

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Infeksi Saluran Kemih

2.1.1 Pengertian

Infeksi saluran kemih (ISK) adalah kondisi patologis yang umum ditemukan dan ditandai oleh temuan mikroskopis atau sedimen urine yang menunjukkan hasil positif untuk nitrit, leukosit, serta adanya bakteri (Megawati et al., 2023). Infeksi saluran kemih (ISK) merupakan infeksi yang terjadi pada organ-organ dalam sistem kemih, seperti ginjal, ureter, uretra, dan kandung kemih. Wanita cenderung lebih mudah mengalami ISK dibandingkan pria karena saluran kemih mereka lebih pendek serta letaknya lebih dekat dengan anus dan vagina (Kusumawati et al., 2024).

Infeksi saluran kemih (ISK) adalah penyakit infeksi yang terjadi akibat kolonisasi mikroorganisme di dalam saluran kemih. Salah satu infeksi yang sering terjadi dimasyarakat termasuk remaja adalah ISK (Tubalawony et al., 2024). Prevalensi dan insidensi Infeksi Saluran Kemih (ISK) lebih tinggi pada wanita dibandingkan pria. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor klinis, seperti perbedaan anatomi, pengaruh hormonal, kebiasaan perilaku, serta panjang uretra wanita yang lebih pendek sehingga memudahkan bakteri mencapai kandung kemih. Selain itu, kedekatan letak saluran kemih wanita dengan area rektal juga meningkatkan kemungkinan masuknya kuman ke saluran kemih. Sementara itu, pada pria, uretra yang

lebih panjang dan adanya cairan prostat yang memiliki sifat antibakteri memberikan perlindungan terhadap infeksi bakteri (Devi, 2025).

2.1.2 Klasifikasi

Klasifikasi infeksi saluran kemih (ISK) terbagi menjadi dua jenis:

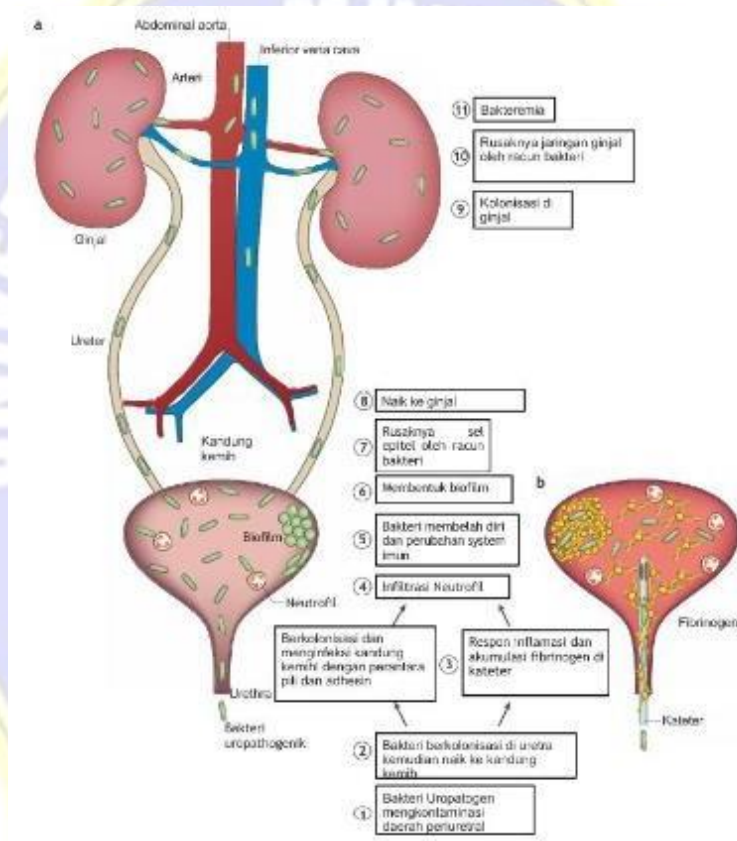
- a. Infeksi Uncomplicated (tanpa komplikasi) adalah infeksi saluran kemih pada pasien yang tidak disertai kelainan anatomi atau struktur saluran kemih. ISK uncomplicated umumnya terjadi pada saluran kemih yang normal dan biasanya hanya melibatkan kandung kemih.
- b. Infeksi Complicated (dengan komplikasi) adalah infeksi saluran kemih yang terjadi pada pasien yang menderita kelainan anatomi atau struktur saluran kemih, atau adanya penyakit sistemik. Kelainan tersebut dapat menyulitkan pemberantasan kuman atau bakteri oleh antibiotika. ISK complicated berisiko tinggi mengalami pielonefritis, urosepsis, dan kerusakan ginjal (Saragih, 2023).

2.1.3 Etiologi

Bakteri penyebab ISK yang paling sering di jumpai adalah bakteri Gram negatif yang berasal dari usus, seperti *Escherichia coli* yang bertanggung jawab atas sekitar 80% kasus. *Klebsiella* menyebabkan kurang lebih 5% kasus, sedangkan *Enterobacter* dan *Proteus* ditemukan pada sekitar 2% kasus infeksi saluran kemih (Bunga, 2020). Penyebab terbanyak ISK pada wanita adalah *Escherichia coli* sebesar 22,89%, *Candida albicans* sebesar 10,84%, *Klebsiella pneumoniae* sebesar 9,64% dan *Acinetobacter baumannii* sebesar 6,02% (Mokos et al., 2023).

Terdapat beberapa faktor yang dapat memicu terjadinya ISK pada masa kanak-kanak. Infeksi saluran kemih umumnya disebabkan oleh bakteri, virus, atau jamur, namun bakteri merupakan penyebab yang paling sering. Jenis bakteri yang paling banyak menimbulkan ISK adalah bakteri Gram negatif, terutama yang berasal dari usus dan kemudian naik ke saluran kemih. Mikroorganisme yang sering terlibat antara lain *Escherichia coli*, *Proteus sp.*, *Klebsiella*, dan *Enterobacter* (ulfah Syarofina, 2021)

2.1.4 Patofisiologi



Gambar 2.1 Patogenesis ISK tanpa komplikasi dan ISK dengan komplikasi (R. Wulandari, 2024)

Infeksi ginjal bisa terjadi akibat gangguan pada sistem pengumpul urin, di mana toksin dari bakteri masuk melalui aliran urin yang naik

(*ascending*). Kondisi ini dapat merusak bagian pelvis dan medulla ginjal karena proses inflamasi yang muncul, serta sifat toksin bakteri yang bersangkutan, baik akibat infeksi langsung maupun tekanan urin dari refluks, yang pada akhirnya menyebabkan atrofi ginjal. Pada pielonefritis akut, terdapat fokus infeksi di dalam parenkim ginjal, ginjal bisa membengkak, infiltrasi leukosit polimorfonuklear di jaringan interstisial, dan fungsi ginjal terganggu bisa dilihat pada Gambar 2.1 (Liastra, 2020).

Infeksi saluran kemih (ISK) bisa terjadi dengan atau tanpa gejala, dan disebabkan oleh masuknya bakteri patogen. Mikroorganisme ini dapat menembus tubuh melalui berbagai jalur, seperti penggunaan steroid dalam jangka waktu lama, konsumsi makanan yang tercemar bakteri, kelainan pada saluran kemih, gangguan perkembangan pada lansia, kebersihan yang tidak memadai, aktivitas seksual yang tidak sehat, serta kerusakan pada uretra (Liastra, 2020). Ketika kondisi ini terjadi, kontraksi kandung kemih berkurang, sehingga mengurangi resistensi di dalam kandung kemih dan menyebabkan urin tertahan di sana. Paparan jangka panjang (lebih dari 12 jam) menciptakan lingkungan yang cocok untuk pertumbuhan mikroorganisme patogen seperti *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Pseudomonas*, dan *Enterobacter* (Puspita, 2024).

2.1.5 Diagnosis

Pemeriksaan urinalisis, laboratorium darah, dan kultur urine dapat membantu menegakkan diagnosis Infeksi Saluran Kemih (ISK) pada anak. Biakan urine merupakan standar diagnostik untuk ISK. Interpretasi hasil

kultur urine tergantung pada cara pengambilan sampel urine. Diagnosis ISK ditegakkan jika ditemukan jumlah koloni bakteri tertentu, yaitu:

- 50.000 CFU/ml bakteri pada urine kateter
- 100.000 CFU/ml dengan metode berkemih spontan
- 1.000 CFU/mL dengan aspirasi suprapubik

Pencitraan seperti *ultrasonografi* (USG), *pielografi intravena* (PIV), dan *magnetic resonance imaging* (MRI) dapat membantu menilai adanya kelainan anatomi atau fungsional pada Saluran Kemih. Dalam pengelolaan kasus, mayoritas pasien diberikan terapi antibiotik empiris sebesar 82,4% dengan jangka waktu 2–7 hari sebesar 96,5%. Adapun terapi yang didasarkan pada hasil kultur diterapkan pada 17,6% pasien (Wahyuni et al., 2025).

2.1.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi

Kejadian infeksi saluran kemih (ISK) dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis kelamin, usia, kebiasaan menahan buang air kecil, kebersihan area genital, perilaku, kondisi anatomi atau genetik, tirah baring yang lama, penggunaan obat steroid maupun immunosupresan, serta pemasangan kateter jangka panjang. Selain itu perempuan memiliki risiko lebih tinggi mengalami ISK dibanding laki-laki karena panjang uretra yang lebih pendek, uretra perempuan hanya sekitar 3,8 cm, sedangkan uretra laki-laki mencapai 20 cm (Reginawati et al., 2023).

Risiko terjadinya infeksi saluran kemih (ISK) dipengaruhi oleh berbagai kebiasaan sehari-hari, seperti menahan buang air kecil, tidak membersihkan area genital setelah buang air kecil, dan tidak minum air

sebanyak 8 gelas per hari. Pada individu yang terbiasa menahan buang air kecil, hal ini akan mengganggu fungsi pertahanan tubuh di saluran kemih untuk melawan infeksi, karena mengakibatkan terganggunya pengeluaran urine yang merupakan mekanisme alami untuk membuang mikroorganisme. Kebiasaan ini juga dapat menyebabkan stagnasi urin dan memicu infeksi saluran kemih. Sementara itu, penderita yang tidak membersihkan area kemaluan setelah buang air kecil berisiko tinggi terkena infeksi saluran kemih (Annisah et al., 2024). Faktor risiko tambahan lainnya meliputi riwayat *Benign Prostatic Hyperplasia* sebesar 9,4%, batu saluran kemih sebesar 10,6% dan diabetes mellitus sebesar 22,4% (Wahyuni et al., 2025).

2.2 Urine

2.2.1 Pengertian

Urine merupakan cairan limbah yang dihasilkan oleh ginjal dan dikeluarkan dari tubuh melalui proses buang air kecil. Proses ekskresi urine penting untuk membuang molekul-molekul sisa dalam darah yang telah disaring oleh ginjal, kemudian dialirkan melalui ureter ke kandung kemih, dan akhirnya dikeluarkan dari tubuh lewat uretra (Saragih, 2023).



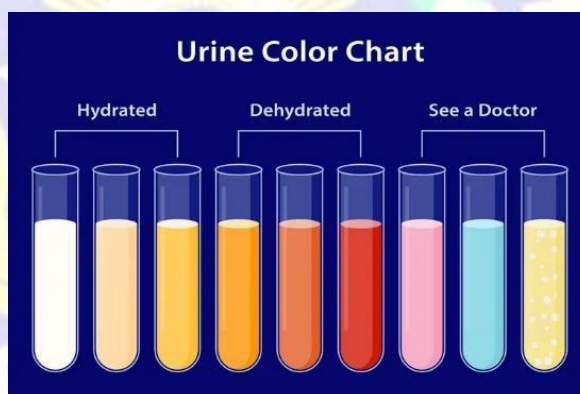
Gambar 2.2 Urine normal (Swari, 2021)

2.2.2 Komposisi dan Karakteristik Urine Normal

2.2.2.1 Komposisi Urine

Kandungan zat dalam urine dapat berbeda-beda sesuai dengan jenis makanan yang dikonsumsi serta jumlah air yang diminum. Urine yang sehat umumnya mengandung sekitar 90% air. Selain itu, terdapat bahan-bahan seperti urea, asam urat, amoniak, kreatinin, asam laktat, asam fosfat, asam sulfat, klorida, berbagai jenis garam (terutama garam dapur), serta zat-zat berlebih dalam darah, contohnya vitamin C dan obat-obatan. Semua cairan dan unsur pembentuk urine tersebut berasal dari darah atau cairan di antara sel-sel tubuh. Komposisi urine mengalami perubahan selama tahap reabsorpsi, di mana molekul penting untuk tubuh, seperti glukosa, diserap kembali ke dalam tubuh melalui protein pembawa (Stefani et al., 2024).

2.2.2.2 Karakteristik urine normal



Gambar 2.3 macam macam warna urine normal dan abnormal (Cohen & Gleim, 2025)

a. Warna Urine

Warna urine dapat menjadi indikator tingkat kecukupan cairan dalam tubuh. Pada seseorang yang terhidrasi dengan baik, Pada kondisi

normal, urine memiliki warna kuning pucat dan tampak jernih atau sedikit keruh (Gambar 2.3) dan (Gambar 2.2) (Syahputra et al., 2023). Dehidrasi merupakan kondisi terganggunya keseimbangan cairan dalam tubuh yang terjadi ketika jumlah cairan yang dikeluarkan lebih banyak daripada yang masuk, misalnya melalui konsumsi minuman. Kehilangan cairan tubuh ini umumnya juga disertai dengan ketidakseimbangan elektrolit yang berperan penting dalam berbagai fungsi tubuh. Bagi orang awam indikator paling mudah dengan melihat warna urin (Wiratama et al., 2023).

Tabel 2.1 interpretasi warna urine

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

b. Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH urine biasanya dilakukan menggunakan strip indikator.

c. Bau Urine

Bau urine yang normal bersifat khas dan disebabkan oleh asam organik yang mudah menguap.

d. Volume Urine

Pada orang dewasa sehat, produksi urine sekitar 1500 ml per hari, yang berguna untuk mendeteksi masalah fungsi ginjal atau ketidakseimbangan cairan tubuh.

e. Berat Jenis Urine

Berat jenis menunjukkan seberapa pekat urine. Urine yang sangat pekat dengan berat jenis di atas 1,030 mungkin menunjukkan adanya glukosuria. Rentang normal berat jenis urine adalah antara 1,003 hingga 1,030 (Israq, 2024).

2.2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Komposisi Urine

2.2.3.1 Kondisi Fisiologis

a. Dehidrasi

Dehidrasi bisa membuat urine lebih kental dan menambah jumlah kristal di dalamnya. Oleh sebab itu, penting untuk memahami jumlah asupan air putih yang ideal guna menjaga kesehatan tubuh.

b. Diet: Makanan yang tinggi protein, purin, atau oksalat dapat meningkatkan jumlah sel darah merah, asam urat, dan kristal oksalat dalam urine.

c. Duduk terlalu lama: Duduk dalam waktu lama dapat memengaruhi kondisifisiologis wanita usia subur, terutama pada pemeriksaan fisik dan sedimen urine,

2.2.3.2 Kondisi medis

1. Penyakit Ginjal

Penyakit ginjal bisa memicu munculnya proteinuria, hematuria dan leukosituria.

2. Penyakit Infeksi Saluran Kemih

Infeksi pada saluran kemih dapat meningkatkan jumlah sel darah putih dan bakteri di dalam urine.

3. Penyakit Metabolik

Diabetes mellitus dapat menyebabkan ketonuria, sementara penyakit asam urat bisa memicu hiperurikosuria.

2.2.3.3 Faktor lainnya:

1. Obat-obatan

Penggunaan obat-obatan tertentu bisa memengaruhi hasil pemeriksaan sedimen urine, contohnya antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri.

2. Kontaminasi Reagen

Kontaminasi reagen oleh bakteri atau zat lainnya dapat menghasilkan hasil positif yang tidak akurat (Israa, 2024).

2.2.4 Jenis Pengambilan Sampel Urin

Terdapat dua jenis metode dalam pengambilan sampel urin untuk pemeriksaan kultur urin yaitu midstream urine atau urin porsi tengah dan urin catheter (Kadarsih, 2021).

1) Urine porsi tengah (*midstream*)

Urine yang paling ideal untuk pemeriksaan laboratorium, terutama analisis mikrobiologi atau kultur, adalah urine midstream. Teknik pengumpulan ini dilakukan dengan membuang bagian awal aliran urine, kemudian menampung aliran urine bagian tengah ke dalam wadah steril, dan kembali membuang sisa aliran terakhir. Bagian awal aliran urin berfungsi untuk membersihkan sel-sel epitel dan mikroorganisme yang berada di sekitar uretra, sehingga mengurangi risiko kontaminasi. Dengan demikian, metode midstream menjadi pilihan utama karena mampu menghasilkan spesimen urine yang paling bersih dan representatif (Ingrayani, 2022).

2) Urine catheter

Pengambilan sampel urine menggunakan catheter dibutuhkan pada pasien yang tidak dapat menghasilkan urin porsi tengah. Teknik ini dilakukan dengan cara membuang beberapa milliliter urin awal pada selang kateter untuk membersihkan organisme yang terdapat pada ujung selang. Penggunaan selang kateter indwelling dengan spuit dan jarum yang dilakukan secara aseptis diperlukan untuk memperoleh sampel urine (Kadarsih, 2021).

2.3 Kehamilan Trimester 3

Kehamilan adalah proses pembuahan di mana sperma bergabung dengan ovum, kemudian diikuti oleh nidasi atau implantasi. Ibu hamil akan mengandung selama kurang lebih 10 bulan atau secara tepat 9 bulan 10 hari. Kehamilan terbagi

ke dalam tiga tahap: trimester pertama sekitar 0-13 minggu, trimester kedua sekitar 14-27 minggu dan trimester ketiga sekitar 28-40 minggu (Evayanti, 2015). Pada trimester ketiga, yang mencakup usia kehamilan 28 hingga 40 minggu, fokusnya adalah persiapan untuk melahirkan dan bersiap menjadi orang tua, dengan penekanan pada kelahiran bayi, sehingga dikenal sebagai masa penantian (Nida, 2022).

2.3.1 Perubahan Fisiologis pada Ibu Hamil Trimester 3

Selama kehamilan, ibu hamil mengalami berbagai perubahan, baik secara fisik maupun psikis. Secara umum, perubahan fisik yang terjadi meliputi penghentian menstruasi, pembesaran payudara, perubahan bentuk rahim, penyesuaian fungsi organ tubuh, pembesaran perut, peningkatan berat badan, penurunan relaksasi otot saluran pencernaan, peningkatan sensitivitas indra, serta pembengkakan pada kaki dan tangan. Perubahan psikis juga dapat terjadi, seperti perubahan suasana hati atau emosi, meskipun teks asli lebih menekankan aspek fisik. Selama masa kehamilan, ibu hamil menjalani perubahan anatomi dan fisiologis yang besar untuk menjaga serta mendukung perkembangan janin. Perubahan ini memengaruhi hampir semua organ tubuh. Pada wanita yang mengalami kehamilan tanpa komplikasi, perubahan ini biasanya akan kembali normal setelah persalinan, dengan dampak sisa yang minimal (Yuliana et al., 2024).

Pada trimester pertama dan kedua kehamilan, ukuran ginjal meningkat panjangnya sekitar 1-1,5 cm, dengan volume ginjal yang naik hingga 60 ml. Kondisi hemodilusi terjadi, yang membuat produksi urine lebih banyak. Selain itu, rahim yang membesar menekan kandung kemih, sehingga

sering timbul keinginan untuk buang air kecil. Di trimester ketiga, keluhan sering buang air kecil makin intens karena kepala janin mulai masuk ke pintu atas panggul dan menekan kandung kemih. Di samping itu, poliuri muncul akibat peningkatan aliran darah ke ginjal selama kehamilan, yang membuat laju filtrasi glomerulus dan aliran plasma ginjal meningkat hingga 69% (Fajriati, 2023).

2.3.2 Risiko Infeksi Saluran Kemih (ISK) pada Ibu Hamil

Perubahan fisiologis pada saluran kemih selama kehamilan dapat meningkatkan risiko terjadinya infeksi saluran kemih (ISK). Pengaruh hormon progesteron serta tekanan dari rahim yang membesar menyebabkan pelebaran sistem panggul dan ureter, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya refluks vesikoureter. Selain itu, tekanan dari kepala janin dapat menghambat aliran darah dan getah bening dari dasar kandung kemih, yang mengakibatkan pembengkakan dan meningkatkan risiko terjadinya trauma. Studi yang dilakukan oleh Alvi Rizky melaporkan bahwa frekuensi gejala ISK pada ibu hamil mencapai 30,2%, dengan insiden tertinggi terjadi pada usia kehamilan 28 dan 40 minggu. Kondisi ini berkaitan dengan tingginya kadar hormon progesteron dan tekanan rahim yang semakin membesar, yang menyebabkan pelebaran sistem pelvis renal. Pada ibu hamil yang mengalami ISK, risiko terjadinya komplikasi meningkat, termasuk kelahiran prematur, preeklampsia, hipertensi, gangguan pertumbuhan janin intrauterin, serta kemungkinan lebih tingginya tindakan operasi caesar (Kusumawati et al., 2024).

2.4 Jenis-jenis Bakteri dalam Urine

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 (Febriza et al., 2021). Infeksi saluran kemih (ISK) dipicu oleh berbagai jenis bakteri, termasuk *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* (Aziza et al., 2024). *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter aerogenes* (Megawati et al., 2023).

2.4.1 *Escherichia coli*

Escherichia coli adalah mikroflora alami yang terdapat pada saluran pencernaan manusia dan hewan. Pada manusia, ia kadang-kadang memicu penyakit seperti enteritis, peritonitis, sistitis, dan lainnya. Bakteri ini juga sering menjadi penyebab diare pada wisatawan yang berkunjung ke negara dengan standar kebersihan makanan dan air minum yang berbeda dari negara asalnya. *Escherichia coli* memiliki karakteristik berbentuk batang, Gram negatif, tidak membentuk spora, dilengkapi pili, anaerobik fakultatif, suhu optimal 37°C, flagela peritrikus, mampu memfermentasi karbohidrat sambil menghasilkan gas, bersifat patogenik, dan dapat menyebabkan infeksi saluran kemih (Pitaloka, 2021).

Keberadaan bakteri *Escherichia coli* di sumber air atau makanan menandakan adanya kontaminasi dari kotoran manusia. *Escherichia coli* merupakan bagian dari mikroba normal di usus. Bakteri ini memainkan peran krusial dalam pembentukan vitamin K, pengubahan pigmen empedu, asam empedu, serta penyerapan nutrisi. *Escherichia coli* tergolong bakteri

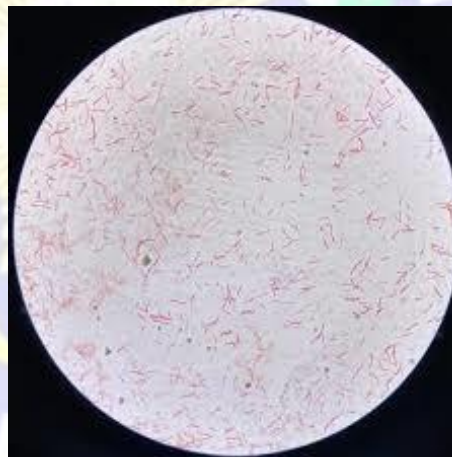
heterotrof yang mendapatkan zat organik dari sekitarnya, sebab ia tidak mampu memproduksi zat organik secara mandiri. *Escherichia coli* berubah menjadi patogen apabila jumlahnya cukup tinggi di dalam saluran pencernaan(Tanjung, 2023).

2.4.1.1 Klasifikasi *Escherichia coli*

Berikut merupakan klasifikasi bakteri *Escherichia coli* menurut Nababan, 2025 sebagai berikut :

Domain : Bacteria
Kingdom : Eubacteria
Phylum : Proteobacteria
Class : Gammaproteobacteria
Ordo : Enterobacteriales
Family : Enterobacteriaceae
Genus : *Escherichia*
Spesies : *Escherichia coli*

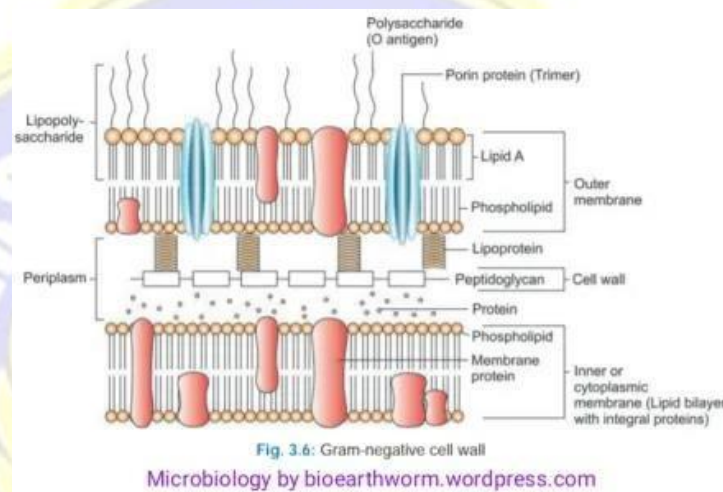
2.4.1.2 Morfologi *Escherichia coli*



Gambar 2.4 Pewarnaan Gram *Escherichia coli* (Rizky et al., 2023)

Escherichia coli adalah bakteri Gram negatif berbentuk batang dengan ukuran sekitar $1,0\text{--}1,5\text{ }\mu\text{m} \times 2,0\text{--}6,0\text{ }\mu\text{m}$. Bakteri ini bersifat anaerob fakultatif, mampu bertahan hidup dalam kondisi keasaman tinggi di dalam tubuh manusia (Gambar 2.4). Selain itu, *Escherichia*

coli juga dapat hidup di luar tubuh manusia dan umumnya menyebar melalui kontaminasi feses (Azahro, 2023). Dinding sel bakteri Gram negatif hanya mengandung sekitar 5–20% peptidoglikan, sementara sisanya terdiri atas polisakarida (Gambar 2.5). Ketika diberi alkohol 95%, lipid pada membran luarnya larut sehingga pori-pori dinding sel melebar. Akibatnya, kompleks warna ungu terlepas dan sel menjadi tidak berwarna. Setelah itu, sel tampak merah karena menyerap pewarna pembanding, yaitu safranin (Oktaviani et al., 2022).



Gambar 2.5 Peptidoglikan Gram negatif (Bakteri Gram Negatif, 2020)

Escherichia coli bergerak menggunakan flagela peritrikus dan tergolong sebagai bakteri anaerob fakultatif dengan kemampuan melakukan metabolisme melalui fermentasi maupun respirasi, meskipun pertumbuhannya lebih optimal dalam kondisi anaerob. *Escherichia coli* tumbuh dengan baik pada suhu sekitar 37°C pada media yang mengandung 1% pepton sebagai sumber karbon. Bakteri ini mampu memfermentasi laktosa serta menghasilkan indol, yang

menjadi salah satu indikator penting dalam identifikasi *Escherichia coli* pada bahan pangan dan minuman. Ukuran koloninya sekitar 2–3 mm dan tidak berpigmen pada media nutrisi maupun media darah. Selain itu, *Escherichia coli* dapat bertahan hidup dalam rentang suhu 20–40°C, dengan suhu optimum pertumbuhan pada 37°C (Rachmatunnisah, 2023).

2.4.1.3 Patogenesis *Escherichia coli*

Patogenisitas merujuk pada kemampuan suatu mikroorganisme untuk memicu penyakit. *Escherichia coli* dapat berperan sebagai agen penyebab penyakit apabila berhasil masuk ke dalam tubuh inang, menyesuaikan diri dengan kondisi internal tubuh, mempertahankan kehidupan, serta mengelak atau melemahkan respons sistem imun. Proses infeksi ini mencakup beberapa langkah, termasuk penempelan pada permukaan mukosa usus, perbanyakan bakteri, penghancuran sel epitel usus, infiltrasi ke dalam jaringan usus, penyebaran melalui sirkulasi darah, hingga pengikatan pada organ sasaran dan pemicu kerusakan organ. Biasanya, galur *Escherichia coli* patogen hanya menyerang bagian luar sel inang, tetapi Enteroinvasif *Escherichia coli* (EIEC) adalah jenis patogen intraseluler yang bisa menyerbu dan berkembang biak di dalam sel mukosa usus serta makrofag (Octavia, 2025).

2.4.2 *Klebsiella pneumoniae*

Klebsiella pneumoniae adalah bakteri Gram negatif yang biasanya ditemukan pada permukaan mukosa mamalia serta di berbagai lingkungan

seperti tanah, air, dan tempat lain. Pada manusia, bakteri ini umumnya mengkolonisasi saluran pencernaan, dan lebih jarang berada di nasofaring, namun dapat masuk ke peredaran darah dan jaringan lain sehingga menimbulkan infeksi (Widyatun, 2023). Bakteri ini termasuk bakteri Gram-negatif yang mampu menimbulkan infeksi saluran kemih, infeksi pada sistem pernapasan, serta bakteremia, terutama pada orang dengan kondisi imun yang lemah (Kurama et al., 2020).

2.4.2.1 Klasifikasi *Klebsiella pneumoniae*

Berikut merupakan klasifikasi bakteri *Klebsiella pneumoniae* menurut Wahyuni, 2020 dapat sebagai berikut:

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Gamma Proteobacteria
Ordo	: Enterobacteriales
Famili	: Enterobacteriaceae
Genus	: Klebsiella
Spesies	: <i>Klebsiella pneumoniae</i>

2.4.2.2 Morfologi *Klebsiella pneumoniae*



Gambar 2.6 Hasil Pewarnaan Gram *Klebsiella pneumoniae*
(Medicine, 2021)

Klebsiella pneumoniae merupakan bakteri Gram negatif, berciri berkapsul, berbentuk batang pendek, dan tidak membentuk spora.

Ukuran selnya sekitar $0,5-0,8 \times 1-2 \mu\text{m}$ (Gambar 2.6). Bakteri ini tidak dapat bergerak (nonmotil) karena tidak memiliki flagel. Meskipun demikian, *Klebsiella pneumoniae* mampu memfermentasi berbagai karbohidrat sehingga menghasilkan asam dan gas, termasuk mampu memfermentasi laktosa. Bakteri ini termasuk fakultatif anaerob, artinya dapat hidup baik dengan maupun tanpa oksigen. Spesies *Klebsiella pneumoniae* memiliki kapsul polisakarida yang besar, yang menyebabkan koloni tampak mukoid saat tumbuh pada media kultur (Mukhtar, 2020).

2.4.2.3 Patofisiologi *Klebsiella pneumoniae*

Klebsiella pneumoniae memiliki beragam mekanisme untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan tempat hidupnya serta melindungi diri dari respon imun tubuh. Berbagai faktor virulensi bakteri berperan penting dalam proses terjadinya infeksi saluran kemih. Beberapa di antaranya meliputi fimbriae tipe 1 dan 3, sistem perolehan besi seperti siderofor, lipopolisakarida (LPS), serta kapsul polisakarida. Faktor-faktor ini meningkatkan kemampuan bakteri bertahan dan menimbulkan penyakit.

Patogenesis ISK paling sering berkaitan dengan bakteri uropatogen yang berasal dari saluran pencernaan dan kemudian masuk ke kandung kemih melalui uretra. Untuk dapat mencapai dan menginfeksi jaringan tersebut, bakteri memanfaatkan adhesin yang memungkinkan mereka melekat pada sel epitel kandung kemih.

2.4.3 *Enterobacter aerogenes*

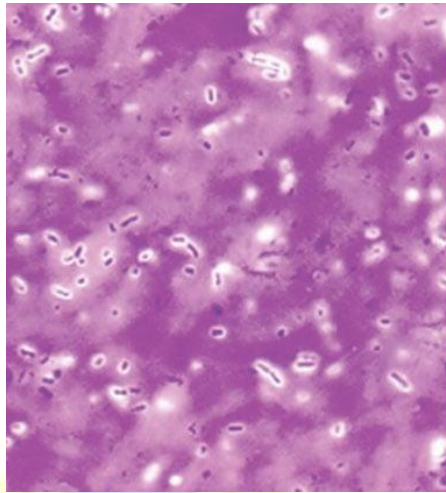
Enterobacter aerogenes adalah genus dari keluarga Enterobacteriaceae, yang terdiri dari bakteri Gram-negatif, anaerobik fakultatif, berbentuk batang dan tidak membentuk spora. *Enterobacter aerogenes* dikenal sebagai salah satu bakteri patogen penting yang sering ditemukan pada infeksi nosokomial. Di Amerika Serikat, *Enterobacter* merupakan patogen kedelapan yang paling sering menyebabkan infeksi terkait pelayanan kesehatan. Sementara itu, di Korea, bakteri ini menyumbang sekitar 2,9% kasus infeksi aliran darah yang berkaitan dengan layanan kesehatan (Sianturi & Ihsan, 2023).

2.4.3.1 Klasifikasi *Enterobacter aerogenes*

Klasifikasi bakteri *Enterobacter aerogenes* menurut Sukowaluyo, 2021 sebagai berikut:

Kingdom : Prokaryota
Divisi : Proteobacteria
Class : Gamma Proteobacteria
Ordo : Enterobacteriales
Family : Enterobacteriaceae
Genus : *Enterobacter*
Spesies : *Enterobacter aerogenes*

2.4.3.2 Morfologi *Enterobacter aerogenes*



Gambar 2.7 Pewarnaan Gram *Enterobacter aerogenes* (Aryal, 2022)

Enterobacter aerogenes merupakan bakteri Gram negatif berukuran sekitar $0,5 \mu\text{m} \times 3,0 \mu\text{m}$, berbentuk batang, dan tidak membentuk spora. Koloninya umumnya tampak bulat, sedikit terangkat, bertekstur basah, dengan warna tepi bervariasi dari krem hingga putih pudar bisa dilihat pada Gambar 2.7. Bakteri ini bersifat anaerob fakultatif dan dikenal sebagai patogen oportunistik. Selain itu, *Enterobacter aerogenes* mampu melakukan fiksasi nitrogen (N_2) serta memfermentasi berbagai jenis gula, termasuk laktosa, dekstrosa, sukrosa, galaktosa, xilosa, arabinosa, manosa, dan rhamnosa. Bakteri ini dapat ditemukan di berbagai lingkungan seperti air laut, air tawar, limbah, tanah, maupun pada tanaman. *Enterobacter aerogenes* dapat tumbuh pada berbagai jenis media cair maupun padat dalam rentang suhu 28°C hingga 42°C . Isolat yang berasal dari lingkungan luar menunjukkan pertumbuhan optimal pada suhu 20°C – 30°C , dan dapat

tumbuh pada suhu sekitar 18°C ketika ditanam pada media yang telah disterilisasi (Sukowaluyo, 2021).

2.4.3.3 Patofisiologi *Enterobacter aerogenes*

Patogen seperti *Enterobacter* sp., khususnya *Enterobacter cloacae* dan *Enterobacter aerogenes*, diketahui dapat menimbulkan berbagai jenis penyakit. Infeksi yang ditimbulkan dapat terjadi pada mata, kulit dan jaringan lunak, saluran pernapasan, saluran kemih, aliran darah (sepsis), rongga abdomen, serta saluran pencernaan. Umumnya, infeksi tersebut berasal dari flora normal pasien sendiri.

2.4.4 *Pseudomonas aeruginosa*

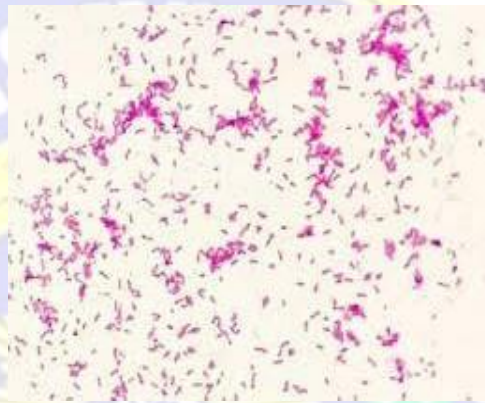
Pseudomonas aeruginosa merupakan bakteri Gram negatif yang bersifat patogen oportunistik pada manusia, serta memiliki kemampuan invasif dan toksigenik yang dapat menimbulkan berbagai infeksi (Shafira et al., 2022). *Pseudomonas aeruginosa* merupakan salah satu penyebab utama infeksi nosokomial dan dikenal sebagai bakteri patogen oportunistik yang sangat penting dalam dunia medis. Mikroorganisme ini terutama menginfeksi pasien dengan sistem imun yang lemah. Pasien yang dirawat di unit perawatan intensif (ICU) memiliki risiko infeksi yang jauh lebih tinggi, yaitu sekitar lima hingga sepuluh kali lebih besar dibandingkan pasien yang dirawat di bangsal biasa. Peningkatan risiko ini dipengaruhi oleh dua faktor utama: Penurunan fungsi sistem imun, yang terjadi akibat kondisi penyakit berat atau kronis yang sedang diderita pasien. Penggunaan alat medis invasif, seperti ventilator, kateter, atau infus intravena, yang dapat menjadi pintu masuk bagi bakteri (Wulandari, 2023).

2.4.4.1 Klasifikasi *Pseudomonas aeruginosa*

Klasifikasi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* menurut Shafira et al., 2022 sebagai berikut:

Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Proteobacteria
Class	: Gamma Proteobacteria
Ordo	: Pseudomonadales
Family	: Pseudomonadaceae
Genus	: Pseudomonas
Spesies	: <i>Pseudomonas aeruginosa</i>

2.4.4.2 Morfologi *Pseudomonas aeruginosa*



Gambar 2.8 Pewarnaan gram *Pseudomonas aeruginosa* (Shafira et al., 2022)

Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* tergolong bakteri Gram negatif dengan ciri ukurannya kira-kira 0,6 x 2 mm. Bakteri ini berbentuk batang atau kokus dan dapat dilihat sebagai sel individual, berpasangan, atau kadang tersusun dalam rantai pendek bisa di lihat pada gambar 2.8 (Armianti & Arisanti, 2021). Pertumbuhan *Pseudomonas aeruginosa* dapat diamati pada berbagai jenis media kultur. Beberapa strain bakteri ini juga diketahui mampu menyebabkan hemolisis pada darah. Koloni *Pseudomonas aeruginosa* umumnya berbentuk bulat dan menunjukkan kilau hijau khas. Warna kehijauan

tersebut berasal dari produksi pigmen fluoresen pyoverdine, yang memberikan tampilan hijau terang pada media agar tempat bakteri tersebut tumbuh (Shafira et al., 2022).

2.4.4.3 Patofisiologi *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa dapat menunjukkan sifat patogen ketika berhasil masuk ke dalam tubuh melalui barier pertahanan yang terganggu, seperti selaput lendir atau kulit yang mengalami kerusakan akibat cedera jaringan. Kehadiran bakteri ini sering dikaitkan dengan penggunaan peralatan medis, termasuk kateter, stetoskop, serta berbagai alat invasif lainnya, sehingga meningkatkan risiko infeksi terutama pada individu dengan sistem imun yang lemah. Setelah berikatan dan berkolonisasi pada permukaan mukosa atau kulit, *Pseudomonas aeruginosa* dapat menembus jaringan sekitarnya dan berkembang menjadi infeksi sistemik. Proses kolonisasi dan invasi ini difasilitasi oleh berbagai faktor virulensi, seperti pili, enzim, dan toksin yang dihasilkan bakteri tersebut (Wulandari, 2023).

2.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bakteri dalam Urine

Pertumbuhan bakteri dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti suhu, waktu, tekanan osmotik atau kelembaban, oksigen, tingkat keasaman (pH), serta nutrisi. Jika bakteri berada dalam kondisi yang cocok, maka pertumbuhan dan reproduksi dapat berjalan lancar. Reproduksi bakteri merupakan proses metabolisme yang memungkinkan mereka berkembang biak dengan cara membelah diri menjadi dua bagian, dan bakteri mampu membelah diri dalam waktu generasi antara 20 hingga 30 menit (Aziza et al., 2024). Penundaan dalam

pemeriksaan urin untuk mengamati jumlah bakteri dapat menghasilkan hasil yang tidak akurat atau peningkatan palsu. Hal ini disebabkan oleh interval waktu regenerasi bakteri yang berkisar antara 15 hingga 20 menit, ditambah dengan suhu optimum pertumbuhan bakteri di urin yaitu 25-37°C, terutama jika urin yang terindikasi bakteriuria dibiarkan pada suhu ruang (A'yunin et al., 2025).

2.6 Pemeriksaan Total Jumlah Bakteri pada Urine

2.6.1 Deskripsi

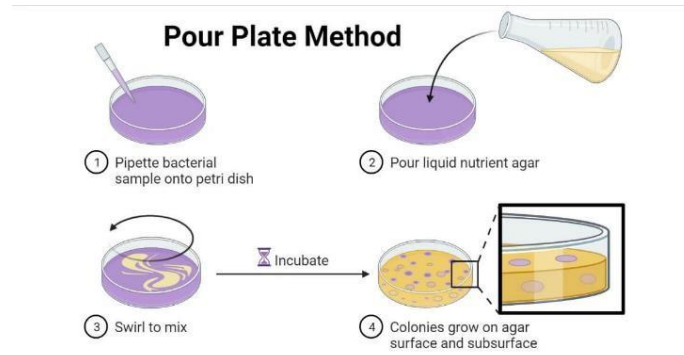
Perhitungan jumlah bakteri merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui banyaknya koloni bakteri yang tumbuh pada suatu media, baik koloni sel yang masih hidup maupun yang sudah mati. Terdapat dua pendekatan yang dapat digunakan, yaitu perhitungan langsung dan perhitungan tidak langsung. Perhitungan langsung bertujuan untuk menentukan total jumlah bakteri, termasuk yang hidup dan yang mati. Sementara itu, perhitungan tidak langsung digunakan khusus untuk mengestimasi jumlah bakteri yang masih hidup (Rosmania & Yanti, 2020).

2.6.2 Prinsip

Uji angka lempeng total penghitungan pertumbuhan koloni bakteri aerob mesofil dilakukan setelah sampel makanan ditanam pada media yang sesuai melalui metode tuang, kemudian diinkubasi selama 24–48 jam pada suhu 35–37°C. Uji angka lempeng total merupakan metode yang umum digunakan untuk menentukan jumlah bakteri yang terdapat dalam sampel yang dianalisis (Dwi Pitriawati, 2022).

2.6.3 Teknik

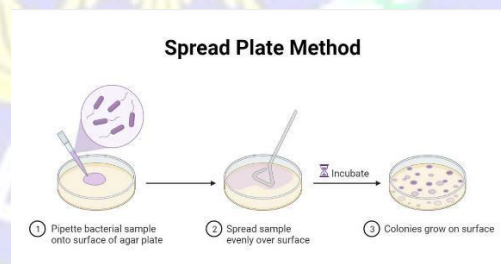
1) Metode tuang (*pour plate method*)



Gambar 2.9 Metode *Pour Plate* (Aryal, 2022)

Prinsip metode cawan tuang adalah menumbuhkan sel bakteri dengan mencampurkan media agar cair dengan suspensi bakteri hidup hasil pengenceran, sehingga sel bakteri dapat berkembang dan membentuk koloni yang terlihat secara langsung. Pada teknik ini, campuran sel bakteri dan agar cair dilakukan pada suhu sekitar 45°C (Gambar 2.9) (A'yunin et al., 2025).

2) Metode sebar (*spread plate method*)

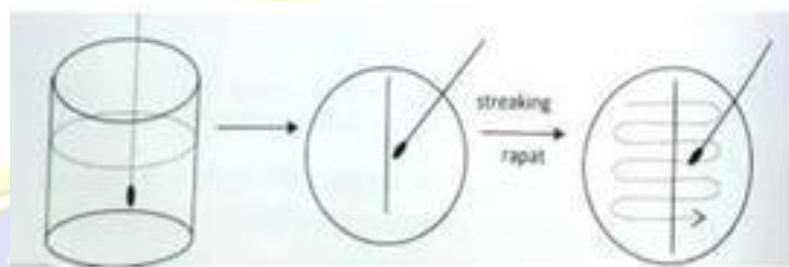


Gambar 2.10 Metode *Spread Plate* (Aryal, 2022)

Prinsip metode cawan sebar adalah menumbuhkan bakteri dengan menuangkan suspensi bakteri hidup hasil pengenceran ke permukaan media agar yang telah memadat, kemudian

menyebarkannya secara merata. Selanjutnya, suspensi bakteri diratakan di atas permukaan agar menggunakan ose bengkok atau ose berbentuk “L” yang steril selama proses inokulasi, sambil cawan petri diputar untuk memastikan distribusi sel yang homogen bisa dilihat pada gambar 2.10(Riekkinen et al., 2023).

3) Metode Mayo (CFU/mL)



Gambar 2.11 Metode Teknik mayo (Liastra, 2020)

Teknik mayo dilakukan dengan menggoreskan sampel pada permukaan media agar menggunakan ose khusus yang telah dikalibrasi, kemudian media tersebut diinkubasi pada suhu 37°C selama 24–48 jam dalam kondisi aerob. Setelah masa inkubasi, koloni yang tumbuh terpisah pada permukaan agar dihitung dan nilainya dikalikan dengan faktor konversi yang menyetarakan volume urin menjadi 1 ml, sehingga hasil akhirnya menggambarkan jumlah organisme per mililiter sampel (Gambar 2.11). Keunggulan teknik mayo adalah prosedurnya yang lebih sederhana dibandingkan teknik tuang maupun teknik sebar, karena tidak memerlukan proses pengenceran sampel, sehingga lebih efisien (Aziza et al., 2024).

Teknik mayo merupakan metode khusus untuk menghitung jumlah koloni bakteri. Adapun tahapan pelaksanaannya sebagai berikut:

- 1) Panaskan ose berkalibrasi 0,01 atau 0,001 ml hingga memerah (red heat) dalam posisi vertikal, kemudian biarkan beberapa saat hingga dingin.
- 2) Homogenkan sampel urin secara menyeluruh menggunakan vortex.
- 3) Celupkan ose secara vertikal ke dalam sampel urin agar volume urin dapat menempel pada ose sesuai kalibrasinya.
- 4) Untuk menghitung koloni bakteri, inokulasikan sampel pada media agar BAP atau MacConkey menggunakan teknik mayo dengan ose terkalibrasi.
- 5) Inkubasi media selama 24–48 jam pada suhu 35–37°C dalam kondisi aerob.
- 6) Hitung jumlah bakteri berdasarkan koloni yang terbentuk (colony forming unit per ml atau CFU/ml). Koloni yang tumbuh dikalikan 10^2 untuk ose berkalibrasi 0,01 ml dan 10^3 untuk ose berkalibrasi 0,001 ml. Perhitungan koloni biasanya dilakukan dengan bantuan colony counter (Liastra, 2020).

Pada ose berkalibrasi 0,01 ml, jumlah koloni bakteri dikalikan dengan 10^2 , sedangkan pada ose berkalibrasi 0,001 ml dikalikan dengan 10^3 (Kadarsih, 2021). Ketentuan perhitungan koloni bakteri menggunakan teknik mayo meliputi:

- a) Satu koloni bakteri dihitung sebagai satu koloni.
- b) Dua koloni bakteri yang saling bertumpuk dihitung sebagai satu koloni.
- c) Beberapa koloni bakteri yang saling berhubungan dan tidak dapat dibedakan dihitung sebagai satu koloni.
- d) Dua koloni bakteri yang berdekatan tetapi masih dapat dibedakan dihitung sebagai dua koloni (Rusli et al., 2024).

2.7 Pemantapan mutu pemeriksaan sampel urine pasien ISK

Sampel urine yang diterima di laboratorium sering kali tidak dapat langsung diperiksa karena jumlah sampel belum sebanding dengan kapasitas fasilitas laboratorium, atau karena pengumpulan urine dilakukan di rumah pasien maupun di tempat praktik dokter. Komposisi urine dapat berubah apabila dibiarkan pada suhu ruang lebih dari dua jam tanpa penambahan bahan pengawet. Cara pengawetan yang paling umum digunakan adalah dengan menyimpan sampel pada suhu 2°C hingga 8°C. Keterlambatan pemeriksaan tanpa penyimpanan yang benar dapat menimbulkan kesalahan dalam interpretasi hasil pemeriksaan (Pinontoan et al., 2023). Pemeriksaan urine sebaiknya dilakukan dalam waktu maksimal 2 jam setelah sampel urin dikumpulkan. Jika pemeriksaan ditunda melebihi 2 jam terlepas dari penyimpanan pada suhu 2-8°C atau tidak memakai bahan pengawet, maka mutu hasil pemeriksaan urine bisa menurun. Akibatnya, hasil yang terpengaruh oleh keterlambatan ini tidak akan akurat menggambarkan kondisi kesehatan pasien, yang pada akhirnya dapat menimbulkan kesalahan dalam diagnosis (Rizky et al., 2023).