

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Tentang ISK (Infeksi Saluran Kemih)

1. Pengertian ISK (Infeksi Saluran Kemih)

Infeksi Saluran Kemih (ISK) adalah kondisi medis yang terjadi ketika mikroorganisme, biasanya bakteri, menginfeksi bagian manapun dari sistem urinaria, termasuk ginjal, ureter, kandung kemih, dan uretra. Infeksi ini paling sering terjadi di kandung kemih dan uretra bagian bawah. Kandung kemih yang terinfeksi disebut sistitis, sedangkan infeksi pada uretra disebut uretritis. Infeksi pada bagian atas saluran kemih, seperti ginjal, disebut pielonefritis dan dapat menyebabkan gejala yang lebih serius dibandingkan infeksi pada bagian bawah (Yashir dan Apriani, 2019).

Sebagian besar ISK disebabkan oleh bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*) yang secara alami hidup di saluran pencernaan manusia. Bakteri ini dapat masuk ke saluran kemih melalui uretra dan berkembang biak di kandung kemih. Meskipun *E. coli* adalah penyebab utama, bakteri lain seperti *Klebsiella*, *Proteus mirabilis*, dan *Staphylococcus saprophyticus* juga dapat menyebabkan ISK. Faktor-faktor seperti anatomi wanita yang memiliki uretra lebih pendek, kebersihan yang buruk, hubungan seksual, dan penggunaan alat kontrasepsi tertentu dapat meningkatkan risiko terkena ISK (Irawan, 2018).

Gejala ISK bisa bervariasi tergantung pada bagian saluran kemih yang terinfeksi. Gejala umum termasuk rasa terbakar saat buang air kecil, sering buang air kecil dengan volume kecil, dan urin yang berbau atau keruh. Pada kasus yang lebih serius, seperti pielonefritis, gejala dapat mencakup demam, nyeri pinggang, mual, dan muntah. Pielonefritis yang tidak diobati dapat menyebabkan komplikasi serius seperti sepsis, yang berpotensi mengancam nyawa (Flores dkk, 2018).

Diagnosis ISK melibatkan analisis urin untuk mendeteksi leukosit, nitrit, dan bakteri. Kultur urin digunakan untuk mengidentifikasi bakteri penyebab dan menentukan antibiotik yang tepat. Pencitraan seperti *ultrasound* atau *CT scan* digunakan untuk mendeteksi anomali struktural atau komplikasi ISK. Tes tambahan seperti sistoskopi mungkin diperlukan untuk mengidentifikasi penyebab ISK berulang atau kronis (Gupta dan Naber, 2016).

2. Epidemiologi ISK (Infeksi Saluran Kemih)

Infeksi Saluran Kemih (ISK) merupakan salah satu infeksi bakteri yang paling umum di dunia, terutama pada wanita. Penelitian menunjukkan bahwa sekitar 50-60% wanita akan mengalami setidaknya satu episode ISK sepanjang hidup mereka, dengan insidensi tertinggi pada usia reproduktif. ISK juga sering terjadi pada anak-anak, terutama anak perempuan, dan prevalensi meningkat pada orang tua dari kedua jenis kelamin. Di Amerika Serikat, ISK menyumbang sekitar 10,5 juta kunjungan dokter setiap tahunnya, menjadikannya salah satu alasan paling umum untuk resep antibiotik (Wagenlehner dan Naber, 2014).

Faktor risiko utama ISK mencakup anatomi wanita yang memiliki uretra lebih pendek, aktivitas seksual, penggunaan alat kontrasepsi tertentu seperti diafragma, dan kondisi medis yang mempengaruhi aliran urin atau sistem kekebalan tubuh, seperti diabetes dan pembesaran prostat pada pria. Selain itu, pasien di rumah sakit dengan penggunaan kateter urin jangka panjang memiliki risiko tinggi terkena ISK nosokomial. Studi terbaru juga menunjukkan bahwa pola musiman mempengaruhi insidensi ISK, dengan peningkatan kasus yang signifikan selama bulan-bulan musim panas (Hariati dan Tarigan, 2019).

3. Patogenesis ISK (Infeksi Saluran Kemih)

Bakteri *Proteus*, terutama *Proteus mirabilis*, adalah salah satu patogen penyebab Infeksi Saluran Kemih (ISK) yang signifikan.

Patogenesis ISK oleh *Proteus mirabilis* dimulai dengan kolonisasi uretra dan migrasi bakteri ke kandung kemih. *Proteus mirabilis* memiliki kemampuan motilitas yang tinggi berkat *flagel* yang banyak, yang memungkinkannya bergerak naik melalui saluran kemih dengan efisiensi tinggi. Selain itu, *Proteus mirabilis* mampu menghasilkan enzim urease, yang menghidrolisis urea menjadi amonia dan karbon dioksida, menciptakan lingkungan yang lebih basa di saluran kemih. Peningkatan pH urin ini dapat mengganggu sistem pertahanan alami saluran kemih dan meningkatkan risiko pembentukan batu struvit, yang selanjutnya dapat memicu infeksi berulang dan komplikasi (Hastuti dan Ms. N, 2016).

Proteus mirabilis dikenal karena kemampuannya membentuk *biofilm*, yaitu komunitas mikroba yang terstruktur yang melekat pada permukaan dan dilindungi oleh matriks ekstraseluler. *Biofilm* ini membuat bakteri lebih tahan terhadap respons imun tubuh dan pengobatan antibiotik. Pada kateter urin, *biofilm* dapat terbentuk dengan cepat, menyebabkan infeksi *kateter-associated urinary tract infection* (CAUTI). Enzim urease yang dihasilkan oleh *Proteus mirabilis* berperan penting dalam pembentukan batu ginjal yang terinfeksi, yang disebut calculi atau urolithiasis, dengan mengendapkan magnesium ammonium fosfat (struvite) dan kalsium karbonat apatite. Batu-batu ini tidak hanya menyulitkan pengobatan tetapi juga berfungsi sebagai reservoir bakteri yang terus-menerus memicu infeksi (Iliy dkk, 2020).

4. Pengobatan ISK (Infeksi saluran Kemih)

Pengobatan Infeksi Saluran Kemih (ISK) umumnya melibatkan penggunaan antibiotik untuk menghilangkan bakteri penyebab infeksi. Pilihan antibiotik bergantung pada faktor-faktor seperti jenis bakteri yang terlibat, keparahan infeksi, dan riwayat pengobatan antibiotik sebelumnya. Pada ISK yang tidak rumit, seperti sistitis ringan, antibiotik oral seperti *trimethoprim-sulfamethoxazole*, *nitrofurantoin*, atau *fosfomycin* sering digunakan sebagai terapi pertama. Penting untuk

menyesuaikan antibiotik berdasarkan hasil tes sensitivitas bakteri untuk memastikan efektivitasnya dan menghindari resistensi antibiotik yang lebih lanjut. Durasi pengobatan biasanya berkisar antara 3 hingga 7 hari, tetapi bisa lebih lama tergantung pada keparahan infeksi dan respons pasien terhadap terapi (Harahap, 2019).

B. Tinjauan Umum Tentang Bakteri *Proteus mirabilis*

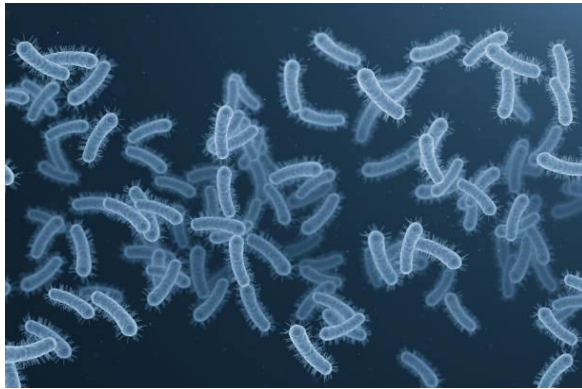
1. Pengertian Bakteri *Proteus mirabilis*

Proteus mirabilis adalah bakteri anaerob fakultatif gram negatif yang mampu mengerumuni dan memanjang serta mengeluarkan polisakarida. Dengan sifat ini, mereka dapat menempel dan bergerak di sepanjang permukaan seperti saluran infus, kateter, dan peralatan medis lainnya (Khairani, 2019).

Bakteri ini, yang merupakan anggota keluarga *Enterobacteriaceae*, memiliki karakteristik gram negatif dan kemampuan fermentasi maltosa, namun tidak mampu memfermentasi laktosa. *Proteus mirabilis* juga memiliki flagella yang mendukung motilitas berkerumun dan memungkinkan pergerakan serta pengeluaran polisakarida saat berinteraksi dengan permukaan, yang memfasilitasi kolonisasi dan pergerakan di sepanjang permukaan. Flagella *Proteus mirabilis* juga terkait dengan kemampuannya membentuk *biofilm* dan diyakini berkontribusi pada resistensi terhadap tuan rumah dan beberapa antibiotik tertentu (Foris, 2018).

Proteus mirabilis umumnya masih responsif terhadap sebagian besar antibiotik, kecuali tetrasiklin dan nitrofuranton. Meskipun demikian, sekitar 10-20% *Proteus mirabilis* telah menunjukkan resistensi terhadap ampisilin generasi pertama, *trimethoprim*, *ciprofloxacin*, dan *cephalosporin*. Jika terjadi pembentukan batu, tindakan bedah mungkin diperlukan. Upaya pencegahan infeksi saluran kemih dan kontaminasi peralatan medis melibatkan pemeliharaan sanitasi dan kebersihan yang baik, termasuk proses sterilisasi yang efektif (Soedarto, 2016).

2. Klasifikasi *Proteus mirabilis*



Gambar 1. Koloni Bakteri *Proteus mirabilis*
(Sumber ; Dennis, 2018)

Berikut klasifikasi *Proteus mirabilis* Menurut Kurniawan (2018) sebagai berikut :

Kingdom	: <i>Bacteria</i>
Phylum	: <i>Proteobacteria</i>
Class	: <i>Gamma proteobacteria</i>
Ordo	: <i>Enterobacteriales</i>
Family	: <i>Enterobacriaceae</i>
Genus	: <i>Proteus</i>
Spesies	: <i>Proteus mirabilis</i>

3. Morfologi *Proteus mirabilis*

Setelah mengalami pertumbuhan selama 24-48 jam pada media padat, sebagian besar sel menunjukkan karakteristik berbentuk tongkat dengan panjang sekitar 1-3 μm dan lebar antara 0,4-0,6 μm . Meskipun secara umum berbentuk batang pendek dan gemuk, beberapa sel dapat menunjukkan varian bentuk. Pada kultur muda yang terbentuk dalam media padat, sebagian besar sel cenderung menjadi lebih panjang, bengkok, dan bersifat filamen, mencapai panjang 10, 20, bahkan hingga 80 μm . Namun, dalam kultur dewasa, tidak ada pengaturan karakteristik yang dapat diidentifikasi, dan sel dapat terdistribusi secara tunggal, berpasangan, atau membentuk rantai pendek (Qurrotuaini dkk, 2022).

Dalam kondisi kultur muda yang membentuk kelompok, sel-sel filamen cenderung membentang dan tersusun secara konsentris seperti isobar dalam diagram angin puyuh. Keberadaan flagella menjadi relevan, dimana kecuali untuk varian tanpa flagella dan flagella yang tidak berfungsi, seluruh jenis kultur muda aktif bergerak dengan menggunakan flagella periti. Flagella tersebut menunjukkan variasi bentuk yang lebih banyak dibandingkan dengan banyak *enterobakter* lainnya, dan bentuk normal serta bentuk gelombang kadang-kadang dapat ditemukan bersamaan dalam satu organisme atau bahkan dalam satu flagella yang sama. Bentuk flagella ini juga dipengaruhi oleh pH media (Qurrotuaini dkk, 2022).

4. Patogenesis *Proteus mirabilis*

Bakteri *Proteus mirabilis* dapat menyebabkan berbagai jenis infeksi, terutama di saluran kemih. Beberapa penyakit yang dapat diakibatkan oleh bakteri ini melibatkan infeksi pada sistem kemih manusia. Berikut adalah beberapa contoh penyakit yang dapat disebabkan oleh *Proteus mirabilis*:

a. Infeksi Saluran Kemih (ISK)

Proteus mirabilis sering menjadi penyebab infeksi saluran kemih, seperti sistitis (infeksi kandung kemih) dan pielonefritis (infeksi ginjal). Manifestasi infeksi ini dapat mencakup gejala seperti nyeri selama buang air kecil, peningkatan frekuensi buang air kecil, nyeri panggul, dan demam (Armbruster, 2018).

b. Batuan Ginjal (Urolithiasis)

Proteus mirabilis menghasilkan urease, suatu enzim yang dapat meningkatkan tingkat pH dalam urine dan menginduksi pembentukan batu ginjal. Keberadaan batu ginjal tersebut bisa memicu gejala seperti nyeri di daerah pinggang, adanya darah dalam urine, dan terjadinya infeksi berulang (Armbruster, 2018).

c. Infeksi Darah (Bakteremia)

Proteus mirabilis bisa menyebabkan bakteremia, yakni infeksi darah, dalam situasi tertentu, terutama jika infeksi saluran kemih tidak diatasi atau jika bakteri menyebar ke dalam sirkulasi darah (Armbruster, 2018).

d. Infeksi Luka atau Abses

Proteus mirabilis juga mampu menyebabkan infeksi pada luka atau abses, terutama pada individu yang sistem kekebalannya lemah (Coker dkk, 2000).

Selain itu, *Proteus mirabilis* memiliki kemampuan membentuk biofilm pada kateter urin yang baru dimasukkan, yang dapat dengan cepat mengkontaminasi permukaan kateter. Faktor-faktor permukaan seperti pili dan adhesin tampaknya memainkan peran kunci dalam proses ini. Enzim urease yang dihasilkan juga turut berperan signifikan dalam proses tersebut (Coker dkk, 2000).

Pelepasan amonia oleh bakteri meningkatkan pH urin, menyebabkan pengendapan senyawa anion polivalen dan kation yang larut dalam urin. Dampaknya adalah terjadinya urolitiasis dengan pembentukan batu struvite ($MgNH_3PO_4$) atau batu apatit ($CaPO_4$). Kristal-kristal ini dapat terbentuk di dalam lumen kateter, menghambat aliran urin, dan memerlukan pelepasan dan penggantian kateter. Selain itu, batu dapat terbentuk di tubulus dan panggul ginjal, menyebabkan peradangan dan seringkali memerlukan tindakan operasi pengangkatan. *Proteus mirabilis* juga memiliki kemampuan menyerang sel epitel kandung kemih dan menghasilkan berbagai sitotoksin yang merusak epitel, mengakibatkan lesi jaringan yang signifikan (Coker dkk, 2000).

C. Tinjauan Umum Tentang Daun Bidara (*Ziziphus mauritiana lam*)

1. Pengertian Tanaman Daun Bidara (*Ziziphus mauritiana lam*)

Bidara berasal dari wilayah selatan Asia dan Utara Afrika, dengan penyebaran tumbuh mulai dari kawasan tropika Afrika hingga mencakup sejumlah negara seperti Algeria, Tunisia, Libya, Mesir, Uganda, dan Kenya di benua Afrika. Di wilayah Asia, daun bidara dapat ditemui di Afghanistan, Pakistan, India Utara, Nepal, Bangladesh, bagian selatan China, Vietnam, Thailand, Malaysia, Indonesia, hingga Australia (Wahyuni dkk 2024). Kemudian, tumbuhan ini juga menyebar ke kawasan Pasifik dan tempat-tempat lainnya. Daun Bidara merupakan penghasil buah yang tumbuh di wilayah Afrika Utara, kawasan tropis Afrika, dan Asia Barat, termasuk tumbuh di Israel di lembah-lembah dengan ketinggian hingga 500 meter. Secara khusus, di Indonesia, tanaman ini banyak tumbuh di Sumbawa, Nusa Tenggara Barat (Sari, 2018).

Asal-usul tanaman ini terletak di Timur Tengah dan telah menyebar luas di wilayah Tropika dan sub-Tropika, termasuk Asia Tenggara. Meskipun tanaman ini dapat beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan, namun ia lebih cenderung tumbuh optimal di lingkungan yang lebih hangat, dengan curah hujan berkisar antara 125 mm hingga lebih dari 2000 mm. Untuk mencapai pertumbuhan yang optimal, tanaman ini memerlukan suhu maksimum berkisar antara 37- 48°C, dan suhu minimum sekitar 7-13° C. Secara umum, tanaman ini sering ditemukan di daerah dengan ketinggian 0-1000 m (Sari, 2018).

Tanaman Bidara (*Ziziphus mauritiana lam*) mengandung senyawa fenolat dan flavonoid yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh kita. Senyawa fenolat adalah jenis senyawa yang memiliki cincin aromatik dengan satu atau lebih gugus hidroksi (Marfu'ah dkk, 2019).

2. Klasifikasi Tanaman Daun Bidara (*Ziziphus mauritiana lam*)



Gambar 2. Daun Bidara (*Ziziphus mauritiana lam*)
(Sumber; Fanani, 2020)

Berikut klasifikasi Tanaman Daun Bidara (*Ziziphus mauritiana lam*) Menurut Siti Hadijanah (2018) sebagai berikut :

Regnum	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Ordo	: <i>Rhamnales</i>
Famili	: <i>Rhamnaceae</i>
Genus	: <i>Ziziphus</i>
Spesies	: <i>Ziziphus mauritiana lam</i>

3. Morfologi Tanaman Daun Bidara (*Ziziphus mauritiana lam*)

Tanaman Bidara (*Ziziphus mauritiana lam*) dapat berupa semak atau pohon berduri yang mencapai ketinggian hingga 15 m dengan diameter batang mencapai 40 cm atau lebih. Kulit batangnya berwarna abu-abu gelap atau hitam, dengan tekstur yang pecah-pecah secara tidak beraturan. Daunnya bersifat tunggal dan berselang-seling, memiliki panjang sekitar 4-6 cm dan lebar antara 2,5 hingga 4,5 cm. Tangkai daunnya berbulu, dan pada pinggirannya terdapat gigi yang sangat halus. Buahnya berbiji tunggal, berbentuk bulat hingga bulat telur dengan ukuran sekitar 6x4 cm. Kulit buahnya bisa halus atau kasar, berkilap, dan memiliki warna mulai dari kekuningan hingga kemerahan atau kehitaman. Daging buahnya berwarna putih, renyah, dan memiliki

rasa yang agak asam hingga manis (Karliana, 2018).

Akar tanaman Bidara (*Ziziphus mauritiana lam*) umumnya bersifat serabut. Akar merupakan organ multiseluler yang berfungsi mengikat tumbuhan berpembuluh ke tanah, menyerap mineral dan air, dan seringkali menyimpan karbohidrat. Akar serabut ini terdiri dari kumpulan akar yang umumnya ramping dan menyebar di bawah permukaan tanah, tanpa adanya akar tunggang yang berperan sebagai akar utama. Sistem perakaran ini tidak menembus terlalu dalam ke dalam tanah, sehingga tanaman dapat beradaptasi dengan baik pada tanah yang dangkal (Siti Hadijannah, 2018).

Batang tanaman Bidara (*Ziziphus mauritina lam*) memiliki bentuk bulat dan berstruktur kayu. Meskipun daun pada sebagian besar tumbuhan berpembuluh adalah organ utama dalam proses fotosintesis, batang yang berwarna hijau juga dapat melakukan fotosintesis. Bentuk daun bervariasi, namun umumnya terdiri dari satu helai daun pipih dan satu batang yang menghubungkan daun ke batang pada satu buku. Daun tanaman bidara memiliki bentuk majemuk karena helaian daun terdiri dari banyak helai daun, dan tidak ada tunas ketiak daun pada pangkal daun. Daun Bidara (*Ziziphus mauritina lam*) berbentuk bulat, dengan tepi daun yang rata, melengkung, dan letak tulang daun yang berseling. Bunga merupakan alat reproduksi pada tumbuhan. Kuncup reproduksi bunga, yang merupakan sporofit angiospermae, umumnya terdiri dari empat lingkaran daun termodifikasi yang dipisahkan oleh ruas pendek (Ashri, 2016).

Bunga juga berfungsi sebagai tunas-tunas determinat. Organ-organ bunga, seperti sepal, petal, stamen, dan karpel, melekat pada bagian batang yang disebut reseptakel. Stamen terdiri dari sebatang tangkai yang disebut filamen, serta struktur terminal yang disebut anter. Pada tanaman Bidara (*Ziziphus mauritina lam*), bunga tumbuh di ketiak daun dan memiliki bentuk seperti payung menggarpu. Jenis bunga ini termasuk dalam kategori bunga tunggal (Muhammad, 2022).

Buah adalah hasil perkembangan dari ovul dalam ovarium bunga yang telah berkembang, berfungsi melindungi biji yang tersembunyi, dan ketika mencapai kematangan, membantu penyebarannya melalui angin atau oleh hewan. Fertilisasi memicu perubahan hormon yang menyebabkan ovarium mulai bertransformasi menjadi buah. Buah pada tanaman Bidara (*Ziziphus mauritiana lam*) termasuk dalam kategori buah tunggal atau buah sejati (Muhammad, 2022).

Tanaman Bidara (*Ziziphus mauritiana lam*) tumbuh subur di tanah yang subur dan dapat ditanam baik di dataran rendah maupun dataran tinggi. Sebagai anggota keluarga *Rhamnaceae*, Bidara termasuk dalam kategori tanaman lengkap. Bidara dikenal sebagai tumbuhan yang kuat, mampu menghadapi suhu ekstrem, dan memiliki kemampuan untuk bertahan hidup di lingkungan yang agak kering (Sih Wahyuni, 2020).

4. Kandungan Tanaman Daun Bidara (*Ziziphus mauritiana Lam*)

Tanaman bidara merupakan tanaman yang memiliki banyak khasiat dan sudah digunakan untuk obat herbal di beberapa negara dan telah diteliti secara klinis kandungan yang terdapat didalamnya seperti kandungan senyawa alkaloid, saponin, flavanoid, terpenoid serta aktifitas antioksidan yang paling baik pada daunnya (Kusriani dkk, 2015).

a. Alkaloid

Alkaloid adalah kelompok senyawa metabolit sekunder yang paling melimpah yang mengandung atom nitrogen, dan senyawa ini ditemukan dalam jaringan tumbuhan dan hewan. Sebagian besar alkaloid berasal dari tumbuhan. Alkaloid dapat dijumpai pada berbagai bagian tanaman, termasuk bunga, biji, daun, ranting, akar, dan kulit batang. Alkaloid memiliki sifat antimikroba yang telah terbukti, yang berarti mereka dapat mempengaruhi pertumbuhan atau bahkan menyebabkan kematian bakteri (Aini, 2016).

b. Terpenoid

Terpenoid seringkali ditemukan dalam dunia tumbuhan, terutama dalam minyak atsiri dan resin. Minyak atsiri, yang sering memberikan aroma khas pada tumbuhan, mengandung berbagai jenis terpenoid. Terpenoid juga memainkan peran penting dalam melindungi tumbuhan dari serangan hama dan patogen. Senyawa terpenoid memiliki berbagai fungsi biologis, termasuk sebagai senyawa antioksidan, antimikroba, antiinflamasi, dan sebagai senyawa penyumbang aroma atau rasa pada tumbuhan. Contoh terpenoid meliputi mentol, limonene, dan pinene, yang sering ditemukan dalam minyak esensial tumbuhan (Karlina, 2018).

c. Flavonoid

Flavonoid merupakan kelompok senyawa yang tersebar luas di alam. Sampai saat ini, telah dilaporkan lebih dari 9000 jenis flavonoid, dan kebutuhan harian untuk flavonoid berkisar antara 20 mg hingga 500 mg. Senyawa ini umumnya ditemukan pada tanaman dan berperan dalam pembentukan pigmen berwarna kuning, merah, oranye, biru, dan ungu pada buah, bunga, dan daun. Flavonoid termasuk dalam kategori polifenol yang larut dalam air (Arifin dan Ibrahim, 2018).

Sebagai senyawa metabolit sekunder dari kelompok polifenol, flavonoid menyebar secara luas dalam berbagai tanaman dan makanan. Senyawa ini menunjukkan berbagai efek bioaktif, termasuk sifat antivirus, antiinflamasi (Qinghu Wang dkk, 2016), kardioprotektif, antidiabetes, antikanker (Marzouk, 2016), anti-penuaan, antioksidan (Vanessa dkk, 2014), dan berbagai efek lainnya. Struktur flavonoid mencakup rangkaian karbon dengan dua gugus C₆ (cincin benzena tersubstitusi) yang terhubung oleh rantai alifatik tiga karbon (Tiang-Yang dkk, 2018).

d. Saponin

Saponin merupakan senyawa kimia yang biasanya ditemukan dalam tumbuhan dan beberapa organisme laut. Senyawa ini memiliki sifat surfaktan, yang berarti mereka mampu menghasilkan busa dan memiliki kemampuan untuk membentuk emulsi air-lemak. Asal nama "saponin" berasal dari bahasa Latin, yakni "sapo," yang berarti sabun, karena saponin memiliki karakteristik yang mirip dengan sabun (Bintoro dkk, 2018).

Beberapa tanaman yang mengandung saponin sering digunakan dalam praktik pengobatan herbal atau pembuatan kosmetika karena sifat-sifatnya. Meskipun demikian, saponin juga dapat memiliki efek toksik pada beberapa organisme dan berfungsi sebagai deterjen yang dapat mengganggu membran sel. Beberapa tanaman yang mengandung saponin meliputi quillaja, yucca, dan ginseng (Jannah, 2018).

e. Tanin

Tanin merupakan senyawa yang berasal dari tumbuhan dan memiliki kemampuan untuk mencegah infeksi bakteri dalam tubuh manusia dengan mengikat protein serta menghambat pertumbuhan bakteri. Sejak lama, tanin digunakan sebagai obat cepat untuk kondisi seperti diare, disentri, perdarahan, dan bahkan untuk mereduksi ukuran tumor. Selain itu, senyawa ini juga dapat mengurangi penyerapan makanan (Galuh, 2017).

f. Fenolat

Fenolat adalah senyawa pereduksi yang memiliki kemampuan untuk menghambat banyak reaksi oksidasi. Kemampuan fenolat sebagai antioksidan terletak pada kemampuannya mentransfer elektron kepada senyawa radikal bebas. Meskipun tubuh manusia secara alami memiliki sistem antioksidan untuk melawan reaktivitas radikal bebas, tetapi jika jumlah radikal

bebas dalam tubuh berlebihan, diperlukan tambahan antioksidan yang dapat diperoleh dari asupan makanan, seperti vitamin C, vitamin E, flavonoid, dan karoten (Kumara, 2021).

Tanaman bidara memiliki kandungan fenolat yang memiliki berbagai manfaat, seperti sebagai antioksidan, antiinflamasi, antimikroba, antifungi, dan penghambat pertumbuhan tumor. Kandungan fenolat dalam bidara bersifat kaya akan manfaat. Fenolat adalah senyawa dengan ciri khas berupa cincin aromatik yang mengandung satu atau lebih gugus hidroksi, dan senyawa ini umumnya berasal dari tumbuhan (Hanifah, 2019).

D. Tinjauan Umum Tentang Uji Daya Hambat Antibakteri

1. Pengertian Uji Daya Hambat

Uji daya hambat merujuk pada evaluasi terhadap kemampuan suatu antibakteri dalam menghambat bakteri penyebab penyakit. Hal ini membantu mengidentifikasi apakah bakteri tersebut mungkin menunjukkan resistensi terhadap antibakteri tertentu atau sebaliknya. Uji ini berguna dalam pemilihan potensial antibakteri yang dapat digunakan dalam pengobatan, dengan mengukur kemampuannya untuk menghambat pertumbuhan bakteri secara *in vitro* (Soleha, 2015).

2. Metode Uji Daya Hambat

Uji daya hambat antibakteri adalah diperolehnya suatu sistem pengobatan yang efektif dan efisien. Pengujian terhadap aktivitas antibakteri dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu (Torar, 2015) :

a. Difusi Agar

Media yang dipakai adalah *Agar Mueller Hilton / Nutrien Agar*. Pada metode difusi ini ada beberapa cara, yaitu :

- 1) Metode *Kirby Bauer*, digunakan dengan mengambil beberapa koloni bakteri dari pertumbuhan selama 24 jam, kemudian

disuspensikan dalam 0,5 mL BHIB, dan diinkubasi selama 5-8 jam pada suhu 37°C. Setelah itu, suspensi tersebut diencerkan dengan aquadest steril hingga mencapai tingkat kekeruhan yang sesuai dengan konsentrasi standar bakteri sebanyak 108 CFU/mL (Torar, 2015). Kapas lidi steril dicelupkan ke dalam suspensi bakteri, kemudian ditekan pada dinding tabung hingga kapasnya tidak terlalu basah. Selanjutnya, kapas lidi dioleskan secara merata pada permukaan media agar. *Paper disc* yang mengandung antibakteri ditempatkan di atasnya, dan selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam.

Hasilnya diinterpretasikan dengan melihat Zona Radikal, yang merupakan daerah di sekitar *paper disc* di mana tidak ada pertumbuhan bakteri yang terdeteksi. Potensi antibakteri diukur dengan mengukur diameter dari zona radikal. Sementara itu, Zona Iradikal merupakan daerah sekitar paper disc di mana pertumbuhan bakteri terhambat oleh antibakteri, namun tidak sepenuhnya dihentikan (Torar, 2015).

- 2) Cara Metode Sumuran, digunakan dengan mengambil beberapa koloni bakteri dari pertumbuhan selama 24 jam pada media agar. Kemudian, koloni tersebut disuspensikan dalam 0,5 mL BHIB dan diinkubasi selama 5-8 jam pada suhu 37°C. Suspensi bakteri dilarutkan dengan aquadest steril hingga mencapai tingkat kekeruhan yang sesuai dengan standar konsentrasi bakteri sebanyak 108 CFU/mL. Kapas lidi steril dicelupkan ke dalam suspensi bakteri dan ditekan-tekan pada dinding tabung hingga kapasnya tidak terlalu basah. Selanjutnya, kapas lidi dioleskan secara merata pada permukaan media agar. Media agar dibuat sumuran, dan larutan antibakteri diteteskan di atasnya. Proses inkubasi dilakukan pada suhu 37°C selama 24 jam, dan hasilnya dibaca dengan metode yang sama seperti cara *Kirby Bauer* (Torar, 2015).

- 3) Metode *Pour Plate*, melibatkan suspensi 0,5 mL kultur murni bakteri dalam BHIB yang diinkubasi selama 5-8 jam pada suhu 37°C. Kemudian, suspensi tersebut dilarutkan dengan aquadest steril hingga mencapai tingkat kekeruhan yang sesuai dengan standar konsentrasi bakteri sebanyak 10⁸ CFU/mL. Satu mata ose digunakan untuk mengambil suspensi bakteri, yang kemudian dimasukkan ke dalam 4 mL Agar Base 1,5% pada suhu 50°C. Suspensi kuman homogen tersebut dituangkan pada media *Agar Mueller Hilton*, dan setelah sebentar menunggu sampai memadat, disc ditempatkan di atas media selama 15-20 jam pada suhu 37°C. Hasilnya dibaca sesuai dengan standar masing-masing antibakteri (Torar, 2015). Nilai zona hambat diukur dengan rumus :

$$\frac{(DV - DC) + (DH - DC)}{2}$$

Keterangan :

DV : Diameter Vertikal

DH : Diameter Horizontal

DC : Diameter Cakram

b. Dilusi Cair

Pada dasarnya, antibakteri diencerkan hingga mendapatkan beberapa konsentrasi yang berbeda. Pada dilusi cair, setiap konsentrasi obat ditambahkan ke suspensi kuman dalam media. Sementara pada dilusi padat, setiap konsentrasi obat dicampur dengan media agar, lalu bakteri ditanam.

Kadar Hambat Minimal (KHM) merujuk pada konsentrasi minimal dari suatu antimikroba yang menyebabkan terbentuknya zona bening di sekitar daerah paper disc pada konsentrasi rendah. Sedangkan KBM (Kadar Bunuh Minimal) adalah konsentrasi minimal yang dapat menghancurkan mikroorganisme yang diinokulasi kembali setelah dilakukan pengujian KHM (Kadar Hambat Minimal) (Fitriana dkk, 2020).

c. Dilusi Padat

Metode dilusi padat digunakan untuk mengukur Kadar Bunuh Minimal (KBM) suatu zat antimikroba. Proses metode dilusi padat melibatkan penanaman mikroorganisme uji pada media agar yang telah dicampur dengan agen antimikroba (Fitriana dkk, 2020).

3. Pengukuran Zona Hambat

Aktivitas antibakteri dianggap positif ketika terjadi pembentukan zona hambat yang jelas di sekitar cakram kertas. Diameter zona hambat diukur dengan menggunakan jangka sorong. Berdasarkan ukuran zona hambat yang terbentuk (Hasan, 2021), aktivitas antibakteri dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori, yaitu *resistent* (zona hambat ≤ 12 mm), *intermediate* (zona hambat antara 13-14 mm), dan *sensitif* (zona hambat ≥ 15 mm) (CLSI, 2021).

4. Media Pertumbuhan untuk Pengukuran Zona Hambat

Media pertumbuhan adalah materi yang terdiri dari campuran nutrisi atau zat makanan yang digunakan untuk mengkultur mikroorganisme, melibatkan berbagai proses seperti isolasi, peremajaan, perbanyakkan serta pengujian sifat fisiologis dan biokimia suatu mikroorganisme (Munawarrah, 2021). Beberapa syarat agar organisme dapat tumbuh dengan baik dalam suatu media meliputi:

- a. Mengandung nutrisi yang dapat dengan mudah digunakan oleh mikroorganisme.
- b. Memiliki tekanan osmosis, tegangan muka, dan pH yang sesuai.
- c. Tidak mengandung zat penghambat pertumbuhan mikroorganisme.
- d. Media harus bersifat steril.

Komposisi media melibatkan unsur-unsur seperti agar, peptone, ekstrak daging/tumbuhan, komponen selektif, komponen diferensial dan media buffer. Sifat-sifat media mencakup media dasar/umum, media diperkaya (enriched media), media diferensial/pembeda, media selektif, media penguji dan media untuk perhitungan sel (Munawarrah, 2021).

Adapun media yang digunakan pada penelitian ini ialah Media NA (*Nutrient Agar*) dan MHA (*Mueller Hinton Agar*).

a. Media NA (*Nutrient Agar*)

Media NA (*Nutrient Agar*) merupakan media padat yang mengandung komposisi agar sebesar 1,5% atau 15 gram. Nutrisi lain yang terkandung dalam media NA antara lain pepton 0,5%, *sodium chloride* 0,5%, *lab-lemco powder* 0,1%, dan *yeast extract* 0,2% (Rossita, 2017). Nutrient Agar digunakan secara luas dalam penelitian mikrobiologi, pengujian kualitas air dan makanan, serta sebagai dasar dalam uji sensitivitas antibiotik (Suprapti, 2020)

Media NA (*Nutrient Agar*) berbentuk serbuk berwarna putih kekuningan (Thohari, 2019). *Nutrient Agar* adalah suatu media yang berbentuk padat, merupakan perpaduan antara bahan alamiah dan senyawa- senyawa kimia. Berdasarkan kegunaannya media NA (*Nutrient Agar*) termasuk ke dalam jenis media universal, karena media ini merupakan media yang paling umum digunakan untuk pertumbuhan sebagian besar bakteri. Berdasarkan bentuknya media ini berbentuk padat, karena mengandung agar sebagai bahan pematatnya. Media padat biasanya digunakan untuk mengamati penampilan atau morfologi koloni bakteri (Munandar, 2016).

Media ini memiliki kelebihan berupa kemampuannya mendukung pertumbuhan berbagai jenis bakteri, baik gram positif maupun gram negatif, serta mudah disiapkan dengan harga yang relatif terjangkau. Namun, sebagai media non-selektif dan non-diferensial, NA tidak dapat digunakan untuk mengisolasi spesies spesifik dari campuran mikroorganisme atau membedakan mikroorganisme berdasarkan karakteristik metabolik tertentu. Selain itu, overgrowth dari mikroorganisme dominan dapat menghalangi pertumbuhan mikroorganisme yang lebih jarang, dan beberapa mikroorganisme yang membutuhkan nutrisi khusus mungkin tidak

tumbuh dengan baik pada media ini. Meskipun demikian, Nutrient Agar tetap menjadi pilihan utama untuk banyak aplikasi mikrobiologi dasar karena keserbagunaannya (Hafsan, 2014).

b. Media MHA (*Mueller Hinton Agar*)

Mueller-Hinton Agar (MHA) adalah media pertumbuhan yang banyak digunakan dalam mikrobiologi klinis, terutama untuk uji sensitivitas antibiotik (Syamsuddin, 2018). Media ini diformulasikan untuk memastikan hasil yang dapat diandalkan dan konsisten dalam pengujian antibiotik. Komposisi standar per liter air suling terdiri dari 17,5 gram beef infusion, 3 gram casein hydrolysate, 1,5 gram pati, dan 17 gram agar. Media ini memiliki pH sekitar 7.3 ± 0.1 pada suhu kamar. Starch dalam komposisi berperan dalam menyerap toksin yang dihasilkan oleh bakteri, sedangkan casein hydrolysate menyediakan sumber nitrogen dan vitamin yang penting untuk pertumbuhan bakteri (Nofita, 2020).

Mueller-Hinton Agar memiliki kegunaan utama dalam pengujian kepekaan antibiotik dengan metode difusi cakram (disk diffusion method) karena komposisinya yang mendukung difusi optimal dari antibiotik. Selain itu, MHA sering digunakan untuk kultur dan pemeliharaan berbagai jenis bakteri non-fastidious, serta untuk pengujian MIC (*minimum inhibitory concentration*). Media ini dianggap sebagai standar emas dalam pengujian antibiotik karena kemampuannya menghasilkan zona inhibisi yang jelas dan terukur, yang penting untuk menentukan efektivitas antibiotik terhadap bakteri tertentu (Riski, 2017).

Kelebihan *Mueller-Hinton Agar* terletak pada konsistensi dan keandalannya dalam uji sensitivitas antibiotik, menjadikannya pilihan utama di laboratorium klinis. Media ini juga mendukung pertumbuhan berbagai jenis bakteri, memudahkan pemantauan dan analisis. Namun, kekurangannya meliputi ketidakmampuannya untuk mendeteksi mikroorganisme yang membutuhkan nutrisi khusus atau

fastidious (Apriyani, 2020). Selain itu, MHA tidak mengandung komponen diferensial, sehingga tidak bisa digunakan untuk mengidentifikasi bakteri berdasarkan karakteristik metaboliknya. Meskipun demikian, dalam konteks pengujian antibiotik dan aplikasi klinis, *Mueller-Hinton Agar* tetap menjadi media yang sangat penting dan banyak digunakan (Oktaviani, 2020).

E. Tinjauan Umum Tentang Ekstraksi

1. Pengertian Ekstraksi

Ekstraksi merupakan suatu proses pengambilan komponen larut dari suatu bahan atau campuran dengan menggunakan pelarut seperti air, alkohol, eter, aseton, dan sebagainya. Pemilihan metode ekstraksi untuk memperoleh senyawa dari bahan alam sangat bergantung pada jenis sampel tumbuhan dan karakteristik senyawa yang diinginkan, khususnya sifat fisik senyawa tersebut, seperti apakah senyawa tersebut berwujud cairan yang mudah menguap atau tidak (Nurmawati, 2015).

2. Jenis-jenis Metode Ekstraksi

a. Cara Dingin

1) Maserasi

Teknik maserasi digunakan terutama ketika bahan tersebut mengandung senyawa organik metabolit sekunder dengan persentase yang cukup tinggi, dan terdapat pelarut yang mampu melarutkan senyawa-senyawa tersebut tanpa memerlukan pemanasan. Proses ini biasanya memerlukan waktu yang cukup lama, dan bisa menjadi sulit untuk menemukan pelarut organik yang secara efisien melarutkan senyawa organik dalam bahan tersebut. Meskipun demikian, jika struktur senyawa yang akan diisolasi sudah diketahui sebelumnya, metode perendaman ini tetap dapat dianggap sebagai metode yang praktis. Maserasi biasanya diterapkan pada bagian tumbuhan yang memiliki tekstur lunak, seperti bunga dan daun.

Selanjutnya, filtrat hasil perendaman disaring dan kemudian diuapkan menggunakan rotary evaporator hingga mendapatkan ekstrak kental dari tumbuhan (Nurmawati, 2015).

2) Perkolasi

Perkolasi adalah metode ekstraksi menggunakan pelarut yang selalu diganti hingga ekstraksi menjadi menyeluruh (exhaustive extraction), umumnya dilakukan pada suhu ruangan. Proses ini melibatkan langkah-langkah seperti penyiapan bahan, maserasi, perkolasi aktual (filtrasi/penampungan ekstrak) yang terus-menerus dilakukan hingga ekstrak perkolat mencapai volume 1-5 kali dari bahan awal (Ramadhan, 2015).

3) Sokletasi

Penarikan senyawa organik metabolit sekunder dari sampel padat bahan alam saat ini lebih umum dilakukan dengan metode sokletasi. Sokletasi adalah teknik ekstraksi yang digunakan pada sampel yang mengandung senyawa kimia yang dapat menahan panas. Prinsipnya melibatkan penggunaan pelarut yang mudah menguap dan mampu melarutkan senyawa organik dalam bahan alam tersebut. Metode sokletasi memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode lain karena memungkinkan penyarian yang dapat dilakukan beberapa kali, dan pelarut yang digunakan tidak habis selama proses (Nurmawati, 2015).

4) Distilasi uap

Distilasi uap khusus digunakan untuk senyawa yang dapat menguap bersama-sama dengan uap air. Secara prinsip, metode ini melibatkan dua teknik pemanasan, yaitu uap air yang dihasilkan sendiri atau bahan alam yang langsung dicampurkan dengan air dan dipanaskan. Untuk sampel dengan volume besar, seperti daun, lebih baik menggunakan metode distilasi uap yang terpisah (eksitu), sedangkan untuk sampel dengan volume kecil,

metode pencampuran bahan baku dan air (insitu) dapat digunakan (Nurmawati, 2015).

b. Cara Panas

1) Refluks

Ekstraksi menggunakan pelarut pada suhu mendekati titik didihnya, dengan durasi tertentu dan jumlah pelarut yang relatif konstan dengan penggunaan pendingin balik. Metode ekstraksi refluks umumnya diterapkan untuk mengekstraksi bahan-bahan yang dapat menahan pemanasan.

2) Soxhlet

Metode Soxhlet adalah teknik ekstraksi yang memanfaatkan pelarut yang secara berkelanjutan diganti, umumnya dilakukan dengan menggunakan perangkat khusus. Proses ini menghasilkan ekstraksi yang berlangsung secara kontinu dengan jumlah pelarut yang relatif tetap, dan dilengkapi dengan penggunaan pendingin balik.

3) Digesti

Digesti adalah proses maserasi yang melibatkan pengadukan kontinu pada suhu yang lebih tinggi daripada suhu ruangan, umumnya dilakukan pada suhu 40-50°C.

4) Infus

Infus merupakan metode ekstraksi menggunakan pelarut air pada suhu air mendidih, di mana bejana infus tenggelam dalam air mendidih dengan suhu yang terkontrol sekitar 96- 98oC selama periode waktu tertentu, biasanya sekitar 15-20 menit (Novitasari dan Jubaidah, 2018)

F. Tinjauan Umum Tentang Antibiotik

1. Pengertian Antibiotik

Antibiotik merupakan senyawa kimia yang digunakan untuk menghambat atau membunuh mikroorganisme, khususnya bakteri. Cara kerja antibiotik melibatkan gangguan terhadap proses vital dalam sel mikroorganisme target tanpa merusak sel manusia yang sehat. Oleh karena itu, antibiotik digunakan sebagai pengobatan untuk infeksi bakteri pada manusia dan hewan. Penting untuk dicatat bahwa antibiotik tidak efektif melawan infeksi yang disebabkan oleh virus, seperti flu atau pilek. Kegunaan antibiotik terbatas pada mikroorganisme hidup, terutama bakteri, dan tidak memiliki dampak terhadap virus (Utami dkk, 2023).

Antibiotik memiliki keuntungan dalam kemampuannya untuk mematikan atau menghambat pertumbuhan bakteri, sementara dampak negatifnya terhadap manusia relatif kecil. Senyawa turunan dan senyawa sintetis dengan sifat antibakteri juga termasuk dalam kelompok antibiotik ini (Utami dkk, 2023).

2. Antibiotik Aminoglikosida (*Gentamicin* - Bakteri Gram Negatif)

Aminoglikosida diproduksi oleh jenis *streptomyces* dan *micromonospora*. Semua senyawa dan turunan semi-sintetisnya memiliki dua atau tiga gula amino yang terikat secara glukosidis dalam molekulnya. Kehadiran gugusan amino membuat senyawa-senyawa ini bersifat basa lemah, dan garam sulfatnya yang digunakan dalam terapi mudah larut dalam air. Aminoglikosida memiliki spektrum kerja yang luas dan efektif terutama pada banyak bakteri Gram-negatif (Febrina, 2019).

Gentamicin umumnya memiliki aktivitas terhadap *Proteus mirabilis*, yang merupakan bakteri Gram negatif dan salah satu anggota dari kelompok *Enterobacteriaceae*. *Proteus mirabilis* adalah penyebab umum infeksi saluran kemih dan infeksi nosokomial lainnya. Sebagian besar strain *Proteus mirabilis* sensitif terhadap *gentamicin*, dan

gentamicin sering digunakan sebagai salah satu pilihan pengobatan untuk infeksi yang disebabkan oleh bakteri ini (Ananandita, 2021).

Gentamicin adalah antibiotik yang termasuk dalam golongan aminoglikosida dan umumnya digunakan untuk mengatasi infeksi bakteri gram negatif dengan cara menghambat sintesis protein bakteri (Almohawes, 2017). Beberapa penelitian telah melaporkan adanya efek nefrotoksik dan ototoksik dari *gentamicin*, namun efek hepatotoksiknya masih kurang diteliti (Galaly dkk, 2014). Berikut adalah beberapa hal penting yang perlu diketahui tentang *gentamicin*:

- a. Mekanisme Kerja: *Gentamicin* bekerja dengan menempel pada ribosom bakteri, tempat sintesis protein berlangsung. Dengan melibatkan proses ini, gentamisin menghambat pembentukan rantai peptida, yang esensial untuk fungsi normal bakteri.
- b. Penggunaan Klinis: *Gentamicin* sering digunakan untuk mengobati infeksi serius, terutama yang disebabkan oleh bakteri Gram-negatif aerob. Ini dapat termasuk infeksi saluran kemih, infeksi peritoneum, infeksi kulit, dan sejumlah infeksi lainnya.
- c. Pemberian: *Gentamicin* biasanya diberikan melalui suntikan intramuskular atau intravena. Pemberian oral tidak umum karena gentamisin biasanya tidak diserap dengan baik melalui saluran pencernaan.
- d. Efek Samping: Penggunaan *gentamicin* dapat menyebabkan efek samping, termasuk toksisitas pada ginjal dan telinga. Oleh karena itu, perlu pemantauan ketat selama pengobatan. Dosis yang tepat dan durasi pengobatan harus ditentukan oleh dokter.
- e. Resistensi: Seperti banyak antibiotik, resistensi terhadap *gentamicin* dapat berkembang, sehingga penting untuk menggunakan antibiotik ini sesuai petunjuk dokter dan menyelesaikan seluruh durasi pengobatan yang diresepkan (Musdalipah dkk, 2018).

G. Tinjauan Umum Tentang Aktivitas Antibakteri

1. Pengertian aktivitas Antibakteri

Aktivitas antibakteri mengacu pada kemampuan suatu substansi untuk menghambat atau membunuh pertumbuhan bakteri. Substansi-substansi yang menunjukkan aktivitas antibakteri disebut sebagai agen antibakteri atau antibiotik. Penilaian aktivitas antibakteri dapat dilakukan melalui berbagai metode, termasuk uji zona perambatan, uji konsentrasi hambat minimal (*Minimum Inhibitory Concentration* / MIC), dan uji konsentrasi membunuh minimal (*Minimum Bactericidal Concentration* / MBC) (Parvekar dkk, 2020).

2. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri

Berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri menurut Radji (2011), yaitu :

a. Suhu

Sebagian bakteri tumbuh hanya di dalam kisaran suhu pertumbuhan minimum dan maksimum. Bakteri tidak dapat tumbuh optimal diluar suhu tersebut.

- 1) Minimum, suhu terendah bakteri masih dapat tumbuh.
- 2) Optimum, suhu bakteri dapat tumbuh subur.
- 3) Maksimum, suhu tertinggi bakteri masih dapat tumbuh.

Dengan membuat grafik pertumbuhan pada kisaran suhu tertentu, kita dapat melihat pertumbuhan bakteri pada suhu optimum biasanya sangat tinggi. Hal ini terjadi karena suhu yang lebih tinggi akan menaktifkan system enzimatik di dalam sel bakteri.

b. pH

pH merujuk pada tingkat keasaman suatu larutan. Mayoritas bakteri dapat tumbuh subur pada rentang pH 6,5-7,5. Saat dibiakkan di laboratorium, bakteri sering menghasilkan asam, yang umumnya memengaruhi pertumbuhan bakteri tersebut. Untuk mengimbangi

efek asam dan menjaga pH, larutan yang mencakup campuran asam lemah dan basa konjugatnya, atau sebaliknya, dapat ditambahkan ke dalam media.

c. Tekanan Osmotik

Bakteri memperoleh nutrisi dari cairan di sekitarnya dan membutuhkan air untuk pertumbuhannya. Tekanan osmotik yang tidak terkontrol dapat menyebabkan keluarnya air dari dalam sel, dan sebagian besar bakteri memerlukan media pertumbuhan yang memiliki kandungan air. Sebagai contoh, konsentrasi agar pada media pertumbuhan bakteri dapat diatur pada 1,5%. Konsentrasi agar yang tinggi dapat meningkatkan tekanan osmotik, yang mungkin menghambat pertumbuhan beberapa jenis bakteri. Sebaliknya, jika tekanan osmotik rendah, air dapat masuk ke dalam sel bakteri melalui dinding sel.

d. Faktor Kimia

Selain air, unsur penting yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroorganisme adalah unsur kimia, antara lain karbon, nitrogen, sulfur, dan fosfor.

e. Oksigen

Mikroorganisme yang memanfaatkan oksigen menghasilkan lebih banyak energi dari nutrisi dibandingkan dengan mikroorganisme yang tidak menggunakan oksigen. Bakteri yang memerlukan oksigen untuk kelangsungan hidupnya dikenal sebagai bakteri aerob obligat.

f. Faktor Pertumbuhan Organik

Faktor pertumbuhan organik merujuk pada komponen organik yang sangat penting bagi bakteri karena tidak dapat diproduksi sendiri oleh mikroorganisme tersebut. Bakteri harus mendapatkan faktor pertumbuhan organik ini langsung dari lingkungan pertumbuhannya. Contoh pada manusia melibatkan

vitamin, yang sebagian besar berfungsi sebagai koenzim. Beberapa bakteri tidak memiliki enzim yang diperlukan untuk mensintesis beberapa jenis vitamin, dan dalam situasi ini, vitamin tersebut disebut sebagai faktor pertumbuhan organik tambahan yang diperlukan oleh bakteri, termasuk asam amino, purin, dan pirimidin.

3. Mekanisme Kerja Antibakteri

Mekanisme antibakteri merupakan peristiwa penghambatan bakteri oleh antibakteri (Lona, 2018). Antibiotik diklasifikasikan menjadi lima kelompok berdasarkan mekanisme kerjanya, yaitu:

- a. Pertama, antibiotik yang menghambat sintesis dinding sel. Antibiotik ini adalah antibiotik yang merusak lapisan peptidoglikan yang menyusun dinding sel bakteri Gram negatif maupun Gram positif, misalnya penisilin, sefalosporin, monobaktam, carbapenem, vankomisin.
- b. Kedua, antibiotik yang mengakibatkan kerusakan pada membran plasma. Gangguan atau kerusakan pada struktur membran plasma dapat menghambat atau merusak kemampuannya sebagai penghalang dan mengganggu sejumlah proses biosintesis yang diperlukan di dalam membran. Antibiotik ini tergolong dalam kelompok peptida dan dapat mengubah permeabilitas membran plasma bakteri, seperti yang ditemukan pada polimiksin B.
- c. Ketiga, antibiotik yang menghambat sintesis protein. Antibiotik jenis ini akan mempengaruhi fungsi subunit ribosom 30S atau 50S sehingga menyebabkan penghambatan sintesis protein yang reversibel. Contoh obat bakteriostatik ini adalah kloramfenikol.
- d. Keempat, antibiotik yang menghambat produksi asam nukleat (DNA/RNA). Penghambatan terhadap sintesis asam nukleat mencakup penekanan transkripsi dan replikasi mikroorganisme. Antibiotik yang termasuk dalam kelompok ini melibatkan kuinolon dan rifampisin.

- e. Kelima, antibiotik yang menghambat sintesis metabolit esensial. Dapat terjadi dengan adanya agen kompetitif seperti antimetabolit. Antimetabolit adalah substansi yang bersaing secara kompetitif dengan metabolit mikroorganisme karena memiliki struktur yang mirip dengan substansi normal. Contoh antibiotik dalam kelompok ini adalah trimethoprim dan sulfonamide (Fatwanda, 2017).