Bakteri uji yang digunakan adalah bakteri patogen dan pembusuk pada makanan, yaitu *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus* dan *B. cereus* (Table 2). Isolat yang paling efektif dalam menghambat ke 4 bakteri adalah isolat A2 yang berasal dari peda, dengan zona hambat 6,7 mm untuk *E. coli*; 7,3 mm untuk *P. aeruginosa*; 8,3 mm untuk *S. aureus*; dan 10,0 mm untuk *B. cereus*. Pada jambal roti, isolat yang paling efektif dalam menghambat ke 4 bakteri uji adalah isolat B5, dengan zona hambatan 11,6 mm pada *E. coli*; 12,0 mm pada *P. aeruginosa*; 7,3 mm pada *S. aureus*; dan 13,3 mm pada *B. cereus*. Sedangkan dari bekasam isolat yang paling efektif terhadap ke 4 bakteri uji adalah isolat C6 dengan zona hambatan 7,7 mm untuk *E. coli*; 6,0 mm untuk *P. aeruginosa*; 8,0 mm untuk *S. aureus*; dan 9,3 mm untuk *B. cereus*.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa bakteri asam laktat memiliki kemampuan untuk menghambat bakteri uji. Kemampuan bakteri asam laktat dalam menghambat bakteri uji, disebabkan bakteri asam laktat mampu menghasilkan senyawa-senyawa antibakterial.

Dalam uji potensi senyawa antibakterial yang paling berperan dalam menghambat bakteri patogen dan pembusuk adalah bakteriosin, karena bersifat stabil, tahan terhadap panas dan dalam lingkungan asam, dan stabil dalam suhu yang sangat rendah sehingga dalam penyimpanan tidak mempengaruhi aktivitas bakteriosin (Sudirman, 1996). Menurut Gilliland (1986), bakteriosin yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat mampu menghambat bakteri patogen, seperti *S. aureus*, *B. cereus*, *Clostridium* sp, dan *Listeria monocytogenes*. Bakteriosin merupakan protein sehingga dapat diabsorpsi oleh reseptor yang terdapat pada permukaan sel bakteri dan masuk melalui dinding sel. Setelah molekul kontak dengan membran, menyebabkan membran sitoplasma menjadi tidak stabil. Akibatnya viabilitas sel menurun dan menyebabkan keluarnya

material yang terdapat dalam inti sel sehingga sel menjadi mati (Ray & Field, 1992; Eckner, 1992; Holzapfel *et al.*, 1995).

Selain bakteriosin akumulasi asam sebagai produk akhir dapat meningkatkan aktivitas antimikroba dalam produk fermentasi. Efek penghambatan dari asam organik terutama tergantung pada jumlah asam. Asam yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat dapat berdifusi ke dalam sel mikroba. Di dalam sel, asam akan terdisosiasi menjadi proton dan anion. Tetapi keberadaan proton di dalam sel akan mengganggu sistem transpor nutrisi, oleh sebab itu proton harus dikeluarkan dari dalam sel dan untuk mengeluarkan proton dari dalam sel dibutuhkan energi yang tinggi akibatnya bakteri akan mati karena kekurangan energi (Volk & Wheeler, 1993; Nester, 2001).

Selain bakteriosin dan asam, senyawa lain yang memiliki sifat antimikrobaial adalah hidrogen peroksida. Efek penghambatan dari hidrogen peroksida adalah senyawa ini mampu mengoksidasi sel dan mengakibatkan kerusakan pada

molekul protein dari struktur sel bakteri, yang mengakibatkan kematian sel (Gilliland, 1986; De Vuyst & VanDamme, 1994). Hidrogen peroksida yang dihasilkan oleh *L. bulgaricus* dan *L. lactis* berperan dalam menghambat *S. aureus* (Davidson & Parish, 1989). Akan tetapi senyawa ini bersifat tidak stabil dan dapat cepat terdekomposisi bila terkena panas menjadi air dan oksigen sehingga aktivitas antimikrobanya hilang (Davidson & Parish, 1989).

Dalam uji potensi terdapat variasi kemampuan isolat dalam menghasilkan zona hambatan terhadap bakteri uji. Perbedaan kemampuan ini dapat disebabkan isolat menghasilkan senyawa bakteriosin yang berbeda. Menurut Gilliland (1986), bakteriosin yang dihasilkan setiap jenis berbeda dan efek yang dihasilkan juga berbeda, contohnya *Pediococcus acidilactici* SJ-1 yang menghasilkan pediosin SJ-1; *P. acidilactici* galur PAC 1 menghasilkan pediosin Pa-1; *L. lactis* menghasilkan nisin; *L. lactis* subsp. *cremoris* menghasilkan diplokokin; dan jenis-jenis bakteriosin lainnya.

Tabel 2. Zona hambat (mm) bakteri asam laktat terhadap bakteri uji

Isolat	Bakteri uji			
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Bacillus cereus</i>
Peda	A1	7,7	8,0	7,0
	A2	6,7	7,3	8,3
	A3	7,0	7,3	8,0
	A4	7,7	7,0	7,0
	K	20,67	13,67	40,7
Jambal roti	B2	7,3	6,7	6,3
	B3	12,0	9,7	6,7
	B5	11,6	12,0	7,3
	B7	7,0	8,3	8,0
	K	20,33	13,3	37,3
Bekasam	C1	7,7	6,0	8,3
	C6	7,7	6,0	8,0
	C8	6,7	6,3	7,0
	C10	7,3	6,7	7,3
	K	21,0	12,3	40,0

Keterangan : K = ampisilin (10%)

E. coli lebih sensitif terhadap B3, tetapi kurang sensitif terhadap A2 dan C8; *P. aeruginosa* sensitif terhadap B5, tetapi tidak sensitif terhadap A2, C1, C6, C8, dan C10; *S. aureus* sensitif terhadap C1 tetapi kurang sensitif terhadap B2 dan B3; sedangkan *B. cereus* sensitif terhadap B5, tetapi kurang sensitif terhadap A3, A4, B2, B3, dan C8 (Tabel 2). Perbedaan sensitivitas ini disebabkan setiap jenis bakteri memiliki reseptor membran sel yang berbeda-beda sehingga setiap jenis walaupun dari kelompok yang sama memiliki sensitivitas yang berbeda (Nester, 2001).

Dalam uji potensi digunakan ampisilin sebagai kontrol positif. Bakteri asam laktat menghasilkan zona hambatan lebih rendah dibandingkan dengan zona hambatan yang dihasilkan oleh ampisilin (10%). Hal ini disebabkan oleh karena senyawa antibakterial yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat hanya mengganggu sistem permeabilitas sel, dibandingkan dengan ampisilin yang memiliki kemampuan untuk menghambat sintesis protein, sehingga efektivitas dan sensitivitas isolat terhadap bakteri uji lebih rendah bila dibandingkan dengan ampisilin (Volk & Wheeler, 1993). Dengan demikian isolat bakteri asam laktat yang diperoleh kurang berpotensi bila dibandingkan dengan ampisilin.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Isolat bakteri asam laktat yang diperoleh memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan *E.coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus*, dan *B. cereus*.

Saran

Disarankan untuk melakukan isolasi ulang dengan jenis produk ikan fermentasi yang berbeda, agar didapatkan bakteri asam laktat yang berpotensi dalam menghambat bakteri patogen dan pembusuk pada makanan.

Daftar Pustaka

- Daeschel, M.A. 1989. Antimicrobial substances of lactic acid bacteria for use of food preservation. *Food Technology*. 43: 164-166.
- Dahiya, S. and M.L. Speck. 1968. Hydrogen peroxida formation by *Lactobacilli* and its effect on *Staphylococcus aureus*. *J. Dairy Science*. 51 (10): 15-68.
- Davidson, P.M and M.E Parish. 1989. Methods for testing the efficiency of food antimicrobials. *J. Food Technol*. 43: 148-155.
- De Vuyst, L. and E.J VanDamme. 1994. Bacteriocins of lactic acid bacteria, microbiology, genetics and application. Blackie Academic and Professional. The Alden Press. Oxford: 101-104.
- Eckner, K.F. 1992. Bacteriocins and food applications. *Diary of Food and Environmental Sanitation*. 4: 204-209.
- Gilliand, S.E. 1986. Bacterial starter cultures for foods. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida: 61-95.
- Holzapel, W.H, R. Geisen, dan V. Schillinger. 1995. Biological preservation of foods with reference to protective cultures, bacteriocins and food-grade enzymes. *International Journal Food Microbiol*. 19: 343-362.
- Indriati, N., H.E. Irianto, S. Amini, Sugiyono, U. Rahayu, Sabarudin, Carkipan, E.J. Suarga. 1999. Laporan teknis peningkatan mutu dan keamanan produk fermentasi ikan tradisional melalui penggunaan bakteri asam laktat terseleksi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Jakarta: 111 p.

- Jenié, B.S.L. dan S.E. Rini. 1995. Aktivitas antimikrobia dari beberapa spesies *Lactobacillus* terhadap mikroba patogen dan perusak makanan, Buletin Teknologi dan Industri Makanan. IV: 46-51.
- Nester, E.W. 2001. Microbiology, a human perspective. 3rd ed. Mcgraw Hill. New York: 62-69.
- Orillo, C.A. and C.S. Pederson. 1968. Lactic acid bacteria fermentation of burung dalang. Applied Microbiology. 16 (11): 1669-1671.
- Piard, J.C. and M.I. Desmazeaud. 1991. Inhibiting factors produced by lactic acid bacteria. I. Oxygen metabolites and catabolism endproducts. J. App. Bacteriol. 71: 525-541.
- Rahayu, W.P., S. Ma'oen, Suiantari, dan S. Fardiaz. 1992. Teknologi fermentasi produk perikanan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Pusat antar Universitas Pangan dan Gizi Institiut Pertanian Bogor. Bogor. 74 p.
- Ray, B and R.A Field. 1992. Antibacterial effectiveness of a pediocin Ach based biopreservative againts spoilage and pathogenic bacteria from vacuum packaged refrigerated meat processings: 38th International Congress of Meat Science and Technology: Clermont-Ferrand, France. 4: 731-734.
- Schved, F., A. Lalazar, Y. Henis, and B. Juven. 1992. Purification partial characterization and plasmid linkage of pediosin SJ-1, a bacteriocin produced by *Pediococcus acidilactici*. J. App. Bacteriol. 74: 67-77.
- Sudirman, I. 1996. Pemanfaatan bakteri asam laktat penghasil bakteriosin sebagai starter unggul dan biopreservatif pada makanan. Laporan Penelitian Hibah Bersaing IV/I. Program Pasca Sarjana. Fakultas Kedokteran Hewan. Institut Pertanian Bogor. Bogor: 14-15.
- Tanikawa, E. 1985. Marine products in Japan, Koseisha Koseikaku Co. Ltd, Tokyo. 506 p.
- Tramer, J. 1966. Inhibitory effect of *Lactobacillus acidophilus*. Nature. 10: 204-211.
- Van Hofsten, B. dan D. Wirahadikusumah. 1972. Preservation of fish and other protein rich products by lactic acid fermentation. In : Waste recovery by microorganism. W.R. Stanton (Ed.). UNESCO/ICRO Work Study, Kuala Lumpur, Malaysia: 62-72.
- Volk, W.A., Dan Wheeler, and F. Margaret. 1993. Mikrobiologi dasar. Jilid 1. Erlangga. Jakarta: 93-233.