

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa jenis bakteri yang ada di alam ini diketahui mempunyai suatu kemampuan yang bersifat antagonis terhadap bakteri lainnya. Kemampuan ini merupakan suatu bentuk adaptasi untuk mempertahankan hidupnya dari ketersediaan sumber makanan yang ada di lingkungannya. Efek dari kemampuan antagonis ini dapat dilihat sebagai suatu interaksi yang dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin bagi kehidupan umat manusia.

Berkaitan dengan penjelasan di atas maka dapat dilakukan suatu bentuk manipulasi terhadap bakteri yang mampu untuk melakukan efek-efek tersebut. Salah satu dari beberapa jenis bakteri tersebut adalah *Lactobacillus plantarum* yang merupakan kelompok dari bakteri asam laktat (BAL) yang mempunyai karakter seperti di atas. Bakteri ini diketahui mampu menghambat pertumbuhan bakteri-bakteri pembusuk yang terdapat pada daging ikan (Aryanta, 1993).

A. Karakteristik dan kedudukan taksonomi *Lactobacillus plantarum*

Jenis bakteri asam laktat ini banyak terdapat pada media yang mengandung glukosa karena hanya dapat memperoleh energi yang berasal dari metabolisme glukosa (Brock *et al.*, 1994). Menurut Djaafar *et al.* (1996) bakteri asam laktat sering ditemui secara alamiah dalam bahan

makanan. Bakteri ini hidup pada susu, daging, buah-buahan, sayur-sayuran, dan pada makanan hasil fermentasi

Menurut Breed *et al.* (1957), *Lactobacillus plantarum* adalah bakteri gram positif, non-motil, ukuran 0,7 sampai 1,0 mikron, berbentuk tunggal maupun untaian pendek dengan akhiran yang membulat membentuk bulat-batang (*coccobacil*). Habitat tersebar luas di alam dan sebagian besar terdapat pada fermentasi tumbuh-tumbuhan dan produk ternak. Temperatur minimal 10 °C, optimal 30 °C, dan maksimal 40 °C serta suhu kematian 65-75 °C selama 15 menit. Produk akhir berupa asam dihasilkan dari glukosa, galaktosa, fruktosa, sukrosa, maltosa, laktosa, manosa, dan arabinosa.

Sedang menurut Schlegel dan Schmidt (1994), *Lactobacillus plantarum* bersifat gram positif, tumbuhnya secara anaerob-aerotoleran, tergolong homofermentatif karena sebagian besar produk dari bakteri tersebut adalah asam laktat. Selanjutnya Jamasuta *et al.* (1991) menambahkan bahwa *Lactobacillus plantarum* mempunyai kemampuan untuk menghasilkan asam laktat dengan cepat sehingga kurang mendukung pertumbuhan mikrobia pembusuk pada ikan.

Senyawa-senyawa yang dihasilkan oleh fermentasi bakteri asam laktat yang dikenal sebagai senyawa antimikrobia yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk di antaranya adalah asam laktat, hidrogen peroksida, diasetil, dan bakteriosin (Jenie, 1996).

Asam laktat (C₃H₆O₃) merupakan hasil utama dari metabolisme karbohidrat. Prinsipnya laktosa dipecah menjadi monosakarida dan dengan bantuan enzim laktase yang dihasilkan oleh bakteri dari jenis *Lactobacillus*

sp. akan diubah menjadi asam laktat. Sifat-sifat dari asam laktat adalah larut dalam air, alkohol, dan lipid tetapi tidak larut dalam kloroform, eter disulfida, dan karbon disulfida. Asam laktat murni tidak berbau dan tidak bewarna. Berat jenis 1,249, berat molekul 90,08, titik beku $16,8^{\circ}\text{C}$, titik didih 122°C pada tekanan 14 mm Hg (Sa'id, 1987).

Menurut Chichester dan Tanner (1972), mekanisme antimikrobia secara umum dari suatu bahan pengawet seperti asam laktat antara lain adalah dapat mempengaruhi membran sel, mengganggu mekanisme genetik dan enzim–enzim seluler dari mikrobia. Oleh karenanya akan terjadi penghambatan pertumbuhan pada mikrobia lain.

Hidrogen peroksida umumnya diproduksi oleh bakteri asam laktat dari genus *Lactobacillus* karena genus ini tidak mempunyai enzim katalase. Sifat dari hidrogen peroksida (H_2O_2) ini adalah dapat bercampur dengan air, tidak larut dalam eter, titik didih 152°C , berat jenis 1,46 pada 0°C (Daeschel dan Penner, 1992).

Hidrogen peroksida (H_2O_2) dapat bersifat bakteriostatik maupun bakterisidal terhadap bakteri-bakteri pembusuk. Efek bakterisidal dari hidrogen peroksida terhadap sel bakteri yaitu bahwa senyawa ini akan mengoksidasi serta mendistruksi struktur molekul asam nukleat dan protein sel mikrobia sehingga akan mengalami kematian (Dahiya dan Speck, 1968).

Menurut Daeschel (1989) dijelaskan bahwa diasetil merupakan produk metabolit BAL yang disintesis dari intermediet piruvat melalui jalur heksosa difosfat dari metabolisme karbohidrat. Selanjutnya dijelaskan oleh Ray and Daeschel (1992) bahwa sifat-sifat diasetil atau 2,3-butanedione

atau $C_4H_6O_2$ adalah bersifat volatil, titik didihnya $88\text{ }^{\circ}\text{C}$, larut dalam air, kelarutannya 4 kali lebih baik dari minyak, efek antimikrobia optimum pada pH 5,0 serta efektif untuk bakteri gram negatif. Beberapa penelitian yang dilakukan secara *in-vitro* menunjukkan bahwa diasetil menyebabkan adanya penghambatan aktivitas enzim dari beberapa mikrobia.

Bakteriosin sering diartikan sebagai makromolekul yang terdiri dari protein yang mempunyai aktivitas bakterisidal terhadap bakteri-bakteri yang rentan, sintesis protein ini dikode oleh plasmid yang merupakan material genetik ekstrakromosomal (DNA-ekstrakromosomal). Senyawa ini sering dikaitkan dengan keamanan pangan (*food safety*) karena kemampuannya menghambat bakteri patogen, sebagai agensia pengawet makanan, mengontrol fermentasi, dan mencegah pertumbuhan bakteri pembusuk sehingga dapat memperpanjang umur simpan (Daeschel, 1989).

Produk akhir dari fermentasi oleh bakteri asam laktat selain menghasilkan asam laktat, juga menghasilkan bakteriosin dan senyawa antimikrobia (reuterin) yang sangat bermanfaat untuk keperluan pengawetan makanan. Reuterin dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen dan perusak seperti *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, dan *Staphylococcus aureus*, sehingga reuterin dapat menjadi bahan pengawet makanan yang alami dan bermanfaat untuk pengawetan daging atau ikan (Jenie, 1996).

Kedudukan taksonomi dari *Lactobacillus plantarum* menurut penjelasan dari Breed *et al.* (1957) adalah sebagai berikut :

Divisio : Protophyta
Classis : Schizomycetes
Ordo : Eubacteriales
Familia : Lactobacillaceae
Genus : Lactobacillus
Species : *Lactobacillus plantarum*

B. Manfaat *Lactobacillus plantarum*

Penggunaan bakteri asam laktat sebagai kultur starter telah lama dimanfaatkan dalam proses fermentasi berbagai macam makanan seperti pembuatan yogurth, keju, fermentasi daging, fermentasi buah-buahan, dan fermentasi sayur-sayuran (Yang dan Ray, 1993).

Bakteri asam laktat, khususnya genus *Lactobacillus* mempunyai peranan penting dalam pengawetan dan produksi ikan terfermentasi. Penggunaan kultur starter *Lactobacillus* ini membuat konversi gula (glukosa) menjadi asam laktat akan lebih cepat dan lebih konsisten, dengan demikian waktu fermentasi dapat dipersingkat, kegagalan fermentasi dapat dikurangi atau dicegah dan akan dihasilkan produk dengan kualitas yang lebih baik (Aryanta, 1993).

Peranan utama dari produk bakteri asam laktat adalah untuk meningkatkan cita rasa menjadi lebih disukai, tetapi bakteri asam laktat ini ternyata juga mempunyai efek pengawetan pada produk fermentasi yang dihasilkan. Bakteri asam laktat dapat menghambat pertumbuhan bakteri

pembusuk dan bakteri patogen yang biasanya banyak berasal dari bahan baku mentah (Jenie, 1996).

Di dalam penelitian Darmadji (1990), dikemukakan bahwa dendeng giling yang telah difermentasikan dengan penambahan kultur bakteri asam laktat yaitu *Lactobacillus plantarum* mengalami penurunan pH dari 5,71 menjadi 5,20 sehingga pertumbuhan dari Micrococcus, Coliform dan Pseudomonas serta bakteri gram negatif lainnya menjadi terhambat dan terjadi juga penghambatan terhadap degradasi protein.

Dalam penelitian Jenie (1996), ditemukan bahwa kombinasi kultur bakteri asam laktat *Lactobacillus plantarum* dengan 2% NaCl atau 2% Naasetat dapat mempengaruhi kepekaan bakteri pembusuk dan patogen terhadap asam yang dihasilkan, hal ini telah diterapkan dalam pengawetan ikan lemuru.

C. Karakteristik dan kedudukan taksonomi ikan mas

Ikan mas mempunyai bentuk badan agak memanjang pipih ke samping (*compressed*), mulut berada di ujung tengah (*terminal*), tidak mempunyai gigi, mempunyai 2 pasang kumis (*barbel*), jari-jari sirip punggung (*dorsal*) yang kedua mengeras, sirip dada (*pectoral*) terletak di belakang tutup insang (*operculum*), bersifat pemakan segala (*omnifora*), dapat hidup pada lokasi dengan ketinggian 150-1000 m dpl dengan suhu air 20⁰-25⁰C, dan pH air antara 7-8 (Boon *et al.*, 1991).

Menurut Wibowo (1993) ciri-ciri umum ikan yang masih segar adalah sebagai berikut :

- a. Daging masih kenyal bila ditekan.
- b. Mata bening dan tidak cekung.
- c. Insang bewarna merah segar.
- d. Sisik tidak mudah lepas dan tidak berbau busuk.

Selanjutnya menurut Tranggono (1991), dijelaskan bahwa daging ikan segar mempunyai komposisi senyawa kimia utama. Komposisi rata-rata penyusun dari daging ikan segar tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Menurut Nelson (1994) dijelaskan bahwa kedudukan taksonomi ikan mas adalah sebagai berikut:

Phylum	: Chordata
SubPhylum	: Vertebrata
SuperClassis	: Gnathostomata
Classis	: Actinopterygii
SubClassis	: Neopterygii
Ordo	: Cypriniformes
SuperFamilia	: Cyprinoidea
Familia	: Cyprinidae
SubFamilia	: Cyprininae
Genus	: <i>Cyprinus</i>
Species	: <i>Cyprinus carpio</i> L.

Tabell. Komposisi rata-rata senyawa kimia utama penyusun daging ikan segar

Penyusun	Prosentase (%)
Protein	15 – 24
Lemak	0,1 – 22
Garam mineral	1 – 2
Air	60 – 84
Karbohidrat	Sedikit < 1

Sumber : Tranggono (1991)

D. Pembusukan daging ikan dan degradasi protein penyusunnya

Pembusukan daging ikan diketahui karena pengaruh dari bakteri-bakteri pembusuk yang hidup pada suhu 10 – 20 °C (psikrofil) dengan pH antara 6,4 – 6,8 dan sebagai pembanding pada daging hewan darat kebanyakan bakteri pembusuk tumbuh baik pada pH antara 5,3 – 6,0. Hal ini merupakan salah satu faktor yang menyebabkan daging ikan lebih cepat mengalami pembusukan daripada daging hewan darat (Tranggono, 1991).

Menurut Wibowo (1993), ikan merupakan suatu produk yang mudah rusak atau membusuk (*perishable food*). Genus-genus dari bakteri yang aktif melakukan pembusukan ikan adalah *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Micrococcus*, *Flavobakterium*, *Sarcina*, *Corynebacterium*, *Serratia*, *Vibrio*, dan *Bacillus*.

Aktivitas mikrobial pada daging ikan akan merombak protein dan senyawa lain yang mengandung nitrogen sehingga pada akhirnya akan menghasilkan senyawa yang lebih sederhana di antaranya adalah amonia.

Amonia ini bersifat basa dan dapat dianalisis secara kimiawi sehingga menghasilkan sejumlah angka yang dihitung sebagai total volatil basa (Winarno dan Fardiaz, 1980). Menurut penjelasan dari Tranggono (1991) selama terjadi perombakan protein, protein akan dipecah-pecah menjadi unit yang lebih kecil. Mula-mula akan dipecah menjadi peptida-peptida kemudian akan mengalami pembongkaran lagi menjadi asam-asam amino dan komponen nitrogen lainnya. Perombakan lebih lanjut akan menyebabkan timbulnya bau busuk karena terbentuknya amonia.

Selanjutnya ditambahkan oleh Hadiwiyoto (1993), bahwa total volatil basa (TVB) adalah hasil penguraian protein dan senyawa yang mengandung nitrogen lainnya yang terdapat dalam daging ikan, yang disebabkan oleh proses pembusukan secara mikrobiologis.

Menurut Eskin (1975), bahwa dengan adanya aktivitas bakteri, maka asam amino dimetabolisme melalui reaksi deaminasi dengan menghasilkan amonia dan asam organik. Makin banyak asam amino dimetabolisme maka amonia yang dihasilkan juga semakin meningkat sehingga angka TVB dan pH juga meningkat.

Selanjutnya ditambahkan oleh Wibowo (1993), bahwa hasil akhir perombakan protein karena aktivitas berbagai macam bakteri pembusuk tersebut adalah sebagai berikut :

1. Zat organik seperti hidrogen, CO_2 , dan amonia (NH_3).
2. Senyawa sulfur seperti hidrogen sulfida dan mercaptan.
3. Asam organik sederhana seperti asam asetat, propionat, butirrat, dan suksinat.

4. Senyawa aromatik seperti asam benzoat, asam propionat, dan garam-garaman.
5. Basa organik seperti melamin, trimetilamin, serta histamin yang mempunyai sifat racun.
6. Alkohol seperti fenol, indol, dan kresol yang menimbulkan bau tidak enak.

Frazier (1978) dan Jay (1978) menjelaskan bahwa meningkatnya hasil metabolisme asam amino sejalan dengan peningkatan jumlah bakteri dan pH. Peningkatan angka TVB terjadi karena bakteri yang tumbuh mendekomposisi protein dan asam amino dalam daging menjadi senyawa lebih sederhana seperti kadaverin, indol, skatol, amonia, merkaptan, dan basa organik lainnya. Adanya senyawa-senyawa tersebut pada daging berasosiasi dengan timbulnya kerusakan daging. Oleh karena adanya aktivitas bakteri maka asam amino dimetabolisme melalui reaksi deaminasi dengan menghasilkan amonia dan asam organik. Makin banyak asam amino dimetabolisme maka amonia yang dihasilkan semakin banyak juga sehingga angka TVB dan pH juga meningkat

Total volatil basa (TVB) adalah salah satu parameter kerusakan daging yang prinsip analisisnya adalah dengan menguapkan senyawa volatil basa (berupa amonia) yang ada dalam ekstrak daging yang bersifat basa pada suhu 30 °C selama 2 jam atau suhu kamar selama 24 jam. Senyawa tersebut diikat oleh asam borat dan kemudian dititrasi dengan larutan 1/70 N HCl (Yanisal, 1975).

Banyak dari hasil penelitian yang menyatakan tentang kriteria daging yang dikatakan belum rusak (layak) dan telah rusak (tidak layak) berdasarkan analisis total volatil basa (TVB), di antaranya adalah pada penelitian Buyono (1994), yang menerangkan bahwa angka TVB ikan bandeng yang mulai berbau busuk adalah sebesar 20,14 mg N/100 gr bahan. Menurut penelitian Padmanto (1992), dinyatakan bahwa angka TVB sebesar 82,00 mg N/100 gr ikan pindang masih enak rasanya.

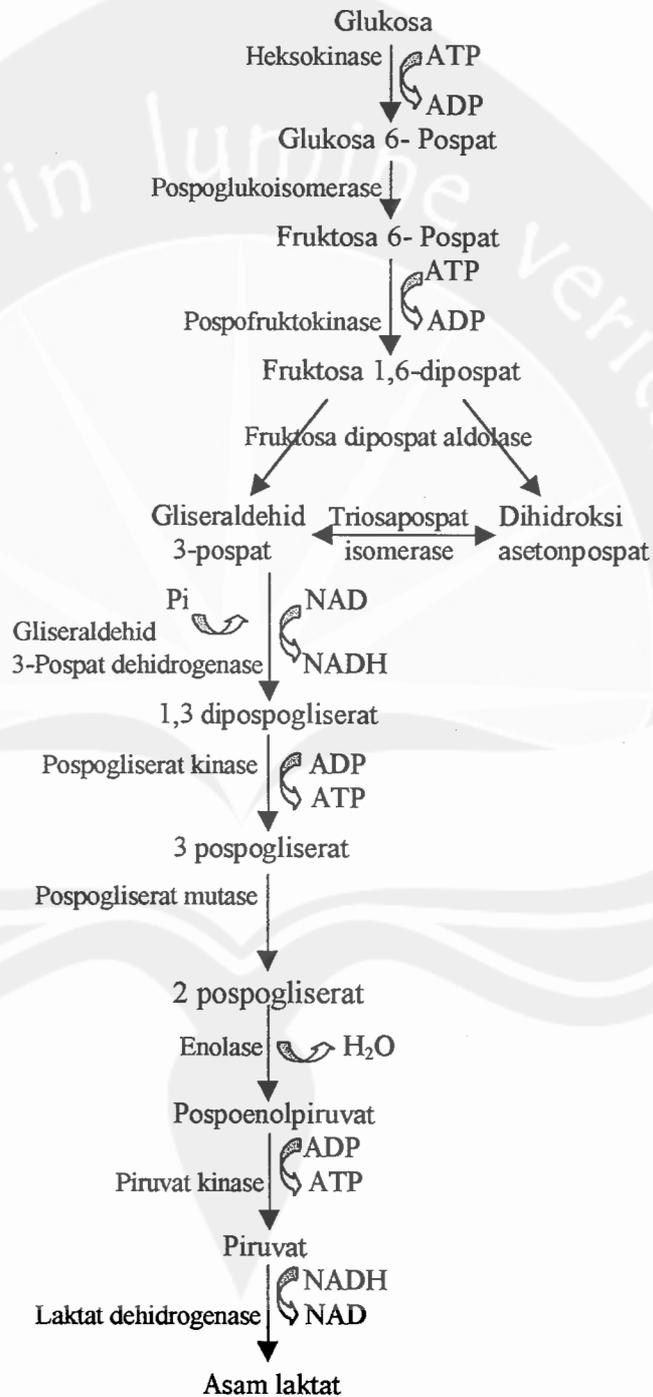
Menurut Cornell (1975), produk ikan bergaram jumlah total volatil basa (TVB) sebaiknya tidak melebihi 100-200 mg N/100 gr. Sedangkan menurut Hanpongkittikum *et al.* (1995) batas angka total volatil basa (TVB) untuk produk ikan yang masih bisa dikonsumsi manusia adalah sebesar 30 mg N/100 gr bahan.

E. Proses fermentasi oleh bakteri asam laktat (BAL)

Fermentasi asam laktat didefinisikan sebagai proses pemecahan karbohidrat (glukosa atau laktosa) secara anaerob, yaitu tanpa adanya oksigen dan dapat menghasilkan produk utama berupa asam laktat dan etanol serta CO₂ sebagai produk sampingnya. Fermentasi merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk pengawetan bahan makanan. Penambahan kultur bakteri fermentasi ke dalam makanan akan dapat menaikkan kadar protein bahan makanan tersebut (Fardiaz, 1992).

Menurut Madigan *et al.* (1997), fermentasi adalah suatu proses katabolisme anaerob dengan menggunakan senyawa organik sebagai donor elektron dan akseptor elektron untuk menghasilkan ATP melalui proses fosforilasi tingkat substrat.

Proses fermentasi dari bahan glukosa oleh *Lactobacillus plantarum* ditunjukkan pada Gambar 1 berikut ini,



Gambar 1. Proses Fermentasi glukosa menjadi asam laktat oleh *Lactobacillus plantarum* (Brock et al., 1994).

Fermentasi yang melibatkan bakteri asam laktat dicirikan oleh adanya akumulasi asam-asam organik terutama asam laktat dan asetat, dengan penurunan pH. Jumlah dan proporsi produk-produk akhir fermentasi yang terakumulasi dalam lingkungan mikrobial, tergantung pada species organisme yang terlibat, komposisi kimia dari lingkungan kultur, dan kondisi fisik yang tercipta selama proses fermentasi (Gilliland, 1986).

Menurut Suparmo (1989), dijelaskan bahwa fermentasi tidak meningkatkan jumlah protein, tetapi dapat meningkatkan persentasenya dan menurunkan kadar air. Penurunan ini disebabkan oleh perlakuan, contohnya seperti penggaraman. Penurunan kadar air ternyata dapat meningkatkan senyawa makronutrien terutama protein dan mineral. Fermentasi ikan merupakan proses hidrolisis oleh enzim yang terdapat pada daging ikan. Melalui proses hidrolisis akan terjadi degradasi protein yang merupakan komponen nutrisi, sehingga mudah dicerna oleh tubuh manusia.

Menurut Pederson (1978), perlu dibuat suatu kondisi yang ideal atau optimal bagi pertumbuhan bakteri asam laktat. Penambahan sejumlah garam dan karbohidrat serta dipertahankannya suhu tertentu akan berakibat efektif dalam mengatur tingkat pertumbuhan mikrobial dan proses fermentasi itu sendiri.

Selanjutnya Eckner (1992), menambahkan bahwa keberadaan produk-produk yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan. Faktor-faktor tersebut antara lain adalah faktor nutrisi dalam medium, faktor suhu dan waktu inkubasi, faktor pH, serta faktor ada dan tidaknya oksigen. Keempat faktor inilah yang dapat

mempengaruhi hasil akhir atau produk dari proses fermentasi bakteri asam laktat tersebut.

F. Faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap BAL

Mikrobia mempunyai kondisi optimum yang berbeda, sehingga jika dalam fermentasi tersebut kondisinya diatur sesuai dengan kondisi yang optimum untuk mikrobia yang berperan dalam fermentasi tersebut maka mikrobia lainnya dapat terhambat. Pengaturan kondisi tersebut secara alamiah akan menseleksi mikrobia yang mampu bertahan dalam kondisi fermentasi. Oleh karena itu, secara tidak langsung telah terjadi reduksi macam mikrobia sehingga dapat diharapkan keawetan dari bahan pangan dapat meningkat (Priyanto, 1988).

Selanjutnya Eckner (1992) menyatakan bahwa kondisi yang optimum untuk mikrobia yang berperan itu merupakan faktor lingkungan yang sangat mempengaruhi produk akhir dari bakteri asam laktat dan faktor lingkungan tersebut antara lain adalah :

F.1. Nutrisi dalam medium

Pengaruh nutrisi terhadap mikrobia terkait pada pelipatgandaan sel dan massa sel yang diproduksi per milimeter media. Oleh karena untuk produksi antimikrobia yang tinggi sangat ditentukan oleh massa sel mikrobia, maka faktor nutrisi sangat mempengaruhi tinggi rendahnya produk akhir dari mikrobia tersebut (Ray dan Daeschel, 1992).

Menurut Kapoor dan Yadav (1986) bahwa untuk meningkatkan produksi bakteriosin dari mikrobia, pada medium sering ditambah mineral

dan faktor tumbuh seperti vitamin B. Mineral berfungsi sebagai kofaktor enzim sedang vitamin B berfungsi sebagai koenzim yang sangat diperlukan untuk aktivitas enzim-enzim dalam reaksi metabolisme mikrobia.

Total produksi asam laktat dan senyawa antimikrobia oleh *Lactobacillus* sp. menunjukkan lebih tinggi apabila menggunakan media cair dengan komposisi buffer dipotassium fosfat 0,2%, sodium asetat 0,5 , dan triammonium sitrat 0,2% (Ray dan Daeschel, 1992).

Selanjutnya menurut Djaafar *et al.* (1996), bahwa produksi asam laktat dan anti-mikrobia oleh *Lactobacillus* sp. dapat ditingkatkan dengan menambah glukosa sampai dengan konsentrasi 2,5% (0,5 % dari media basal) sehingga mampu meningkatkan produksi antimikrobia menjadi 118% (naik 18%).

F.2. Suhu dan waktu inkubasi

Menurut Adams *et al.* (1987) bakteri *Lactobacillus plantarum* merupakan jenis bakteri asam laktat yang lebih sesuai digunakan pada fermentasi dengan kisaran suhu 15-35 °C. Selanjutnya ditambahkan oleh Mortvedt-Abildgaard *et al.* (1994) bahwa pengaruh suhu inkubasi sangat terkait dengan pertumbuhan dan aktivitas enzim-enzim metabolisme. Genus *Lactobacillus* mampu memproduksi bakteriosin yang merupakan senyawa antimikrobia pada kisaran suhu 30-37 °C.

Menurut Hoover dan Steenson (1993), bahwa bakteri asam laktat merupakan bakteri yang termasuk dalam kelompok bakteri mesofilik yaitu kisaran hidupnya antara suhu 30-40 °C dengan suhu optimum 32 °C.

Menurut Djaafar (1996) produksi senyawa asam laktat dan antimikrobia tertinggi yang dihasilkan oleh *Lactobacillus* sp. dicapai pada suhu 30 °C dan dalam waktu inkubasi selama 24-48 jam.

Hal yang sama juga dikemukakan oleh Hoover dan Steenson (1993), yang menyebutkan bahwa produksi maksimum antimikrobia adalah pada saat jam ke-24 sampai ke-48 dalam waktu inkubasi, selanjutnya akan menurun dengan bertambahnya waktu inkubasi. Hal ini disebabkan oleh adanya peningkatan produksi enzim-enzim protease yang dapat mereduksi senyawa antimikrobia tersebut.

F.3. pH

Potensial hidroksi (pH) merupakan faktor penting dalam produksi antimikrobia. Pengaruh pH terhadap produksi bakteriosin diduga mempengaruhi gen-gen biosintesis dan aktivitas enzim-enzim yang sangat diperlukan pada tahap paska-translasi untuk mengubah prebakteriosin menjadi bakteriosin aktif (Mortvedt-Abildgaard *et al.*, 1994).

Di dalam penelitian Rengpipat dan Kobkaiyakit (1995) didapatkan, bahwa karakteristik dari *Lactobacillus* sp. strain BL untuk dapat memproduksi senyawa antimikrobia adalah pada kisaran pH antara 4,5 sampai dengan 8,5 dengan pH optimum 6,5. Selanjutnya ditambahkan di dalam penelitian Rahayu *et al.* (1996) yang menjelaskan bahwa, bakteri asam laktat jenis *Lactobacillus plantarum* yang teridentifikasi dari makanan terfermentasi yang ada di Indonesia menunjukkan mampu tumbuh pada kisaran pH 3,5 sampai dengan 9,0.

Pengujian proses fermentasi terhadap pH yang konstan akan dapat menghasilkan senyawa antimikrobia yang relatif lebih tinggi bila dibandingkan dengan kondisi fermentasi yang tidak diatur pH-nya. Produksi asam laktat dan antimikrobia akan tinggi jika proses fermentasi diatur pada pH yang konstan yaitu 5,0. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada pH fermentasi yang berbeda memberikan variasi pada produksi asam laktat dan antimikrobianya, hal ini berarti bahwa produksi asam laktat dan antimikrobia oleh *Lactobacillus* sp. dipengaruhi oleh pH. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa pH merupakan faktor penting dan spesifik dalam produksi antimikrobia (Mortvedt-Abildgaard *et al.*, 1994).

F.4. Oksigen

Pada dasarnya kondisi anaerob adalah cocok untuk bakteri asam laktat dalam melakukan fermentasi, tetapi bila kondisi lingkungan aerob maka produk senyawa antimikrobia juga akan terbentuk tetapi akan mengalami penurunan jumlah. Hal ini dijelaskan dalam hasil penelitian Mortvedt-Abildgaard *et al.* (1994), yang menunjukkan bahwa pada kondisi anaerob jumlah antimikrobia yang dihasilkan dapat mencapai maksimum, tetapi setelah diberikan oksigen maka jumlah dari senyawa antimikrobia tersebut menurun. Hal ini dapat terjadi karena dengan adanya oksigen mengakibatkan terjadinya degradasi senyawa antimikrobia secara kimia yaitu mengalami oksidasi. Selanjutnya Djaafar *et al.* (1996), menambahkan bahwa *Lactobacillus* sp. mampu tumbuh dan memproduksi antimikrobia pada kondisi anaerob maupun aerob, karena bersifat anaerob-aerotoleran.

Kondisi lingkungan optimum yang dibutuhkan oleh beberapa bakteri asam laktat genus *Lactobacillus* untuk menghasilkan senyawa antimikrobia dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Karakteristik beberapa spesies dari genus *Lactobacillus*

Jenis BAL	Faktor lingkungan yang optimum untuk menghasilkan senyawa antimikrobia	Pustaka
<i>Lactobacillus plantarum</i> LPCO 10	- media MRS <i>broth</i> - suhu inkubasi 30 °C - pH 5,0	Jimenes-Diaz <i>et al.</i> (1993)
<i>Lactobacillus plantarum</i> C 19	- media MRS <i>broth</i> - suhu inkubasi 25 °C - pH 6,0	Atrih <i>et al.</i> (1993)
<i>Lactobacillus sake</i> L 45	- media MRS <i>broth</i> +etanol 1% - suhu inkubasi 30 °C - pH 5,0	Mortvedt-Abildgaard <i>et al.</i> (1994)
<i>Lactobacillus</i> sp. strain BL	- media MRS <i>broth</i> +NaCl 6% - suhu inkubasi 37 °C - pH 6,5	Rengpipat dan Kobkaiyakit (1995)

G. Hipotesis

Kultur bakteri asam laktat jenis *Lactobacillus plantarum* dapat dipergunakan sebagai agensia pengawet hayati (alami) karena senyawa-senyawa yang dihasilkannya mampu menghambat aktivitas dari bakteri pembusuk yang hidup pada daging ikan.