

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Infeksi Saluran Kemih

Infeksi Saluran Kemih (ISK) adalah suatu kondisi patologis umum, didefinisikan sebagai adanya mikroorganisme patogen pada suatu saluran kemih, yang mencakup uretra, kandung kemih, ureter, serta ginjal. Mikroorganisme tersebut menyebabkan munculnya gejala klinis. Selain itu, infeksi ini merupakan masalah kesehatan yang sering disebabkan oleh kebiasaan buruk, seperti kurangnya perhatian terhadap kebersihan pribadi, terutama pada sistem saluran kemih, yang dapat menjadi faktor risiko untuk ISK (Rajagukguk, Siahaan & Aritonang, 2024).

1. Epidemiologi Infeksi Saluran Kemih

Infeksi Saluran Kemih (ISK) adalah jenis infeksi bakteri yang umum dialami baik masyarakat umum atau pada fasilitas kesehatan, dan memiliki dampak signifikan terhadap kesehatan global. Dari perspektif epidemiologi, insiden ISK telah meningkat secara konsisten setiap tahun. Berdasarkan laporan dari *Global Burden of Disease* mengungkapkan bahwa antara tahun 1990 dan 2021, jumlah kasus ISK meningkat sebesar 66,45%, mencapai sekitar 4,49 miliar kasus di seluruh dunia, dengan tingkat insidensi standar sebesar 5.531,88 per 100.000 penduduk (Tang *et al.*, 2025).

Secara anatomis, wanita memiliki kerentanan yang lebih tinggi terhadap ISK disebabkan memiliki uretra yang lebih pendek. Akibatnya, mampu memudahkan bakteri untuk berpindah dari perineum ke kandung kemih. Sementara pada pria, risiko ISK meningkat seiring bertambahnya usia dan faktor-faktor seperti pembesaran prostat, diabetes mellitus, atau pemasangan kateter urin (Hu *et al.*, 2025).

2. Patogenesis Infeksi Saluran Kemih

Infeksi saluran kemih muncul sebagai akibat proses kompleks dengan melibatkan berbagai faktor terkait dengan inang, lingkungan, dan virulensi bakteri. Menurut beberapa studi, kondisi ini diyakini disebabkan oleh dua mekanisme utama, meliputi rute *ascending* dan

rute hematogenik. Selain itu, penyebab infeksi yang paling umum adalah rute *ascending*, yang dipicu flora *Escherichia coli* pada feses (Yanis *et al.*, 2022).

Bakteri ini berasal dari feses dan menyebar ke saluran kemih bawah dengan melewati perineum, vagina, dan daerah periuretra. Setelah mencapai kandung kemih, mikroorganisme tersebut mampu menempel pada permukaan serta dapat melakukan interaksi dengan suatu sistem pertahanan epitel organ tersebut. Proses kolonisasi ini dimungkinkan oleh kemampuan bakteri mengekspresikan beberapa faktor virulensi, termasuk toksin, LPS, adhesin, siderofir, serta flagela (Kohar, Krisandi & Prayoga, 2021).

3. Gejala Infeksi Saluran Kemih

Terdapat dua jenis infeksi yang terjadi pada saluran kemih, yaitu pielonefritis yang merupakan ISK bagian atas, dan sistitis yang merupakan ISK bagian bawah. Gejala paling umum dari infeksi saluran kemih bawah meliputi urgensi berkemih, disuria (nyeri saat berkemih), poliuria (frekuensi berkemih yang meningkat), nyeri di atas tulang panggul, serta urine keruh atau memiliki bau yang tidak sedap. Disamping itu, pasien dengan pielonefritis atau ISK bagian atas biasanya mengalami demam tinggi, nyeri punggung bawah atau sudut kostovertebral, mual, muntah, dan kadang-kadang gejala sistemik seperti menggigil dan kelelahan (Dickson, Zhou & Lehmann, 2024).

B. Bakteri Penyebab Infeksi Saluran Kemih

1. *Escherichia coli*

Escherichia coli adalah bakteri *coliform* yang dapat hidup di sistem pencernaan dan merupakan anggota keluarga *Enterobacteriaceae*. Bakteri dengan bentuk batang ini memiliki sifat anaerob fakultatif, gram negatif, serta tidak menghasilkan suatu spora (Abdeani, 2023). *E. coli* dapat memfermentasi laktosa dan tumbuh optimal pada medium *Mac Conkey Agar* (MCA), menghasilkan koloni bulat, cembung, halus dengan tepi yang jelas. Selain menyebabkan diare dan disentri, *E. coli*

juga dapat menyebabkan infeksi pada luar usus, seperti halnya pneumonia, bakteremia, peritonitis, serta ISK (Octifani *et al.*, 2024).

a. Morfologi

Bakteri *Escherichia coli* dengan bentuk batang serta gram negatif yang memiliki ukuran kurang lebih $0,4\text{--}0,7\ \mu\text{m} \times 1,4\ \mu\text{m}$. Bakteri tersebut memiliki sifat motil atau non-motil dengan menggunakan bantuan flagela, diklasifikasikan sebagai anaerob fakultatif, dan tidak menghasilkan spora. Selain itu, beberapa strain bakteri ini memiliki kapsul (Octifani *et al.*, 2024).



Gambar 2. 1 Hasil pewarnaan gram bakteri *Escherichia coli* yang diamati dibawah mikroskop dengan perbesaran 100x (Octifani *et al.*, 2024)

b. Karakteristik pada Media Pertumbuhan

E. coli adalah bakteri anaerob fakultatif yang dapat tumbuh dalam kondisi aerob maupun anaerob, dengan rentang suhu $10\text{--}40^{\circ}\text{C}$, suhu optimal $37,5^{\circ}\text{C}$, serta pH ideal 7,2. Pada media MCA, membentuk koloni merah/merah muda non-mukoid, sedangkan pada EMBA menghasilkan koloni hijau metalik. Uji biokimia IMViC memperlihatkan perolehan hasil Indol (+), MR (+), VP (–), serta Citrat (–) (Alfi Sapitri & Intan Afrinasari, 2019).



Gambar 2. 2 Koloni bakteri *Escherichia coli* pada media EMBA (Cahyaningtyas, Cynthia & Elisabet, 2024)

2. *Klebsiella pneumoniae*

Klebsiella pneumoniae merupakan bagian dari genus *Klebsiella* dalam famili *Enterobacteriaceae*, yang berfungsi sebagai flora normal pada saluran pencernaan. Dalam tubuh manusia, genus *Klebsiella* bertanggung jawab atas penyebab pneumonia, dan juga memicu infeksi saluran kemih (Octifani *et al.*, 2024).

a. Morfologi

Klebsiella pneumoniae merupakan suatu bakteri gram negatif dengan bentuknya berupa batang pendek, yang memiliki ukuran 0,5 x 1,2 μm . Terdapat kapsul pada bakteri tersebut, namun tidak mampu untuk membentuk suatu spora. Selain itu, *Klebsiella pneumoniae* tidak mampu untuk melakukan pergerakan karena tidak memiliki flagela, namun dapat memfermentasi karbohidrat untuk menghasilkan asam serta gas (Tika & Agung, 2017).

b. Karakteristik pada Media Pertumbuhan

Klebsiella pneumoniae tumbuh optimal pada *Nutrient Agar* (NA), *Blood Agar* (BA), serta *Mac Conkey Agar* (MCA). Pada MCA, bakteri ini membentuk koloni berwarna merah muda karena mampu memfermentasi laktosa, sedangkan pada BA koloni tampak besar, berlendir, dan tidak hemolitik menunjukkan bahwa bakteri ini tidak memiliki kemampuan untuk menghancurkan sel darah merah (Octifani *et al.*, 2024). Uji biokimia menunjukkan hasil indol (–), MR (–), VP (+), dan sitrat (+) (Labunda, Fatayati & Slamet, 2024).



Gambar 2.3 Koloni bakteri *Klebsiella pneumoniae* pada media MCA (Widyawati *et al.*, 2024)

3. *Pseudomonas aeruginosa*

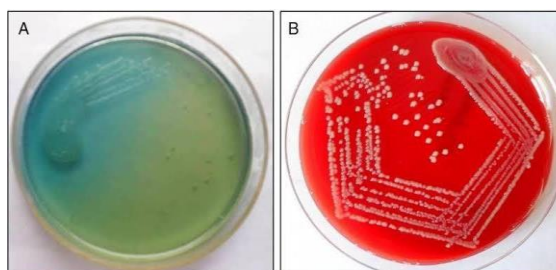
Pseudomonas aeruginosa merupakan jenis mikroorganisme yang dapat menimbulkan beraneka ragam infeksi pada orang dengan daya tahan tubuh yang baik maupun lemah. *Pseudomonas aeruginosa* tergolong dalam keluarga *Pseudomonadaceae*. Bakteri ini cenderung menyerang individu dengan imunitas yang rendah, memiliki kemampuan beradaptasi yang tinggi dan resisten terhadap antibiotik (Umarudin *et al.*, 2023).

a. Morfologi

Pseudomonas aeruginosa diklasifikasikan sebagai bakteri yang memiliki bentung batang, gram negatif yang tidak menghasilkan spora, berukuran $0,6 \times 2 \mu\text{m}$, tidak memiliki lapisan kapsul, dan mampu bergerak secara aktif dengan bantuan flagela polar atau *lophotrichous* (Octifani *et al.*, 2024).

b. Karakteristik pada Media Pertumbuhan

Pseudomonas aeruginosa adalah bakteri aerobik yang tidak memecah gula dan menunjukkan reaksi positif terhadap katalase dan oksidase. Identifikasi dilakukan melalui pengujian biokimia serta kemampuannya untuk dapat bertumbuh pada suhu 42°C . Dalam uji biokimia, bakteri tersebut tidak melakukan fermentasi karbohidrat, dengan hasil negatif pada pengujian indol, *Methyl Red*, dan *Voges Proskauer*, serta hasil pengujian sitrat positif (Octifani *et al.*, 2024).



Gambar 2. 4 (a) Koloni bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada media NA (b) Koloni *Pseudomonas aeruginosa* pada media BAP (Rath, Das & Padhy, 2017)

4. *Enterococcus faecalis*

Enterococcus faecalis termasuk genus *Enterococcus* dan dapat menimbulkan berbagai infeksi, seperti ISK, infeksi neonatus dan luka, serta endokarditis dan meningitis. Bakteri ini menjadi penyebab nosokomial terbanyak kedua setelah *Streptococcus* dan memiliki resistensi tinggi terhadap berbagai antibiotik (Komiyama *et al.*, 2016)

a. Morfologi

Enterococcus faecalis merupakan mikroorganisme gram positif berbentuk bulat (*coccus*) dan bersifat anaerob fakultatif, fermentatif, tidak dapat membentuk spora dan tidak memiliki flagela. Bakteri ini berbentuk oval dan dapat ditemukan secara tunggal, berpasangan, atau dalam rantai pendek, dengan ukuran berkisar antara 0,6 - 2,0 μm (Komiyama *et al.*, 2016).

b. Karakteristik pada Media Pertumbuhan

Enterococcus faecalis adalah bakteri anaerob fakultatif yang memiliki kemampuan bertahan dan berkembang biak baik dalam kondisi adanya oksigen maupun tanpa oksigen. Mikroorganisme ini juga mampu bertahan hidup dalam kondisi ekstrem, seperti lingkungan dengan pH sangat tinggi dan kandungan garam yang tinggi (Komiyama *et al.*, 2016).

5. *Proteus sp*

Proteus sp. Merupakan suatu bakteri dengan bentuk batang yang tergolong gram negatif dari keluarga *Enterobacteriaceae*, memiliki flagela peritrik, dan bersifat anaerob fakultatif yang mampu memfermentasi karbohidrat. Bakteri ini merupakan patogen oportunistik usus dan dapat menyebabkan bakteremia. Spesies yang sering menimbulkan ISK adalah *Proteus mirabilis*, yang bergerak cepat sehingga mudah menginvasi saluran kemih (Khoiriyah, 2017).

a. Morfologi

Proteus sp. Adalah suatu bakteri dengan bentuk batang gram negatif yang tidak menghasilkan spora atau kapsul serta memiliki flagela di seluruh permukaannya. Ukuran bakteri ini

berkisar antara 0,4 - 0,8 μm dengan lebar 1,0 - 3,0 μm . *Proteus* sp. diklasifikasikan sebagai bakteri yang tidak memfermentasi laktosa dan memiliki sifat aerobik atau anaerobik fakultatif (Khoiriyah, 2017).

b. Karakteristik pada Media Pertumbuhan

Proteus sp. merupakan bakteri non-fermenter laktosa yang bersifat aerob atau anaerob fakultatif. Pada MCA, koloni berukuran sedang hingga besar, bening atau merah muda, dan memiliki permukaan halus. Pada EMB, koloni tampak bening, transparan, dan permukaan halus (Khoiriyah, 2017).

C. Kultur Urin

Pemeriksaan kultur urine merupakan standar emas diagnosis ISK, yang menunjukkan jumlah koloni bakteri $>10^5$ CFU/ml dalam kultur urine. Melalui pemeriksaan ini dapat dilihat jenis bakteri yang mampu menyebabkan infeksi, jumlah pertumbuhan koloni bakteri, serta tingkat kepekaan bakteri tersebut terhadap antibiotik yang digunakan sebagai terapi. Kultur memerlukan media pertumbuhan yang menyediakan nutrisi untuk mengembangkan bakteri membentuk biakan tunggal (Lailliah, Putri & Novalina, 2025).

Media yang digunakan terdiri dari *Blood Agar* sebagai media diferensial dan *Mac Conkey Agar* sebagai media selektif. Sampel urin ditanam pada media menggunakan *loop* steril, lalu ditempatkan dalam inkubasi pada suhu 37°C selama 24–48 jam. Sesudah diinkubasi, pertumbuhan pada koloni dilakukan pengamatan serta pengidentifikasian melalui pewarnaan gram untuk mengklasifikasikan bakteri gram negatif serta gram positif. Hasil yang diperoleh mempengaruhi langkah selanjutnya dalam identifikasi bakteri dan uji sensitivitas (Indriyani, 2021).

D. Uji Sensitivitas Antibiotik

Pengujian sensitivitas antibiotik ditujukan guna menentukan tingkat sensitivitas bakteri pada antibiotik. Prinsipnya adalah mengidentifikasi respons bakteri terhadap antibiotik untuk mendeteksi resistensi dan melihat

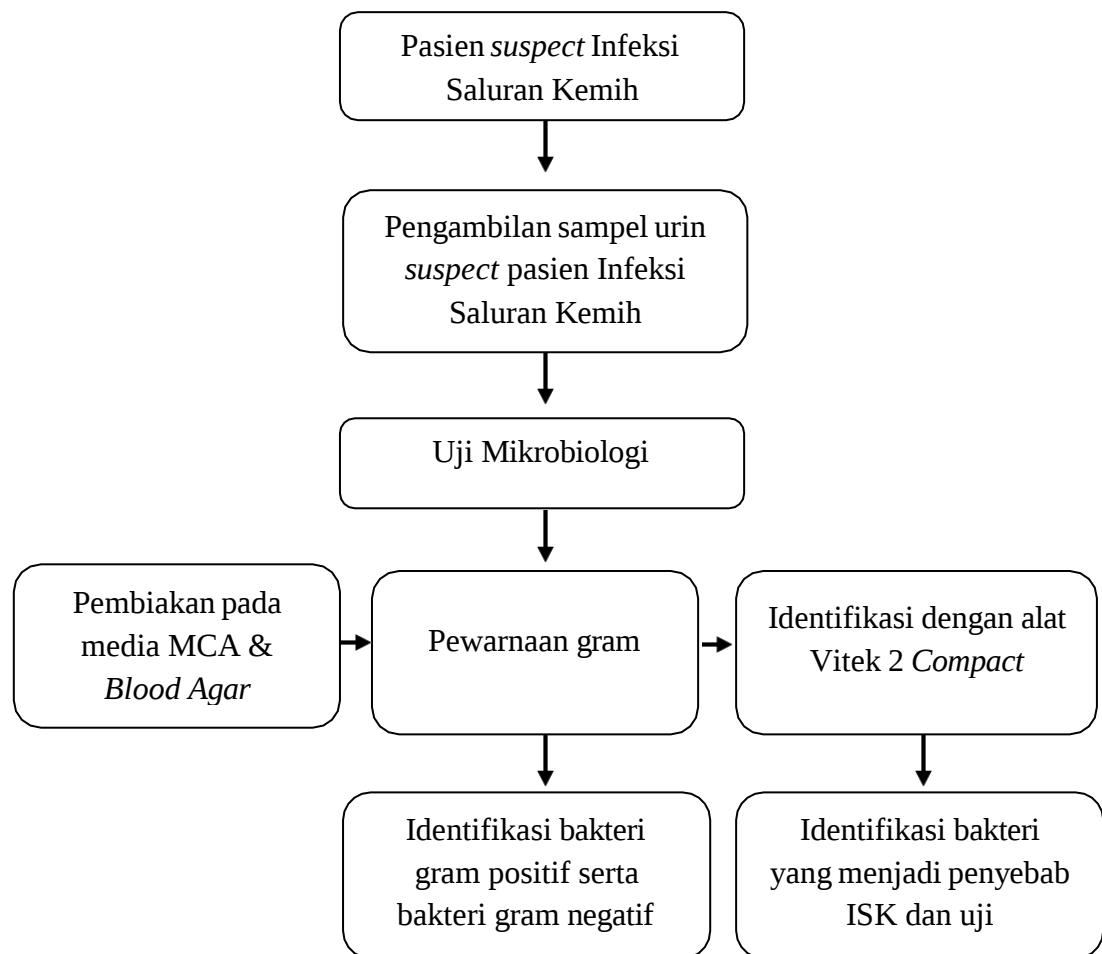
interaksi antimikroba dengan bakteri. Uji ini dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu pengenceran (dilusi) dan difusi. Kedua metode ini mengikuti standar yang telah ditentukan *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI), menggunakan mikroorganisme pengujian dan agen antimikroba yang telah ditetapkan. Tujuannya adalah mengetahui efektivitas antibiotik atau tingkat kepekaan mikroorganisme (Indriyani, 2021).

Uji sensitivitas dengan metode otomatis melalui penggunaan Vitek 2 *Compact*. Vitek 2 *Compact* adalah suatu perangkat otomatis yang digunakan untuk identifikasi bakteri melalui uji biokimia dan penentuan sensitivitas antibiotik. Alat ini menggunakan teknologi *Advanced Colorimetry* untuk menganalisis pola *Minimal Inhibitory Concentration* (MIC) dan mendeteksi fenotipe. Uji sensitivitas dilakukan berdasarkan standar CLSI. Pengoperasian Vitek 2 *Compact* meliputi tiga tahap, yakni persiapan serta penyesuaian kekeruhan inokulum, input data melalui kode barcode, serta pemasangan kartu ke dalam perangkat. Semua tahapan mulai dari inokulasi, inkubasi, pencatatan hasil, hingga analisis hasil dilakukan otomatis sesuai standar internasional (Siburian, 2021).

E. Resistensi Antibiotik

Antibiotik berfungsi untuk menghambat pertumbuhan bakteri yang menyebabkan infeksi, namun efektivitasnya dapat menurun akibat resistensi bakteri. Resistensi adalah kemampuan bakteri untuk tetap tidak terpengaruh oleh antibiotik dan menjadi salah satu penyebab meningkatnya kasus ISK. Karena itu, penting mengenali faktor penyebab resistensi dan strategi penanganannya, termasuk pemilihan antibiotik yang sesuai dengan pola sensitivitas atau melalui uji sensitivitas yang tersandarisasi (Siburian, 2021).

F. Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 2. 5 Kerangka konsep penelitian