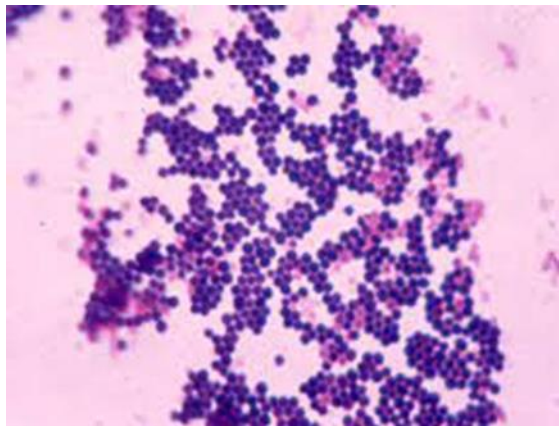


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus ialah bakteri Gram positif yang berbentuk bola dengan garis tengah sekitar 1 μm dan tersusun di kelompok tak beraturan seperti buah anggur, tidak membentuk spora, fakultatif anaerob, dan tidak bergerak. Suhu optimal untuk membiakkan *Staphylococcus* adalah 28-38°C atau sekitar 37°C, tetapi untuk pembentukan pigmen suhu yang paling baik yaitu suhu kamar (20°C 25°C). pH Optimal yang digunakan untuk pertumbuhan *Staphylococcus aureus* adalah 7,4.



Gambar 1 *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus dibedakan dari spesies bakteri lain berdasarkan sifat koagulase positifnya. *Staphylococcus aureus* adalah patogen paling signifikan yang menginfeksi manusia. Berbagai infeksi *Staphylococcus aureus* mempengaruhi sebagian besar individu di tahap tertentu pada

kehidupan mereka. Infeksi ini dapat berkisar dari infeksi kulit jinak dan keracunan makanan hingga infeksi parah yang berpotensi fatal.

Adapun klasifikasi taksonomi *Staphylococcus aureus* antara lain, sebagai berikut :

Domain	: Bacteria
Kerajaan	: Eubacteria
Filum	: Firmicutes
Kelas	: Bacilli
Ordo	: Bacillales
Familia	: Staphylococcaceae
Genus	: Staphylococcus
Spesies	: <i>Staphylococcus aureus</i> (Masrita Dominika Berlian Hulu., 2018).

Koloni yang ditanam pada agar datar berbentuk bulat, mengkilap, dan mewah. *Staphylococcus*, sebagai bakteri fakultatif anaerob, mampu bereplikasi melalui respirasi aerob dengan memfermentasi asam laktat sebagai produk utama. *Staphylococcus aureus* mampu berkembang biak di lingkungan yang mengandung 15% NaCl dan suhu 15–45 °C. Hemolisis yang diamati pada media agar darah mungkin disebabkan oleh berbagai spesies, termasuk *Staphylococcus aureus*. *Staphylococcus* mampu menyebabkan penyakit karena kemampuannya untuk berkembang biak, penyebaran jaringan yang luas, dan produksi materi ekstraseluler.

B. *Methicillin-resistant Staphylococcus aureus* (MRSA)

Methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA) merupakan strain patogen *Staphylococcus aureus* yang resisten terhadap antibiotik yang saat ini sedang berkembang biak. Sebagai bakteri gram positif, *Methicillin-resistant Staphylococcus aureus* resisten terhadap hampir semua antibiotik methisilin beta-laktam, termasuk sefalosporin dan penisilin. Khususnya selama pembentukan peptidoglikan, yang memfasilitasi lisis dinding bakteri, kategori antibakteri ini menghambat sintesis dinding sel. Menghambat proses ikatan silang polimer peptidoglikan, gugus β laktam berfungsi sebagai senyawa mirip substrat (PBP). Perubahan pada PBP menyebabkan sebagian besar resistensi *Staphylococcus aureus* terhadap β -laktam. Resistensi *Methicillin-resistant Staphylococcus aureus* kemungkinan disebabkan oleh gen *mec* (*mecA*, *mecB*, dan *mecC*). Protein spesifik PBP2A, yang merupakan varian dari PBP, dikodekan oleh gen ini (Lulu Wilda Nuran, dkk.,2018).



Gambar 2 *Methicillin-resistant Staphylococcus aureus*

Bakteri yang menimbulkan resistensi terhadap antibiotik metisilin dikenal sebagai bakteri *Methicillin-resistant Staphylococcus aureus*. Resistensi antibiotik dapat timbul sebagai konsekuensi dari gen yang terletak di dalam segmen Mobile Genetic Element (MGEs), termasuk plasmid dan transposon.

Lebih tepatnya, gen resistensi yang dimaksud terletak di bagian kaset kromosom mec. SCCmec terdiri dari sub tipe elemen yang berbeda untuk mengakomodasi setiap bentuk resistensi yang mungkin timbul. Elemen kromosom SCCmec diklasifikasikan menjadi sub tipe I, II, III, IV, dan V. Dimensi elemen ini berkisar antara 21 hingga 67 kilobase. Kromosom mec terdiri dari gen kompleks ccr dan gen mec yang disertai dengan gen komplementer berupa transposon (Prasetio, dkk.,2016).

C. Pertumbuhan Bakteri

Pada organisme yang bersel tunggal pertumbuhan bakteri definisikan sebagai pertumbuhan atau bertambahnya jumlah koloni, ukuran koloni, massa mikroba di koloni semakin banyak. Proliferasi mikroba dapat didefinisikan sebagai perluasan proliferasi sel-sel di dalam mikroba. Koloni dicirikan sebagai kumpulan berbagai mikroorganisme yang memiliki ciri-ciri yang sama, termasuk namun tidak terbatas pada morfologi dan susunan permukaan (Chylen Setiyo Rini dan Jamilatur Rohmah., 2020).

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri adalah

1. Suhu

Suhu mempunyai dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan mikroorganisme. Suhu minimum, suhu optimal, dan suhu maksimal merupakan suhu yang diperlukan untuk pertumbuhan bakteri (Chylen Setiyo Rini dan Jamilatur Rohmah., 2020).

2. pH

pH lingkungan tempat bakteri tumbuh dapat mempengaruhi kecepatan pertumbuhan mereka. Setiap jenis bakteri memiliki rentang pH di mana

mereka dapat tumbuh (pH permissive) serta pH optimal di mana pertumbuhan mereka mencapai tingkat maksimal.

Untuk bakteri patogen, seperti *Staphylococcus aureus* misalnya, pH optimal untuk pertumbuhannya biasanya berkisar antara 7,2 hingga 7,6. Ini berarti bakteri ini tumbuh paling baik dalam lingkungan yang sedikit basa hingga netral. Variasi signifikan dari pH optimal ini dapat mempengaruhi kemampuan bakteri untuk berkembang biak dengan cepat atau bahkan mempengaruhi ekspresi faktor virulensi atau toksisitas mereka.

Oleh karena itu, kontrol pH yang tepat dalam media biakan menjadi krusial dalam menentukan kondisi yang sesuai untuk pertumbuhan bakteri yang diinginkan atau untuk mempengaruhi pertumbuhan bakteri patogen yang tidak diinginkan (Chylen Setiyo Rini dan Jamilatur Rohmah., 2020).

3. Kelembaban

Untuk mikroorganisme, ada tingkat kelembapan yang ideal. Pertumbuhan mikroba terjadi baik di udara lembab maupun media basah. Dalam larutan bakteri, nilai kadar air bebas biasanya berkisar antara 0,90 hingga 0,99 (Chylen Setiyo Rini dan Jamilatur Rohmah., 2020).

4. Ketersediaan Oksigen

Berlandaskan kebutuhan oksigennya mikroba dikelompokkan atas:

- a) Aerobik : mikroba hanya dapat tumbuh jika ada oksigen bebas.
- b) Anaerob : mikroba hanya dapat tumbuh jika tidak ada oksigen bebas.
- c) Anaerob fakultatif : mikroba dapat tumbuh baik dengan atau tanpa oksigen bebas.

- d) Mikroaerofilik : mikroba dapat tumbuh jika ada oksigen dalam jumlah kecil.

5. Tekanan Osmosis

Bakteri sangat dipengaruhi oleh tekanan osmosis. Plasmodilisis, atau kebocoran cairan dari sel bakteri melalui membran sitoplasma, terjadi ketika tekanan osmotik di lingkungan bakteri lebih tinggi atau hipertonic. Tekanan osmotik hipotonik lingkungan akan menyebabkan pembengkakan sel dan merusak sel selanjutnya (Chylen Setiyo Rini dan Jamilatur Rohmah., 2020).

Berlandaskan tekanan osmosis yang dibutuhkan dapat dikelompokkan atas:

- a) Mikroba osmofil: mikroba tumbuh pada kadar gula tinggi
- b) Mikroba halofil: mikroba tumbuh pada kadar garam halogen yang tinggi
- c) Mikroba halodurik: kelompok mikroba yang dapat tahan (tidak mati) tetapi tidak dapat tumbuh pada kadar garam tinggi, kadar garamnya dapat mencapai 30 %

6. Nutrisi

Nutrisi sangat penting untuk energi dan perkembangan sel mikroba. Karbon, hidrogen, nitrogen, oksigen, belerang, fosfor, besi, serta sejumlah kecil logam lain merupakan unsur-unsur dasar ini (Chylen Setiyo Rini dan Jamilatur Rohmah., 2020).

7. Ion-Ion lain

Dibutuhkan komponen kimia seperti C, H, N, S, dan P agar bakteri dapat berkembang. Selain itu diperlukan unsur mikro seperti Zn, Fe, dan Cu. Sebaliknya, logam berat dengan konsentrasi sedang seperti Hg, Ag, Cu, Au,

dan Pb mungkin bersifat toksin (Chylen Setiyo Rini dan Jamilatur Rohmah., 2020).

8. Radiasi

Radiasi pengionisasi, yang mencakup radiasi dengan panjang gelombang sangat pendek dan energi yang cukup tinggi untuk menyebabkan atom kehilangan elektron, merupakan jenis radiasi yang dapat memberikan ancaman bagi mikroorganisme. Radiasi ini memiliki potensi untuk menyebabkan mutasi pada mikroorganisme dan pada dosis yang lebih tinggi dapat mengakibatkan kematian.

Dalam konteks penggunaan radiasi untuk pengendalian mikroorganisme, radiasi pengionisasi digunakan untuk memodifikasi materi genetik mikroba atau untuk menghambat pertumbuhan dan reproduksi mereka. Karena radiasi ini mampu menyebabkan kerusakan pada asam nukleat dan struktur sel mikroorganisme, penggunaannya dapat efektif dalam sterilisasi alat medis, bahan pangan, atau bahan-bahan lain yang memerlukan pengendalian mikrobiologis yang ketat.

Namun demikian, penting untuk mengatur dosis radiasi dengan tepat karena dosis yang rendah dapat merangsang mutasi pada mikroorganisme, sementara dosis yang tinggi dapat menghasilkan efek sterilisasi yang diinginkan. Oleh karena itu, penggunaan radiasi pengionisasi memerlukan penanganan yang hati-hati dan penyesuaian dosis yang sesuai untuk memenuhi tujuan sterilisasi atau pengendalian mikroorganisme yang diinginkan (Chylen Setiyo Rini dan Jamilatur Rohmah., 2020).

D. Antibiotik

Antibiotik adalah zat yang dapat membunuh atau menghentikan pertumbuhan bakteri dan organisme lain. Mereka dapat disintesis atau dihasilkan oleh fungi. Setiap orang yang sakit sering kali diberikan antibiotik, namun jika dikonsumsi secara tidak tepat, antibiotik tersebut dapat menyebabkan berkembangnya kekebalan seseorang terhadap kuman (Lale Syifa'un Nufus., 2019).

Obat yang digunakan harus memiliki sifat toksisitas efektif selektif tinggi yang dimana obat tersebut harus bersifat sangat toksik untuk mikroba, tetapi relatif tidak toksik untuk hospes untuk membasmi penyebab infeksi pada manusia. Antibiotik digolongkan menjadi 2 yaitu : Bakterisid dan Bakteriostatik. Antibiotik yang termasuk dalam golongan bakterisid, termasuk sefalosporin, penisilin, aminoglikosida (dalam dosis tinggi), kotrimoksazol, rifampisin, polipeptida, isoniazid, dan banyak lainnya, berfungsi dengan aktif menghilangkan mikroorganisme. Sebaliknya, golongan bakteriostatik terdiri dari antibiotik yang tidak mampu membasmi patogen; sebaliknya, mereka menghambat atau mencegah perkembangbiakan mikroorganisme, sehingga pemberantasan patogen bergantung pada resistensi organisme inang. Golongan tersebut terdiri dari klindamisin, sulfonamid, lincomycin, tetrasiklin, eritromisin, kloramfenikol, trimetoprim, makrolida, dan asam paraaminosalisilat (Marityaningsih dan Farida, 2012).

Antibiotik dapat diklasifikasikan berdasarkan mekanisme aksinya menjadi empat golongan, yaitu:

1. Penghambat sintesis dinding sel, meliputi: penicillin, cephalosporin, vancomycin, penghambat beta-laktamase, carbapenems, aztreonam, polymyxin dan bacitracin.
2. Penghambat sintesis protein, meliputi: aminoglycosides (gentamicin), tetracyclines, macrolides, chloramphenicol, clindamycin, linezolid dan streptogramin.
3. Penghambat sintesis asam nukleotida, seperti: fluoroquinolone, rifampisin, dan sulfonamid.
4. Menghambat fungsi membran sel, seperti: amphotericin B dan echinocandins (Dzidic, Suskovic, 2008).

E. Pemeriksaan laboratorium

1. Identifikasi bakteri menggunakan Pewarnaan Gram

Pewarnaan Gram, dimana bakteri dibagi menjadi dua kelompok berbeda, yakni bakteri gram positif dan bakteri gram negatif, adalah salah satu metode untuk mengklasifikasikan bakteri. Berbeda dengan warna ungu pada bakteri gram positif, bakteri gram negatif berwarna merah. Pewarnaan Gram adalah teknik pewarnaan yang banyak digunakan dan penting dalam identifikasi mikroorganisme. Bakteri gram positif yang telah diwarnai akan mempertahankan pewarna kristal violet, sedangkan bakteri gram negatif yang telah dibilas dengan pewarna air safranin atau fuchsin akan kehilangan pewarna kristal violet (Shaloma Salsabila Amin, dkk., 2023).

2. Uji katalase

Enzim katalase berperan dalam meningkatkan resistensi bakteri terhadap proses fagositosis. Tes aktivitas katalase digunakan untuk membedakan *Staphylococcus* dari *Streptococcus*. (Masrita Dominika Berlian Hulu., 2018).

Organisme yang mampu menghasilkan katalase mengubah hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen. Produksi katalase bisa diperlihatkan dengan menambahkan H₂O₂ ke dalam biakan agar miring Trypticase Soy Agar (TSA). Jika katalase ada, gas oksigen akan terbentuk dalam bentuk gelembung-gelembung, menunjukkan hasil positif. Jika tidak ada gelembung gas, uji katalase dianggap negatif. *Staphylococcus aureus* termasuk bakteri yang menghasilkan enzim katalase (Sherman, 2009).

Organisasi yang berespirasi secara aerob menghasilkan peroksida yang toksik. Bakteri menghasilkan enzim katalase, yang mengkatalisis konversi hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen bebas, untuk mendegradasi zat ini. Produk katalase dapat dideteksi dengan menambahkan H₂O₂ ke dalam biakan miring atau dicampur pada slide. Terbentuk gelembung gas menunjukkan katalase positif. Tujuan dari Uji Katalase ini untuk menentukan kemampuan beberapa bakteri menguraikan hidrogen peroksida dengan menghasilkan enzim katalase.

3. Uji koagulase

Staphylococcus aureus menghasilkan koagulase, sebuah protein mirip enzim yang menggumpalkan plasma darah dengan mengaktifkan faktor koagulase dalam serum. Kemampuan bakteri untuk membentuk koagulase menandakan potensi patogenitas yang lebih tinggi, karena koagulase

memungkinkan mereka untuk memanipulasi respons pembekuan darah dan menghindari pertahanan tubuh (Masrita Dominika Berlian Hulu., 2018).

Enzyme koagulase yang dihasilkan oleh bakteri dapat dideteksi dengan mencampurkan koloni bakteri dengan plasma darah, bisa ke dalam tabung atau di permukaan slide. Uji dalam tabung diinkubasi pada suhu 37° C selama 24 jam. Adanya penggumpalan pada plasma menunjukkan koagulase positif. Sedangkan koagulase positif pada permukaan slide ditandai dengan terbentuknya bekuan darah dalam 1-2 menit. Tujuan dari Uji Koagulase ini untuk mengetahui kemampuan bakteri mengkoagulasi plasma darah dengan enzim koagulase.

4. Uji sensitivitas

Uji sensitivitas antibiotik adalah prosedur diagnostik yang digunakan untuk menilai kepekaan atau resistensi suatu bakteri terhadap antibiotik tertentu. Tujuan dari uji ini adalah untuk menentukan efektivitas antibiotik tersebut terhadap bakteri yang diuji. Dengan demikian, uji sensitivitas antibiotik membantu dalam memilih pengobatan yang paling efektif terhadap infeksi bakteri yang spesifik.

Uji sensitivitas antibiotik dengan metode difusi adalah pendekatan yang paling umum digunakan karena teknisnya yang relatif mudah dilakukan. Metode ini sering kali menggunakan teknik Kirby-Bauer dengan menggunakan cakram disk atau bisa juga menggunakan metode sumuran.

Metode Kirby-Bauer memerlukan penempatan cakram disk yang mengandung antibiotik pada permukaan agar yang sudah ditanami bakteri. Setelah inkubasi, zona hambat pertumbuhan bakteri yang terbentuk di sekitar

cakram disk memberikan informasi tentang sensitivitas bakteri terhadap antibiotik yang diuji. Sementara itu, metode sumuran melibatkan penyebaran antibiotik langsung ke dalam sumuran agar yang telah ditanami bakteri, dan efeknya diamati setelah inkubasi.

Kedua metode ini penting dalam penentuan pilihan antibiotik yang tepat dalam pengobatan infeksi bakteri, karena hasilnya memberikan informasi tentang seberapa efektif antibiotik tersebut dalam menghambat pertumbuhan bakteri yang spesifik (Ari Khusuma, dkk. 2019).