

BAB II

TINJAU PUSTAKA

A. Infeksi Saluran Kemih (ISK)

Infeksi saluran kemih (ISK) didefinisikan sebagai kondisi infeksi yang ditandai dengan proliferasi dan pertumbuhan bakteri di saluran kemih, termasuk infeksi pada parenkim ginjal hingga kandung kemih dengan jumlah bakteri melebihi 100.000 CFU/ml urine, yang dikenal sebagai bakteriuria (Sinata dkk., 2023).

Kondisi ini dapat menyerang pria dan wanita dari segala usia, mulai dari anak-anak, remaja, dewasa, hingga lansia (Kaur & Kaur, 2021). Prevalensi dan insidensi ISK lebih tinggi pada wanita dibandingkan pria, disebabkan oleh faktor klinis seperti perbedaan anatomis, pengaruh hormonal, pola perilaku, dan urethra wanita yang lebih pendek, yang memudahkan bakteri penyebab infeksi mencapai kandung kemih. Selain itu, posisi saluran kemih wanita yang lebih dekat dengan rektum memudahkan masuknya mikroorganisme ke dalam saluran kemih. Pada pria, uretra yang lebih panjang, dikombinasikan dengan adanya cairan prostat yang bersifat bakterisida terhadap bakteri, memberikan perlindungan tambahan (Kusumawati dkk, 2024).

Infeksi saluran kemih (ISK) merujuk pada kondisi yang disebabkan oleh pertumbuhan berlebihan mikroorganisme di seluruh sistem saluran kemih, termasuk ginjal. Sebagian besar kasus ISK disebabkan oleh infeksi bakteri, meskipun virus dan jamur juga dapat berperan. Bakteri *Escherichia coli* merupakan penyebab paling umum dalam infeksi ini. Dari perspektif mikrobiologi, infeksi saluran kemih terjadi ketika mikroorganisme patogen terdeteksi dalam urine, uretra, kandung kemih, atau ginjal (Unok & Mangawing, 2024).

Infeksi saluran kemih didefinisikan sebagai kondisi peradangan yang disebabkan oleh pertumbuhan berlebihan mikroorganisme di dalam sistem saluran kemih, yang dapat mengakibatkan kerusakan pada saluran tersebut. Dalam keadaan kesehatan yang sehat, seharusnya tidak ada keberadaan bakteri, virus, atau jenis mikroorganisme lainnya (Arivo & Dwiningtyas, 2019).

1. Epidemiologi ISK

Beberapa spesies bakteri yang paling umum menyebabkan infeksi saluran kemih (ISK) adalah *Escherichia coli*. Pengobatan utama untuk ISK melibatkan penggunaan antibiotik. Hasil penelitian dari sejumlah rumah sakit di Indonesia menunjukkan bahwa bakteri *Escherichia coli*, sebagai agen utama ISK, umumnya menunjukkan sensitivitas yang lebih tinggi terhadap obat-obatan seperti meropenem, tigecycline, amikacin, dan fosfomycin. Infeksi saluran kemih dapat menyerang orang dari berbagai kelompok usia, mulai dari balita dan remaja hingga lansia. Pada dewasa dan lansia, faktor risiko utama ISK meliputi aktivitas seksual pada pria dan wanita, kehamilan atau pra-menopause pada wanita, perawatan rawat inap yang melibatkan penggunaan kateter, serta komorbiditas seperti diabetes mellitus (DM), batu ginjal, dan gangguan sistem kekebalan tubuh. Berdasarkan tinjauan literatur dan pedoman pengobatan antibiotik untuk pasien ISK pada tahun 2021, antibiotik lini pertama untuk wanita dengan ISK adalah fosfomycin, nitrofurantoin, dan pivmecillinam. Namun, jika terdeteksi pola resistensi terhadap *E.coli*, penggunaan trimethoprim sendiri atau dalam kombinasi dengan sulfamethoxazole direkomendasikan. Rekomendasi serupa berlaku untuk pria dewasa, yang juga menggunakan kombinasi trimethoprim-sulfamethoxazole (IAUI, 2020).

2. Etiologi ISK

Infeksi saluran kemih (ISK) terjadi akibat invasi mikroorganisme patogen ke dalam saluran kemih, yang kemudian berkembang biak dan memicu respons inflamasi. Berdasarkan studi ilmiah, bakteri penyebab ISK dapat berupa kokus atau basil. Temuan penelitian (Kemih & Alat, 2021) menunjukkan bahwa pada pasien yang dicurigai menderita ISK, bakteriuria positif teridentifikasi pada 20% kasus, sementara 80% sisanya menunjukkan hasil negatif. Identifikasi spesies bakteri penyebab ISK dapat dilakukan melalui tes kultur urine, yang dianggap sebagai standar utama dalam diagnosis, meskipun prosedur ini memakan waktu lebih lama dan oleh karena itu tidak dilakukan secara rutin. Bakteri yang paling dominan menyebabkan ISK adalah *Escherichia coli*. Infeksi yang disebabkan oleh *E. coli* dapat menyebar dari daerah perianal ke saluran kemih, sehingga bakteri ini

menjadi yang paling sering terdeteksi dalam kasus ISK (Anggreini & Saputri, 2023).

3. Patofisiologi ISK

Umumnya ISK dapat diobati dengan menggunakan antibiotik. Tetapi ditemukan masih banyak perilaku tidak bijak pada penggunaan antibiotik, menggunakan antibiotik tanpa resep dokter, dan penggunaan antibiotik untuk penyakit bukan infeksi merupakan contohnya (Kausuho *et al.*, 2017). Sehingga menyebabkan terjadinya resiko resistansi antibiotik. Agar terhindar dari hal-hal yang tidak diinginkan dalam penggunaan antibiotik yang salah di masyarakat, edukasi menjadi kunci agar masyarakat paham mengenai tatacara penggunaan antibiotik yang tepat, agar penyalahgunaan antibiotik di kalangan masyarakat tidak terjadi lagi (Haeruddin *et al.*, 2025).

Penting mengetahui bakteri penyebab dari infeksi ini untuk penentuan pemberian antibiotik yang sensitif agar infeksi bakteri dapat ditangani dengan tepat (Rosero *et al.*, 2021). Pada penelitian uji sensitivitas yang dilakukan di beberapa rumah sakit di Indonesia didapati hasil sensitivitas yang berbeda-beda. Hal ini dapat terjadi dikarenakan perbedaan sensitivitas kuman sentral terhadap berbagai jenis antibiotic (Patel *et al.*, 2023).

Infeksi saluran kemih terjadi ketika bakteri (mikroorganisme) masuk ke saluran kemih dan mulai berkembang biak. Saluran kemih meliputi kandung kemih, uretra, dua ureter, dan ginjal. Secara umum, saluran kemih atau urine diketahui bebas dari mikroorganisme atau steril. Infeksi saluran kemih terjadi ketika mikroorganisme masuk ke saluran kemih dan berkembang biak dalam urine. Mikroorganisme yang menyebabkan ISK biasanya berasal dari flora usus dan hidup sebagai komensal di introitus vagina, prepuce, penis, kulit perineum, dan sekitar anus. Kuman dari feses atau rektum dapat masuk ke saluran kemih bawah atau uretra, kemudian bergerak ke kandung kemih, dan mencapai ginjal (Aceh, 2020).

Setelah adhesi dan kolonisasi terjadi, *Uropathogenic Escherichia Coli* (UPEC) mulai melepaskan berbagai toksin dan enzim yang merusak jaringan inang. Salah satu mekanisme utama patogenisitas adalah produksi hemolysin dan lipopolisakarida, yang memicu pelepasan sitokin proinflamasi seperti IL-6 dan IL-

8, menyebabkan peradangan dan kerusakan pada epitel kandung kemih (Zhou *et al*, 2023). Respons inflamasi berlebihan ini berkontribusi pada gejala khas infeksi saluran kemih (ISK), seperti nyeri saat buang air kecil (disuria), urgensi berkemih, dan hematuria. Selain itu, infeksi yang tidak diobati dapat menyebar ke ginjal dan menyebabkan pielonefritis, kondisi serius yang dapat menyebabkan gagal ginjal jika tidak diobati dengan tepat (Brons dkk, 2020).

Dalam perkembangannya, *Uropathogenic Escherichia Coli* (UPEC) juga memiliki mekanisme untuk bertahan hidup di dalam sel uroepitel dengan membentuk komunitas bakteri intraseluler (IBC), yang berperan dalam infeksi berulang dan resistensi antibiotik (Frick-Cheng dkk, 2020). Selama fase laten, bakteri dapat tetap dormant di dalam sel inang, memungkinkan mereka untuk bereaktivasi ketika kondisi menguntungkan, yang menyebabkan infeksi berulang. Selain itu, faktor virulensi lain seperti sistem akuisisi besi memungkinkan UPEC bertahan hidup dalam lingkungan dengan kadar besi rendah, seperti urine. Dengan meningkatnya resistensi antibiotik pada *Escherichia coli*, pendekatan terapeutik baru sedang dikembangkan untuk mengatasi infeksi ini. Strategi yang sedang dikembangkan meliputi terapi berbasis fage, penghambat adhesi bakteri, dan vaksin untuk meningkatkan perlindungan terhadap infeksi saluran kemih (UTI) yang disebabkan oleh UPEC (Bonten dkk, 2021).

4. faktor penyebab Infeksi Saluran kemih (ISK)

Ada banyak faktor yang berkontribusi terhadap peningkatan insidensi infeksi saluran kemih (ISK). Keragaman penyebab ISK, rentang organisme yang menyebabkannya, dan kurangnya uji klinis yang telah dilakukan membuat sulit untuk menentukan antimikroba pilihan yang tepat untuk terapi ISK (Sekar Feni Widiyastuti dan Tri Umiana Soleha, 2023).

Faktor resiko memiliki peran yang berbeda dalam meningkatkan kemungkinan terjadinya ISK, yang dapat di jelaskan sebagai berikut:

a. Personal Hygiene

Lingkungan flora normal dipertahankan untuk menghambat pertumbuhan sebagian besar organisme. Penggunaan douching, kebersihan yang buruk, pakaian yang ketat dan tidak menyerap, serta kelembapan tinggi dapat mengubah lingkungan vagina dan memungkinkan organisme patogen

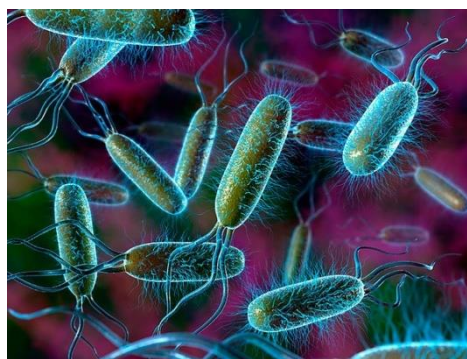
tumbuh, yang dapat menyebabkan infeksi saluran kemih (ISK). Metode dan petunjuk pembersihan perineum yang salah juga meningkatkan risiko ISK dan infeksi di area tersebut (Susilowati dkk., 2024).

b. Menahan Buang Air Kecil (BAK)

Dalam kondisi normal, pengosongan kandung kemih yang lengkap dan berulang akan menghilangkan semua organisme sebelum mereka memiliki kesempatan untuk berkembang biak dan menyerang jaringan di sekitarnya. Pertumbuhan dan perkembangan ini terjadi di saluran kemih karena urine menyediakan lingkungan yang sesuai untuk reproduksi bakteri. Jika urine ditahan dan tidak segera dikeluarkan, mikroorganisme di kandung kemih akan berkembang biak dan menyerang jaringan di sekitarnya, yang pada akhirnya dapat memicu infeksi saluran kemih (ISK) (Djamil, 2021).

B. *Escherichia coli*

Escherichia coli adalah spesies bakteri yang hidup di saluran pencernaan, dikarakteristikan sebagai Gram-negatif dan anaerob fakultatif. Spesies ini termasuk dalam keluarga Enterobacteriaceae. Bakteri dari genus *Escherichia* dapat tumbuh dengan baik di hampir semua media kultur, memiliki bentuk batang pendek, dilengkapi dengan flagela, dan mampu melakukan fermentasi laktosa. Beberapa strain *Escherichia coli* berperan sebagai agen penyebab infeksi pada manusia, seperti infeksi saluran kemih, meningitis pada bayi baru lahir, dan gastroenteritis. Infeksi-infeksi ini ditentukan oleh ekspresi faktor virulensi dari masing-masing serotipe *Escherichia* sp., yang meliputi adhesin, invasin, jenis toksin yang diproduksi, dan kemampuan untuk mengatasi sistem pertahanan tuan rumah (Sri *et al.*, 2023).



Gambar 1 *Escherichia coli*
(Sri *et al.*, 2023).

1. Klasifikasi

Klasifikasi bakteri *Escherichia coli* menurut (Firjatuh, 2022)

- a. *Kingdom* : *Eubacteria*
- b. *Phylum* : *Proteobacteria*
- c. *Class* : *Gammaproteobacteria*
- d. *Ordo* : *Enterobacteriales*
- e. *Family* : *Enterobacteriaceae*
- f. *Genus* : *Escherichia*
- g. *Species* : *Escherichia coli*

2. Morfologi

Escherichia coli merupakan salah satu bakteri koliform yang termasuk dalam famili Enterobacteriaceae. *Escherichia* sp berbentuk batang berdiameter 0,5 μm dan panjang sekitar 2 μm . Memiliki volume sel berkisar 0,6-0,7 μm . Bakteri ini merupakan bakteri gram-negatif berbentuk batang dalam sel tunggal atau berpasangan. *Escherichia* sp termasuk flora normal intestinal yang mempunyai kontribusi pada fungsi normal intestin dan nutrisi. Spesies *Escherichia* sp bersifat motil dengan flagel peritrik yang dimilikinya, tetapi beberapa ada yang nonmotil (Firjatuh, 2022). Bakteri ini dapat hidup pada rentang suhu 20- 40°C dengan suhu optimumnya pada 37°C dan tergolong bakteri gram negatif (Firjatuh, 2022).

3. Diagnosa laboratorium

ISK Dengan memeriksa sampel urine, infeksi saluran kemih dapat diidentifikasi. Sel darah putih dan bakteri merupakan indikator infeksi, dan mereka terlihat ketika urine diperiksa di bawah mikroskop. Menemukan dan mengidentifikasi bakteri dan ragi dalam air seni yang mungkin menjadi sumber ISK adalah tujuan dari kultur air seni. Pada umumnya air seni dianggap bebas kuman dan steril. Sumber infeksi yang masuk melalui uretra menyebabkan timbulnya ISK. ISK merupakan reaksi inflamasi urothelium terhadap invasi bakteri. Kolonisasi bakteri dan infeksi saluran kemih dapat dideteksi secara akurat oleh bakteriuria. Jika terdapat lebih dari 100.000 CFU/ml bakteri dalam air kemih pasien, maka diagnosis ISK ditegakkan (Wijaya & Purbowati, 2022).

- a. Pemeriksaan laboratorium ini meliputi analisis urin (urinalisis), pemeriksaan secara mikroskopik, penanaman bakteri pada media kultur dan reaksi uji biokimia untuk memastikan keberadaan *Klebsiella pneumoniae*.

1) Urinalisis

Urinalisis meliputi pemeriksaan secara makroskopis, mikroskopis, dan kimiawi.

- a. Pemeriksaan makroskopik berfungsi sebagai indikator awal infeksi saluran kemih yang mencakup pengamatan terhadap warna, kejernihan, bau, serta berat jenis urine.
- b. Pemeriksaan mikroskopik berfungsi untuk mengidentifikasi keberadaan sel darah putih (leukosit), sel darah merah (eritrosit), dan bakteri, yang menunjukkan adanya infeksi atau peradangan pada saluran kemih.
- c. Pemeriksaan kimiawi berfungsi untuk menilai pH, nitrit, dan leukosit esterase, yang merupakan enzim yang diproduksi oleh sel darah putih (leukosit) dan berfungsi sebagai penanda adanya infeksi, karena tubuh merespons bakteri dengan cara mengirimkan leukosit ke area yang terinfeksi (Rinawati & Aulia, 2022).

2) Kultur urine

Kultur urine digunakan untuk mengisolasi bakteri penyebab infeksi saluran kemih. Pada proses isolasi bakteri *Escherichia coli*, umumnya menggunakan media MacConkey agar (MCA) karena media ini bersifat selektif untuk bakteri Gram negatif dan dapat membedakan bakteri yang memiliki kemampuan dalam memfermentasi laktosa. Bakteri dalam sampel ditanam pada media MacConkey agar (MCA) dan diinkubasi selama 18-24 jam pada suhu 37°C. Koloni *Escherichia coli* pada media MCA biasanya akan tampak berwarna merah muda akibat fermentasi laktosa, serta tampak mukoid atau licin karena adanya kapsul polisakarida (R. Rinawati *et al.* 2022).

3) Uji Kepekaan Antibiotik

Tahapan akhir dalam diagnosis bakteri *Escherichia coli* adalah uji kepekaan antibiotik untuk mengetahui sejauh mana bakteri tersebut menunjukkan resistensi terhadap berbagai jenis obat antimikroba. Uji kepekaan antibiotik ini dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu dengan metode

difusi cakram (Kirby-Bauer) dan dengan sistem otomatis seperti VITEK 2 Compact

a) Metode difusi cakram (Kirby-Bauer)

Metode ini menggunakan kertas cakram yang telah diberikan antibiotik diletakkan di atas permukaan media agar yang telah diinokulasi dengan bakteri uji, kemudian diinkubasi selama 24 jam. Setelah inkubasi akan terbentuk zona bening (zona hambat) di sekitar cakram jika antibiotik mampu menghambat pertumbuhan bakteri, ukuran zona hambat tersebut kemudian diukur dan dibandingkan dengan standar interpretasi untuk menentukan apakah bakteri uji tersebut sensitif, intermediet, atau resisten terhadap antibiotik tersebut.

b) Metode sistem otomatis dengan alat VITEK 2 Compact

Metode otomatis dengan alat VITEK 2 Compact ini mampu mengidentifikasi spesies bakteri secara cepat dan akurat dapat dilakukan, serta dapat menilai tingkat kepekaan bakteri terhadap berbagai jenis antibiotik. Hasil uji ini sangat penting dalam menentukan terapi empiris yang paling efektif, terutama karena *Escherichia Coli* banyak ditemukan dalam bentuk multidrug-resistant (MDR) yang mampu menghasilkan extended-spectrum beta-lactamase (ESBL) yaitu enzim yang dapat membuat bakteri kebal terhadap beberapa jenis antibiotik, terutama golongan beta-laktam (Pradana *et al.*, 2024).

c) Metode antimicrobial gradient

Metode Antimicrobial Gradient (E-test) digunakan untuk mengetahui Minimum Inhibitory Concentration (MIC), yaitu konsentrasi antibiotik paling rendah yang masih mampu menghentikan pertumbuhan bakteri, tapi belum tentu membunuhnya. Uji ini dilakukan sesuai dengan petunjuk resmi yang diberikan oleh perusahaan atau pembuat kit uji tersebut. Dalam metode ini, digunakan strip plastik tipis khusus yang sudah memiliki gradien konsentrasi atau perbedaan konsentrasi antibiotik dari rendah ke tinggi di sepanjang strip antibiotik di sepanjang strip-nya. Strip tersebut diletakkan di atas permukaan agar yang telah diinokulasi dengan suspensi bakteri uji.

Pada cawan Petri yang berdiameter 100 mm, biasanya dapat ditempatkan dua strip antibiotik, sedangkan pada cawan berdiameter 150 mm, dapat digunakan hingga enam strip, sehingga beberapa jenis antibiotik bisa diuji sekaligus. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 18-24 jam. Setelah diinkubasi, antibiotik akan menyebar dari strip ke media agar dan membentuk zona hambat berbentuk elips di sekitarnya. Zona hambat berbentuk elips terbentuk dikarenakan strip memiliki gradien konsentrasi antibiotik yang berbeda dari ujung konsentrasi rendah ke ujung konsentrasi tinggi. Hasilnya zona hambat akan terlihat memanjang mengikuti strip, berbentuk oval atau elips.

Fungsi dari terbentuknya zona hambat berbentuk elips tersebut membantu menentukan titik MIC langsung dari strip. Nilai MIC dibaca pada titik di mana batas pertumbuhan bakteri menyentuh angka pada strip. Jika titik itu berada di antara dua angka, ambil angka yang lebih tinggi sebagai nilai MIC.

Metode E-test ini dianggap lebih akurat dan mudah dibaca dibanding metode difusi cakram, karena secara langsung memberikan nilai angka MIC, bukan hanya ukuran diameter zona hambat (Gajic *et al.*, 2022).

C. Antibiotik

Antibiotik adalah zat yang dapat digambarkan sebagai obat yang bermanfaat untuk menghentikan dan mengatasi infeksi akibat bakteri. Obat-obatan ini lazim digunakan di masyarakat. Meskipun demikian, penyalahgunaan antibiotik masih sering terjadi dan berpotensi memicu resistensi (Kemenkes RI, 2011). Antibiotik merupakan senyawa alami hasil produksi mikroorganisme yang berfungsi untuk menghambat atau membunuh mikroorganisme lain. Kondisi ini tidak hanya membahayakan pasien, tetapi juga meningkatkan beban ekonomi dan risiko penyebaran infeksi yang sulit diobati (Kuswandi, 2019).

1. Mekanisme Antibiotik

Cara kerja antibiotik bisa dikategorikan dalam beberapa kelompok:

a. Menghambat pembentukan dinding sel bakteri

Antibiotik pada kelompok ini bekerja dengan mengganggu proses struktur dinding sel bakteri berperan vital dalam menjaga kestabilan bentuk dan integritas sel. Jika dinding sel rusak, bakteri akan mudah terpengaruh oleh tekanan osmotik dan mengalami kehancuran (lisis). Contoh obatnya adalah penisilin, sefalosporin, karbapenem, dan vankomisin.

b. Mengganggu pembentukan protein di dalam bakteri

Protein dibutuhkan oleh bakteri untuk pertumbuhan dan replikasi. Antibiotik jenis ini bekerja dengan menghambat proses translasi di ribosom bakteri, sehingga produksi protein terganggu. Contoh: tetrasiklin, makrolida, aminoglikosida, dan kloramfenikol.

c. Menghambat produksi asam folat di dalam bakteri

Asam folat esensial bagi proses metabolisme dan sintesis DNA dalam sel bakteri. Antibiotik dalam kelompok ini menghambat enzim yang terlibat dalam sintesis asam folat, menghambat pertumbuhan bakteri. Contoh: sulfonamid dan trimetoprim.

d. Merusak membran sel bakteri

Antibiotik ini bekerja melalui kerusakan membran sel bakteri sehingga menyebabkan isi sel bakteri bocor berakhir kematian bakteri. Contoh: polimiksin dan nistatin.

e. Menghambat sintesis atau perbanyakan DNA bakteri

Beberapa antibiotik bekerja dengan cara menghambat proses pembentukan DNA bakteri, sehingga bakteri tidak bisa berkembang biak. Contoh: kuinolon dan metronidazol.

2. Metode Uji Resistensi Antibiotik

Metode Difusi Metode difusi dilakukan pada media agar yang sudah ditanami bakteri, kemudian antibiotik ditambahkan dan diinkubasi pada suhu 37°C. Zona jernih di sekitar area antibiotik menunjukkan adanya aktivitas penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri. Metode ini dapat dilakukan melalui beberapa teknik, antara lain:

a. Metode Sumuran

Metode difusi sumuran (well diffusion) merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk menilai efektivitas antimikroba dari suatu senyawa. Teknik ini dilakukan dengan membuat sumuran (lubang kecil) pada media agar yang telah ditanami dengan mikroorganisme uji. Kemudian, larutan zat antimikroba ditambahkan ke dalam sumuran tersebut. Setelah diinkubasi, aktivitas antimikroba dievaluasi berdasarkan keberadaan dan ukuran zona hambat, yakni area di sekitar sumuran yang tidak menunjukkan pertumbuhan mikroorganisme. Semakin luas zona hambat yang terbentuk, semakin besar pula aktivitas antimikroba dari senyawa yang diuji (R. N. Putri *et al.*, 2023).

b. Metode Difusi Cakram

Metode difusi cakram merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk mengevaluasi aktivitas antibiotik melalui pengamatan terhadap zona jernih yang terbentuk di sekitar cakram. Kehadiran aktivitas antimikroba ditandai dengan terbentuknya area bening di sekitar cakram, yang menunjukkan penghambatan pertumbuhan mikroorganisme. Metode difusi cakram memiliki sejumlah keunggulan, antara lain waktu pengujian yang relatif singkat, biaya yang ekonomis, prosedur yang mudah dilakukan, serta tidak memerlukan keterampilan teknis khusus. Meski demikian, metode ini juga memiliki keterbatasan, seperti kurang sesuai untuk mikroorganisme dengan laju pertumbuhan yang lambat. Selain itu, ukuran zona hambat yang terbentuk dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kondisi inkubasi, konsentrasi inokulum, dan ketebalan medium agar (Intan *et al.*, 2021).

c. Metode Dilusi

Metode dilusi dilakukan dengan melakukan pengenceran antibiotik untuk menghasilkan beberapa tingkat konsentrasi yang kemudian ditambahkan ke dalam media yang mengandung suspensi bakteri. Dalam metode ini, yang diamati adalah ada atau tidaknya pertumbuhan bakteri. Bila terjadi pertumbuhan, hal tersebut dapat diukur melalui jumlah koloni. Tujuan dari metode ini adalah untuk menentukan konsentrasi antibiotik yang diperlukan guna menghambat atau membunuh bakteri secara efektif. Metode dilusi ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. Metode dilusi cair (Broth Dilution Test)

Metode dilusi cair merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk menentukan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) suatu agen antimikroba. Prosedur ini dilakukan dengan mencampurkan larutan antibiotik pada berbagai konsentrasi ke dalam media cair yang telah diinokulasikan dengan bakteri uji. Nilai KHM ditetapkan berdasarkan konsentrasi terendah antibiotik yang menghasilkan media tetap jernih, menandakan tidak adanya pertumbuhan bakteri. Untuk menentukan KBM, sampel dari media yang menunjukkan KHM kemudian ditransfer ke media baru tanpa antibiotik dan inokulum tambahan, lalu diinkubasi selama 18 hingga 24 jam (Fitriana *et al.*, 2020).

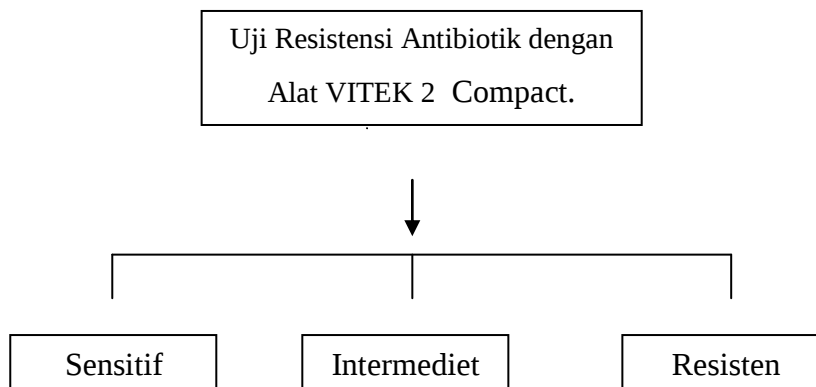
2. Metode dilusi padat (Solid Dilution Test)

Metode dilusi padat dilakukan dengan mencampurkan antibiotik dalam berbagai konsentrasi ke dalam media agar yang masih dalam keadaan cair, kemudian dituangkan ke dalam cawan petri. Setelah media mengeras, suspensi bakteri uji diinokulasikan ke permukaannya. Proses inkubasi kemudian dilanjutkan selama 18 hingga 24 jam untuk mengamati pertumbuhan bakteri. Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi nilai Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) maupun Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) dari suatu agen antimikroba (Fitriana *et al.*, 2020).

3. VITEK 2 Compact

VITEK 2 Compact adalah alat canggih terbaru yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis bakteri sekaligus menguji resistensinya terhadap antibiotik. Alat ini bekerja secara otomatis dan efisien dengan menggunakan teknologi berbasis prinsip colorimetri dan turbidimetri. Dengan teknologi ini, hasil identifikasi kuman bisa diperoleh dalam waktu yang relatif singkat, yaitu sekitar 5 hingga 8 jam (Bintari *et al.*, 2024).

D. Kerangka Konsep



Gambar 2 Kerangka Konsep