

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Infeksi Saluran Kemih (ISK)

2.1.1 Definisi

Infeksi Saluran Kemih (ISK) adalah proses dimana bakteri dan mikroorganisme lainnya masuk ke sistem saluran kemih, lalu berkembang biak hingga tubuh memberikan respon peradangan atau infeksi. ISK dapat menyerang berbagai bagian sistem saluran kemih yaitu uretra, kandung kemih, ureter, sampai ke ginjal. Kondisi ini biasanya ditandai dengan peningkatan jumlah bakteri yang mencapai $\geq 10^5$ CFU/ml disertai gejala klinis seperti sering ingin buang air kecil, nyeri dan sakit saat berkemih (Widiyastuti *et al.*, 2023).

2.1.2 Etiologi

Etiologi (Penyebab) ISK sebagian besar adalah bakteri Gram negatif terutama *Escherichia coli* yang masih mendominasi dengan persentase 80% kasus berasal dari area anus/kelamin dan menginvasi saluran kemih. Sementara itu, bakteri lain seperti *Klebsiella pneumoniae* menyebabkan kurang lebih 5% kasus, *Proteus mirabilis* dan *Enterobacter aerogenes* ditemukan sekitar 2% kasus infeksi saluran kemih (Mokos *et al.*, 2023)

Penyebab ISK pada anak-anak bervariasi, sebagian besar kasus disebabkan oleh infeksi bakteri. Jenis bakteri yang sering ditemukan adalah bakteri gram negatif yang berasal dari flora usus bergerak naik ke saluran kemih. Di antaranya, mikroorganisme seperti *Escherichia coli*, *Proteus*

sp., *Klebsiella* dan *Enterobacter* adalah paling umum dijumpai (Syarofina *et al.*, 2021)

2.1.3 Patofisiologi

Patofisiologi Kateter urin adalah penyebab paling umum bakteriuria (adanya bakteri dalam urin). Risiko bertambah 5-10% per hari, dan pasien sering mengalami bakteriuria setelah memakai kateter selama 10 hari. Secara keseluruhan, ISK adalah infeksi yang paling sering didapat di rumah sakit dan sebagian besar (setidaknya 80%) disebabkan oleh penggunaan kateter atau alat medis lain yang dimasukkan ke saluran kemih. Semakin lama kateter digunakan semakin tinggi pula terkena infeksi saluran kemih (Ananta *et al.*, 2024)

Infeksi Saluran Kemih (ISK) disebabkan oleh mikroorganisme yang masuk kedalam tubuh. Mikroorganisme penyebab ISK umumnya masuk secara ascending (naik), yaitu melalui uretra menuju kandung kemih. Proses ini sering kali dipicu oleh kurangnya menjaga kebersihan diri yang menyebabkan migrasi bakteri dari area periuretra atau anus ke lubang uretra, adanya kelainan anatomi saluran kemih, sarta kondisi imunosupresi akibat penggunaan obat steroid jangka panjang (Liastra, 2020). Ketika masalah ini terjadi kandung kemih tidak bisa berkontraksi dengan baik. Hal ini mengurangi resistensi di dalamnya melemah dan urine tertahan. Penahanan urine yang terjadi lebih dari 12 jam dapat menciptakan media untuk berkembangnya mikroorganisme patogen seperti *Escherichia coli*, *Pseudomonas*, *Proteus sp.*, *Klebsiella* dan *Enterobacter* (Puspita, 2024).

2.1.4 Komplikasi

Infeksi saluran kemih (ISK) dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis utama:

1. Infeksi *Complicated* (dengan komplikasi) adalah infeksi yang timbul pada pasien yang memiliki kelainan struktural atau penyakit sistemik. Kelainan ini menyulitkan pemberantasan bakteri menggunakan antibiotik, sehingga meningkatkan risiko tinggi pasien mengalami komplikasi berat seperti pielonefritis, urosepsis, dan kerusakan ginjal.
2. Infeksi *Uncomplicated* (tanpa komplikasi) adalah infeksi saluran kemih yang terjadi pada pasien anatomi atau struktural pada saluran kemih. Jenis ISK ini umumnya terjadi pada saluran kemih yang normal dan biasanya hanya melibatkan kandung kemih (Saragih, 2020).

2.1.5 Diagnosis

Penegakkan diagnosis Infeksi Saluran Kemih (ISK) pada anak memerlukan serangkaian pemeriksaan laboratorium kultur urine. Biakan urine dianggap sebagai baku emas (gold standard) diagnosis untuk ISK. Interpretasi hasil kultur urine sangat bergantung pada teknik pengambilan sampel. Diagnosis ISK dapat ditegakkan berdasarkan ambang batas hitungan koloni bakteri (*Colony Forming Unit*/CFU) tertentu, sebagai berikut:

- $\geq 10^3$ CFU/ml dengan aspirasi suprapubik
- $\geq 10^4$ CFU/ml bakteri pada urine kateter

- $\geq 10^5$ CFU/ml dengan metode berkemih spontan (Nababan, 2025).

Selain melalui kultur urin diagnosis ISK dapat dilakukan melalui pemeriksaan urinalisis, yang merupakan prosedur skrining awal yang berfungsi untuk mendeteksi indikasi infeksi secara cepat, sehingga tenaga medis dapat segera memberikan terapi empiris awal bagi pasien (Sheba, 2023).

2.2 *Autism Spectrum Disorder (ASD)*

2.2.1 Definisi

Autism Spectrum Disorder (ASD) adalah gangguan perkembangan neurologis yang serius dan menjadi perhatian utama dalam dunia kesehatan (Dewi & Morawati, 2024). Kondisi ini ditandai oleh kesulitan berkomunikasi dan berinteraksi sosial, disertai dengan pola perilaku yang terbatas dan berulang, serta aktivitas sensorik yang abnormal (Zuffa *et al.*, 2023). Karakteristik ini menyebabkan anak *Autism Spectrum Disorder* (ASD) terlihat kurang peka terhadap lingkungan dan seolah terisolasi dalam dunia mereka sendiri, sehingga menimbulkan hambatan serius dalam interaksi sosial, bahkan dengan orang tua. Disabilitas yang dialami oleh anak *Autism Spectrum Disorder* (ASD) menyebabkan berbagai dampak dalam hidup mereka, termasuk hambatan dalam menjalankan aktivitas sehari-hari, seperti keterbatasan kemandirian dalam perawatan diri dan kebersihan pribadi (Holah & Taylor, 2024). Selain itu, keterlibatan sistem limbik yang menyebabkan anak *Autism Spectrum Disorder* (ASD) sulit mengendalikan emosi,

kemarahan dan tangisan yang tidak terkendali, serta rasa takut yang berlebih terhadap objek tertentu (Dewi & Morawati, 2024).

2.2.2 Etiologi dan Patofisiologi

Penyebab gangguan *Autism Spectrum Disorder* (ASD) adalah interaksi yang kompleks antara faktor genetik (keturunan) dan faktor lingkungan (Cheroni *et al.*, 2020). Studi menunjukkan adanya keterlibatan mutasi genetik tertentu dan ketidakseimbangan neurotransmitter (zat kimia di otak) yang berkontribusi pada gangguan perkembangan otak. Selain itu, faktor lingkungan memainkan peran krusial, terutama terjadi selama masa kehamilan (kondisi prenatal) (Dewi & Morawati, 2024). Paparan terhadap infeksi, bahan toksik atau kimia yang tersebar luas seperti pengganggu endokrin diketahui dapat menyebabkan gangguan perkembangan saraf (Cheroni *et al.*, 2020).

2.2.3 Komplikasi

Autism Spectrum Disorder (ASD) dapat berawal sebelum lahir, mengingat adanya komplikasi kehamilan tertentu yang sering dikaitkan dengan *Autism Spectrum Disorder* (ASD), seperti antepartum (perdarahan hebat dari jalan lahir setelah kehamilan 20 minggu menjelang akhir kehamilan), preeklamsia (tekanan darah ibu hamil sangat tinggi disertai adanya protein dalam urin) dan hiperemesis gravidarum (mual dan muntah parah yang menyebabkan ibu kehilangan berat badan dan dehidrasi) (Lubis, 2017).

Apabila anak *Autism Spectrum Disorder* (ASD) tidak ditangani dengan baik, kondisi ini dapat menimbulkan berbagai komplikasi yang

memengaruhi secara signifikan kualitas hidup penderitanya. Komplikasi fisik yang umum meliputi masalah pada sistem pencernaan dan gangguan tidur yang persisten. Selain itu penderita sering menunjukkan disfungsi sensorik, seperti sensitive dan mudah marah terhadap rangsangan lingkungan seperti cahaya yang terang atau suara berisik, atau sebaliknya kesulitan merespon rasa sakit, panas dan dingin. Komplikasi neurologis yang serius adalah risiko kejang, terutama pada individu yang menderita epilepsi, mengingat epilepsi sering terjadi bersamaan dengan *autism*. Gejala autisme yang berkaitan dengan gangguan interaksi dan aktivitas sosial berdampak pada fungsi adaptif dan mental penderitanya, yang seringkali bermanifestasi berbagai ketidakmampuan untuk hidup sendiri, kesulitan menjalin hubungan sosial, serta hambatan serius dalam mengikuti pelajaran. Dampak psikologisnya juga mencakup munculnya gangguan mental, seperti stress, depresi, kecemasan dan gangguan *mood* (Dewi & Morawati, 2024).

2.2.4 Diagnosis

Diagnosis *Autism Spectrum Disorder* (ASD) sepenuhnya didasarkan pada konfirmasi gejala klinis yang khas. Gejala klinis utama yang harus diidentifikasi meliputi gangguan komunikasi dan interaksi sosial (misalnya, kesulitan berbahasa dan tidak adanya kontak mata) serta adanya perilaku yang kaku dan repetitif, termasuk preokupasi yang berlebihan terhadap objek, tekstur atau warna tertentu. Informasi mengenai gejala-gejala ini diperoleh melalui observasi langsung terhadap pasien, laporan dari orang tua atau pengasuh dan evaluasi

riwayat perkembangan anak. Kriteria diagnosis resmi yang saat ini digunakan untuk menegakkan ASD mengacu pada kriteria diagnosis dan statistik gangguan mental edisi kelima (DSM-5) atau klasifikasi penyakit Internasional edisi kesebelas (ICD-11). Meskipun terdapat instrumen bantu yang dapat digunakan untuk mendukung penegakan diagnosis, perlu ditekankan bahwa saat ini belum ada pemeriksaan fisik atau penunjang yang spesifik untuk deteksi ASD (Dewi & Morawati, 2024).

2.3 Urin

2.3.1 Definisi Urin

Urin merupakan cairan residu yang diekskresikan oleh ginjal dan dikeluarkan dari dalam tubuh melalui proses urinasi. Ekskresi urin dibutuhkan untuk membuang molekul residu yang telah disaring oleh ginjal, sehingga berperan penting dalam menjaga homeostasis atau keseimbangan tubuh (Arfaizah, 2022). Produksi urin sendiri terjadi secara bertahap di ginjal melalui proses penyaringan darah. Rata-rata orang dewasa yang sehat umumnya mengekskresikan 400 hingga 2000 ml urin per hari. Secara komposisi, urin didominasi oleh air dan mengandung berbagai sisa mineral seperti urea, garam, ammonia, dan kreatinin. Urin normal yang ideal memiliki penampakan jernih transparan, namun secara fisiologis, warna urin dapat bervariasi dari kuning jernih hingga oranye keruh, yang umumnya disebabkan oleh pigmen dari cairan empedu (Yudhistira *et al.*, 2021).

2.3.2 Kandungan Urin

Kandungan zat dalam urin dapat berbeda-beda dan dipengaruhi oleh jenis makanan yang dikonsumsi dalam volume asupan cairan. Secara umum, urin sehat mengandung sekitar 90% air. Sisanya terdiri dari berbagai zat terlarut, termasuk produksi limbah nitrogen seperti urea, asam urat, amoniak dan kreatinin. Selain itu. Urin juga mengandung asam-asam organik dan anorganik (seperti asam laktat, asam fosfat, dan asam sulfat), klorida, berbagai garam mineral (terutama garam dapur), serta kelebihan zat yang telah beredar dalam darah, misalnya vitamin C dan residu obat-obatan. Semua komponen ini berasal dari filtrasi darah atau cairan antar sel-sel tubuh. Namun, komposisi akhir urin mengalami perubahan tahap reabsorpsi di tubulus ginjal, diserap kembali secara selektif ke dalam aliran darah melalui mekanisme protein pembawa (Stefani *et al.*, 2022)

2.3.3 Karakteristik Urin

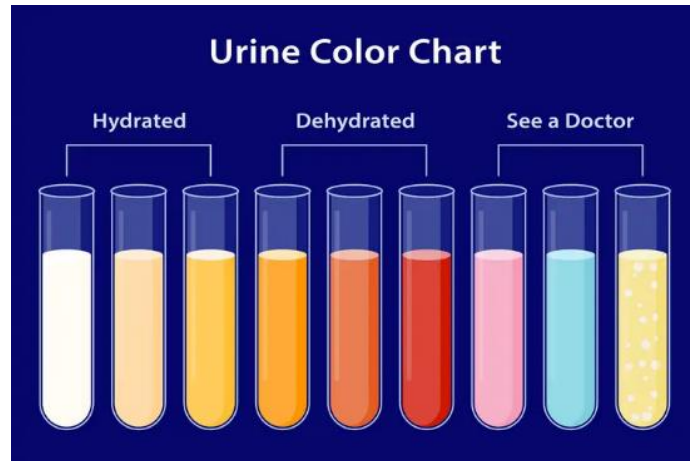
Pemeriksaan urin rutin (urinalis) melibatkan evaluasi terhadap beberapa karakteristik fisik dan kimiawi. Secara visual, urin normal ditandai oleh warna kuning pucat dengan tingkat kejernihan mulai jernih hingga sedikit keruh (Gambar 2.1). Untuk mempertahankan Kesehatan dan meningkatkan produktivitas. Bagi orang awam indikator paling mudah dengan melihat warna urin (Utami *et al.*, 2022).

Tabel 2.1 Interpretasi Warna Urin

Warna	Kemungkinan Penyebab	Interpretasi
Kuning transparan	Meski normal itu mungkin tanda awal kelebihan hidrasi.	Normal

Kuning muda	Ini merupakan indikasi tubuh yang sehat.	Normal
Kuning tua	Meski normal itu mungkin tanda awal dehidrasi.	Normal
Kuning pekat atau gelap	Tubuh dehidrasi.	Abnormal
Jingga atau orange	Dapat normal karna obat atau tanda gangguan hati.	Mungkin mengkhawatirkan
Coklat gelap	Tanda gangguan hati atau hemolisis.	Abnormal
Merah	Meski warna merah pada urin mungkin adanya darah, namun hal itu bisa terjadi karena makanan atau minuman.	Mungkin mengkhawatirkan

Karakteristik bau pada urin normal bersifat khas, yang berasal dari kandungan asam organik yang mudah menguap. Aspek kimiawi penting yang diukur adalah derajat keasaman (pH), yang umum di tentukan menggunakan strip indikator. Selanjutnya, volume urin harian pada orang dewasa sehat rata-rata berkisaran 1500 ml, dan pengukuran volume urin ini berfungsi sebagai indikator penting untuk mendeteksi potensi masalah fungsi ginjal atau gangguan keseimbangan tubuh. Terakhir, berat jenis adalah parameter yang menunjukkan tingkat kekentalan atau konsentrasi partikel terlarut dalam urin. Rentang normal berat jenis urin antara 1.003 hingga 1.030, di mana nilai di atas 1,030 menunjukkan urin yang sangat pekat dan dapat mengindikasikan adanya glukosuria (kadar glukosa berlebihan dalam urin) (Israq, 2024).



Gambar 2.1 Karakteristik Urine
(Sumber : Cohen & Gleim, 2025)

2.3.4 Pengambilan Sampel Urin

Terdapat tiga metode utama yang digunakan untuk memperoleh sampel urin yang diperlukan dalam pemeriksaan kultur urin, yaitu pengambilan urin porsi tengah (*midstream*), pengambilan sampel urin melalui kateter dan pengambilan urin supra pubik (Kadarsih, 2021).

1. Urin porsi tengah (*midstream*) dianggap sebagai spesimen yang paling ideal untuk pemeriksaan laboratorium, khususnya untuk analisis mikrobiologi atau kultur urin. Keunggulan metode ini menghasilkan spesimen yang paling bersih dan representatif, karena secara signifikan mengurangi risiko kontaminasi. Teknik pengumpulan ini dilakukan dengan cara membuang aliran urin awal, yang berfungsi untuk membersihkan sel-sel epitel dan mikroorganisme yang berpotensi mencemari spesimen di sekitar uretra. Selanjutnya, aliran urin bagian tengah ditampung dalam wadah steril, dan sisa aliran terakhir kembali di buang. Oleh karena

proses pembersihan awal metode *midstream* menjadi pilihan utama dalam pengambilan sampel urin (Indrayani, 2022).

2. Pengambilan sampel urin menggunakan kateter merupakan metode yang diindikasikan pada pasien yang tidak mampu menghasilkan urin porsi tengah (*midstream*). Teknik ini memerlukan sterilisasi tinggi (aseptis) dan biasanya melibatkan penggunaan spuit dan jarum yang dimasukkan ke dalam selang kateter menetap (*indwelling catheter*) untuk aspirasi sampel. Sebelum pengambilan, berapa mililiter urin awal harus dibuang dari selang kateter untuk membersihkan organisme yang mungkin menempel pada ujung selang, sehingga dapat meminimalkan kontaminasi dan menjamin kualitas spesimen urin yang diperoleh (Kadarsih, 2021).
3. Urin supra pubik digunakan pada pemeriksaan kultur bakteri (mikroba anaerob), pemeriksaan sitologi dan pada bayi dengan adanya kontaminasi pada sampel urin yang sulit untuk dihindari. Teknik ini dilakukan dengan cara menusukkan dinding abdomen dan vesika urinaria penderita menggunakan spuit dan jarum (Kadarsih, 2021).

2.3.5 Penyimpanan Sampel Urin

Penyimpanan sampel urin untuk menjamin hasil yang akurat urin harus segera diperiksa, idealnya kurang dari satu jam setelah buang air kecil. Jika pemeriksaan tertunda lebih dari empat jam, sampel harus disimpan di lemari es pada suhu 2-8°C (Salsabila *et al.*, 2020). Keterlambatan pemeriksaan pada suhu ruang sangat merugikan karena

menyebabkan bakteri berkembang biak, meningkatkan pH urin menjadi basa, dan merusak komponen di dalamnya. Penyimpanan pada suhu ruang selama satu jam dapat menyebabkan 50% sel leukosit rusak dan lisis. Meskipun penyimpanan dalam lemari es (4°C) lebih baik, sel leukosit tetap akan berkurang 50% dalam waktu sekitar 2,5 jam. Oleh karena itu sampel urin harus segera diperiksa (Apriyani & MS, 2023).

2.4 Bakteri Penyebab Infeksi Saluran Kemih (ISK)

Bakteri merupakan kelompok organisme mikroskopis yang umumnya bersel tunggal dan tidak memiliki membran inti. Sebagian besar bakteri memiliki dinding sel, tetapi tidak mengandung klorofil. Meskipun berukuran sangat kecil, bakteri memiliki peran yang signifikan dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari bahkan sebagai penyebab infeksi (Febriza *et al.*, 2021). Jenis bakteri patogen yang dapat ditemukan pada infeksi saluran kemih (ISK) yaitu *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumonia* dan *staphylococcus aureus* (Ainutajriani *et al.*, 2024).

2.4.1 *Escherichia coli*

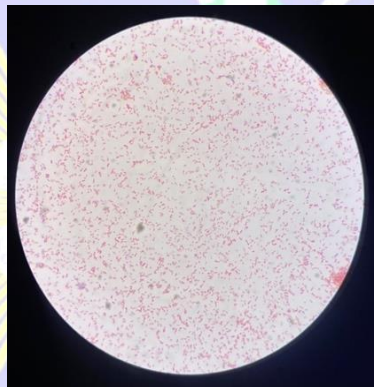
Escherichia coli merupakan flora normal disaluran pencernaan, namun menjadi patogen jika masuk ke saluran kemih melalui uretra secara ascending. *Escherichia coli* juga memicu berbagai penyakit pada manusia seperti enteritis, peritonitis dan sistitis. Secara morfologi dan fisiologi *Escherichia coli* memiliki karakteristik berbentuk batang gram negatif dan tidak memiliki kemampuan untuk membentuk spora. Bakteri ini dilengkapi dengan pili serta flagela tipe peritrikus (menyebar di seluruh permukaan sel). *Escherichia coli* bersifat anaerob fakultatif dan

tumbuh optimal pada suhu 37°C. Sifat biokimia utamanya adalah kemampuannya dalam memfermentasi karbohidrat dan menghasilkan gas, yang turut berperan dalam kemampuannya menyebabkan infeksi, terutama infeksi saluran kemih (ISK) (Pitaloka, 2021).

a. Klasifikasi *Escherichia coli*

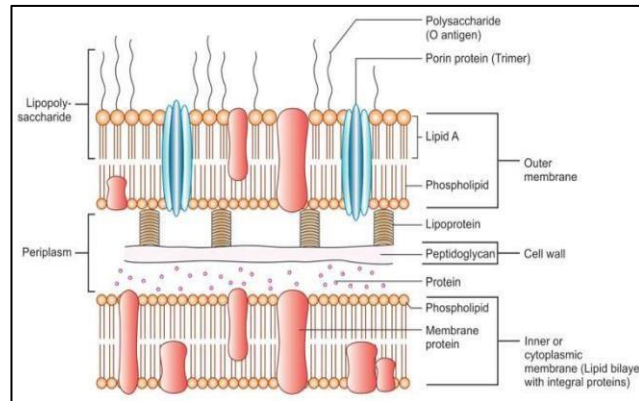
Domain	: Bacteria
Kingdom	: Eubacteria
Phylum	: Proteobacteria
Class	: Gammaproteobacteria
Ordo	: Enterobacteriales
Family	: Enterobacteriaceae
Genus	: Escherichia
Spesies	: <i>Escherichia coli</i> (Nababan, 2025)

b. Morfologi *Escherichia coli*



Gambar 2.2 Hasil Pewarnaan Gram bakteri *E. coli* yang diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 100× (Sumber : Cahyatiningyas *et al.*, 2024)

Escherichia coli adalah bakteri Gram negatif yang memiliki bentuk batang dengan ukuran sekitar 1,0–1,5 μm $\times$ 2,0–6,0 μm (Gambar 2.2) Bakteri ini bersifat anaerob fakultatif, mampu bertahan hidup dalam kondisi keasaman tinggi di dalam tubuh manusia. *Escherichia coli* juga dapat hidup di luar tubuh manusia dan umumnya menyebar melalui kontaminasi feses (Azahro, 2023).



Gambar 2.3 Dinding Sel Bakteri Gram Negatif
(Sumber : Apriani *et al.*, 2023)

Escherichia coli termasuk bakteri gram negatif yang memiliki ciri khas struktur dinding sel, yang hanya mengandung sekitar 5–20% peptidoglikan (Gambar 2.3), sementara sisanya terdiri atas polisakarida. Ketika pewarnaan gram dilakukan, pemberian alkohol 95% menyebabkan lipid pada membran luarnya larut sehingga pori-pori dinding sel melebar. Akibatnya, kompleks kital violet-iodin yang berwarna ungu terlepas keluar dari sel dan sel menjadi tidak berwarna. Setelah itu, sel tampak merah karena menyerap pewarna pembanding, yaitu safranin, sehingga *Escherichia coli* tampak berwarna merah di bawah mikroskop (Oktaviani *et al.*, 2022)

2.4.2 *Klebsiella pneumoniae*

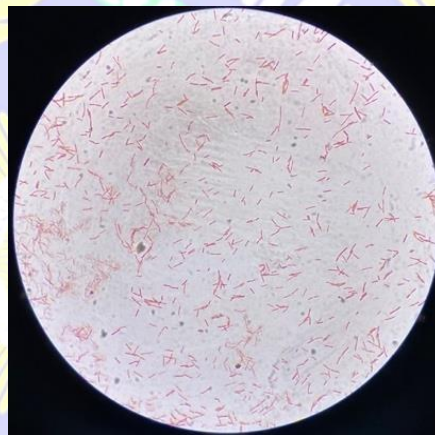
Klebsiella pneumoniae merupakan bagian dari bakteri patogen gram negatif yang memiliki kemampuan untuk bertahan hidup di berbagai lingkungan, termasuk tanah, air, dan permukaan mukosa mamalia. Meskipun bakteri ini umum mengkolonisasi saluran pencernaan manusia dan terkadang pada nasofaring. Bakteri ini

bertanggung jawab atas infeksi seperti saluran kemih (Widyatun, 2023). infeksi pada sistem pernapasan, dan bakteremia, terutama sangat berbahaya dan menimbulkan berbagai penyakit serius pada individu dengan kondisi imun yang lemah (Kurama *et al.*, 2020).

a. Klasifikasi *Klebsiella pneumoniae*

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Gamma Proteobacteria
Ordo	: Enterobacteriales
Famili	: Enterobacteriaceae
Genus	: Klebsiella
Spesies	: <i>Klebsiella pneumoniae</i> (Romadhana, 2023)

b. Morfologi *Klebsiella pneumoniae*



Gambar 2.4 Hasil pewarnaan gram bakteri *Klebsiella pneumoniae* yang diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 100× (Sumber : Cahyatiningyas et al., 2024)

Klebsiella pneumoniae adalah bakteri gram negatif dengan morfologi berbentuk batang pendek yang memiliki ukuran sel sekitar $0,5-0,8 \times 1-2\mu\text{m}$ (gambar 2.4) ciri khas bakteri ini adalah keberadaan kapsul polisakarida yang besar, menyebabkan koloni yang tumbuh pada media kultur tampak mukoid. Bakteri ini bersifat nonmotil karena tidak memiliki flagela dan tidak mampu membentuk spora. *Klebsiella pneumoniae* tergolong fakultatif anaerob, yang berarti

dapat bertahan hidup dan tumbuh baik dengan maupun tanpa oksigen. Bakteri ini memiliki kemampuan metabolik untuk memfermentasi berbagai jenis karbohidrat, termasuk laktosa, dengan hasil akhir berupa produksi asam dan gas (Apriani *et al.*, 2023).

2.4.3 *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa merupakan bakteri Gram negatif yang dikenal sebagai patogen oportunistik yang sangat penting dalam dunia medis, memiliki kemampuan invasif dan toksigenik yang dapat memicu berbagai jenis infeksi (Shafira *et al.*, 2022). Bakteri ini merupakan salah satu penyebab utama infeksi nosokomial yang secara spesifik menargetkan pasien dengan sistem imun yang lemah. Risiko infeksi *Pseudomonas aeruginosa* secara signifikan meningkat pada pasien yang dirawat di unit perawatan intensif (ICU), dimana risikonya dapat mencapai lima hingga sepuluh kali lipat lebih tinggi dibandingkan pasien di bangsal biasa, peningkatan kerentanan ini disebabkan oleh dua faktor utama yaitu penurunan fungsi sistem imun akibat penyakit berat atau kronis yang diderita pasien, serta penggunaan alat medis invasif (seperti kateter, ventilator, atau infus intravena) yang dapat memfasilitasi masuknya bakteri ke dalam tubuh (Wulandari, 2023).

a. Klasifikasi *Pseudomonas aeruginosa*

Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Proteobacteria
Class	: Gamma Proteobacteria
Ordo	: Pseudomonadales
Family	: Pseudomonadaceae
Genus	: Pseudomonas
Spesies	: <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (Diggle & Whiteley, 2020)

b. Morfologi *Pseudomonas aeruginosa*



Gambar 2.5 Morfologi Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*
(Sumber : Umaruddin *et al.*, 2020)

Pseudomonas aeruginosa adalah bakteri gram negative yang memiliki ukuran sel kira-kira $0,6 \times 2\mu\text{m}$ (gambar 2.5). Secara morfologi, bakteri ini berbentuk batang atau kokus, dan dapat diamati sebagian sel individual, berpasangan, atau tersusun dalam rantai pendek (Armianti & Arisanti, 2021). Bakteri ini mudah tumbuh pada berbagai jenis media kultur, dimana koloninya berbentuk bulat dan menunjukkan kilau hijau yang khas. Warna kehijauan yang khas ini disebabkan oleh produksi pigmen fluoresen pyoverdine, yang memberikan tampilan hijau terang pada media agar tempat bakteri tersebut tumbuh. Selain itu, beberapa strain *Pseudomonas aeruginosa*

diketahui mampu menyebabkan hemolisis pada darah (Shafira *et al.*, 2022).

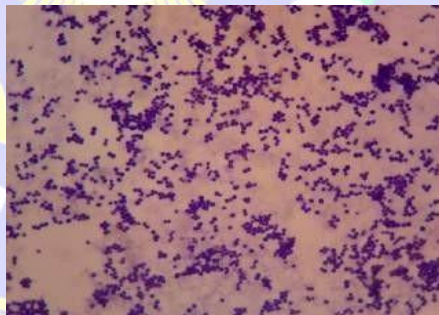
2.4.4 *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus merupakan bakteri patogen gram positif yang mampu menyebabkan berbagai penyakit infeksi, ditandai dengan gejala khas seperti peradangan, nekrosis jaringan dan pembentukan abses. Spektrum penyakit yang ditimbulkan sangat luas, mulai dari infeksi kulit ringan *furunkel* (bisul), hingga infeksi fatal yang menyebar luas keseluruh tubuh seperti *piemia* (Khairunnisa *et al.*, 2023).

a. Klasifikasi *Staphylococcus aureus*

Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Firmicutes
Class	: Bacilli
Ordo	: Bacillales
Family	: Staphylococcaceae
Genus	: <i>Staphylococcus</i>
Spesies	: <i>Staphylococcus aureus</i> (Shari & Humaira, 2025)

b. Morfologi *Staphylococcus aureus*



Gambar 2.6 Morfologi *Staphylococcus aureus*
(Sumber : Shari & Humaira, 2025)

Staphylococcus aureus adalah bakteri gram positif yang secara morfologi, sel bakteri ini berukuran kecil, yaitu sekitar 0,5-1,5 μm (Gambar 2.6), bersifat non-motil, tidak terbentuk spora, dan memiliki kemampuan hidup sebagai anaerob fakultatif. Ciri

khasnya yang paling menonjol adalah kecenderungannya untuk tersusun dalam kelompok-kelompok tidak teratur, sering digambarkan menyerupai tandan anggur. Sifat *Staphylococcus aureus* meliputi hasil uji katalase yang positif dan ketahanan yang tinggi terhadap kondisi lingkungan ekstrem, seperti tekanan osmotik dan konsentrasi garam yang tinggi. Meskipun *Staphylococcus aureus* secara umum merupakan bagian dari flora komensal mikroorganisme (seperti bakteri) yang hidup ditubuh manusia (flora normal) secara symbiosis komensalisme (hidup berdampingan ditemukan pada kulit, selaput lendir dan saluran pencernaan berbagai mamalia, keberadaan *Staphylococcus aureus* juga terlibat sebagai agen etiologi penting dalam berbagai infeksi klinis yang serius pada manusia dan hewan (Fayisa & Tuli, 2023)

2.5 Pemeriksaan Sampel Urin

2.5.1 Pemeriksaan Urinalisis Lengkap

Diagnosis Infeksi Saluran Kemih (ISK) seringkali didukung oleh pemeriksaan urinalisis lengkap, yang merupakan rangkaian tes laboratorium komprehensif. Pemeriksaan ini mencakup tiga komponen utama yaitu makroskopis, kimia dan mikroskopis. Secara makroskopis, urin dievaluasi berdasarkan karakteristik fisik seperti warna, bau, kejernihan, volume dan berat jenisnya. Selanjutnya, pemeriksaan kimia urin menggunakan dipstick (strip reagen komersial) berfokus pada indikator spesifik, yaitu nitrit, pH dan leukosit esterase. Terakhir, komponen mikroskopis sangat penting untuk konfirmasi ISK karena

menganalisis sedimen urin untuk mengidentifikasi keberadaan eritrosit, leukosit dan baktri (Rinawati & Aulia, 2022).

2.5.2 Pemeriksaan Total Bakteri

Pemeriksaan total bakteri adalah jenis penujian esensial yang bertujuan untuk mengukur dan mengetahui jumlah kolonisasi bakteri yang berhasil tumbuh pada media kultur (Rosmania & Fitri, 2020). Dalam konteks klinis, pemeriksaan ini diakui sebagai gold standard untuk mengonfirmasi adanya infeksi, terutama Infeksi Saluran Kemih (ISK). Bertujuan menghitung total kolonisasi bakteri patogen, yang mana hasil kuantitatif tersebut menjadi syarat utama dalam penegakkan diagnosis, sekaligus penting untuk menentukan tingkat keparahan ISK yang dialami pasien (Aziza et al., 2024).

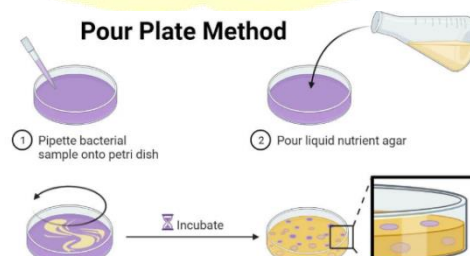
Prinsip dasar pemeriksaan hitung total bakteri, atau yang sering disebut Uji Angka Lempeng Total (ALT), dilakukan dengan menginokulasi sel mikroorganisme pada media agar sesuai. Tujuannya adalah agar mikroorganisme tumbuh dan berkembang biak hingga membentuk koloni bakteri yang dapat diamati secara makroskopis tanpa perlu mikroskopis. Secara teknis, pertumbuhan koloni bakteri aerob mesofil sering kali dilakukan setelah sampel ditanam pada media yang sesuai melalui metode tuang, kemudian diinkubasi di inkubator selama 24 jam pada suhu 37°C. Oleh karena itu, uji ALT menjadi metode yang umum dan standar untuk menentukan kualitas total bakteri yang terdapat dalam sampel yang dianalisis (Damayanti *et al.*, 2020). Untuk

mengetahui perhitungan total bakteri, dapat menggunakan beberapa metode, seperti:

a. Metode Tuang (Pour Plate Method)

Metode cawan tuang (pour plate) adalah salah satu teknik penanaman mikroorganisme pada media agar yang bertujuan untuk membunuh sel bakteri hidup agar dapat berkembang dan membentuk koloni yang terlihat langsung (Damayanti et al., 2020).

Prinsip metode ini adalah mencampurkan suspensi bakteri hidup hasil pengenceran dengan media agar cair yang belum padat, biasanya dilakukan pada suhu sekitar 45°C, sehingga sel-sel bakteri dapat menyebar secara merata pada permukaan maupun di dalam media agar setelah memadat (Gambar 2.7). Salah satu keuntungan utama penggunaan teknik ini adalah peneliti akan mendapatkan biakan bakteri yang relatif murni. Namun, kelemahannya adalah sel-sel bakteri yang tumbuh terlalu berdekatan cenderung bergabung membentuk satu koloni besar, sehingga hasil perhitungan total bakteri yang didapat kurang akurat dan tidak selalu mencerminkan jumlah sel bakteri yang sebenarnya dalam sampel (Damayanti *et al.*, 2020).

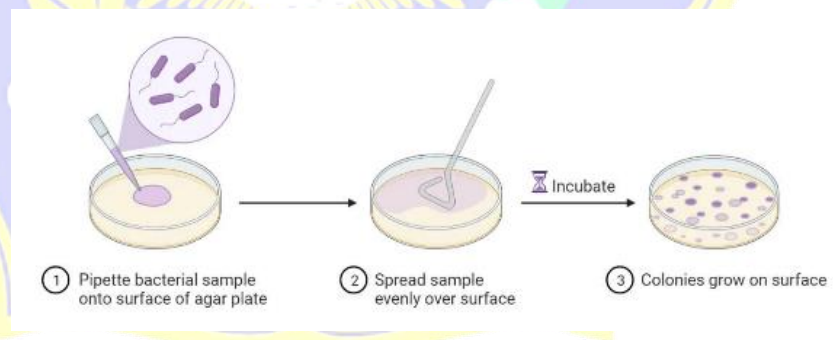


Gambar 2.7 Metode Cawan Tuang
(Sumber : Sagar Aryal, 2022)

b. Metode S

Metode cawan sebar (*spread plate*) adalah teknik penanaman mikroorganisme yang prinsipnya dilakukan dengan menumbuhkan bakteri melalui penuangan suspensi bakteri hidup hasil pengenceran ke permukaan media agar yang sudah padat.

Prinsip metode ini suspensi bakteri diratakan secara merata di atas permukaan agar menggunakan alat ose bengkok atau ose berbentuk segitiga yang steril, sambil cawan petri diputar untuk memastikan distribusi sel yang homogen selama proses inokulasi (Gambar 2.8). Salah satu keuntungan signifikan dari metode cawan sebar dapat memprediksi jumlah bakteri dalam bentuk satuan sel. Namun, kelemahan metode ini terletak pada tingkat kesulitannya saat meratakan suspensi menggunakan ose berbentuk segitiga yang secara signifikan dapat meningkatkan peluang terjadinya kontaminasi pada biakan bakteri (Damayanti *et al.*, 2020).

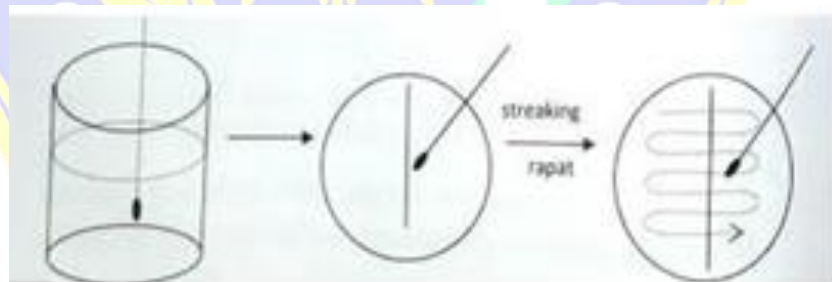


Gambar 2.8 Metode Cawan Sebar
(Sumber : Sagar Aryal, 2022)

c. Metode Mayo (CFU/mL)

Teknik Mayo merupakan metode pemeriksaan hitung total bakteri yang prosedur pemeriksaannya relatif sederhana dibandingkan dengan metode cawan tuang maupun cawan sebar, karena tidak memerlukan tahap pengenceran sampel (Gambar 2.9).

Prinsip Teknik ini adalah menggoreskan sampel urin pada permukaan media agar yang telah dipersiapkan menggunakan ose *disposable*. Media yang telah diinokulasi tersebut kemudian diinkubasi di dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam. Setelah masa inkubasi selesai, koloni bakteri yang tumbuh dan terpisah dihitung. Nilai hitungan koloni ini selanjutnya dikalikan dengan faktor konversi spesifik yang menyetarakan volume urin yang digoreskan menjadi 1 ml, hingga hasil akhir yang diperoleh merepresentasikan jumlah organisme per mililiter sampel (Aziza et al., 2024).



Gambar 2.9 Kultur Urin Teknik Mayo
(Sumber : Kadarsih, 2021)

Teknik mayo merupakan prosedur kuantitatif khusus yang untuk mengitung total koloni bakteri, dengan tahapan pemeriksaan sebagai berikut:

1. Menyiapkan ose *disposable* (sekali pakai) berukuran 0,01 ml untuk pengambilan sampel urin.
2. Menghomogenkan sampel urin.
3. Mencilupkan ose *disposable* secara tegak lurus (*vertical*) ke dalam sampel urine agar volume urine yang menempel pada ose *disposable* sesuai dengan standar volume yang telah ditentukan 0,01 ml.
4. Selanjutnya, melakukan inokulasi sampel pada media *Mac Conkey Agar* (MCA) menggunakan ose *disposable*.
5. Media yang telah diinokulasi selanjutnya diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C dalam kondisi aerob.
6. Penghitungan total bakteri yang tumbuh dikalikan dengan faktor 10^2 pada penggunaan ose 0,01 ml, proses perhitungan koloni menggunakan *colony counter* (Liastra, 2020).

Ketentuan perhitungan koloni bakteri menggunakan teknik mayo sebagai berikut:

1. Satu koloni bakteri dihitung sebesar 1 koloni
2. Dua koloni bakteri yang bertumpuk dihitung sebesar 1 koloni
3. Beberapa koloni bakteri yang saling terhubung dan tidak dapat dibedakan dihitung sebesar 1 koloni
4. Dua koloni bakteri yang berdekatan tetapi dapat dibedakan dihitung sebesar 2 koloni (Kadarsih, 2021).

5. Jika menggunakan ose 0,01 mL (10μ) faktor konversinya adalah 10^2 (dikalikan 100). Jika menggunakan ose 0,001 mL (1μ) faktor konversinya adalah (dikali 1000).
6. Interpretasi hasil klinis $< 10^3$ CFU/mL dianggap kontaminasi normal. $10^3 - 10^4$ CFU/mL ISK derajat ringan (perlu pemeriksaan klinis ulang). $\geq 10^5$ CFU/mL Bakteriuria signifikan positif mengidap Infeksi Saluran kemih (ISK).

2.6 Pemantapan Mutu Pemeriksaan Sampel Urin Pasien ISK

Keterbatasan kapasitas fasilitas laboratorium, Lokasi pengambilan sampel di luar laboratorium (seperti rumah pasien atau praktik dokter), serta jumlah sampel yang tidak sebanding merupakan faktor umum yang menyebabkan sampel urin tidak dapat segera di periksa (Pinontoan *et al.*, 2023). Idealnya, pemeriksaan urine harus dilakukan maksimal dua jam setelah pengambilan sampel, jika sampel dibiarkan pada suhu ruang melebihi batas waktu tersebut tanpa pengawet komposisi dari urin akan berubah. hal ini dapat mengakibatkan mutu hasil pemeriksaaan laborotium menurun. Kesalahan ini berpotensi memengaruhi akurasi interpretasi hasil, yang pada akhirnya dapat menumbulkan kesalahan diagnosis (Aziza et al., 2024).