

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan umum *Staphylococcus aureus*

2.1.1 Klasifikasi

Staphylococcus merupakan bakteri kokus Gram positif yang biasanya menggerombol menyerupai bentuk anggur. Bakteri ini dapat dikultur pada berbagai macam media secara aerobik maupun anaerobik. Beberapa spesies merupakan flora normal pada kulit dan membran mukosa manusia. Faktor virulensi dari *Staphylococcus* ini termasuk kemampuannya untuk hemolisis darah, koagulasi plasma, dan memproduksi banyak macam enzim ekstraselular dan toksin. *Staphylococcus* memiliki sekitar 35 spesies dan subspecies. Saat ini *Staphylococcus* telah resisten terhadap banyak jenis antibiotik sehingga timbul masalah dalam manajemen bakteri ini (Brooks *et al*, 2008).

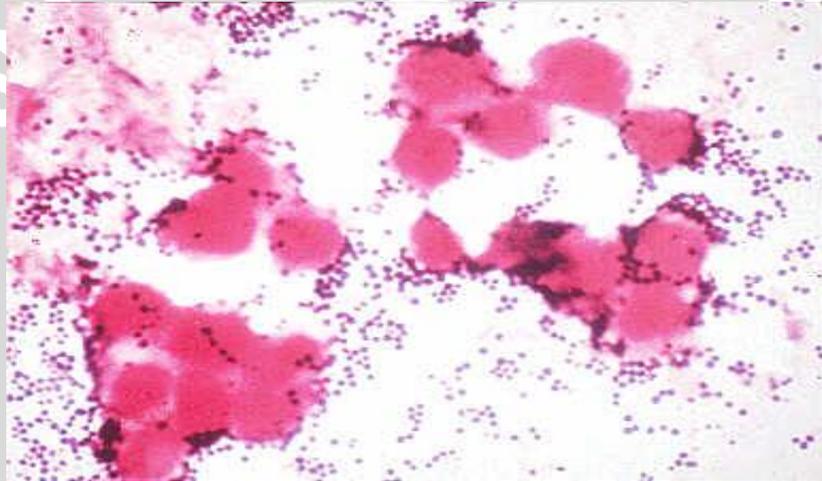
Taksonomi dari *Staphylococcus aureus* adalah sebagai berikut.

Domain	: <i>Bacteria</i>
Phylum	: <i>Firmicutes</i>
Kelas	: <i>Bacilli</i>
Ordo	: <i>Bacillales</i>
Family	: <i>Staphylococcaceae</i>
Genus	: <i>Staphylococcus</i>
Species	: <i>Staphylococcus aureus</i> (Domrachev <i>et al</i> , 2008)

2.1.2 Karakteristik Bakteri

2.1.2.1 Ciri Khas Organisme

Staphylococcus mempunyai bentuk bola berdiameter 1 μm dan tersusun dalam kelompok yang tidak beraturan. Bakteri ini merupakan bakteri Gram positif, tidak berspora, tidak bergerak, dan tidak berkapsul. Koloni dari bakteri ini dapat berwarna hitam pada medium *Congo Red Agar*, kuning pada medium *tripticase soy agar*, maupun jingga pada *Chrom Agar* khusus *Staphylococcus aureus* (Kayser *et al.*, 2005).



Gambar 2.1 *Staphylococcus aureus* dengan pewarnaan Gram

Bakteri ini tidak dapat bergerak, namun dengan cara tetes gantung dapat ditemukan suatu gerak *Brown*. Beberapa galur *Staphylococcus* dapat membentuk kapsul dan medium perbenihan yang mengandung bikarbonat dapat merangsang pembentukan kapsul ini (Dzen *et.al*, 2003).

2.1.2.2 Biakan

Untuk membiakkan *Staphylococcus* perlu medium yang mengandung asam amino dan vitamin. Untuk membiakkan, diperlukan suhu optimal antara 28-

38°C, atau sekitar 35°C. pH optimal untuk pertumbuhan *Staphylococcus aureus* adalah 7,4. Pada umumnya dapat tumbuh pada medium-medium seperti *Nutrient Agar Plate* (NAP), yang mana nanti *Staphylococcus aureus* akan membentuk pigmen berwarna kuning emas, koloni yang tumbuh akan berbentuk bulat, berdiameter 1-2mm, konveks dengan tepi rata, permukaan mengkilat dan konsistensi lunak. Dapat juga tumbuh di medium *Blood Agar Plate* (BAP) yang mana koloninya akan tampak lebih besar dan pada galur yang ganas biasanya memberikan zona hemolisa yang jernih disekitar koloni. Pada umumnya, untuk membiakkan *Staphylococcus aureus* vitamin, misalnya : threonin, asam nikonat, dan biotin (Dzen *et al*, 2003). Koloni pada medium padat berbentuk bulat, halus, meninggi, dan berkilau. *Staphylococcus aureus* biasanya membentuk koloni berwarna abu-abu hingga kuning tua kecoklatan (Brooks *et al*, 2008).

2.1.2.3 Sifat-sifat Pertumbuhan

Staphylococcus memproduksi katalase, yang membedakannya dengan streptococcus. *Staphylococcus* memfermentasikan banyak karbohidrat secara lambat, menghasilkan asam laktat tetapi tidak menghasilkan gas. Aktivitas proteolitik pada masing-masing strain sangat bervariasi. *Staphylococcus* relatif resisten terhadap pengeringan, panas (tahan pada suhu 50°C selama 30 menit) serta terhadap natrium klorida 9% tetapi mudah dihambat oleh bahan kimia tertentu, seperti heksaklorofen 3% (Brooks *et al*, 2004).

2.1.3 Struktur Antigen

Kuman *staphylococcus* mengandung polisakarida dan protein yang bersifat antigenik. Bahan-bahan ekstraseluler yang dibuat oleh kuman ini kebanyakan juga bersifat antigenik. Polisakarida yang ditemukan pada jenis virulen disebut

polisakarida A danyang ditemukan pada jenis yang tidak patogen disebut polisakarida B. Polisakarida A merupakan komponen dinding sel *staphylococcus*. Bakteriofaga terutama menyerang bagian ini. Antigen protein A terletak di luar antigen polisakarida, kedua-duanya bersama-sama membentuk dinding sel kuman (Brooks *et al*, 2008).

2.1.4 Enzim dan Toksin

a. Katalase

Staphylococcus aureus menghasilkan katalase yang mengubah hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen. Katalase membedakan *staphylococcus* dengan *streptococcus* (Jawetz *et al*, 1996).

b. Koagulase

Staphylococcus aureus menghasilkan koagulase suatu protein mirip enzim yang dapat menggumpalkan plasma yang telah diberi oksalat atau sitrat dengan bantuan suatu faktor yang banyak terdapat dalam serum. Koagulase dapat menggandakan fibrin di permukaan bakteri, mungkin mengubah pola pemakanan bakteri oleh sel-sel fagosit atau perusakannya dalam sel ini. Bakteri yang membentuk koagulase dianggap mempunyai potensi menjadi patogen invasif (Jawetz *et al.*, 1996).

c. Hialuronidase

Hialuronidase menjadi bakteri bersifat invasif, tapi sifat ini terjadi pada fase awal dari infeksi dan cepat dinetralkan pada reaksi peradangan (Dzen, 2003) .

d. Staphylokinase

Enzim ini bekerja sebagai aktivator enzim protease dalam plasma untuk menghasilkan *lytic agent*. Enzim ini bersifat antigenik dan tidak tahan panas (Dzen, 2003).

e. Protease

Enzim yang bersifat proteolitik dan dapat menyebabkan nekrosis pada jaringan yang diinvasi, termasuk jaringan tulang (Dzen et al, 2003).

f. Lipase

Enzim ini bersifat antigenik. Pada inokulasi, *staphylococcus* koagulase positif strain tertentu pada BAP darah manusia, terlihat permukaan koloni yang berbercak-bercak lemak yang tersusun dari asam oktadekanoat. Ini terjadi karena lipase memutuskan ikatan asam ini dengan lipid (Jawetz *et al.*, 1996).

g. Fosfatase

Enzim ini erat hubungannya dengan patogenesitas dan galur koagulase positif biasanya menghasilkan fosfatase lebih banyak daripada galur koagulase negatif, namun terkadang ada galur koagulase negatif yang menghasilkan fosfatase lebih banyak (Dzen *et al.*, 2003).

h. DNAase

DNAase memecah DNA menjadi fosfomononukleatida dan merupakan suatu protein yang kompak yang terdiri dari rantai polipeptida tunggal dan terdapat pada permukaan sel (Dzen, 2003).

i. Eksotoksin

Eksotoksin bersifat mematikan, tidak tahan panas, dan dapat menyebabkan nekrosis lapisan dermis (Dzen et al, 2003).

j. Enterotoksin

Enterotoksin dihasilkan ketika *Staphylococcus aureus* tumbuh pada makanan yang mengandung karbohidrat dan protein. Manusia dan kera yang memakan 25 µg enterotoksin akan mengalami muntah dan diare. Efek muntah ini mungkin akibat perangsangan sistem syaraf pusat (pusat muntah) setelah toksin bekerja pada reseptor-reseptor dalam usus (Jawetz *et al.*, 1996).

2.1.5 Patogenesis

Sekitar 40-50% pada hidung manusia terdapat *Staphylococcus aureus*. *Staphylococcus* juga biasa ditemukan di pakaian, kasur, dan benda lainnya yang biasa dipakai manusia. Kemampuan patogenik strain *Staphylococcus aureus* tertentu merupakan gabungan faktor-faktor ekstraseluler, toksin-toksin, serta sifat-sifat invasif strain itu. Pada satu akhir spektrum penyakit adalah keracunan makanan oleh *staphylococcus* akibat termakannya enterotoksin yang sudah terbentuk; sedangkan bentuk akhir lainnya adalah bakteremia *staphylococcus* dan abses yang tersebar di seluruh organ. Peran serta potensial berbagai zat ekstraseluler pada patogenesis ternyata dari sifat kerja masing-masing faktor. *Staphylococcus aureus* yang patogen dan invasif cenderung menghasilkan koagulase dan pigmen kuning, dan bersifat hemolitik (Brooks *et al.*, 2004).

2.1.6 Patologi

Kelompok *Staphylococcus aureus* yang tinggal dalam folikel rambut menimbulkan nekrosis jaringan (faktor demonekrotik). Koagulase dihasilkan dan akan mengkoagulase fibrin di sekitar lesi dan di dalam pembuluh limfe,

mengakibatkan pembentukan dinding yang membatasi proses dan diperkuat oleh penumpukan sel radang dan kemudian jaringan fibrosis. Di tengah-tengah lesi, terjadi pencairan jaringan nekrotik (dibantu oleh hipersensivitas tipe lambat) dan abses; mengarah pada daerah yang daya tahannya paling kecil. Setelah cairan di tengah jaringan nekrotik mengalir keluar, rongga secara pelan-pelan diisi dengan jaringan granulasi dan akhirnya sembuh. *Staphylococcus aureus* dapat menyebabkan pneumonia, meningitis, empiema, endokarditis atau sepsis dengan pernanahan pada bagian tubuh mana saja (Brooks et al, 2008).

Pernanahan lokal (abses) adalah sifat khas infeksi *Staphylococcus aureus*. Dari setiap fokus, organisme menyebar melalui saluran getah bening dan aliran darah ke bagian tubuh lainnya. Pernanahan vena yang disertai trombosis sering terjadi pada penyebaran tersebut. Pada osteomielitis, fokus primer pertumbuhan *Staphylococcus aureus* secara khas terjadi di pembuluh darah terminal pada metafisis tulang panjang, yang menyebabkan nekrosis tulang dan pernanahan menahun. *Staphylococcus aureus* dapat menyebabkan pneumonia, meningitis, empiema, endokarditis, atau sepsis dengan pernanahan pada bagian tubuh manapun seperti pada Gambar 2.3 (Jawetz et al., 1996).

2.1.7 Diagnosis Laboratorium

2.1.7.1 Bahan

Bisa dengan usapan permukaan, pus, darah, aspirat trakea, cairan spinal untuk biakan, tergantung pada lokalisasi proses (Brookset al., 2004).

2.1.7.2 Biakan

Bahan yang ditanam pada *Blood Agar Plates* akan menghasilkan koloni yang khas dalam 18 jam pada 37°C. Hemolisis dan pembentukan pigmen dapat

terlihat secara optimal pada suhu kamar, namun mungkin tidak dapat diamati sampai beberapa hari sesudahnya. Bahan yang terkontaminasi flora campuran dapat ditanam dalam perbenihan yang mengandung NaCl 7,5%; garam akan menghambat pertumbuhan kebanyakan flora normal selain *Staphylococcus aureus* (Melnick *et al.*, 1996).

2.1.7.3 Uji Katalase

Setetes larutan hidrogen peroksida diletakkan di gelas obyek, dan sedikit pertumbuhan bakteri yang diletakkan di dalam larutan tersebut. Terbentuknya gelembung (pelepasan oksigen) menandakan uji yang positif. Uji ini juga dapat dilakukan dengan menuangkan larutan hidrogen peroksida di atas bakteri yang tumbuh subur di agar miring dan meneliti gelembung yang muncul (Brooks *et al.*, 2008).

2.1.7.4 Uji Latex Agglutinase

Uji Latex Agglutinase digunakan untuk mengetahui bakteri *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus*. Langkah yang dilakukan pertama kali ada ambil sedikit biakan bakteri dengan ose kemudian tempelkan pada *slide* yang disediakan. Kemudian beri satu tetes reagen yang berisi partikel latex kuning yang dibungkus dengan human fibrinogen dan juga spesifik IgG untuk deteksi protein A dan permukaan antigen yang berciri khas kan bakteri *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* (Remel, 2011).

2.1.7.5 Uji Antibiotika

Tes kepekaan antibiotika dengan metode dilusi medium atau difusi *agar plate* sebaiknya dilakukan secara rutin pada isolat *staphylococcus* yang berasal dari klinik. Resistensi terhadap penisilin G dapat diperkirakan dengan tes β -*lactamase* positif. Sekitar 90% *Staphylococcus aureus* akan menghasilkan

*β*lactamase. Resistensi terhadap nafsilin terjadi pada 10-20% isolat *Staphylococcus aureus*. Resistensi nafsilin berkorelasi dengan adanya gen *Mec-A* yang menyandi protein terikat penisilin yang tidak dipengaruhi oleh antibiotika ini. Gen dapat dideteksi dengan menggunakan *Polymerase Chain Reaction* (PCR), tetapi hal ini tidak berguna karena *staphylococcus* yang tumbuh pada *Muller Hinton Agar* (mengandung 4% NaCl dan 6 µg/mL oksasilin), secara khas mengandung gen *Mec-A* dan resisten terhadap oksasilin (Jawetz *et al.*, 1996).

2.1.8 Epidemiologi

Lebih dari 100 tahun *S. aureus* dikenal sebagai patogen penting dan juga penyebab infeksi nosokomial yang paling sering. *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri patogen yang paling sering diisolasi dari manusia dan merupakan penyebab infeksi kulit dan jaringan lunak, infeksi endovaskular, pneumonia, *septic arthritis*, endokarditis, *osteomyelitis*, dan sepsis (David and Daum, 2010). Bahkan setelah munculnya MRSA tahun 1961, menurut National Nosocomial Infection Surveillance system di Amerika, infeksi *Staphylococcus aureus* selalu meningkat dari 2,4% pada tahun 1974, 5% pada tahun 1981, 29% pada tahun 1991, 43% pada tahun 1997 (Gardam, 2000). Angka kejadian infeksi nosokomial akibat *Staphylococcus aureus* juga meningkat mencapai angka 19,4% pada tahun 1985-1988 (Horan *et al.*, 1988). Jumlah ini terus meningkat mencapai angka rata-rata 44,3% (rentang 25,7-58,3%) dari kejadian bakterimia di Bostwana sepanjang tahun 2000-2007 disebabkan oleh *Staphylococcus aureus* (Wood M. *et al.*, 2009).

2.2 Biofilm

2.2.1 Definisi Biofilm

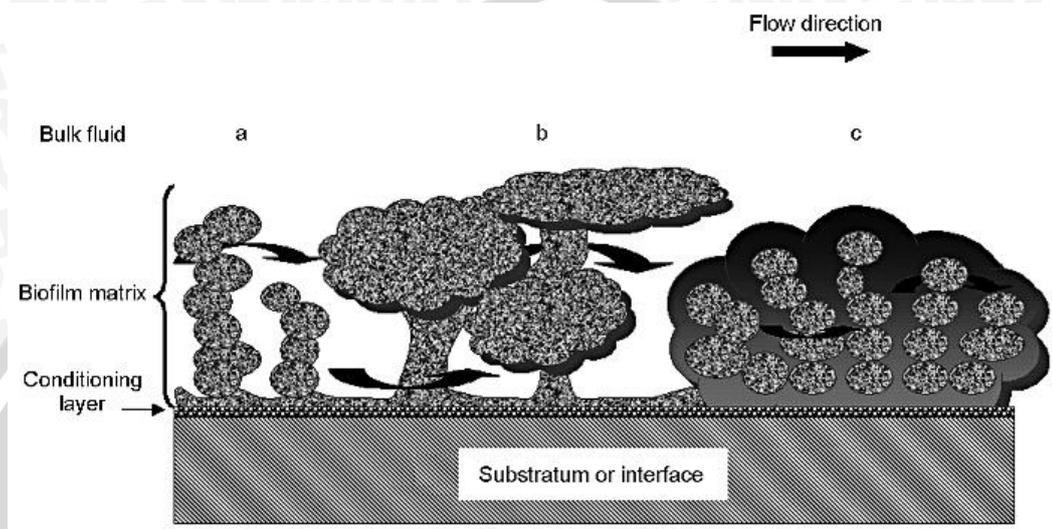
Biofilm adalah komunitas bakteri yang memiliki karakteristik berupa menempel secara ireversibel pada substrat atau permukaan atau saling menempel antara satu dengan yang lain, yang dilingkupi oleh sebuah matriks dari substansi polimer ekstraselular yang diproduksinya, dan menunjukkan adanya perubahan fenotip yang bertanggung jawab pada kecepatan pertumbuhan dan transkripsi gen organisme tersebut (Donlan dan Costerton, 2002).

2.2.2 Struktur Biofilm

Terdapat keberagaman struktur dan arsitektur biofilm. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi fisik (jenis permukaan dan pH), kondisi lingkungan (suhu, kelembaban, dll.), nutrisi, dan status fisiologis mikroorganisme. Struktur biofilm secara umum yang dapat diidentifikasi meliputi : substrat dimana bakteri menempel, film yang terkondisi di atas substrat, matriks biofilm, cairan dan udara. Lapisan film terbentuk dari glikoprotein dan lipid, contohnya protein dari urin pada kateter atau sisa makanan pada gigi. Matriks biofilm merupakan bagian terpenting biofilm, terdiri dari sel bakteri, eksopolisakarida (EPS), dan air. Komponen utama matriks biofilm adalah air (95-99%), sel bakteri hanya sekitar 2-5%, sedangkan EPS sebanyak 2% dari total matriks. Substansi lainnya yang terkandung dalam matriks meliputi DNA, RNA, protein dan enzim yang total berjumlah 2%. EPS merupakan struktur yang sangat terhidrasi, biopolimer berbentuk gel yang memerangkap bakteri menjadi struktur tiga dimensi yang menjadi karakteristik biofilm dan agregat bakteri. Komposisi EPS tidak hanya

repository.ub.ac.id

penting untuk perlekatan dan stabilisasi matriks, tetapi juga untuk membentuk heterogenitas dan meningkatkan ketersediaan nutrisi dalam biofilm (Jass *et al.*, 2003).



Gambar 2.2. Ilustrasi Tiga Varian Struktur Matriks Biofilm (a) biofilm yang berbentuk mosaik heterogen, (b) biofilm dengan matriks yang berongga (porous), dan (c) biofilm dengan konstituen yang tebal (Jass *et al.*, 2003).

2.2.3 Pembentukan Biofilm

Secara umum, pembentukan biofilm dapat digambarkan dalam lima fase. Fase pertama, terbentuknya biofilm dimulai dengan perlekatan sel mikroba planktonik pada permukaan substrat. Meskipun mikroba mempunyai kemampuan adhesi yang sama pada semua jenis substrat, namun sifat permukaan yang kasar lebih disenangi, dan lebih cepat terbentuk pada material hidrofobik seperti teflon dan plastik dibandingkan pada gelas dan logam (Akiyama *et al.*, 2001).

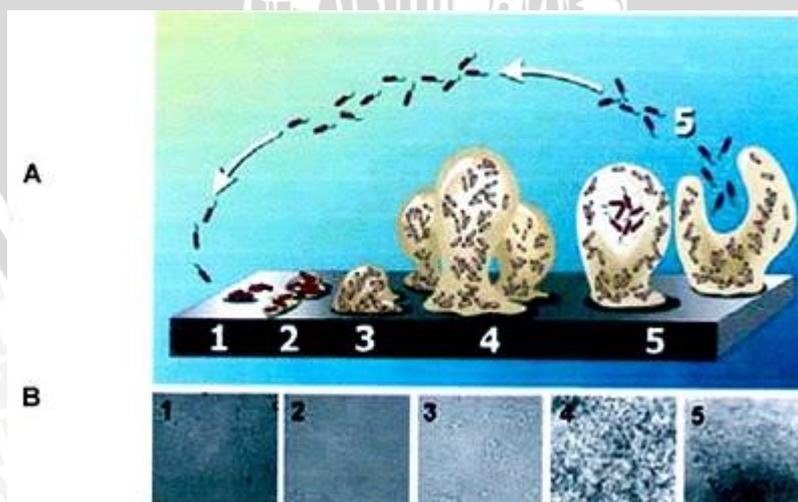
Fase kedua, bakteri mengalami multifikasi sambil mengeluarkan sinyal kimia untuk berkomunikasi secara internal. Substansi *extracellular polymeric substances* (EPS) mulai dihasilkan berdasarkan mekanisme genetik. EPS kemudian akan mentransfer nutrisi dan bakteri planktonik. Agregat sel terbentuk

sementara motilitas sel menjadi semakin menurun sejalan dengan semakin progresifnya lapisan agregat (Akiyama *et al.*, 2001).

Fase ketiga, selama tahap maturasi biofilm tumbuh sejalan dengan pertumbuhan koloni. Semakin lama biofilm berkembang dengan penambahan ukuran dan perubahan bentuk (Gambar 2.3). Pada tahap ini, ketebalan biofilm lebih dari 10 μ m (Akiyama *et al.*, 2001)

Fase keempat, Ketebalan lapisan biofilm pada tahap ini mencapai lebih dari 100 μ m dan dapat mencapai 300-400 μ m (Aparna and Yadav, 2008). Pada tahap dispersi, sel-sel dalam koloni akan terlepas sendiri atau bersama sebagian komponen matriks. Pada tahap ini, matriks ekstraseluler biofilm akan didegradasi oleh enzim *dispersin B* dan *deoxyribonuclease*. Sekaligus enzim tersebut dapat dimanfaatkan sebagai agen anti-biofilm (Kaplan *et al.*, 2004).

Fase kelima, Biofilm akan memasuki fase kelima beberapa hari setelah fase keempat. Pada fase ini, terjadi disperse sel sehingga memungkinkan beberapa bakteri meninggalkan biofilm untuk berkembang kembali menjadi sel planktonik (Kaplan *et al.*, 2004).



Gambar 2.3 Biofilm Development Cycle

2.2.4 Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Pembentukan Biofilm

Pembentukan biofilm juga dipengaruhi oleh beberapa faktor dari lingkungan yang bisa berpotensi menjadi toksik untuk sel bakteri. Bakteri yang terpapar osmolaritas yang tinggi, suhu yang tinggi, detergen, urea, dan adanya MIC (*Minimal Inhibitory Concentration*) konsentrasi dari antibiotik tertentu, glukosa dan *oxidative stress*, menunjukkan peningkatan ekspresi dari *ica* dan pembentukan biofilm (Nuryastuti, 2010).

2.2.5 Faktor Lingkungan yang Mempercepat Pembentukan Biofilm

Aktivitas pertumbuhan biofilm dipengaruhi oleh faktor lingkungan, Perubahan lingkungan dapat mengakibatkan perubahan sifat morfologi dan fisiologi mikroba. Suhu, waktu, suplai zat gizi, pengaruh aktivitas air, ketersediaan oksigen, faktor-faktor kimia (disinfektan), radiasi dan ph.

Biofilm dapat tumbuh optimum di suhu 20 – 30 derajat celsius. Untuk pengaruh radiasi semakin banyak penyinaran UV terhadap pertumbuhan biofilm maka semakin sedikit pula yang hidup / tumbuh. Ph optimal adalah 6,5 – 7,5

2.2.6 Pembentukan Biofilm pada Alat Medis

Kriteria pembentukan biofilm sangatlah luas, sehingga lingkungan yang cocok bagi mikroorganisme untuk berkoloni dan membentuk biofilm tidaklah terbatas. Ada sebagian dari daftar peralatan medis yang telah dibuktikan dapat menjadi tempat pertumbuhan biofilm. Biofilm yang terdapat pada peralatan medis sudah diteliti selama kurang lebih 20 tahun. Berbagai peralatan medis yang sudah diteliti dapat menjadi tempat pertumbuhan biofilm adalah *prosthetic heart valves*, *central venous catheters*, *urinary catheters*, lensa kontak dan *intrauterine devices*. Untuk beberapa peralatan medis seperti *urinary catheters* dan lensa

kontak, penelitian juga menjelaskan kemungkinan dari ragam variasi material untuk *bacterial adhesion* dan pembentukan biofilm (Donlan, 2002).

2.2.7 Tes Pembentukan Biofilm

2.2.7.1 Metode Tabung

Staphylococcus aureus yang sudah teridentifikasi ditanam dalam Nutrient Broth dan diinkubasi pada suhu 37°C semalam. Bakteri yang sudah tumbuh pada Nutrient Broth ditanam kembali pada NAP kemudian diinkubasi pada suhu 37°C semalam. Mikroba kultur semalam dimasukkan ke tabung TSBglu (10mL) dan diinkubasikan 37°C selama 24 jam. Lalu tabung dicuci dengan PBS (pH 7,3) dan dikeringkan airnya. Tabung yang sudah dikeringkan diberi kristal violet (0,1%) dan kelebihan warna dibuang dan tabung dicuci dengan *deionized water*. Tabung dikeringkan dan dilihat form (Christensen *et al.*,2000)

2.2.7.2 Metode Congo Red Agar

Metode deteksi biofilm ini membutuhkan media agar khusus yang berisi *brain heart infusion broth* ditambah dengan 5% sukrosa dan pewarna *Congo red*. Bakteri diinokulasi pada medium *congo red* dan diinkubasi selama 24 jam pada keadaan aerobik dengan suhu 37°C. Hasil yang positif ditandai dengan koloni yang berwarna hitam. Bakteri penghasil biofilm lemah biasanya berwarna pink. Eksperimen diulang sebanyak tiga kali (Freeman *et al.*, 1999).

2.2.7.3 Metode Microtiter-Plate Test

Untuk melakukan tes terhadap pembentukan biofilm oleh bakteri *Staphylococcus aureus* dapat digunakan *microtiter-plate test*. Langkah-langkahnya adalah dengan memindahkan sebanyak 200 µl bakteri yang telah dikultur sebelumnya ke dalam sterile *96-well flat-bottomed plastic tissue culture*

plate. Well yang sebagai kontrol negatif hanya diisi oleh *fresh broth*. Kemudian semua plates diinkubasi secara aerobik selama 24 jam dalam suhu 37°C. Setelah itu, isi setiap well di aspirasi dan dicuci 3 kali menggunakan 250 µl *sterile physiological saline*. *Well-plates* di kocok secara kuat untuk menghilangkan seluruh bakteri yang tidak menempel. Sisa bakteri yang menempel difiksasi dengan 200 µl 99% methanol di setiap *well* selama 15 menit. Kemudian dikosongkan dan dikeringkan. Kemudian setiap *well* dilakukan proses pewarnaan dengan menggunakan 0,2 ml 2% *crystal violet* selama 5 menit. Lalu dilakukan pembilasan dengan menggunakan air keran dan dikeringkan. Untuk menganalisis secara kuantitatif pembentukan biofilm, ditambahkan 200 µl dari 1M HCl isopropanol di setiap well. Kemudian dilakukan pengukuran Optical Density (OD) pada 595 nm menggunakan spektrofotometer (Nuryastuti, 2010).

2.3 Daun Jambu Biji

2.3.1 Taksonomi

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Subkingdom	: <i>Tracheobionta</i>
Superdivision:	<i>Spermatophyta</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Subkelas	: <i>Rosidae</i>
Ordo	: <i>Myrtales</i>
Family	: <i>Myrtaceae</i>
Genus	: <i>Psidium</i>
Spesies	: <i>Psidium folium</i> (Parimin, 2005).



Gambar 2.4 Daun Jambu Biji (*Psidium folium*)

Tanaman jambu biji merupakan salah satu tanaman tropis. Tanaman ini sudah digunakan sejak lama untuk pengobatan tradisional terutama daun, kulit, dan buahnya.

2.3.2 Morfologi

Daun jambu biji merupakan suatu bagian yang penting, yang berfungsi sebagai alat pengambilan zat – zat makanan (reabsorpsi), asimilasi transpirasi dan respirasi. Daun jambu biji tergolong daun tidak lengkap karena hanya terdiri dari tangkai dan helaian saja disebut daun bertangkai (Trubus, 2010).

Bagian terlebar daun jambu biji berada ditengah – tengah dan memiliki bangun jorong karena perbandingan panjang : lebarnya adalah $\frac{1}{2} - 2 : 1$. Jambu biji memiliki ujung yang tumpul tepi daun yang semula masih agak jauh dari ibu tulang, cepat menuju kesuatu titik pertemuan membentuk sudut 90° . Karena tepi daunnya tidak pernah bertemu, tetapi terpisah oleh pangkal ibu tulang/ujung tangkai daun, maka pangkal dari daun jambu biji ini, adalah tumpul (obtusus) (Trubus, 2010).

Daun jambu biji memiliki pertumbuhan daun yang menyirip (penninervis) yang mana daun ini memiliki satu ibu tulang yang berjalan dari pangkal ke ujung dan merupakan terusan tangkai daun dari ibu tulang kesamping, keluar tulang

tulang cabang, sehingga susunannya mengingatkan kita kepada susunan sirip-sirip pada ikan. Jambu biji memiliki tepi daun yang rata (integer). Pada umumnya warna daun pada sisi atas tampak lebih hijau licin dan mengkilat jika dibandingkan dengan sisi bawah karena lapisan atas lebih banyak terhadap warna hijaunya, jambu biji memiliki permukaan daun yang berkerut (rogosus) (Trubus, 2010).

2.3.3 Kandungan

Tanaman jambu biji (*Psidium guajava L.*) merupakan salah satu tanaman obat yang sudah banyak dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional. Buah mengandung asam amino (triptofan, lisin), pektin, kalsium, fosfor, besi, mangan, magnesium, belerang dan vitamin (A, B1 dan C). Saat menjelang matang, kandungan vitamin C dapat mencapai 3-6 kali lipat lebih tinggi dari jeruk. Jambu biji juga kaya dengan serat yang larut dalam air, terutama di bagian kulitnya sehingga dapat mengganggu penyerapan glukosa dan lemak yang berasal dari makanan dan membuangnya ke luar tubuh. Buah jambu biji banyak mengandung vitamin dan mineral yang baik untuk menjaga kesehatan, dan pertumbuhan anak. Buah dapat dimakan langsung baik disaat mentah, boleh ditambah sedikit garam atau gula aren, sedangkan buah yang masak dapat dimakan langsung, atau direbus dengan gula untuk minuman, daunnya dapat dibuat lalapan atau sayur. Buah jambu biji mengandung banyak vitamin dan serat, sehingga sangat cocok dikonsumsi untuk menjaga kesehatan. Jambu biji yang banyak dijumpai di Indonesia adalah yang memiliki daging buah berwarna merah dan daging buah berwarna putih (Geidam dkk, 2002)



Selain pada buahnya, ternyata telah diketahui bahwa daun jambu biji juga memiliki senyawa fitokimia yang dapat bermanfaat untuk menjaga kesehatan. Dari hasil *screening* secara kualitatif, didapatkan, kandungan fitokimia dalam daun jambu biji adalah sebagai berikut (Geidam dkk, 2002) :

Table 1: Phytochemistry of the crude aqueous extract of *Psidium guajava* leaf

Phytochemical constituent	Phytochemical test	Inference
Tannin	Ferric chloride	+++
	Lead acetate	+++
	Formaldehyde	++
Saponin	Frothing	+++
	Carbohydrate	
Carbohydrate	Molish's test	+++
	Free reducing sugar	+++
	Combined reducing sugar	+++
	Barfoed's test	-
Flavonoid	NaOH	++
	Ferric chloride	+++
	Lead acetate	++
	Shinoda's test	++
Alkaloid	Dragendorff's test	-
	Mayer	-
	Wagner	-
Phlobatanin	HCl	-
Steroid	Lieberman's test	+
	Salkowski's test	+
	Keller-Kiliani	+++
	Cardiac glycoside	General test
Anthraquinone	Free anthraquinone	-
	Combined anthraquinone	-

Key: + = Low concentration; ++ = Moderate concentration; +++ = High concentration - = Absent

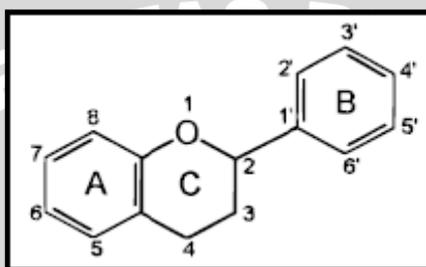
Analisis	Daun Jambu Biji Merah	Daun Jambu Biji Putih
Alkaloid		
Steroid	++	++
Triterpenoid	-	-
Fenol Hidrokuinon	+	+
Flavonord	+	+
Saponin	+	+
Tanin	+++	+++

Gambar 2.5 Kandungan fitokimia dalam daun jambu biji (*Psidium folium*)

Beberapa penelitian yang telah dilakukan, secara spesifik telah ditemukan bahwa kandungan utama dalam daun flavanoid dan tanin (terutama daun yang

masih muda). Selain itu, daun juga mengandung minyak atsiri. Dengan komponen penyusunnya adalah α -pinene, β -pinene, limonene terpenyl asetat, isopropyl alkohol, β -bisabolene, oksidacaryophyllene, β -copanene, farnesene, humulene, dan selinene. Daun juga mengandung minyak lemak 6%, saponin, dan avikularin (Nomura, 2009).

2.3.3.1 Flavonoid



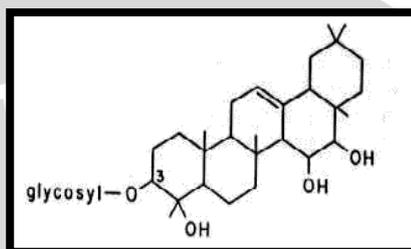
Gambar 2.6 Struktur kimia senyawa flavonoid

Flavonoid adalah molekul polifenol yang *water soluble* yang mengandung 15 atom karbon. Flavonoid ini termasuk dari famili polyphenol. Molekul ini bisa digambarkan sebagai dua cincin benzene yang bergabung dengan 3 rantai karbon pendek. Flavonoid terdiri dari enam bagian : chalcone, flavones, flavonol, flavanone, anthocyanin, dan isoflavonoids (1). Flavonoid memiliki beberapa efek antibakteri, yaitu salah satunya menghambat sintesa RNA pada *Staphylococcus aureus*. Efek yang berhubungan dengan penghambatan pembentukan biofilm adalah penghambatan fungsi membran sitoplasma oleh sophoraflavone G dan penghambatan metabolisme energi oleh licochalcone A dan C. Dengan tidak bekerjanya fungsi membran sitoplasma dan tidak terjadinya metabolisme energi pada bakteri, maka bakteri tidak dapat melakukan penempelan pada permukaan dan tidak bisa melakukan proses pembentukan biofilm (Cushnie dan Lamb, 2005).

Flavonoid pada biofilm yang paling berperan adalah quercetin dan kaempferol. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa keduanya memiliki efek anti

inflamasi serta mampu menghambat senyawa adhesin (Crespo *et al.*, 2008). Padahal adhesin merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi pembentukan biofilm disamping eksopolisakarida (EPS). Adhesin berperan pada perlekatan sel bakteri di permukaan substrat (Jass *et al.*, 2003).

2.3.3.2 Saponin



Gambar 2.3 Struktur kimia senyawa saponin

Saponin merupakan senyawa yang banyak terkandung dalam tanaman seperti kacang-kacangan dan ginseng. Saponin juga biasa disebut sebagai deterjen alami karena menyebabkan timbulnya buih ketika tanaman yang mengandungnya dipanaskan. Saponin memiliki aktivitas antifungi dan antibakterial berspektrum luas, mampu menurunkan kolesterol dan menghambat pertumbuhan sel kanker. Gugus lipofilik pada saponin dapat merusak membran sel. Saponin bertindak sebagai *foaming agent* yang bisa mereduksi kemampuan permukaan sel dalam mempertahankan biofilm sehingga dapat menghilangkan biofilm (Aulia, 2008).

Sifat-sifat Saponin adalah:

1. Mempunyai rasa pahit
2. Dalam larutan air membentuk busa yang stabil
3. Menghemolisa eritrosit
4. Merupakan racun kuat untuk ikan dan amfibi
5. Membentuk persenyawaan dengan kolesterol dan hidrosisteroid lainnya

6. Sulit untuk dimurnikan dan diidentifikasi
7. Berat molekul relatif tinggi, dan analisis hanya menghasilkan formula empiris yang mendekati

Toksistasnya mungkin karena dapat merendahkan tegangan permukaan (surface tension). Dengan hidrolisa lengkap akan dihasilkan saponin (aglikon) dan karbohidrat (hexose, pentose dan saccharic acid). Pada hewan ruminansia, saponin dapat digunakan sebagai antiprotozoa, karena mampu berikatan dengan kolesterol pada sel membran protozoa sehingga menyebabkan membrondisis pada sel membrane protozoa. Saponin dapat beraktivitas sebagai adjuvant pada vaksin antiprotozoa yang nantinya mampu menghambat perkembangan sporozoit di dalam saluran pencernaan (Nio,1999).

2.3.3.3 Minyak Atsiri

Minyak atsiri dikenal juga dengan nama minyak eteris atau minyak terbang (volatile oil) yang dihasilkan oleh tanaman. Minyak tersebut mudah menguap pada suhu kamar tanpa mengalami dekomposisi, mempunyai rasa getir (*pungent teste*), berbau wangi sesuai dengan bau tanaman penghasilnya. Dengan *confocal laser scanning microscopy* (CLSM), dapat dilihat bahwa minyak atsiri mampu melepaskan sel biofilm dari permukaan plate dan juga poten membunuh sel biofilm (Bruce, 1994).

2.3.3.4 Tanin

Tanin merupakan salah satu jenis senyawa yang termasuk ke dalam golongan polifenol. Senyawa tanin ini banyak dijumpai pada tumbuhan dari daun, batang, buah, maupun akar. Tanin dahulu digunakan untuk menyamakkan kulit hewan karena sifatnya yang dapat mengikat protein. Tanin dapat menstimulasi mekanisme fisiologis dari sistem imun manusia seperti stimulasi sel fagosit,

aktivitas *host-mediated tumor*, dan banyak lagi mekanisme anti-infeksi yang lain. Aktivitas antimikroba yang lain dari *tannin* adalah kemampuan untuk menginaktivasi *adhesin*, enzim protease, protein, transport dinding sel, merusak substrat, dan berikatan dengan polisakarida dinding sel bakteri (Naim, 2004). Telah dilaporkan juga bahwa tanin bersifat bakteriostatik atau bakterisidal bagi *Staphylococcus aureus*. Tanin dapat menghambat koagulasi plasma sel *Staphylococcus aureus* di mana koagulasi plasma dibutuhkan dalam pembentukan biofilm (Akiyama *et al.*, 2001)

2.3.4 Manfaat kehidupan sehari-hari

Hampir semua bagian tanaman jambu biji bermanfaat bagi kehidupan. Kayu jambu biji yang halus dan sangat padat baik bila digunakan untuk ukiran atau patung bernilai tinggi. Di samping itu, kayunya yang halus, kuat dan tahan lama ini banyak dimanfaatkan menjadi aneka macam gagang, di antaranya gagang cangkul, parang, pahat patung, alat penabuh gamelan, palu, sabit, dan pisau. Selain itu, arang dari kayu jambu biji sangat baik untuk pembakar karena apinya sangat panas, asap yang ditimbulkannya sedikit, dan nyala apinya tahan lama. Harga jual arangnya pun lebih mahal dibandingkan arang dari kayu lain (Suwanto, 2009).

Buah jambu biji dapat dikonsumsi dalam keadaan segar. Buah yang mentah atau setengah matang banyak digunakan untuk rujukan. Selain itu, buahnya juga diolah menjadi sirup, sari buah, nektar, buahvita, jeli, selai, kembang gula, dan dodol. Hasil olahan buah jambu biji tersebut disukai oleh konsumen. Bahkan, di Bangka, daun jambu biji digunakan sebagai bahan minuman pengganti teh (Suwanto, 2009).

2.3.5 Manfaat Efek Farmakologi

Selain bahan pangan dan kerajinan, beberapa bagian dari daun jambu biji dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk membuat resep pengobatan. Berdasarkan hasil penelitian, jambu biji mengandung berbagai zat gizi yang dapat digunakan sebagai obat untuk menyembuhkan penyakit, diantaranya diabetes melitus, maag, diare, masuk angin, buang air kecil terus menerus, sariawan, sakit kulit, luka baru (Suwanto, 2009).

