

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Diabetes Melitus

2.1.1 Pengertian

Diabetes melitus merupakan salah satu penyakit tidak menular yang memberikan kontribusi besar terhadap tingginya angka kematian, sehingga memerlukan penanganan dan terapi yang optimal untuk mencegah terjadinya komplikasi maupun kematian (Lafau, 2021). Secara umum, Diabetes melitus (DM) adalah penyakit metabolik yang ditandai dengan meningkatnya kadar glukosa dalam darah (hiperglikemia). Kondisi tersebut dapat terjadi karena produksi insulin yang tidak mencukupi, berkurangnya respon tubuh terhadap insulin, atau adanya kombinasi kedua gangguan tersebut (Bakri *et al.*, 2023). Dalam regulasi kadar glukosa darah, insulin dihasilkan oleh sel β pankreas dan berfungsi membantu tubuh dalam mengatur penggunaan serta penyimpanan glukosa oleh sel sehingga keseimbangan glukosa darah tetap terjaga (Labunda *et al.*, 2024).

Gangguan pada mekanisme insulin menyebabkan tubuh tidak mampu mengoksidasi karbohidrat secara normal. Manifestasi yang dapat muncul akibat kondisi tersebut antara lain peningkatan kadar glukosa darah (hiperglikemia), ditemukannya glukosa dalam urin (glikosuria), peningkatan frekuensi buang air kecil (poliuria), rasa haus yang berlebihan (polidipsia), peningkatan nafsu makan (polifagia), berkurangnya berat badan, kelemahan, asidosis, dispnea, lipemia,

ketonuria, hingga koma apabila tidak ditangani secara adekuat (Sya'diyah *et al.*, 2020). Adanya hiperglikemia menyebabkan glukosa ikut dikeluarkan melalui urin, sehingga urin mengandung kadar glukosa tinggi atau glukosuria (Eltrikanawati *et al.*, 2023). Diabetes Melitus (DM) dikenal sebagai *the silent killer* karena penyakit ini dapat berkembang tanpa disadari oleh penderitanya dan umumnya baru diketahui setelah timbulnya komplikasi pada penderita (Utary *et al.*, 2023).

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa diabetes melitus merupakan penyakit metabolik yang sering dikenal sebagai penyakit kencing manis, ditandai dengan peningkatan kadar glukosa dalam darah (hiperglikemia) akibat adanya gangguan sekresi insulin, gangguan fungsi insulin, atau kombinasi dari kedua kondisi tersebut.

2.1.2 Etiologi

Beberapa faktor-faktor berikut dapat menyebabkan munculnya penyakit DM (Hartono *et al.*, 2024), yaitu :

a. Usia

Bertambahnya usia menjadi salah satu faktor yang dapat meningkatkan risiko diabetes melitus. Risiko tersebut semakin besar apabila tubuh secara berkelanjutan memperoleh asupan makanan tinggi kalori dan karbohidrat, karena proses penuaan dapat menyebabkan penurunan fungsi pankreas serta penurunan sensitivitas jaringan terhadap insulin.

b. Keturunan atau Genetik

Riwayat diabetes melitus dalam keluarga dapat meningkatkan kemungkinan seseorang mengalami penyakit yang sama karena adanya faktor genetik maupun predisposisi keturunan.

c. Gaya Hidup

Faktor-faktor yang dapat memicu terjadinya resistensi insulin yang dapat meningkatkan risiko diabetes adalah kebiasaan pola hidup yang tidak sehat, seperti kebiasaan melewatkan sarapan, mengonsumsi makanan pada waktu larut malam, kebiasaan merokok, kurang melakukan aktivitas fisik, serta kelebihan berat badan atau obesitas. Individu dengan obesitas memiliki risiko lebih besar mengalami diabetes melitus, bahkan sebagian besar penderita obesitas berpotensi mengalami gangguan metabolisme glukosa. Selain itu, obesitas juga berhubungan dengan peningkatan risiko penyakit kardiovaskular, seperti penyakit jantung dan stroke, hingga dua sampai empat kali lipat. Akumulasi lemak berlebih, terutama pada area abdominal, dapat menyebabkan penurunan sensitivitas insulin sehingga proses pengendalian kadar glukosa darah menjadi terganggu dan menyebabkan peningkatan kadar gula darah.

d. Obat-obatan steroid

Penderita asma maupun rematik yang menggunakan obat golongan steroid secara rutin dalam jangka waktu tertentu berisiko mengalami peningkatan kadar gula darah karena efek *counter-insulin* dari obat tersebut. Hal serupa juga dapat terjadi akibat

penggunaan beberapa jenis obat lain, seperti beta blocker, diuretic, obat tuberculosis, obat asma seperti salbutamol dan terbutaline, serta obat penurun kolesterol.

2.1.3 Patofisiologi

Diabetes melitus (DM) secara umum, dibedakan menjadi dua kategori utama, yaitu diabetes melitus tipe I dan diabetes melitus tipe II.

a. Diabetes Melitus tipe I

Diabetes Melitus tipe I merupakan kondisi yang muncul akibat reaksi autoimun terhadap protein sel pulau pankreas (daerah pankreas yang mengandung sel-sel endokrin sehingga produksi insulin menjadi tidak mencukupi untuk mempertahankan regulasi kadar glukosa darah. Karena itu, penderita diabetes tipe I memerlukan suplai insulin dari luar sepanjang hidupnya (Nurhayati *et al.*, 2024). Pada DM tipe I, terjadi gangguan produksi insulin akibat kerusakan sel penghasil insulin di pankreas, sehingga kadar insulin yang dihasilkan sangat rendah atau bahkan tidak tersedia. Kondisi tersebut dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti predisposisi genetik, infeksi virus, serta mekanisme autoimun. Secara umum, kejadian diabetes melitus tipe I merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor genetik, gangguan sistem imun, dan faktor lingkungan (Faida *et al.*, 2020).

b. Diabetes Melitus tipe II

Diabetes melitus tipe II ditandai dengan adanya gangguan metabolisme glukosa akibat penurunan efektivitas kerja insulin dan

gangguan produksi insulin oleh pankreas. Perkembangan penyakit ini dipengaruhi oleh kombinasi faktor herediter dan faktor lingkungan, termasuk kelebihan berat badan, asupan makanan yang tidak seimbang, kurangnya aktivitas fisik, serta peningkatan usia. (Nurhayati *et al.*, 2024).

Pada diabetes Melitus tipe II, terdapat dua gangguan, yaitu menurunnya kemampuan tubuh menghasilkan insulin serta meningkatnya resistensi sel terhadap hormon tersebut, sehingga sensitivitas tubuh menurun. Meskipun pankreas masih memproduksi insulin bahkan melebihi kadar normal tubuh tidak mampu meresponnya secara efektif, sehingga menyebabkan kekurangan insulin secara relative (Faida *et al.*, 2020).

2.1.4 Komplikasi

Kurangnya pengetahuan dan kesadaran penderita diabetes Melitus (DM) dalam mengelola penyakitnya, termasuk ketidakpatuhan terhadap manajemen DM, sehingga berpotensi memperburuk keadaan klinis serta meningkatkan risiko terjadinya berbagai komplikasi (Suryanti *et al.*, 2025). Komplikasi DM terbagi menjadi dua, yaitu *microvascular complications* (komplikasi mikrovaskular) dan *macrovascular complications* (komplikasi makrovaskular) (Utary *et al.*, 2023).

a. Komplikasi Mikrovaskular

Komplikasi mikrovaskuler pada diabetes melitus disebabkan oleh perubahan patologi pada pembuluh darah

kecil akibat kadar glukosa darah yang tidak terkontrol. Kerusakan tersebut dapat memicu gangguan fungsi ginjal, serta dapat menyebabkan gangguan penglihatan hingga kebutaan (Yuhelma *et al.*, 2015). Komplikasi ini meliputi kerusakan pada retinopati, neuropati, dan nefropati (Wahyuni *et al.*, 2021).

b. Komplikasi makrovaskular

Komplikasi makrovaskular merupakan salah satu dampak kronis diabetes melitus yang ditandai dengan gangguan pada pembuluh darah besar akibat proses aterosklerosis. Kerusakan vaskular tersebut dapat meningkatkan kejadian penyakit kardiovaskular, seperti penyakit jantung koroner dan stroke, yang berisiko menyebabkan mortalitas. Selain itu, gangguan sirkulasi pada ekstremitas bawah dapat menyebabkan iskemia jaringan hingga berkembang menjadi gangren dan memerlukan tindakan amputasi pada kondisi tertentu (Yuhelma *et al.*, 2015). Komplikasi tersebut dapat menyebabkan gangguan pada sistem kardiovaskular dan sirkulasi perifer, yang ditandai dengan meningkatnya kejadian penyakit jantung, stroke, serta penyakit pembuluh darah perifer (Wahyuni *et al.*, 2021).

2.1.5 Diagnosis

Penegakkan diagnosis diabetes Melitus dilakukan berdasarkan pemeriksaan kadar glukosa darah dan HbA1c (Soelistijo *et al.*, 2021).

a. Glukosa Darah Puasa (GDP)

Pemeriksaan kadar glukosa darah puasa (GDP) menjadi indikator yang berperan penting dalam mengidentifikasi kelainan metabolisme glukosa, termasuk sebagai salah satu parameter awal dalam deteksi diabetes melitus. (Agustriana *et al.*, 2025). Nilai glukosa darah puasa yang normal setelah berpuasa 8-12 jam berada pada rentang 70-99 mg/dL. Sementara itu, kadar glukosa darah 2 jam setelah makan seharusnya berada dibawah 140 mg/dL dan kadar glukosa darah normal sebelum tidur umumnya berada pada kisaran <140 mg/dl. Apabila hasil pemeriksaan menunjukkan kadar glukosa darah berada di atas nilai rujukan normal, kondisi tersebut dapat mengarah pada dugaan terjadinya prediabetes atau diabetes melitus (Anggraini *et al.*, 2020).

b. Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO)

Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO) merupakan pemeriksaan yang dilakukan dengan pemberian larutan glukosa secara oral untuk mengevaluasi kemampuan tubuh dalam merespons peningkatan kadar glukosa melalui stimulasi sekresi insulin. Pemeriksaan ini bertujuan untuk menilai gangguan metabolisme glukosa, termasuk kondisi glukosa darah puasa terganggu (GDPT) dan toleransi glukosa terganggu (TGT). Hasil TTGO dengan kadar glukosa kurang dari 140 mg/dL menunjukkan kondisi normal, sedangkan kadar glukosa 140–199 mg/dL mengindikasikan adanya gangguan toleransi glukosa. Sementara itu, seseorang dapat dikategorikan

mengalami diabetes melitus apabila hasil pemeriksaan TTGO menunjukkan kadar glukosa darah ≥ 200 mg/dL (Masdar *et al.*, 2021).

c. Hemoglobin A1c (HbA1c)

Hemoglobin terglikasi (HbA1c) terbentuk melalui proses glikasi nonenzimatik, yaitu ketika glukosa dalam sirkulasi darah berikatan dengan molekul hemoglobin yang terdapat pada eritrosit. Semakin lama kondisi hiperglikemia berlangsung, semakin banyak glukosa yang berikatan dengan hemoglobin, sehingga kadar hemoglobin terglikasi meningkat. Pada diabetes, tingginya kadar hemoglobin terglikasi mencerminkan buruknya kontrol glukosa dalam darah dan meningkatnya risiko terjadinya komplikasi kronis (Harahap *et al.*, 2024). Pemeriksaan HbA1c dilakukan untuk mengetahui persentase hemoglobin yang mengalami glikasi akibat berikatan dengan glukosa darah. Parameter ini dapat memberikan gambaran mengenai rata-rata kadar glukosa darah selama periode sekitar 2–3 bulan sebelumnya (Muhajiriansyah *et al.*, 2023).

Secara klinis, kadar HbA1c digunakan sebagai salah satu kriteria diagnosis diabetes Melitus. Nilai HbA1c kurang dari 6% dikategorikan normal, sedangkan kadar dalam rentang 6 - 6,4% menunjukkan kondisi prediabetes. Apabila kadar HbA1c $> 6,5\%$ maka dinyatakan sebagai penyandang DM (Anggraini *et al.*, 2020).

d. Glukosa Darah Sewaktu (GDS)

Pemeriksaan Glukosa Darah (GDS) merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui nilai kadar gula darah seseorang tanpa memerlukan persiapan khusus seperti puasa atau waktu tertentu setelah makan, sehingga pengambilan sampel dapat dilakukan kapan saja (Fithria *et al.*, 2021). Seseorang dinyatakan mengalami DM apabila hasil pemeriksaan menunjukkan kadar glukosa darah sewaktu ≥ 200 mg/dL yang disertai manifestasi klinis yang sesuai. (Sumakul *et al.*, 2022).

2.2 Infeksi Saluran Kemih (ISK)

2.2.1 Pengertian

Infeksi Saluran Kemih (ISK) merupakan suatu kondisi patologis yang disebabkan oleh masuknya mikroorganisme patogen, terutama bakteri, ke dalam sistem urinaria yang kemudian mengalami pertumbuhan dan menyebabkan proses infeksi (Abbas *et al.*, 2023). Secara klinis, ISK ditandai dengan keberadaan bakteri dalam urin yang dapat menyerang berbagai bagian saluran kemih, meliputi ginjal, ureter, kandung kemih, hingga uretra. Berdasarkan lokasi anatomisnya, sistem saluran kemih secara umum terbagi menjadi dua bagian, yaitu saluran kemih bagian atas dan saluran kemih bagian bawah (Rinawati *et al.*, 2022).

Mekanisme terjadinya Infeksi Saluran Kemih (ISK) umumnya dimulai ketika mikroorganisme patogen memasuki saluran kemih melalui uretra dan kemudian bermigrasi menuju vesika urinaria. Setelah

mencapai kandung kemih, mikroorganisme tersebut dapat mengalami proliferasi sehingga jumlahnya meningkat dan memicu terjadinya proses infeksi pada saluran kemih. Apabila tidak memperoleh penanganan yang tepat, infeksi dapat berkembang ke bagian saluran kemih yang lebih tinggi, seperti ureter dan ginjal, serta berpotensi menyebabkan keterlibatan jaringan parenkim ginjal, terutama pada area korteks dan medula (Sheba, 2023). Infeksi Saluran Kemih merupakan salah satu infeksi yang sering terjadi pada perempuan, dengan risiko kejadian yang cenderung meningkat seiring bertambahnya usia (Rinawati *et al.*, 2022).

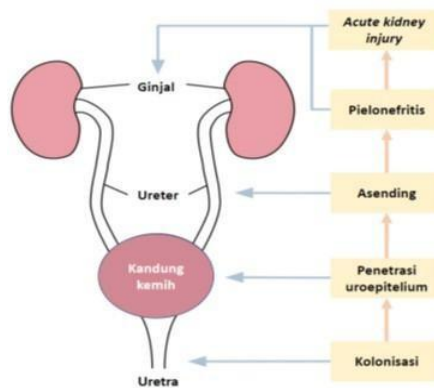
2.2.2 Etiologi

Sebagian besar kasus Infeksi Saluran Kemih (ISK) disebabkan oleh kolonisasi bakteri *Escherichia coli* pada saluran urinaria. Proses infeksi umumnya diawali dengan masuknya bakteri melalui uretra yang kemudian dapat berkembang menuju bagian saluran kemih lainnya. Secara anatomi, uretra merupakan saluran akhir sistem urinaria yang berfungsi membawa urin dari kandung kemih keluar dari tubuh. (Iase, 2023). Perempuan lebih berisiko mengalami ISK dari pada laki-laki karena perempuan memiliki uretra yang lebih pendek dibandingkan laki-laki, serta letak uretra yang lebih dekat dengan anus dan vagina, sehingga memudahkan mikroorganisme masuk ke dalam saluran kemih. ISK dapat menimbulkan gejala ringan seperti nyeri saat buang air kecil (disuria), urgensi, dan peningkatan frekuensi buang air kecil, hingga gejala yang lebih berat seperti pielonefritis atau sepsis, yang berpotensi

menyebabkan kerusakan ginjal permanen bahkan kematian (Handayani *et al.*, 2024).

2.2.3 Patogenitas

Patogenitas ISK diawali dengan kolonisasi bakteri pada daerah periuretra yang kemudian mengalami perpindahan secara asenden melalui uretra menuju kandung kemih. Bakteri memiliki alat berupa perekat yang disebut fimbriae. Fimbriae membantu bakteri melekat kuat pada sel epitel kandung kemih dan menembus lapisan uroepitel, tempat bakteri dapat memperbanyak diri dan membentuk lapisan pelindung yang disebut biofilm. Setelah menginfeksi kandung kemih, bakteri melakukan pergerakan ke atas (*ascending*) melalui ureter menuju ginjal. Ketika bakteri mencapai parenkim ginjal, tubuh memicu respons inflamasi yang berkembang menjadi pielonefritis dengan gejala, seperti demam tinggi, nyeri, dan malaise. Jika infeksi pada ginjal tidak segera ditangani, peradangan yang terjadi dapat merusak jaringan ginjal. Kerusakan ini dapat berkembang menjadi *Acute Kidney Injury* (AKI). AKI merupakan kondisi ketika fungsi ginjal menurun secara tiba-tiba dan dapat membahayakan nyawa pasien (Rinawati *et al.*, 2022).



Gambar 2.1 Patogenis ISK (Sumber : Rinawati, 2022)

2.2.4 Klasifikasi

Klasifikasi Infeksi Saluran Kemih (ISK) dapat dibedakan menjadi beberapa kategori, yaitu :

1. Infeksi saluran kemih tanpa komplikasi (*uncomplicated/simple*)

Infeksi saluran kemih tanpa komplikasi merupakan jenis ISK yang terjadi tanpa adanya kelainan struktural maupun gangguan fungsi pada saluran kemih. Kondisi ini umumnya hanya melibatkan lapisan mukosa kandung kemih (vesika urinaria) dan tidak menyebar ke organ saluran kemih lainnya

2. Infeksi saluran kemih dengan komplikasi (*complicated*)

Infeksi saluran kemih dengan komplikasi disebabkan oleh bakteri yang resisten terhadap jenis antibiotik sehingga sangat sulit dimusnahkan. Komplikasi yang timbul dari jenis ISK ini meliputi kondisi yang mengancam jiwa seperti sepsis (infeksi parah yang menyebar ke seluruh tubuh) (lase, 2023).

2.2.5 Komplikasi

Jika ISK tidak segera ditangani dan tidak mendapatkan penanganan yang tepat, maka kondisi ini dapat berkembang dan

menimbulkan berbagai komplikasi serius. Menurut Iase (2023) infeksi saluran kemih dapat menyebabkan berbagai konsekuensi sebagai berikut:

1. Obstruksi saluran kemih akibat pembentukan batu (*urolitiasis*) terjadi ketika terdapat material keras yang menyumbat jalur aliran urin. Penyumbatan tersebut dapat menghambat pengosongan kandung kemih dan menyebabkan gangguan aliran urin dari vesika urinaria menuju uretra. Kondisi ini lebih sering terjadi pada individu lanjut usia dan dapat memicu gangguan kemih yang signifikan.
2. Retensi urin, yaitu keadaan dimana kandung kemih tidak dapat mengkosongkan isinya secara sempurna meskipun seseorang telah buang air kecil. Retensi urin menyebabkan kesulitan dalam mengeluarkan urin meskipun mendapat dorongan untuk berkemih.
3. Gagal ginjal, yaitu komplikasi berat yang ditimbulkan akibat adanya infeksi yang menyebar ke ginjal. Hal ini terjadi ketika bakteri mengalami migrasi melalui saluran urinaria dan menginfeksi jaringan ginjal, sehingga mengganggu fungsi filtrasi dan berisiko menyebabkan kerusakan pada ginjal.

2.2.6 Diagnosis

Diagnosis Infeksi Saluran Kemih (ISK) umumnya dilakukan melalui evaluasi klinis yang meliputi anamnesis serta pemeriksaan fisik berdasarkan tanda dan gejala yang dialami pasien. Selain pemeriksaan klinis, diperlukan pemeriksaan penunjang untuk memastikan diagnosis dan menentukan strategi penatalaksanaan yang sesuai dengan kondisi

pasien. Pemeriksaan penunjang utama ISK adalah kultur urin, yang dianggap sebagai *gold standard* (Megawati *et al.*, 2023). Pemeriksaan *gold standard* tersebut dapat menegakkan diagnosis infeksi saluran kemih dengan mendeteksi keberadaan patogen penyebab penyakit. (Harris *et al.*, 2022). Penegakan diagnosis Infeksi Saluran Kemih (ISK) tidak hanya dilakukan melalui pemeriksaan kultur urin, tetapi juga dapat didukung dengan pemeriksaan urinalisis sebagai metode skrining (Sheba, 2023).

2.2.7 Risiko Infeksi Saluran Kemih pada Lansia

Proses penuaan dapat meningkatkan kerentanan seseorang terhadap Infeksi Saluran Kemih (ISK), karena pada lansia sering dijumpai berbagai kondisi terjadinya infeksi. Lansia umumnya memiliki komorbiditas (penyakit penyerta), kebiasaan membuang air kecil, serta pola buang air kecil yang tidak teratur, sehingga pengosongan kandung kemih menjadi kurang optimal dan mempermudah pertumbuhan bakteri. Selain itu, ISK pada lansia sering bersifat tidak bergejala, sehingga infeksi sulit untuk dikenali dan berpotensi terlambat untuk ditangani lebih lanjut (Mano *et al.*, 2023).

Peningkatan kejadian Infeksi Saluran Kemih (ISK) pada lansia dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk perubahan fisiologis yang terjadi selama proses penuaan. Penurunan fungsi organ, perubahan mekanisme pertahanan tubuh, serta berkurangnya efektivitas sistem imun dapat meningkatkan predisposisi lansia terhadap kolonisasi mikroorganisme dan perkembangan ISK. (Silviani *et al.*, 2024).

2.3 Lansia dan Komorbiditas

2.3.1 Pengertian dan Klasifikasi Lansia

Berdasarkan ketentuan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, seseorang dikategorikan sebagai lanjut usia apabila telah mencapai usia 60 tahun atau lebih (Mampa *et al.*, 2022).

Menurut *World Health Organization* (WHO), usia lanjut dibagi ke dalam beberapa kelompok (F. Akbar *et al.*, 2021), yaitu :

- a) Individu berusia 45-60 tahun termasuk dalam kategori *middle age* (setengah baya atau A-teda madya).
- b) Individu berusia 60-75 tahun dikategorikan *alderly* (usia lanjut atau wreda utama).
- c) Individu berusia 75-90 tahun termasuk dalam kategori *old* (tua atau prawasana).
- d) Individu berusia diatas 90 tahun termasuk dalam kategori *oldest old* (usia sangat tua atau wreda wasana).

2.3.2 Perubahan Fisiologis pada Lansia

Perubahan fisiologis merupakan bagian dari proses penuaan dan ditandai dengan penurunan fungsi berbagai organ tubuh, seperti otak, jantung, hati dan ginjal. Selain itu, terjadi penurunan massa serta fungsi jaringan aktif, terutama massa otot, sehingga menjadikan lansia lebih rentan terhadap berbagai penyakit dan meningkatkan risiko terjadinya komplikasi kesehatan serta dapat berujung pada risiko mortalitas yang lebih tinggi (Wulandari *et al.*, 2023).

Salah satu perubahan yang sering terjadi adalah penurunan fungsi sistem saluran kemih pada lansia, terutama melemahnya kemampuan kandung kemih akibat kurang optimalnya kontraksi otot sfingter. Keadaan ini menyebabkan kandung kemih tidak mampu menahan urin secara efektif, sehingga memicu peningkatan frekuensi berkemih atau terjadi perubahan frekuensi miksi (kondisi ketika pola buang air kecil seseorang mengalami peningkatan atau ketidakteraturan) (Wijaya *et al.*, 2021). Perubahan frekuensi miksi yang dimaksudkan adalah inkontinensia urin, yaitu keluarnya urin tanpa kendali pada waktu yang tidak diinginkan, tanpa memperhatikan jumlah maupun frekuensinya. Inkontinensia urin menjadi salah-satu keluhan utama pada lansia dan bukan merupakan kondisi normal dari proses penuaan, sehingga memerlukan penanganan yang tepat untuk mencegah timbulnya penyakit, seperti infeksi saluran kemih (Wijaya *et al.*, 2021).

2.3.3 Komorbiditas Lansia

Memasuki usia 60 tahun, risiko morbiditas dan mortalitas cenderung meningkat, terutama pada lansia yang memiliki penyakit penyerta. Keberadaan komorbiditas berperan penting dalam memperburuk kondisi Kesehatan lansia dan meningkatkan risiko terjadinya komplikasi, termasuk meningkatnya angka kematian pada lansia (Zain *et al.*, 2025). Komorbiditas merupakan kondisi di mana terdapat satu atau lebih penyakit penyerta yang dialami secara bersamaan, yang sering ditemukan pada kelompok usia lanjut akibat terjadinya penurunan fungsi sistem kekebalan tubuh (Naya *et al.*, 2022).

2.3.4 Lansia dengan komorbiditas DM

Penyakit komorbiditas yang paling banyak diderita oleh lansia adalah diabetes dan hipertensi (Satria *et al.*, 2020). Tingginya prevalensi diabetes Melitus pada kelompok lanjut usia dapat terjadi akibat perubahan fungsi metabolik yang berkaitan dengan proses penuaan. Penurunan sensitivitas jaringan terhadap insulin menyebabkan gangguan penggunaan glukosa oleh sel, sehingga kadar glukosa darah cenderung meningkat dan dapat memperburuk kondisi kesehatan lansia. Akibatnya, mekanisme pengaturan kadar glukosa darah menjadi terganggu dan memicu terjadinya peningkatan kadar glukosa darah melebihi nilai normal (Prabandari *et al.*, 2023).

2.4 Urin

2.4.1 Pengertian Urin

Urin adalah limbah berupa cairan sisa hasil metabolisme yang dikeluarkan oleh tubuh manusia sebagai hasil dari proses ekskresi. Proses ekskresi berfungsi untuk menjaga keseimbangan tubuh (homeostasis). Urin dihasilkan oleh ginjal melalui tahapan penyaringan darah secara bertahap (Yudhistira *et al.*, 2021). Pembentukan urin melibatkan tiga tahapan utama di nefron yaitu, penyaringan (Filtrasi) yang terjadi di glomerulus, penyerapan Kembali (reabsorpsi) zat yang berguna di tubulus, dan pengeluaran (sekresi). Ketiga tahap ini saling bekerja sama untuk memastikan hanya limbah yang dikeluarkan, sementara komponen penting dalam tubuh dipertahankan (Budiman *et al.*, 2020).

2.4.2 Kandungan Urin

Urin mengandung berbagai zat kimia dan biologis yang mencerminkan proses metabolisme tubuh. Komposisi utama urin meliputi air, urea, ammonium, kreatinin, asam laktat, asam fosfat, klorida, dan garam mineral (Adliana *et al.*, 2023). Selain itu, urin juga mengandung pigmen empedu yang memberikan warna kuning (urokrom), hormon, vitamin yang berlebih, dan zat toksin atau bahan kimia asing yang dikeluarkan dari tubuh melalui proses ekskresi (Stefani *et al.*, 2024). Secara biologis, Urin dapat membawa sel epitel dan sel darah, serta mikroorganisme seperti bakteri dan virus. Selain itu, urin juga mengandung vesikel ekstraseluler yang berasal dari berbagai jenis sel dalam tubuh (Dewi, 2023).

2.4.3 Karakteristik

a) Warna

Urin normal umumnya berwarna jernih dan transparan hingga kuning muda, yang berasal dari bilirubin dan biliverdin (Adliana *et al.*, 2023). Variasi warna urin dapat disebabkan oleh kondisi fisiologis maupun patologis. Misalnya, warna hijau dapat muncul akibat infeksi bakteri seperti *Pseudomonas aeruginosa*, sedangkan warna merah dapat disebabkan oleh keberadaan hemoglobin atau pigmen seperti porfirin serta infeksi bakteri seperti *Bacillus prodigiosus*, warna coklat biasanya berkaitan dengan bilirubin, hematin, atau darah yang telah lama berada dalam saluran kemih, urin yang berwarna hitam dapat muncul pada kondisi tertentu

seperti alkaptonuria. Selain itu, urin yang tampak seperti susu dapat mengindikasikan adanya pus, getah prostat, chylus, lemak, atau protein yang menggumpal (Putri *et al.*, 2023).

Warna urin juga mencerminkan tingkat hidrasi seseorang. Pada individu yang terhidrasi dengan baik, urin cenderung berwarna jernih atau kuning pucat. Sementara urin dengan konsentrasi tinggi akibat dehidrasi menunjukkan warna yang lebih pekat.

Interpretasi warna pada urin yang disajikan pada tabel 2.1 :

Warna		Indikasi
	Tidak berwarna atau transparan	Konsumsi air terlalu banyak
	Kuning sangat pucat	Normal
	Kuning transparan	Normal
	Kuning gelap	Dehidrasi awal
	Warna Madu	Kekurangan cairan (Dehidrasi sedang)
	Coklat	Dehidrasi berat
	Pink dan kemerahan	Ada kandungan dalam darah dalam urin
	Orange	Adanya disfungsi hati

Tabel 2 1 Interpretasi warna urin dan indikasinya
(Sumber : Andrizal *et al.*, 2018).

b) Bau

Secara kimiawi, urin segar memiliki aroma khas yang berasal dari urea sebagai hasil pemecahan protein, namun bau tersebut tidak menyengat karena didominasi air. Intensitas bau urin sangat dipengaruhi oleh kadar ammonia, di mana konsentrasi ammonia tersebut akan meningkat atau menurun sesuai dengan jumlah cairan yang dikonsumsi oleh setiap individu (Amani *et al.*, 2020). Urea dalam urin dihidrolisis oleh enzim urease yang dihasilkan bakteri menjadi karbondioksida (CO_2) dan ammonia (NH_3), sehingga menghasilkan aroma ammonia yang lebih kuat (Mukaromah *et al.*, 2020).

c) Kejernihan

Pada umumnya urin normal, bersifat jernih, sedangkan urin yang terlihat keruh biasanya mengandung partikel tidak terlarut seperti eritrosit, leukosit, sel epitel, granula, mucus atau kristal. Adanya kekeruhan tersebut dapat menjadi tanda adanya infeksi, peradangan, maupun gangguan lain pada saluran kemih. Kejernihan urin dapat diinterpretasikan berdasarkan empat tingkat, yaitu jernih, agak keruh, keruh, dan sangat keruh (Dewi, 2023).

2.4.4 Jenis Pengambilan Sampel Urin

Terdapat dua jenis metode pengambilan sampel urin, yaitu urin porsi tengah (*midstream urin*) dan urin kateter. Sementara itu, pengambilan urin melalui aspirat suprapublik hanya dilakukan pada

kasus infeksi tertentu karena prosedurnya bersifat *invasive* dan harus dilakukan oleh tenaga medis ahli, seperti dokter bedah (Kadarsih, 2021).

a. Urin porsi Tengah (*midstream urin*)

Pengambilan urin porsi tengah dilakukan untuk menurunkan risiko terjadinya kontaminasi sehingga sampel yang diperoleh layak digunakan dalam pemeriksaan. Prosedur ini diawali dengan membersihkan flora bakteri normal pada bagian distal uretra menggunakan sabun atau antiseptik. Urin porsi tengah dilakukan dengan membuang urin bagian pertama ke toilet, lalu menampung urin kedua atau urin bagian tengah ke dalam wadah steril sebanyak 10-20 cc, dan membuang sisa urin terakhir ke toilet (Kadarsih, 2021).

b. Urin Kateter/*Catheter*

Pengambilan sampel urin dengan menggunakan kateter dilakukan pada pasien yang tidak mampu mengeluarkan urin porsi tengah. Pengambilan urin melalui kateter diawali dengan membuang beberapa mililiter urin pertama dari selang kateter untuk menghilangkan organisme yang menempel pada bagian ujung selang. Setelah itu, sampel urin dikumpulkan secara aseptik dari kateter indwelling menggunakan spuit atau jarum agar sampel urin yang diperoleh bersih dan layak digunakan untuk pemeriksaan (Kadarsih, 2021).

c. Urin Supra Pubik

Pengambilan urin menggunakan teknik supra pubik yaitu, mengambil sampel urin langsung dari kandung kemih dengan cara menusukkan jarum melalui dinding perut saat kandung kemih sedang penuh. Metode pengambilan urin dengan teknik supra pubik umumnya digunakan untuk pemeriksaan sitologi atau kultur bakteri serta pada bayi yang berisiko mengalami kontaminasi sampel urin (Kadarsih, 2021).

2.5 Bakteri Penyebab Infeksi Saluran Kemih (ISK)

Bakteri merupakan organisme mikroseluler yang memiliki struktur sel prokariotik dengan karakteristik utama berupa tidak adanya membran inti sel. Sebagian besar bakteri memiliki dinding sel, namun tidak berklorofil sehingga tidak mampu melakukan fotosintesis (Febriza *et al.*, 2021). Bakteri dapat ditemukan dimana-mana, seperti tanah, air, dan makanan maupun hidup di dalam tubuh manusia (Sari *et al.*, 2025). Keberadaan bakteri tertentu dapat memberikan dampak patologis karena mampu menyebabkan infeksi pada manusia, terutama bakteri yang memiliki sifat patogen (Meylina *et al.*, 2025). Beberapa spesies bakteri yang sering ditemukan sebagai agen penyebab ISK meliputi *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, dan *Staphylococcus aureus* (Ainutajriani *et al.*, 2024).

2.5.1 *Escherichia coli*

Escherichia coli merupakan salah satu bakteri kelompok koliform yang termasuk dalam famili Enterobacteriaceae. Kelompok

Enterobacteriaceae dikenal sebagai bakteri enterik, yaitu mikroorganisme yang mampu hidup dan bertahan di saluran pencernaan manusia. *E. coli* merupakan bakteri berbentuk batang, Gram-negatif, bersifat anaerob fakultatif, serta memiliki kemampuan bertahan hidup tanpa membentuk struktur spora (Rahayu *et al.*, 2018).

a. **Klasifikasi**

Kingdom : Bacteria
Devisi : Proteobacteria
Kelas : Gammaproteobacteria
Ordo : Enterobacteriales
Familia : Enterobacteriaceae
Genus : *Escherichia*
Spesies : *Escherichia coli* (Wahyuningsih *et al.*, 2023).

b. **Morfologi**

Escherichia coli adalah bakteri Gram-negatif berbentuk basil yang memiliki ukuran sekitar $2\text{--}4\ \mu\text{m} \times 0,4\text{--}0,7\ \mu\text{m}$, pada (Gambar 2.2). Bakteri ini bersifat motil (dapat bergerak), tidak membentuk spora. *Escherichia coli* termasuk dalam famili Enterobacteriaceae dan biasanya ditemukan berbentuk batang atau menyerupai koma, baik secara tunggal maupun berpasangan dalam rantai pendek. Karakteristik pergerakannya dapat berupa motil ataupun tidak motil dengan flagela peritrikus. Selain itu, *Escherichia coli* bersifat aerob maupun anaerob fakultatif, sehingga mampu hidup baik dengan maupun tanpa oksigen (S. Wahyuni *et al.*, 2024).



Gambar 2.2 Morfologi *Escherichia coli*
(Sumber : Wahyuningsih *et al.*, 2023)

2.5.2 *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa merupakan bakteri Gram-negatif berbentuk batang yang mampu hidup dan berkembang pada berbagai habitat, termasuk air, tanah, dan tanaman. Bakteri ini memiliki kemampuan adaptasi yang sangat tinggi sehingga dapat bertahan di hampir semua lingkungan. *Pseudomonas aeruginosa* paling sering dikenal sebagai patogen oportunistik yang cenderung menginfeksi orang dengan sistem kekebalan tubuh yang lemah. Pada kondisi ini bakteri mampu menyebabkan infeksi tingkat lokal hingga infeksi sistemik yang berat dan berpotensi fatal (Abd-alla *et al.*, 2023).

a. **Klasifikasi**

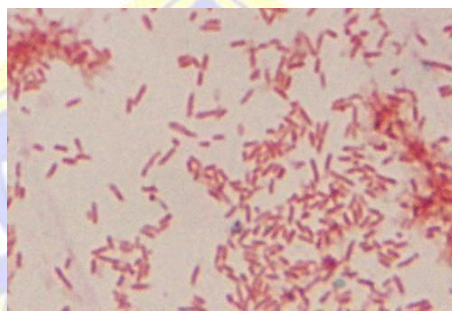
Kingdom	: Bacteria
Devisi	: Proteobacteria
Kelas	: Gamma proteobacteria
Ordo	: Pseudomonadales
Familia	: Pseudomonadaceae
Genus	: <i>Pseudomonas</i>
Spesies	: <i>Pseudomonas aeruginosa</i>

b. **Morfologi**

Pseudomonas aeruginosa merupakan bakteri Gram-negatif yang umumnya memiliki satu flagel dengan sifat polar, namun terkadang dapat ditemukan 2 hingga 3 flagel. Bakteri ini berukuran

sekitar 0,5-1 μm dengan panjang 3-4 μm , pada (Gambar 2.3). (Setyorini, 2020).

Bakteri ini mampu tumbuh pada rentang suhu 4-42°C (Dharmayanti *et al.*, 2020). Secara morfologi, *Pseudomonas aeruginosa* dapat ditemukan sebagai sel tunggal, berpasangan, atau membentuk rantai pendek dan bersifat *zoonosis* (dapat ditularkan dari hewan ke manusia) (Nataswara *et al.*, 2025).



Gambar 2. 3 Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*
(Sumber : Putra, 2024)..

2.5.3 *Klebsiella pneumoniae*

Klebsiella pneumoniae merupakan bakteri flora normal yang dapat berpotensi menyebabkan infeksi oportunistik ketika daya tahan tubuh menurun (Suryanditha *et al.*, 2024). Sebagai patogen oportunistik Gram-negatif, *Klebsiella pneumoniae* dapat memicu penyakit serius seperti pneumonia berat, pielonefritis, dan sepsis, terutama pada individu dengan sistem kekebalan yang lemah (Labunda *et al.*, 2024).

a. **Klasifikasi**

Kingdom	: Bacteria
Devisi	: Proteobacteria
Kelas	: Gamma proteobacteria
Ord	: Enterobacteriales
Familia	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Klebsiella</i>
Spesies	: <i>Klebsiella pneumoniae</i> (Romadhana, 2023).

b. Morfologi

Klebsiella pneumoniae adalah bakteri patogen bersifat gram negatif, bentuk batang pendek, serta memiliki ukuran sekitar 0,5-0,5 x 1,2 μm , pada (Gambar 2.4). Bakteri ini memiliki kapsul pelindung, tidak membentuk spora dan bersifat non-motil karena tidak memiliki flagel sehingga tidak dapat bergerak. *Klebsiella pneumoniae* mampu memanfaatkan karbohidrat melalui proses fermentasi, dengan hasil metabolisme berupa pembentukan senyawa asam dan gas (Tarina *et al.*, 2020; Labunda *et al.*, 2024).



Gambar 2. 4 Bakteri *Klebsiella pneumoniae*
(Sumber : Aryal, 2022).

2.5.4 *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus adalah bakteri flora normal yang dapat berubah menjadi patogen jika terjadi cedera atau abrasi pada permukaan mukosa (Puji *et al.*, 2022). *Staphylococcus aureus* menjadi penyebab infeksi yang paling sering dijumpai di fasilitas layanan kesehatan. Infeksi yang ditimbulkan oleh *Staphylococcus aureus* biasanya ditandai dengan peradangan, kematian jaringan (nekrosis), dan terbentuknya abses. Infeksi kulit yang disebabkan oleh bakteri ini beragam, mulai dari furunkel kecil hingga kondisi serius seperti piemia yang berpotensi mengancam nyawa (Dwijayanti, 2025).

a. **Klasifikasi**

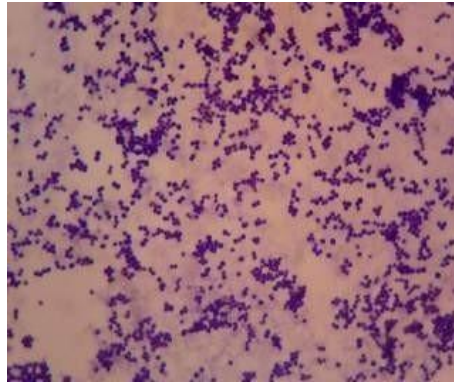
Kingdom	: Bacteria
Devisi	: Firmicutes
Kelas	: Bacilli
Ordo	: Bacillales
Familia	: Staphylococcaceae
Genus	: <i>Staphylococcus</i>
Spesies	: <i>Staphylococcus aureus</i> (Pasaribu, 2023).

b. **Morfologi**

Staphylococcus aureus merupakan bakteri patogen Gram-positif yang memiliki bentuk sferis (bulat), dan koloni menyerupai buah anggur.

Istilah *staphyle* yang berasal dari bahasa Yunani berarti “anggur”, sedangkan *coccus* berarti “bulat”. *Staphylococcus aureus* menghasilkan pigmen kuning keemasan yang menjadi ciri khas koloninya (Putri, 2022).

Staphylococcus aureus berukuran 0,7-1,2 μm , dengan susunan sel yang membentuk kelompok tidak teratur. *S. aureus* bersifat non-motil dan tidak membentuk spora serta tidak memiliki kemampuan bergerak, pada (Gambar 2.5). *S. aureus* dapat bertahan hidup pada kondisi aerob maupun anaerob sehingga termasuk bakteri fakultatif anaerob. Pada suhu ruang (20°-25°C), *S. aureus* mampu menghasilkan pigmen, sementara suhu optimal pertumbuhannya adalah 37°C. Pigmen yang dihasilkan memiliki variasi warna mulai dari abu-abu hingga kuning keemasan, dengan karakteristik permukaan yang halus, mengkilap, dan berbentuk bulat (Nadlif *et al.*, 2024).



Gambar 2. 5 Bakteri *Staphylococcus aureus*
(Sumber : Shari *et al.*, 2025)

2.6 Pemeriksaan Sampel Urin Dalam Mengidentifikasi ISK

Pemeriksaan sampel urin memiliki peran penting dalam menegakkan diagnosis pada pasien yang dicurigai mengalami infeksi saluran kemih (ISK). Untuk memastikan keberadaan infeksi, prosedur standart yang digunakan adalah pemeriksaan kultur urin atau hitung total bakteri yang menjadi *gold standard* dalam diagnosis ISK (Anggraini *et al.*, 2020).

2.6.1 Pemeriksaan Urinalisis Lengkap

Pemeriksaan urinalisis merupakan salah satu pemeriksaan laboratorium yang berperan dalam mendukung penegakan diagnosis serta pemantauan (*follow up*) pada kasus Infeksi Saluran Kemih (ISK) (Mus *et al.*, 2024). Urinalisis terdiri dari tiga komponen pemeriksaan, yaitu pemeriksaan makroskopik, mikroskopik, dan kimia urin. Pemeriksaan makroskopis dilakukan melalui pengamatan karakteristik fisik urin, meliputi warna, kejernihan, aroma, berat jenis, dan pH. Pemeriksaan mikroskopis bertujuan untuk mengevaluasi sedimen urin dengan mengidentifikasi berbagai komponen, seperti eritrosit, leukosit,

sel epitel, kristal, silinder, bakteri, jamur, parasit, serta spermatozoa. Sementara itu, pemeriksaan kimia urin digunakan untuk mengetahui adanya kandungan zat tertentu dalam urin, antara lain protein, glukosa, badan keton, bilirubin, dan urobilinogen (Parwati *et al.*, 2020).

2.6.2 Pemeriksaan Kultur Urin

Pemeriksaan kultur urin merupakan metode baku emas dalam pemeriksaan sampel urin yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan mikroorganisme patogen penyebab infeksi saluran kemih serta menentukan jumlah kolonisasi bakteri yang menjadi salah-satu penegakan diagnosis. Meskipun demikian, kultur urin memiliki beberapa kelemahan, antara lain biaya pemeriksaan relatif mahal, waktu pemeriksaan yang cukup lama, serta kemungkinan hasil negatif yang cukup tinggi, yaitu sekitar 60-80% (Pratistha *et al.*, 2017). Meskipun demikian, kultur urin tetap memiliki nilai diagnostik yang lebih baik dibandingkan urinalisis karena memiliki sensitivitas dan spesifisitas yang lebih tinggi dalam mengidentifikasi bakteri penyebab ISK (Kamajaya *et al.*, 2020).

Prinsip pemeriksaan kultur urin adalah menumbuhkan dan mengisolasi bakteri yang terdapat pada spesimen urin pasien, untuk menentukan jenis bakteri penyebab penyakit serta mengidentifikasi karakteristik mikroorganisme tersebut. Kultur bakteri merupakan proses menumbuhkan bakteri yng berasal dari bagian tubuh pasien yang terinfeksi (*in vivo*) melalui teknik pengambilan sampel secara aseptik dan

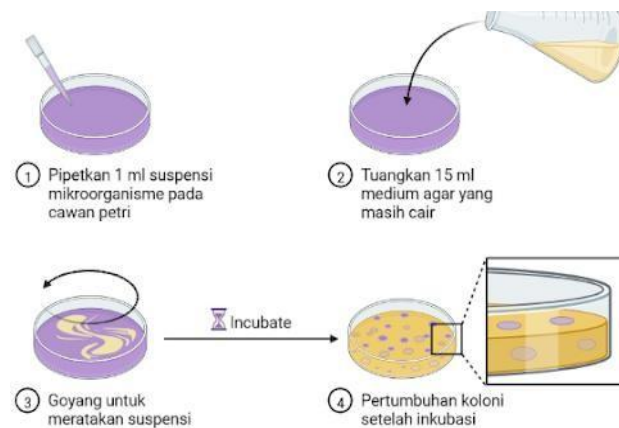
kemudian dikembangkan dalam lingkungan buatan (*in vitro*) di laboratorium (Oktania, 2022).

2.6.3 Pemeriksaan Hitung Total Bakteri

a. Teknik Tuang (*Pour Plate*)

Teknik tuang merupakan salah satu metode penanaman mikroorganisme pada media agar yang dilakukan dengan memasukkan suspensi bakteri ke dalam media agar cair, kemudian campuran tersebut dituangkan ke dalam cawan petri hingga terjadi distribusi sel secara homogen. Proses pencampuran tersebut bertujuan agar sel-sel mikroorganisme menyebar dengan merata, baik di permukaan maupun di dalam media agar, sehingga dapat tumbuh dengan baik. Pada metode ini, sampel terlebih dahulu dilakukan pengenceran sebelum diinokulasikan ke dalam media agar cair dan kemudian dituangkan ke dalam cawan petri. Setelah proses inkubasi, mikroorganisme akan membentuk koloni yang jumlahnya dapat dihitung secara kuantitatif. Salah satu keunggulan teknik tuang adalah kemampuannya untuk menghasilkan biakan murni (Damayanti *et al.*, 2020).

Meskipun demikian, metode *pour plate* memerlukan ketelitian yang optimal karena adanya kemungkinan kontaminasi selama pengerjaan serta pertumbuhan koloni yang dapat tersebar luas, sehingga dapat memengaruhi akurasi hasil perhitungan bakteri. (A'yunin, 2025).



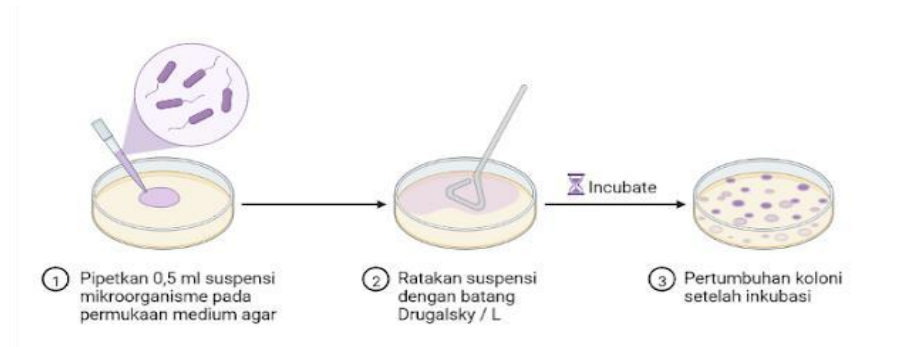
Gambar 2.6 Teknik Tuang (*Pour Plate*)

(Sumber : Microbeholic, 2022).

b. Teknik Sebaran (*Spread plate*)

Metode *Spread plate* (cawan sebar) merupakan teknik penanaman mikroorganisme yang dilakukan dengan cara menginokulasikan suspensi bakteri pada permukaan media agar yang telah memadat (Damayanti *et al.*, 2020). Sebelum proses inokulasi, sampel terlebih dahulu dilakukan pengenceran untuk memperoleh jumlah mikroorganisme yang sesuai, kemudian diletakkan di atas permukaan media agar yang sudah padat. Selanjutnya, Sampel disebar secara merata menggunakan alat steril agar mikroorganisme terdistribusi di seluruh permukaan media. Media yang telah diinokulasikan kemudian di inkubasi untuk memungkinkan pertumbuhan koloni bakteri. Pada metode ini, proses isolasi diawali dengan pengenceran sampel yang serupa dengan metode *pour plate*. Media agar yang telah disiapkan dituangkan ke dalam cawan petri steril dan dibiarkan hingga mengalami pematatan. Selanjutnya, suspensi sampel diinokulasikan pada

permukaan agar padat dan disebarakan secara merata menggunakan batang Drigalski yang telah disterilkan (Putri, 2024).



Gambar 2.7 Teknik Sebar (*Spread plate*)

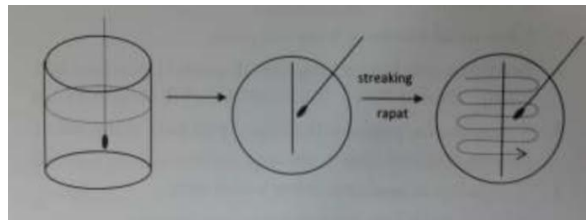
(Sumber : Microbeholic, 2022).

c. Teknik Mayo

Teknik kultur kuantitatif, yang dikenal sebagai *colony counting* (teknik mayo) merupakan metode yang digunakan untuk menentukan jumlah bakteri dalam sampel urin secara kuantitatif. Dibandingkan dengan metode kultur lainnya, teknik ini memiliki prosedur yang lebih praktis karena sampel dapat langsung diinokulasikan tanpa melalui tahap pengenceran. Pehitungan total bakteri dilakukan berdasarkan total koloni yang tumbuh dan dinyatakan dalam satuan *coloni farming unit per ml* (CFU/mL), yaitu jumlah koloni yang tumbuh dikalikan 10^2 untuk ose kalibrasi 0,01 ml dengan volume 10 μ l (Septiani *et al.*, 2024). Menurut Kadarsih (2021), kriteria koloni yang dapat dihitung adalah sebagai berikut :

- a. Satu koloni dihitung sebagai satu koloni.
- b. Dua koloni yang saling bertumpuk di hitung satu koloni.

- c. Beberapa koloni yang saling berhubungan di hitung sebagai satu koloni.
- d. Dua koloni yang berdekatan tetapi masih dapat dibedakan dihitung sebagai dua koloni.



Gambar 2.8 Teknik Mayo
(Sumber : Kadarsih, 2021)

