

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Infeksi Saluran Kemih (ISK)

2.1.1 Definisi ISK

Infeksi Saluran Kemih (ISK) adalah suatu kondisi patologis yang terjadi akibat adanya invasi, kolonisasi, serta perkembangbiakan mikroorganisme, terutama bakteri, di dalam saluran kemih yang pada kondisi normal bersifat steril. ISK juga dapat diartikan sebagai keadaan ketika kuman atau mikroba tumbuh dan berkembang dalam jumlah yang bermakna di saluran kemih (Baeti et al., 2021).

ISK merupakan kondisi infeksi yang terjadi akibat masuknya dan berkembangnya mikroorganisme patogen pada organ saluran kemih, seperti ginjal, ureter, kandung kemih, dan uretra. Berdasarkan anatominya, saluran kemih dibagi menjadi dua bagian, yaitu saluran kemih atas dan saluran kemih bawah. ISK termasuk salah satu infeksi yang paling sering ditemukan, terutama pada perempuan, dengan angka kejadian yang cenderung meningkat seiring bertambahnya usia. Infeksi ini dapat terjadi ketika mekanisme pertahanan alami tubuh terganggu, sehingga memungkinkan mikroorganisme masuk ke dalam saluran kemih, berkembang biak, dan akhirnya menimbulkan infeksi (Rinawati & Aulia, 2022).

Gejala umum infeksi saluran kemih (ISK) meliputi nyeri pada saluran kemih, rasa nyeri saat maupun setelah buang air kecil, anyang-anyangan, urin berwarna keruh atau pekat, nyeri pinggang, hematuria, rasa tertekan pada perut bagian bawah, ketidaknyamanan pada daerah panggul, serta dapat disertai demam.

Selain itu, penderita ISK juga sering mengalami dorongan untuk buang air kecil secara terus-menerus meskipun jumlah urin sedikit, sensasi terbakar saat berkemih, dan bau urin yang tidak sedap. Gejala ISK pada umumnya bersifat ringan, namun penggunaan antibiotik yang tidak tepat dapat menyebabkan terjadinya resistensi antibiotik. Oleh karena itu, pemilihan antibiotik yang sesuai sangat penting dalam penatalaksanaan ISK karena setiap antibiotik memiliki efektivitas yang berbeda terhadap berbagai Jenis Bakteri penyebab infeksi (Iswanto & Silviani, 2024). Menurut (Amalia et al., 2022), ISK umumnya ditangani dengan pemberian antibiotik sebagai terapi utama untuk mencegah perburukan infeksi dan menurunkan risiko kekambuhan. Pemilihan terapi antibiotik disesuaikan dengan Jenis Bakteri penyebab, gejala yang muncul, lokasi infeksi, serta kondisi klinis pasien.

Diagnosis Infeksi Saluran Kemih (ISK) ditegakkan berdasarkan kombinasi gejala klinis dan pemeriksaan laboratorium. Pemeriksaan yang umum dilakukan meliputi urinalisis sebagai skrining cepat dan kultur urin sebagai baku emas, meskipun kultur membutuhkan waktu lebih lama, biaya lebih tinggi, dan terkadang memberikan hasil negatif. Diagnosis ISK juga ditandai dengan adanya bakteriuria yang dapat diketahui melalui pemeriksaan sedimen urin maupun kultur urin untuk memastikan adanya infeksi (Rinawati & Aulia, 2022).

2.1.2 Patofisiologi

ISK dapat menyerang saluran kemih bagian bawah, yaitu uretra dan vesika urinaria, maupun saluran kemih bagian atas yang meliputi ureter dan ginjal. Penyebab utama ISK berasal dari flora normal di daerah perineum yang mengontaminasi saluran kemih. Pada anak-anak, sebagian besar bakteri penyebab

ISK termasuk dalam kelompok *Enterobacteriaceae*. Di antara bakteri tersebut, *Escherichia coli* yang berasal dari daerah perineum merupakan penyebab tersering, dengan proporsi sekitar 85% dari seluruh kasus ISK. Selain *E. coli*, bakteri lain yang juga berperan sebagai penyebab ISK meliputi *Klebsiella spp.*, *Proteus spp.*, *Enterococcus spp.*, *Pseudomonas spp.*, dan *Enterobacter spp.* Meskipun urin memiliki sifat bakterisidal yang dapat menghambat pertumbuhan sebagian besar mikroorganisme, bakteri uropatogen tertentu, terutama *E. coli*, memiliki berbagai faktor virulensi yang memungkinkannya bertahan hidup, berkolonisasi, dan berkembang biak di dalam saluran kemih sehingga menyebabkan infeksi (Bari'ah et al., 2025)

Mikroorganisme penyebab ISK dapat berasal dari luar tubuh pasien (eksogen), misalnya akibat kontaminasi dari tangan tenaga kesehatan atau peralatan kateter yang tidak steril. Patogen yang ditularkan melalui petugas kesehatan maupun kontak dengan pasien lain umumnya memiliki tingkat resistensi antibiotik yang lebih tinggi, sehingga penanganannya menjadi lebih sulit. Bakteri dapat masuk ke kandung kemih melalui bagian dalam lumen kateter (jalur endoluminal) maupun melalui permukaan luar kateter (jalur ekstraluminal), terutama saat proses pemasangan kateter dilakukan (Ananta et al., 2025).

2.1.3 Klasifikasi ISK

Infeksi Saluran Kemih (ISK) dapat dibedakan berdasarkan lokasi terjadinya infeksi, manifestasi klinis, dan adanya komplikasi. Klasifikasi tersebut berperan penting dalam membantu penegakan diagnosis serta menentukan penatalaksanaan dan terapi yang sesuai pada pasien. Berdasarkan lokasi terjadinya infeksi, ISK dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Infeksi Bagian Atas

ISK bagian atas (pielonefritis) adalah infeksi yang terjadi pada saluran kemih bagian atas, terutama ginjal dan ureter, dengan bentuk yang paling sering dijumpai yaitu pielonefritis. Jenis infeksi ini cenderung lebih serius karena dapat menimbulkan kerusakan ginjal apabila tidak mendapat penanganan yang tepat. Gejala yang umumnya muncul meliputi demam tinggi, nyeri pada pinggang, mual, muntah (Nurislami et al., 2023).

2. Infeksi Bagian Bawah

Pada ISK bagian bawah (sistitis), Kondisi ini ditandai oleh gejala berupa disuria atau nyeri saat berkemih, meningkatnya frekuensi dan urgensi buang air kecil, serta rasa tidak nyaman pada daerah suprapubik. Walaupun umumnya tergolong ringan atau tidak komplikata, sistitis akut dapat berkembang menjadi komplikasi yang lebih serius apabila tidak mendapatkan penanganan yang cepat dan tepat (Maulana & Wahyuniati, 2024).

3. Infeksi Komplikata

ISK komplikata diikuti dengan gejala klinis seperti disuria, urgensi, frekuensi, nyeri sudut kostovertebra, nyeri suprapubik dan demam, meskipun gejala tersebut bisa menjadi tidak khas seperti pada *neurogenic bladder*, CA-UTI (*catheter associated urinary tract infection*), pasca sistektomi radikal dengan diversifikasi urin atau pada pasien dengan nefrostomi. Presentasi klinis dapat bervariasi dari pielonefritis akut dengan obstruktif berat dengan gejala urosepsis hingga CA-UTI

(catheter associated urinary tract infection) pasca operasi, yang membaik secara spontan segera setelah kateter dilepas. Kondisi medis seperti diabetes mellitus dan gagal ginjal seringkali ditemukan dalam sebuah ISK komplikata (Seputra et al., 2020).

4. Infeksi Non-Komplikata

ISK non-komplikata merupakan infeksi yang terjadi pada pasien dengan struktur dan fungsi neurologis saluran kemih yang normal, tanpa adanya kelainan anatomis maupun gangguan neurologis (Farhah, 2023). Gejala klinis pada ISK berbeda sesuai dengan lokasi dan tingkat keparahan infeksi. Pada sistitis, gejala yang muncul umumnya bersifat lokal, seperti disuria, peningkatan frekuensi dan urgensi berkemih, nyeri pada kandung kemih, serta nyeri tekan suprapubik (*bladder tenderness*). Pada pielonefritis, gejala cenderung lebih berat dan disertai manifestasi sistemik berupa demam, nyeri pinggang (*flank pain*), mual, dan muntah. Sementara itu, urosepsis ditandai oleh respons inflamasi sistemik atau *Systemic Inflammatory Response Syndrome* (SIRS), seperti demam, menggigil, gangguan sirkulasi, hingga disfungsi dan kegagalan organ. Istilah urosepsis sendiri digunakan untuk menggambarkan sindrom sepsis yang disebabkan oleh infeksi saluran kemih (Rinawati & Aulia, 2022).

2.1.4 Etiologi ISK

ISK merupakan salah satu kondisi patologis yang sering ditemukan dan ditandai dengan adanya hasil pemeriksaan urin atau sedimen urin yang menunjukkan nitrit, leukosit, serta bakteri positif. ISK adalah proses peradangan

nonspesifik yang dapat terjadi pada ginjal, ureter, kandung kemih, maupun uretra, dan umumnya disebabkan oleh infeksi bakteri yang berasal dari saluran pencernaan. Bakteri biasanya masuk melalui muara uretra bagian luar (lubang ujung saluran kencing tempat urin keluar dari tubuh), kemudian naik menuju saluran kemih sehingga menimbulkan infeksi pada kandung kemih hingga ginjal (Megawati et al., 2023). Menurut (Rostinawati et al., 2021), Bakteri yang paling sering menyebabkan infeksi saluran kemih meliputi *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, *Enterococcus faecalis*, dan *Staphylococcus saprophyticus*. Di antara berbagai bakteri tersebut, *Escherichia coli* merupakan patogen yang paling dominan pada kasus ISK, kemudian diikuti oleh *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella pneumoniae*, dan *Proteus mirabilis*.

ISK merupakan salah satu jenis infeksi yang paling sering terjadi dan dapat disebabkan oleh berbagai Jenis Bakteri, baik bakteri Gram positif maupun Gram negatif. Keberhasilan terapi pada pasien infeksi saluran kemih sangat dipengaruhi oleh ketepatan dalam mengidentifikasi patogen penyebab infeksi. Apabila identifikasi tidak dilakukan dengan baik, kondisi pasien dapat semakin memburuk serta memperpanjang proses pemulihan dari komplikasi yang terjadi. Selain itu, penggunaan antibiotik yang tidak tepat dan tidak rasional juga dapat memicu terjadinya resistensi bakteri terhadap antibiotik (Unok & Mangawing, 2024).

Antibiotik merupakan salah satu kelompok obat yang paling banyak digunakan di dunia dalam pengobatan penyakit akibat infeksi bakteri. Pada pasien ISK, beberapa golongan antibiotik yang umum diberikan antara lain golongan sefalosporin, seperti *Cefotaxime* dan *Ceftriaxone*, serta golongan kuinolon seperti *Moxifloxacin* dan *Levofloxacin*. Selain pemberian antibiotik, penatalaksanaan ISK

juga disertai terapi obat lain untuk membantu mengurangi gejala penyerta, seperti mual, muntah, demam, disuria, serta rasa ingin berkemih terus-menerus yang biasanya disertai nyeri pada daerah suprapubic (bagian tepat di atas tulang kemaluan) dan pelvis (gelang panggul/pinggang) (Audina et al., 2021) .

2.1.5 Faktor Risiko ISK

Kebiasaan menahan buang air kecil dapat meningkatkan risiko terjadinya ISK. Penumpukan urin dalam kandung kemih akibat menahan kemih menyebabkan terjadinya stasis urin yang dapat menjadi media yang baik bagi pertumbuhan bakteri, terutama bakteri penghasil enzim urease yang berperan dalam pembentukan batu struvit. Selain itu, menahan buang air kecil terlalu lama membuat kapasitas kandung kemih mencapai batas maksimal sehingga meningkatkan tekanan pada sfingter urin dan menyebabkan proses pengeluaran urin tidak berlangsung secara optimal (Indra et al., 2025).

Selain faktor risiko yang umum diketahui, terdapat faktor lain yang jarang dibahas tetapi dapat memengaruhi terjadinya ISK, yaitu kondisi suhu lingkungan. Suhu yang relatif tinggi dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangan bakteri, sehingga bakteri lebih mudah berkembang biak pada lingkungan dengan temperatur yang hangat. Kondisi tersebut dapat meningkatkan risiko terjadinya infeksi (Ramadhan et al., 2023).

2.2 Urin

Urin adalah cairan sisa metabolisme yang dikeluarkan oleh ginjal dan selanjutnya dikeluarkan dari tubuh melalui proses urinasi. Proses ekskresi urin berfungsi untuk mengeliminasi zat-zat sisa dalam darah hasil penyaringan ginjal

serta mempertahankan keseimbangan cairan tubuh (homeostasis). Urin dibentuk di dalam ginjal, kemudian dialirkan melalui ureter menuju kandung kemih, dan akhirnya dikeluarkan melalui uretra. Pembentukan urin di ginjal berlangsung melalui tiga tahap, yaitu filtrasi (penyaringan), reabsorpsi (penyerapan kembali), dan augmentasi (penambahan). Melalui proses tersebut, ginjal memiliki peran penting dalam mempertahankan keseimbangan cairan dan elektrolit tubuh, serta mengeluarkan zat-zat sisa metabolisme yang tidak lagi dibutuhkan oleh tubuh (Sari et al., 2023).

Tahap pertama dalam pembentukan urin adalah filtrasi (penyaringan) yang berlangsung di ginjal. Proses ini bertujuan untuk menyaring dan membuang zat sisa metabolisme yang tidak diperlukan serta berpotensi menjadi racun, sekaligus menjaga keseimbangan cairan tubuh dan volume darah. Hasil dari tahap ini disebut urin primer. Tahap berikutnya adalah reabsorpsi (penyerapan kembali), yaitu proses di mana molekul dan ion tertentu diserap kembali ke dalam sirkulasi darah. Hasil dari tahap ini disebut urin sekunder, yang masih mengandung air, glukosa, asam amino, natrium, serta zat gizi lain yang diserap kembali ke aliran darah di sekitar tubulus. Tahap terakhir adalah sekresi (pengeluaran), yaitu proses pemindahan zat-zat seperti kreatinin, obat-obatan, dan ion hidrogen dari darah melalui kapiler peritubular ke dalam tubulus pengumpul. Proses ini bertujuan untuk mempertahankan keseimbangan komposisi kimia darah. Hasil akhir dari seluruh proses tersebut adalah urin, yang juga berperan dalam menjaga keseimbangan pH serta kadar asam dan basa dalam tubuh (Nofiyanti et al., 2022).

Urin sebagian besar terdiri atas air (sekitar 96%) dan sisanya merupakan zat terlarut (sekitar 4%). Cairan ini diproduksi oleh ginjal, disimpan sementara di

kandung kemih, kemudian dikeluarkan melalui saluran kemih bagian bawah. Zat terlarut dalam urin meliputi senyawa organik seperti urea, asam urat, dan kreatinin, serta zat anorganik seperti natrium klorida (NaCl), amonia, sulfat, dan fosfat. Jumlah urin yang dikeluarkan dalam 24 jam berkisar ± 1500 cc, yang dipengaruhi oleh asupan cairan serta faktor lainnya. Warna urin umumnya kuning, yang dapat bervariasi tergantung konsentrasi, pola makan, dan penggunaan obat-obatan. Bau urin bersifat khas dan dapat berubah menjadi bau amonia jika dibiarkan terlalu lama. Berat jenis urin berkisar antara 1,015–1,025 untuk urin pagi hari dan 1,003–1,030 untuk urin sewaktu (Sinambela, 2024).

Urin normal umumnya tampak jernih dan transparan, dengan warna kuning muda yang berasal dari pigmen bilirubin dan biliverdin. Komposisi urin manusia meliputi air, urea, asam urat, amonium, kreatinin, asam laktat, asam fosfat, asam sulfat, klorida, serta berbagai garam. Jumlah urin yang dihasilkan rata-rata sekitar 1–2 liter per hari, namun dapat bervariasi tergantung pada banyaknya asupan cairan. Dalam kondisi normal, urin bersifat steril, yaitu tidak mengandung mikroorganisme patogen, karena adanya mekanisme pertahanan tubuh seperti aliran urin yang terus-menerus serta sifat antibakteri pada mukosa saluran kemih. Oleh sebab itu, ditemukannya bakteri, jamur, atau mikroorganisme lain dalam urin dapat menjadi tanda adanya gangguan, khususnya ISK (Adliana & Wahid, 2023).

2.3 Identifikasi Bakteri Pada Urin

2.3.1 Kultur urin dan identifikasi bakteri

Kultur urin dan identifikasi bakteri merupakan pemeriksaan mikrobiologi yang bertujuan untuk menumbuhkan, mengisolasi, serta mengidentifikasi

mikroorganisme yang terdapat dalam sampel urin. Kultur bakteri dari spesimen urin saat ini diakui sebagai gold standard dalam menegakkan diagnosis infeksi saluran kemih, sekaligus menjadi dasar dalam menentukan jenis mikroorganisme penyebab serta uji sensitivitas antibiotik. Pemeriksaan ini menjadi salah satu metode penting dalam diagnosis ISK karena dapat memastikan secara spesifik bakteri penyebab infeksi (Nurdin et al., 2025).

Kultur urin dan identifikasi bakteri memiliki peranan penting dalam memastikan diagnosis infeksi saluran kemih. Pasien dinyatakan positif mengalami infeksi saluran kemih apabila jumlah bakteri dalam urin melebihi 10^5 CFU/ml (Colony Forming Unit per milliliter). Pertumbuhan bakteri tersebut umumnya menunjukkan adanya infeksi pada saluran kemih. Namun, jumlah bakteri yang lebih rendah juga dapat memiliki arti klinis tertentu, terutama pada pasien yang telah mendapatkan terapi antibiotik, pasien dengan gejala khas ISK, maupun pada sampel urin yang diperoleh melalui kateter atau aspirasi suprapubik (Megawati et al., 2023).

2.3.2 Media Kultur

Media pertumbuhan bakteri merupakan suatu zat yang mengandung berbagai nutrisi yang dibutuhkan bakteri untuk tumbuh dan berkembang biak. Nutrisi yang terdapat dalam media digunakan bakteri untuk membentuk komponen sel serta melakukan reproduksi. Selain itu, media pertumbuhan juga digunakan untuk mengisolasi, mengidentifikasi, dan menghasilkan kultur murni bakteri. Komposisi setiap media pertumbuhan disesuaikan dengan tujuan penggunaannya, terutama untuk membantu proses isolasi dan identifikasi mikroorganisme tertentu (Widodo & Rendri, 2024).

Media kultur atau media pertumbuhan mikroorganisme merupakan bahan yang mengandung campuran nutrisi yang digunakan oleh mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembang biak. Komposisi nutrisi yang dimanfaatkan untuk pertumbuhan organisme disebut medium kultur, sedangkan proses menumbuhkan organisme tersebut dikenal sebagai kultur. Media kultur digunakan sebagai *gold standard* dalam menegakkan diagnosis pasti pada penyakit infeksi. Media kultur yang baik adalah media yang mudah dipersiapkan, ekonomis, mudah dibuat, serta praktis dalam penggunaannya. Media kultur tersedia dalam berbagai bentuk, mulai dari padat hingga cair dengan macam media seperti *Nutrient Agar*, *MacConkey Agar* dan *Blood Agar Plate (BAP)*. Sampel urin terlebih dahulu dihomogenkan, kemudian diambil secara aseptik menggunakan ose terkalibrasi berukuran 1 μ L (0,001 mL). Sampel selanjutnya diinokulasikan pada media kultur dengan cara menggoreskan ose pada permukaan media, kemudian media diinkubasi sesuai dengan prosedur kultur urin. Setelah proses inkubasi selesai, koloni bakteri yang tumbuh diamati dan dihitung. Jumlah koloni yang diperoleh kemudian dikalikan dengan 1.000 untuk menentukan jumlah bakteri dalam satuan CFU/mL. Koloni yang tumbuh selanjutnya dapat dilakukan identifikasi menggunakan metode yang sesuai, salah satunya dengan VITEK 2 Compact. . Melalui media kultur, mikroorganisme dapat diidentifikasi. Proses identifikasi tersebut dapat dilakukan menggunakan mikroskop cahaya setelah dibuat preparat atau pulasan bakteri, baik tanpa pewarnaan maupun dengan teknik pewarnaan tertentu (Atmanto et al., 2022).

2.3.3 Alat Pemeriksaan Pada RSUD. dr. Mohamad Soewandhie

Menurut (bioMérieux, 2023) identifikasi bakteri dilakukan menggunakan VITEK 2 Compact dengan kartu identifikasi yang dipilih berdasarkan karakteristik

mikroorganisme yang diperiksa. Prinsip kerja alat ini menggunakan reaksi biokimia yang menunjukkan aktivitas metabolisme bakteri terhadap substrat yang terdapat pada kartu identifikasi. Setiap kartu memiliki sejumlah mikrowell yang mengandung substrat identifikasi, kemudian reaksi yang terjadi selama pemeriksaan dibaca secara otomatis oleh sistem. Pola reaksi yang diperoleh selanjutnya dianalisis dan dibandingkan dengan database mikroorganisme untuk menentukan identitas bakteri yang diperiksa.



Gambar 2. 1 VITEK 2 Compact

Sumber : (bioMérieux, 2023)

Pemeriksaan diawali dengan menyiapkan koloni bakteri yang berasal dari kultur murni. Koloni bakteri diambil secara aseptik menggunakan ose steril dan dibuat suspensi bakteri dalam larutan yang sesuai dengan prosedur kartu identifikasi. Suspensi kemudian dihomogenkan dan dilakukan penyesuaian kekeruhan menggunakan alat pengukur densitas hingga mencapai standar inokulum yang dipersyaratkan. Suspensi yang telah memenuhi standar selanjutnya ditempatkan pada cassette bersama kartu identifikasi VITEK 2. Pemilihan kartu disesuaikan dengan kelompok bakteri, seperti GN ID Card untuk bakteri Gram negatif dan GP ID Card untuk bakteri Gram positif (bioMérieux, 2023).

Cassette yang telah berisi suspensi bakteri dan kartu identifikasi kemudian dimasukkan ke dalam instrumen VITEK 2 Compact. Setelah cassette ditempatkan pada alat, proses selanjutnya berlangsung secara otomatis, meliputi inokulasi, inkubasi, dan pembacaan kartu. Suspensi bakteri akan masuk ke dalam mikrowell pada kartu yang mengandung berbagai substrat biokimia. Selama proses inkubasi, bakteri akan memberikan reaksi terhadap substrat tersebut sesuai dengan karakteristik metaboliknya. Reaksi yang terbentuk kemudian dideteksi oleh sistem melalui pembacaan optik sehingga menghasilkan pola biokimia yang digunakan untuk proses identifikasi (Alabi & Mzungu, 2023).

Hasil pembacaan dari setiap reaksi kemudian dianalisis oleh perangkat lunak VITEK 2 dan dibandingkan dengan database mikroorganisme yang tersedia pada sistem. Berdasarkan pola reaksi tersebut, sistem memberikan hasil identifikasi mikroorganisme yang diperiksa. Hasil yang diperoleh selanjutnya diperiksa dan divalidasi oleh petugas laboratorium sebelum dilaporkan sebagai hasil pemeriksaan. Penggunaan VITEK 2 Compact dapat membantu mempercepat proses identifikasi mikroorganisme serta mengurangi tahapan kerja manual karena proses inkubasi dan pembacaan dilakukan secara otomatis (Alabi & Mzungu, 2023)

2.4 Jenis Bakteri Penyebab ISK

2.4.1 *Escherichia coli*

Escherichia coli atau yang sering disingkat *E. coli* merupakan salah satu mikroorganisme yang hidup secara normal di saluran pencernaan manusia maupun hewan berdarah panas. Bakteri ini termasuk dalam kelompok *Enterobacteriaceae*. *Escherichia coli* memiliki bentuk basil pendek, bersifat Gram negatif sehingga

tampak berwarna merah pada pewarnaan Gram, serta memiliki flagel sebagai alat Gerak (Gambar 2.2). Ukuran bakteri ini berkisar antara $0,4\text{--}0,7\ \mu\text{m} \times 1,4\ \mu\text{m}$ dan dilengkapi dengan kapsul (Sitorus et al., 2024)

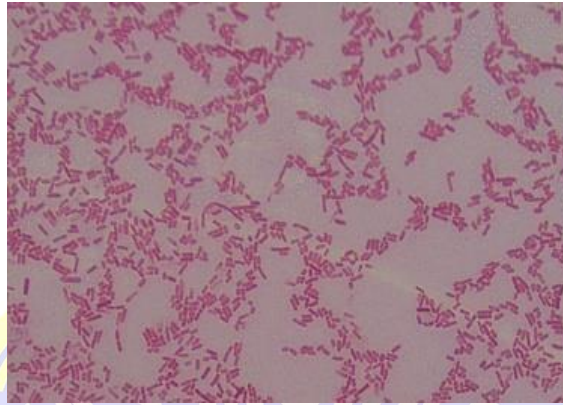
Escherichia coli (*E. coli*) merupakan bakteri Gram negatif yang secara umum ditemukan pada saluran pencernaan manusia dan hewan. Bakteri ini menjadi salah satu contoh utama mikroorganisme yang mengalami peningkatan resistensi terhadap antibiotik. *E. coli* memiliki bentuk batang, tidak membentuk spora, dan dapat bergerak menggunakan flagela peritrikus, meskipun beberapa strain bersifat nonmotil. Pada media MacConkey Agar, bakteri *E. coli* dapat tumbuh membentuk koloni berdiameter sekitar 2–3 mm dengan warna merah muda hingga tidak berwarna. Beberapa strain *E. coli* diketahui dapat menyebabkan berbagai jenis infeksi, seperti infeksi saluran kemih, bakteremia, diare, diare berdarah, serta meningitis neonatal pada manusia maupun hewan (Safitri et al., 2024).

Menurut (R. P. Sari, 2026) Klasifikasi bakteri *Escherichia coli* sebagai berikut :

Kingdom	: <i>Bacteriae</i>
Filum	: <i>Proteobacteria</i>
Kelas	: <i>Gammaproteobacteria</i>
Ordo	: <i>Enterobacteriales</i>
Famili	: <i>Enterobacteriaceae</i>
Genus	: <i>Escherichia</i>
Spesies	: <i>Escherichia coli</i>

Escherichia coli atau *E. coli* merupakan bakteri berbentuk batang (basil) dengan ukuran sekitar 1–2 mikrometer panjang dan 0,5 mikrometer lebar. Bakteri ini dapat dijumpai dalam bentuk tunggal maupun membentuk rantai pendek. *E. coli* termasuk ke dalam bakteri gram negatif, yang ditandai dengan hasil pewarnaan Gram berwarna merah muda. Karakteristik tersebut disebabkan oleh adanya

membran luar yang mengandung lipopolisakarida, yang menjadi ciri khas bakteri gram negative (R. P. Sari, 2026).



Gambar 2. 2 Pewarnaan Gram *Escherichia coli*

Sumber : (Khoiriyah & Busman, 2023)

2.4.2 *Klebsiella pneumoniae*

Klebsiella pneumoniae merupakan bakteri dari kelompok *Enterobacteriaceae* yang dikenal sebagai salah satu patogen berbahaya karena mampu menyebabkan berbagai jenis infeksi dan semakin sering menunjukkan resistensi terhadap antibiotik. Bakteri ini termasuk dalam golongan *Multidrug Resistant* (MDR), sehingga menjadi salah satu penyebab utama infeksi terkait pelayanan kesehatan yang dapat meningkatkan angka morbiditas dan mortalitas. Infeksi yang disebabkan oleh *Klebsiella pneumoniae* sering ditemukan pada kasus infeksi saluran kemih, infeksi saluran pernapasan bagian bawah, serta infeksi aliran darah (Nasrun et al., 2023).

Klebsiella pneumoniae ialah bakteri patogen oportunistik Gram negatif yang dapat menginfeksi saluran kemih serta menjadi penyebab infeksi nosokomial pada manusia. Bakteri ini umumnya menyerang individu dengan sistem imun yang

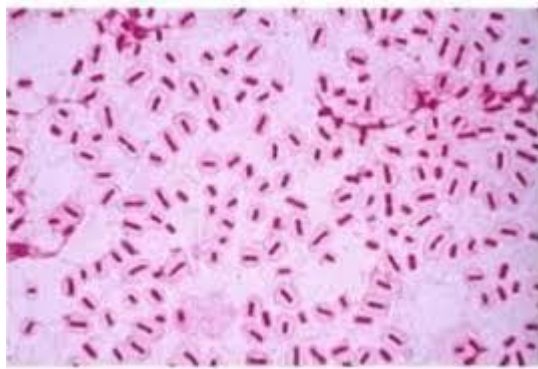
menurun. Resistensi bakteri dapat terjadi akibat penggunaan antibiotik yang tidak teratur, sehingga *Klebsiella pneumoniae* diketahui memiliki tingkat resistensi yang tinggi terhadap berbagai antibiotik. Selain itu, pertumbuhan *Klebsiella pneumoniae* pada urin pasien ISK juga dapat dipengaruhi oleh penggunaan kateter urin. Kateter dapat mendukung kolonisasi bakteri karena menghambat aliran urin dan menyebabkan iritasi pada kandung kemih. Kondisi tersebut menjadi jalur masuk mikroorganisme dari uretra menuju kandung kemih sehingga mempermudah terjadinya infeksi (Yasmin et al., 2025).

Menurut (R. P. Sari, 2026) Klasifikasi bakteri *Klebsiella pneumoniae* sebagai berikut :

Kingdom	: Bakteri
Divisi	: <i>Proteobacteria</i>
Kelas	: <i>Gammaproteobacteria</i>
Ordo	: <i>Enterobacterales</i>
Famili	: <i>Enterobacteriaceae</i>
Genus	: <i>Klebsiella</i>
Spesies	: <i>Klebsiella pneumoniae</i>

Klebsiella pneumoniae merupakan bakteri gram negatif yang termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae* dan bersifat nonmotil. Dibandingkan dengan anggota lain dalam famili tersebut, bakteri ini memiliki bentuk yang lebih pendek dan lebih tebal. Sel bakteri berbentuk batang dengan ukuran sekitar 0,3–1,5 µm pada lebar dan 0,5–5,0 µm pada panjangnya (Gambar 2.3). *Klebsiella pneumoniae* dapat ditemukan dalam bentuk tunggal, berpasangan, membentuk rantai, maupun tersusun ujung ke ujung. Bakteri ini dapat tumbuh pada media laboratorium biasa tanpa memerlukan kondisi pertumbuhan khusus, sebagaimana anggota *Enterobacteriaceae* lainnya. *Klebsiella pneumoniae* bersifat aerob tetapi juga

mampu hidup secara fakultatif anaerob. Pertumbuhan optimal bakteri ini terjadi pada suhu sekitar 35–37°C dengan pH ideal kurang lebih 7,2 (Arif, 2022).



Gambar 2. 3 Pewarnaan Kapsul *Klebsiella pneumoniae*

Sumber : (R. P. Sari, 2026).

2.4.3 *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa merupakan bakteri Gram negatif yang bersifat aerob obligat serta memiliki flagel yang berfungsi sebagai alat gerak. Bakteri ini berukuran sekitar 0,5–1,0 µm dan tidak mampu memfermentasi karbohidrat (Gambar 2.4). Selain itu, *P. aeruginosa* dapat menghasilkan pigmen nonfluoresen yang disebut piosianin, sedangkan beberapa strain lainnya mampu menghasilkan pigmen fluoresen hijau yang dikenal sebagai pioverdin (Rahayuningtyas & Angasta, 2024).

Pseudomonas aeruginosa merupakan bakteri yang termasuk dalam famili *Pseudomonadaceae* dan tersebar luas di lingkungan, terutama pada area rumah sakit yang lembap. Bakteri ini bukan bagian dari mikrobiota normal manusia, namun mampu menginfeksi berbagai bagian tubuh seperti mukosa, saluran pernapasan, saluran pencernaan, dan organ lainnya. *P. aeruginosa* dapat menimbulkan penyakit terutama pada individu dengan sistem pertahanan tubuh

yang menurun atau terganggu, misalnya pada kondisi neutropenia, pasien yang menjalani kemoterapi, maupun penderita luka bakar (Scania & Ningsih, 2023).

Menurut (Scania & Ningsih, 2023) Klasifikasi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* sebagai berikut:

Kingdom : *Bacteria*
 Subkingdom : *Negibacteria*
 Filum : *Proteobacteria*
 Kelas : *Gammaproteobacteria*
 Ordo : *Pseudomonadales*
 Famili : *Pseudomonadaceae*
 Genus : *Pseudomonas*
 Spesies : *Pseudomonas aeruginosa*



Gambar 2. 4 Pewarnaan Gram *Pseudomonas aeruginosa*

Sumber : (Suherman, 2022)

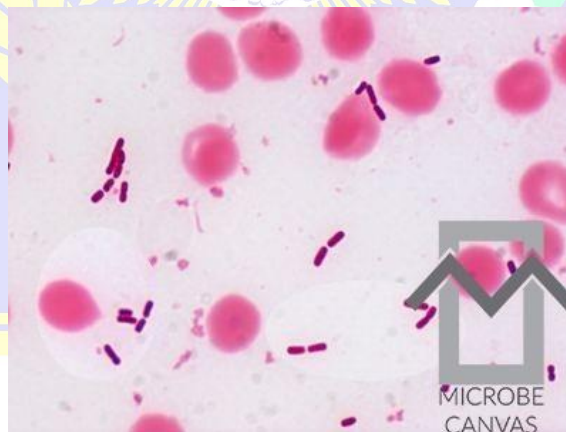
2.4.4 *Proteus mirabilis*

Proteus mirabilis merupakan bakteri Gram negatif berbentuk batang yang termasuk dalam kelompok *Enterobacteriaceae*. Bakteri ini banyak ditemukan di

lingkungan serta menjadi bagian dari flora normal pada saluran pencernaan. *Proteus mirabilis* dikenal sebagai bakteri patogen oportunistik dan sering ditemukan pada pemeriksaan klinis sebagai salah satu penyebab utama infeksi saluran kemih. Tingkat sensitivitas strain *Proteus* terhadap antibiotik dapat berbeda-beda. Akan tetapi, *Proteus mirabilis* umumnya masih peka terhadap beberapa antibiotik, seperti golongan penisilin contohnya ampicilin dan amoksisilin, trimethoprim-sulfametoksazol, sefalosporin, aminoglikosida, serta imipenem (Arnatha et al., 2021).

Menurut (Shery, 2025) Klasifikasi bakteri *Proteus mirabilis* sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Bacteria</i>
Subkingdom	: <i>Negibacteria</i>
Filum	: <i>Proteobacteria</i>
Kelas	: <i>Gammaproteobacteria</i>
Ordo	: <i>Enterobacterales</i>
Famili	: <i>Enterobacteriaceae</i>
Genus	: <i>Proteus</i>
Spesies	: <i>Proteus mirabilis</i>



Gambar 2. 5 Pewarnaan Gram *Proteus mirabilis*

Sumber : (Muhdie, 2025).

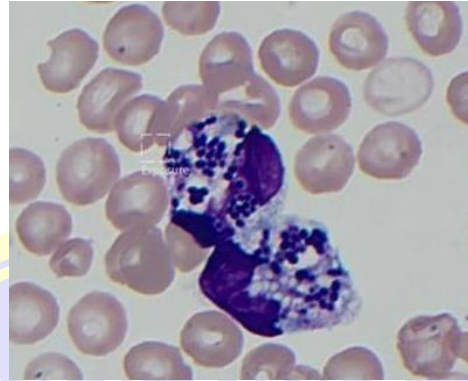
Proteus mirabilis adalah bakteri Gram negatif berbentuk batang (basil) yang tergolong dalam famili *Enterobacteriaceae* (Gambar 2.5). Bakteri ini memiliki sifat motil karena dilengkapi flagela peritrik yang tersebar di seluruh permukaan sel, sehingga dapat bergerak aktif dan menunjukkan pola swarming yang khas pada media padat. Koloni *P. mirabilis* pada media agar biasanya tampak menyebar dengan bentuk tidak beraturan dan tepi bergelombang akibat aktivitas pergerakannya yang tinggi. Selain itu, bakteri ini mampu memproduksi enzim urease yang berfungsi menguraikan urea menjadi amonia, sehingga menghasilkan bau menyengat yang khas. Pada hasil pewarnaan Gram, *P. mirabilis* terlihat sebagai basil pendek tanpa kapsul yang jelas (Shery, 2025).

2.4.5 *Enterococcus faecalis*

Enterococcus faecalis bakteri Gram positif yang diketahui mengalami peningkatan sebagai penyebab infeksi saluran kemih (ISK) dalam beberapa tahun terakhir (Gambar 2.6). Bakteri ini bersifat oportunistik dan umumnya menyerang individu yang menggunakan kateter, memiliki sistem imun yang lemah, atau keduanya. Infeksi saluran kemih akibat *Enterococcus faecalis* memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan infeksi yang disebabkan oleh *Escherichia coli*. Infeksi oleh *Enterococcus faecalis* cenderung tidak menimbulkan peradangan yang signifikan pada kandung kemih serta hanya menyebabkan sedikit perpindahan neutrofil sebagai sel inflamasi menuju lokasi infeksi yang umumnya berada di ginjal (Sandi et al., 2024).

Menurut (Pratama, 2023) Klasifikasi bakteri *Enterococcus faecalis* sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Bacteria</i>
Filum	: <i>Firmicutes</i>
Kelas	: <i>Bacilli</i>
Ordo	: <i>Lactobacilles</i>
Famili	: <i>Enterococcaceae</i>
Genus	: <i>Enterococcus</i>
Spesies	: <i>Enterococcus faecalis</i>



Gambar 2. 6 Pewarnaan Gram *Enterococcus Faecalis*

Sumber : (Wiltshire & Karaula, 2023).

Enterococcus faecalis merupakan salah satu penyebab umum infeksi aliran darah yang diperoleh di fasilitas pelayanan kesehatan serta infeksi saluran kemih terkait penggunaan kateter (*catheter-associated urinary tract infection / CAUTI*) pada orang dewasa maupun anak-anak. Penanganan infeksi akibat bakteri ini sering menjadi sulit karena *E. faecalis* memiliki kemampuan resistensi terhadap berbagai jenis antibiotik (Johnson et al., 2024).

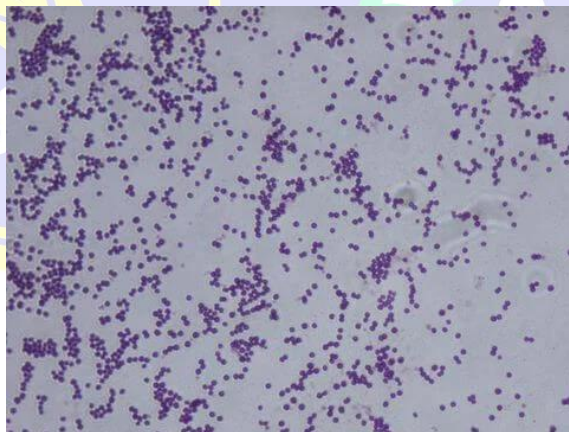
2.4.6 *Staphylococcus saprophyticus*

Staphylococcus saprophyticus merupakan bakteri kokus Gram positif, koagulase negatif, dan nonhemolitik yang sering menjadi penyebab infeksi saluran kemih (ISK) tanpa komplikasi, terutama pada wanita muda yang aktif secara seksual (Gambar 2.7). Dalam beberapa kasus yang lebih jarang, bakteri ini juga dapat menyebabkan komplikasi seperti pielonefritis akut, uretritis, epididimitis, dan prostatitis. *Staphylococcus saprophyticus* termasuk bagian dari flora normal

manusia yang dapat ditemukan pada area perineum, rektum, uretra, serviks, dan saluran pencernaan. Selain itu, bakteri ini juga diketahui sebagai flora normal pada saluran pencernaan hewan seperti babi dan sapi, sehingga penularannya ke manusia dapat terjadi melalui konsumsi makanan yang berasal dari hewan tersebut. Bakteri *Staphylococcus saprophyticus* juga dapat menyebabkan infeksi saluran kemih polimikroba. Jenis infeksi ini lebih sering terjadi pada individu dengan sistem imun yang lemah, lansia, penderita diabetes, pengguna kateter menetap, penderita HIV, maupun pasien kanker. Sebaliknya, infeksi polimikroba relatif jarang ditemukan pada wanita muda yang sehat dan aktif secara seksual (Ehlers & Merrill, 2023).

Menurut (Sapkota, 2022) Klasifikasi bakteri *Staphylococcus saprophyticus* sebagai berikut:

Domain	: <i>Bacteria</i>
Filum	: <i>Firmicutes</i>
Kelas	: <i>Bacilli</i>
Ordo	: <i>Bacillales</i>
Famili	: <i>Staphylococcaceae</i>
Genus	: <i>Staphylococcus</i>
Spesies	: <i>Staphylococcus saprophyticus</i>
Subspesies	: <i>Staphylococcus saprophyticus subsp. Saprophyticus</i>
Subspesies	: <i>Staphylococcus saprophyticus subsp. Bovis</i>



Gambar 2. 7 Pewarnaan Gram *Staphylococcus saprophyticus*

Sumber : (Sapkota, 2022).