BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Pseudomonas aeruginosa*

Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* adalah bakteri berbentuk batang berukuran sekitar $0,6 \times 2$ mikrometer. Bakteri ini bersifat gram negatif dan biasanya terlihat dalam bentuk berpasangan, tunggal, atau terkadang dalam rantai pendek. Karena hanya memiliki satu flagel, *P. aeruginosa* bersifat motil (Nugroho, 2010). Bakteri ini dapat berkembang biak dan tumbuh di lingkungan tanpa oksigen. Tiga jenis koloni *Pseudomonas aeruginosa* dapat ditemukan dalam isolat. Isolat yang berasal dari sekresi respirasi dan saluran kemih cenderung berbentuk mukoid dan berlendir. Di sisi lain, isolat yang diperoleh dari bahan klinis menghasilkan koloni besar, halus, dengan tepi datar dan bagian tengah yang menonjol, yang menyerupai bentuk telur dadar (Soekiman, 2016). Menurut Misnadiarly & Husjain (2014) taksonomi *Pseudomonas aeruginosa* diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria
Filum : Proteobacteria
Kelas : Gammaproteobacteria
Ordo : Pseudomonadales
Familia : Pseudomonadaceae
Genus : *Pseudomonas*
Spesies : *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa adalah bakteri aerob yang dapat tumbuh dengan baik pada berbagai jenis media kultur. Bakteri ini terkadang menghasilkan aroma manis yang mirip dengan anggur atau jagung taco. Koloni *P. aeruginosa* berbentuk bundar dan licin, dengan warna kehijauan yang dapat berfluoresensi. Bakteri ini juga sering menghasilkan pigmen biru yang tidak berfluoresensi yang disebut. Pigmen ini dapat menyebar ke dalam agar. Spesies *Pseudomonas* lainnya tidak memproduksi piosianin. Beberapa *strain Pseudomonas aeruginosa* juga menghasilkan pigmen berfluoresensi, yaitu pioverdin, yang memberikan warna kehijauan pada agar (Soekiman, 2016).

Pseudomonas aeruginosa menjadi penyebab infeksi hanya jika bakteri ini berhasil masuk ke bagian tubuh yang tidak memiliki pertahanan normal, seperti membran mukosa atau kulit yang terluka, misalnya karena cedera, penggunaan kateter urin atau intravena, atau kondisi neutropenia akibat kemoterapi kanker. Bakteri ini dapat menempel dan membentuk koloni di area tersebut, kemudian menyebar ke bagian lain tubuh dan menyebabkan infeksi sistemik. Proses ini dibantu oleh pili, enzim, dan toksin yang dihasilkan bakteri. *Pseudomonas aeruginosa* dan spesies *Pseudomonas* lainnya cenderung resisten terhadap banyak jenis obat, sehingga bakteri ini menjadi lebih dominan saat bakteri lain yang lebih sensitif ditekan. Kelompok *Pseudomonas sp.* dan kelompok *Enterobacter* adalah bakteri gram negatif yang sering menyebabkan infeksi saluran kemih, terutama akibat penggunaan kateter kandung kemih (Soekiman, 2016).

2.2. Biofilm

Sejak penemuan mikroskop, Van Leeuwenhoek pertama kali melihat biofilm mikroba saat memeriksa permukaan gigi menggunakan mikroskop (Homonta, 2016). Istilah "biofilm" pertama kali digunakan oleh Costerton pada tahun 1978 (Hidayati & Liuwan, 2019). Kumpulan bakteri yang saling menempel pada permukaan benda mati atau hidup disebut biofilm. Matriks eksopolisakarida melindungi permukaan ini dari bahaya (Jawetz et al., 2004; Homonta, 2016; Jamal et al., 2019). Ini dilakukan oleh bakteri secara alami, yang melindungi mereka dari lingkungan yang berbahaya (Hidayati & Liuwan, 2019).

Bakteri yang terperangkap dalam matriks eksopolisakarida terlindungi dari sistem imun inang. Matriks ini juga menghalangi antimikroba, sehingga bakteri tersebut sulit dibunuh oleh antibiotik. Infeksi yang disebabkan oleh biofilm sangat sulit untuk diobati karena bakteri yang membentuknya cenderung resisten terhadap antibiotik (Jawetz et al., 2004).

Sistem kekebalan inang melindungi bakteri dalam matriks eksopolisakarida. Matriks ini juga menghentikan antimikroba, yang membuat bakteri sulit dibunuh oleh antibiotik. Infeksi yang disebabkan oleh biofilm sangat sulit untuk diobati karena bakteri yang membentuknya lebih tahan

terhadap antibiotik (Jawetz et al., 2004). Struktur biofilm terdiri dari substansi polimerik ekstraseluler (SPE) yang terdiri dari eksopolisakarida, asam nukleat (DNA), dan protein. SPE juga memiliki bahan matriks yang disekresi oleh bakteri ke lingkungan sekitarnya. Biofilm terbentuk antara 50 % dan 90 % SPE (Homonta, 2016; Hidayati & Liuwan, 2019).

Enzim, sel bakteri, eksopolisakarida, DNA, dan protein ialah komponen biofilm. Ketika dilihat dengan mikroskop elektron, eksopolisakarida terlihat seperti untaian panjang yang melekat pada permukaan sel. EPS ini terdiri dari lipid, protein, asam nukleat, dan karbohidrat.

Biofilm terbentuk dikarenakan adanya komunikasi kimiawi yang dilakukan bakteri untuk saling berkomunikasi, yang disebut Quorum Sensing (QS). Mekanisme ini membantu bakteri dalam satu spesies (intraspecies) dan antar spesies (interspecies) berkomunikasi satu sama lain, selama pembentukan biofilm. Kondisi ini terjadi karena situasi stress di lingkungan, yaitu kekurangan nutrisi, antibiotik, dan lainnya. QS merangsang ekspresi gen pada sel bakteri, memungkinkan mereka bergabung dengan sel lain. Untuk membantu proses transkripsi gen pada bakteri dari spesies yang sama dan berbeda, sinyal yang dibuat oleh satu bakteri dapat menempel pada reseptor bakteri lainnya. Bakteri dapat berkumpul dan saling mengenali untuk membentuk struktur biofilm yang kompleks (Samal & Das, 2018).

2.3. Bakteri Asam Laktat

Bakteri Asam Laktat (BAL) menghasilkan salah satu produk fermentasi karbohidrat yang memberikan rasa, tekstur, dan aroma pada produk fermentasi, BAL termasuk bakteri gram positif yang tidak membentuk spora dan bersifat aerotoleran (Quinto *et al.*, 2014). Peptida atau asam amino serta glikan atau karbohidrat, menjadi komponen pembentukan dinding sel BAL, yang biasa disebut peptidoglikan (Zoumpopoulou *et al.*, 2018). BAL diklasifikasikan ke dalam berbagai genus dan spesies berdasarkan jenis asam yang dihasilkan dari fermentasi gula dan kemampuan untuk tumbuh pada suhu tertentu (Ayivi, 2020). BAL terbagi menjadi dua kelompok: homofermentatif dan heterofermentatif berdasarkan jenis fermentasinya (Abbasiliasi, 2017). Menurut Gupta (2018), di lingkungan yang kaya nutrisi, BAL ditemukan

karena mereka memerlukan nutrisi yang lengkap seperti asam amino dan vitamin B1, B6, B12, dan biotin.

Bakteri asam laktat (BAL) dapat bertahan dan menjadi dominan secara fisiologis dalam berbagai lingkungan (Papadimitriou, 2018). Kemampuan BAL yang dapat bertahan di pH rendah sekitar 1,5, memungkinkan BAL bertahan hidup dan berkembang baik di dalam perut manusia maupun hewan yang berpeluang untuk menghentikan pertumbuhan bakteri patogen (Yulita, 2014). BAL tidak hanya memiliki daya tahan yang kuat, tetapi juga berfungsi sebagai bahan kimia pada bahan pangan yang dapat meningkatkan aroma, tekstur, dan kualitas akhir produk. BAL juga menghasilkan antimikroba dan probiotik (Nguyen *et al.*, 2013). Bakteriosin adalah zat antimikroba yang efektif dalam menghentikan pertumbuhan bakteri patogen (Mallesha, 2010). Salah satu antimikroba yang menghalangi produksi energi dan mengurangi stabilitas membran sitoplasma, yang dikenal dengan bakteriosin. Hal ini menyebabkan kebocoran dan gangguan aliran molekul sel, yang menghentikan pertumbuhan dan membunuh bakteri patogen (Anumudu *et al.*, 2019).