

## NBAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Bakteri Asam Laktat (BAL)

##### 2.1.1 Deskripsi

Bakteri asam laktat, yang juga dikenal sebagai BAL, merupakan bakteri yang tidak memiliki katalase, tidak mengandung sitokrom, dan bersifat gram positif serta tidak membentuk spora. BAL adalah bakteri yang bersifat non-aerob, namun dapat bertahan dalam kondisi aerob karena memiliki toleransi terhadap asam dan sangat aktif dalam proses fermentasi. Asam Laktat merupakan hasil utama dari proses fermentasi gula (Agus, 2017). Bentuk dari BAL terdiri dari *cocci* dan *bacil* (Fatmawati, 2018). Secara makroskopis, koloni bakteri asam laktat memiliki bentuk bulat, dengan elevasi cembung dan tepi yang rata. Koloni ini memiliki warna kuning dan putih. Melalui proses fermentasi, BAL mengkonversi gula menjadi asam laktat dan memiliki diameter koloni yang berkisar antara 0,5 hingga 1 mm (Zakariah *et al.*, 2019).

Dalam jangka waktu yang lama, bakteri asam laktat telah berperan sebagai starter dalam proses fermentasi guna memperbaiki rasa, struktur, dan umur simpan produk makanan serta pakan. Hal ini disebabkan oleh kemampuannya dalam menghasilkan berbagai metabolit sekunder, meningkatkan keasaman, dan memfermentasi gula (Kleerebezem *et al.*, 2017). BAL juga dimanfaatkan untuk meningkatkan nilai gizi dalam fermentasi makanan (Arena *et al.*, 2018).

##### 2.1.2 Klasifikasi dan Habitat

Dalam taksonomi, bakteri asam laktat (BAL) diklasifikasikan ke dalam dua filum utama. Kelompok filum dengan populasi spesies BAL paling tinggi adalah *Firmicutes*, dimana terdiri dari enam famili, dan semuanya termasuk dalam kelas *Bacilli* dan ordo *Lactobacillales*. *Genus Abiotropia, Aerococcus, Facklamia, Dolosicoccus, Eremococcus, Globicatella, dan Ignavignarum* adalah anggota family *Aerococcaceae*. *Marinilactibacillus, Trichococcus, Alkalibacterium, Allofustis, Alloiococcus, Atopobacter, Atopococcus, Bavariococcus, Desemzia, Dolosignarum, Granulicatella, Isobaculum, dan Lacticigenium* adalah anggota famili *Carnobactericeae*. Keluarga *Enterococcaceae* mencakup *Enterococcus, Tetragenococcus, Vagococcus, Catellicoccus, Melissococcus, dan Pilibacter*.

Keluarga *Lactobacillaceae* mencakup *Lactobacillus*, *Paralactobacillus*, dan *Pediococcus*. Genus *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Weissella*, dan *Lactococcus* termasuk dalam famili *Leuconostocaceae*, sedangkan *Streptococcaceae* terdiri dari genus *Lactovum* dan *Streptococcus* (Agustyar, 2016).

Filum kedua adalah Famili *Bifidobacteriaceae* yang mencakup genus *Bifidobacterium*, *Aeriscardovia*, *Metascardovia*, *Alloiscardovia*, *Gardnerella*, *Parascardovia*, dan *Scardovia*, serta termasuk dalam kelas *Actinobacteria* dan ordo *Bifidobacteriales* (Fernanda *et al.*, 2016).

### **2.1.3 Metabolisme Bakteri Asam Laktat**

Untuk pertumbuhan bakteri asam laktat, diperlukan berbagai jenis nutrisi seperti karbohidrat, protein, vitamin, dan mineral. Secara umum, metabolisme bakteri asam laktat bergantung pada substratnya, yang mencakup metabolisme gula, sitrat, dan protein. Bakteri asam laktat menghasilkan berbagai senyawa, di antaranya, asam organik (laktat, sitrat, asetat, fumarat, dan malat), hidrogen peroksida, CO<sub>2</sub>, diasetil, etanol, reuterin, asetaldehid, asetoin, dan ammonia (Agriopoulou *et al.*, 2020). Selama metabolisme gula, terbentuk asam laktat secara mandiri atau bersama-sama dengan etanol dan asam organik lainnya.

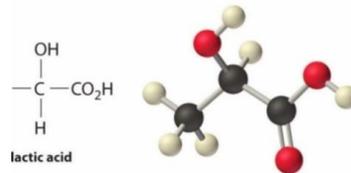
Tiga kategori fermentasi mencakup variasi produk dari metabolisme bakteri asam laktat. Terdapat tiga jenis metabolisme yaitu asam campuran, homofermentatif, dan heterofermentatif. Proses metabolisme homofermentatif menghasilkan asam laktat dan etanol sebagai satu-satunya produk, sedangkan metabolisme heterofermentatif menghasilkan etanol dan asam organik lainnya (Putri & Kusdiyantini, 2018).

## **2.2 Asam Laktat**

### **2.2.1 Deskripsi Asam Laktat**

Asam laktat memiliki rumus kimia C<sub>3</sub> H<sub>6</sub> O<sub>3</sub> dan merupakan salah satu asam organik yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai sektor industri. Produksi asam laktat untuk keperluan komersial dapat dilakukan melalui proses alami maupun sintetik. Sebanyak 80% industri global memproduksi asam laktat secara alami menggunakan proses fermentasi oleh bakteri. Dua jenis isomer optik asam laktat alam adalah D(-) asam laktat dan L(+) asam laktat (Liu *et al.*, 2018).

Di bidang pangan, asam laktat banyak dimanfaatkan karena memiliki kemampuan untuk menghentikan pertumbuhan bakteri patogen dan berfungsi sebagai pengatur keasaman, aroma, dan pengawetan makanan. Substansi ini digunakan dalam industri farmasi dan kosmetik selain di bidang pangan (Gaffar & Suryani, 2023).



**Gambar 2. 1** Struktur molekul asam laktat Sumber: Drypsiak,2022

### 2.2.2 Biosintesis Asam Laktat oleh Bakteri Asam Laktat

Bakteri asam laktat (BAL) dikenal sebagai mikroorganisme yang paling banyak digunakan dalam pembuatan asam laktat (Dwijastuti, 2023). Gula pentosa ( $C_5H_{10}O_5$ ) dan gula heksosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) dapat dimanfaatkan oleh BAL sebagai substrat untuk menghasilkan asam laktat. Substrat gula pentosa terdiri dari *arabinosa*, *xylosa*, *ribose*, dan ribulosa, sedangkan substrat gula heksosa terdiri dari glukosa, galaktosa, manosa, dan fruktosa (Finanda *et al.*, 2021).

Asam laktat merupakan hasil akhir dari proses metabolisme homofermentatif dan heterofermentatif yang dilakukan oleh (Putri & Kusdiyantini, 2018). Secara teoritis, dua mol asam laktat per mol glukosa merupakan konsentrasi maksimum asam laktat yang dapat dihasilkan (Novy *et al.* 2017). Asam piruvat dimetabolisme oleh BAL homofermentatif (Homo-LAB) melalui jalur *Emisden-Meyerhof-Parnas* (EMP). Selanjutnya, dalam reaksi katalis laktat *dehydrogenase* (LDH), asam piruvat digunakan untuk mengubah NAD menjadi asam laktat. Dua jenis LDH berbeda: L-LDH mengkatalises pembentukan L-asam laktat dan D-LDH mengkatalises pembentukan D-asam laktat (Zhang *et al.*, 2018).

### 2.2.3 Fermentasi Asam Laktat

Setelah terjadi perubahan kimia pada substrat organik, mikroorganisme aerob maupun anaerob akan mengalami proses fermentasi. Proses fermentasi dapat dilakukan dengan penambahan inokulum atau terjadi secara alami (Naibaho, 2017). Proses pemecahan karbohidrat menjadi monosakarida dan konversinya

menjadi asam laktat dilakukan melalui enzim *Lactobacillus sp.* (Sari *et al.*, 2019). Timbulnya gas dan meningkatnya jumlah asam laktat menandakan berlangsungnya proses fermentasi asam laktat, yang kemudian diikuti oleh penurunan pH. Sifat-sifat bakteri asam laktat akan meningkat pada kisaran pH 3–8 dan memiliki kemampuan untuk memfermentasi monosakarida serta disakarida menjadi asam laktat (Mardhatillah *et al.*, 2021).

### **2.3 Eksplorasi BAL pada Luwak**

Luwak difermentasi dan mengeluarkan kopi termahal di dunia melalui feses. Bakteri *Klebsiella* non-patogen menghancurkan kafein dalam kopi dan menghasilkan vitamin B12 (Iswanto *et al.*, 2023). *Gluconobacter*, atau *Paradoxus hermaphroditus*, adalah bakteri yang paling banyak ditemukan di saluran pencernaan luwak (Watanabe *et al.*, 2020). *Gluconobacter oxydans* adalah salah satu spesies dari genus ini yang banyak digunakan dalam industri bioteknologi sebagai penghasil *Lasorbic acid* (vitamin C), miglitol, asam glokonat, dan dihidroxiaseton. Selain bakteri baik jenis gram negatif, saluran pencernaan Luwak juga mengandung banyak manfaat (Fitri *et al.* 2021). BAL pada saluran pencernaan Luwak dapat menghasilkan enzim lipase, protease, dan selulase dalam konsentrasi yang berbeda. Empat spesies utama BAL yang ditemukan di saluran tersebut adalah *L.brevis*, *L. fructivorans*, *Pediococcus pentasaceus*, dan *Lactococcus lactis spp. Lactis*. *L. brevis* adalah Genus *Lactobacillus* yang ditemukan di feses manusia, sehingga dapat berfungsi sebagai kandidat probiotik untuk manusia (Muzaifa *et al.*, 2019).