

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kehamilan

1. Definisi Kehamilan

Kehamilan merupakan proses biologis yang dimulai dengan fertilisasi sel telur oleh sperma, di mana zigot yang terbentuk akan berkembang menjadi embrio dan kemudian janin dalam rahim ibu. Selama periode ini, tubuh wanita mengalami berbagai perubahan hormonal dan fisik yang mendukung perkembangan janin, termasuk peningkatan volume darah, perubahan metabolisme, dan adaptasi sistem imun (Halim, 2021). Kehamilan biasanya berlangsung sekitar 40 minggu, dibagi menjadi tiga trimester, di mana masing-masing trimester memiliki karakteristik perkembangan yang berbeda bagi janin dan tantangan kesehatan bagi ibu.

2. Tanda-Tanda Kehamilan

Tanda kehamilan secara klinis diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu tanda presumtif, probable, dan pasti. Klasifikasi ini penting untuk membedakan gejala subjektif yang dirasakan ibu, tanda objektif yang dapat ditemukan pemeriksa, serta bukti nyata yang memastikan keberadaan janin.

Tanda presumtif merupakan gejala awal yang dialami langsung oleh ibu hamil, namun belum dapat dijadikan bukti kuat karena masih bisa disebabkan oleh faktor lain. Gejala ini meliputi amenore atau berhentinya menstruasi, mual dan muntah pada pagi hari (*morning sickness*), pembesaran serta rasa nyeri pada payudara, peningkatan frekuensi berkemih, mudah lelah, dan perubahan emosional. Tanda tersebut biasanya menjadi alasan utama seorang wanita untuk memeriksakan diri ke tenaga Kesehatan (Blackburn, 2017).

Tanda probable lebih bersifat objektif dan dapat ditemukan oleh tenaga medis saat pemeriksaan. Beberapa di antaranya ialah pembesaran uterus sesuai usia kehamilan, perubahan serviks seperti tanda Goodell (pelunakan serviks) dan tanda Chadwick (warna kebiruan pada serviks akibat peningkatan vaskularisasi), serta hasil pemeriksaan laboratorium yang menunjukkan kadar hormon human

chorionic gonadotropin (hCG) positif. Walaupun lebih meyakinkan dibandingkan tanda presumtif, hasil ini tetap belum dapat dijadikan dasar pasti karena kemungkinan positif palsu dapat terjadi pada beberapa kondisi tertentu, misalnya tumor ovarium yang juga menghasilkan hCG (Cunningham, *et al.*, 2018)

Tanda pasti merupakan bukti yang tidak terbantahkan mengenai adanya janin dalam rahim. Bukti ini dapat diperoleh melalui deteksi denyut jantung janin dengan Doppler sejak usia kehamilan 10–12 minggu, pergerakan janin yang dapat dirasakan langsung oleh pemeriksa sekitar usia 20 minggu, serta visualisasi kantung kehamilan, embrio, dan aktivitas jantung janin melalui pemeriksaan ultrasonografi (USG). Keberadaan tanda pasti tersebut menjadi landasan ilmiah dan medis untuk menegakkan diagnosis kehamilan serta menentukan tindak lanjut dalam pelayanan antenatal (American College of Obstetricians and Gynecologists, 2020).

Pemahaman mengenai klasifikasi tanda kehamilan memiliki peranan penting bagi tenaga kesehatan dalam melakukan deteksi dini. Pengetahuan yang baik mengenai tanda-tanda tersebut membantu memastikan diagnosis secara akurat sehingga ibu hamil dapat memperoleh perawatan antenatal yang tepat dan sesuai standar.

3. Perubahan Fisiologis Ibu Hamil

Kehamilan menyebabkan berbagai perubahan fisiologis yang terjadi hampir pada seluruh sistem tubuh ibu. Adaptasi ini merupakan mekanisme alami tubuh untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan janin, serta mempersiapkan proses persalinan. Perubahan tersebut meliputi sistem reproduksi, kardiovaskular, respirasi, gastrointestinal, endokrin, hingga sistem saluran kemih (Cunningham, *et al.*, 2018).

Perubahan pada sistem reproduksi ditandai dengan pembesaran uterus akibat hipertrofi dan hiperplasia sel otot polos. Serviks menjadi lebih lunak (*Goodell's sign*) dan lebih vaskular (*Chadwick's sign*), sedangkan vagina mengalami peningkatan vaskularisasi serta sekresi yang lebih banyak (Guyton & Hall, 2016). Payudara juga mengalami hipertrofi kelenjar alveolar dan peningkatan vaskularisasi sebagai persiapan laktasi

Perubahan pada sistem kardiovaskular meliputi peningkatan curah jantung sekitar 30–50%, volume plasma meningkat 40–50%, serta frekuensi denyut jantung yang sedikit lebih cepat. Tekanan darah cenderung menurun pada trimester awal dan tengah, kemudian meningkat kembali pada trimester akhir (American College of Obstetricians and Gynecologists, 2020). Adaptasi ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan oksigen dan nutrisi janin.

Pada sistem respirasi, terjadi peningkatan ventilasi menit sekitar 30–40% karena stimulasi hormon progesteron. Keadaan ini membuat ibu hamil sering merasakan sesak ringan terutama pada trimester akhir akibat desakan uterus terhadap diafragma (Blackburn, 2017)

Sistem gastrointestinal juga mengalami perubahan, di antaranya motilitas usus yang menurun akibat efek progesteron, sehingga sering menimbulkan konstipasi, refluks, dan mual muntah (*morning sickness*), khususnya pada trimester pertama (Guyton & Hall, 2016)

Perubahan pada sistem saluran kemih ditandai dengan dilatasi ureter dan pelvis ginjal akibat pengaruh hormon progesteron serta desakan uterus yang membesar. Filtrasi glomerulus meningkat hingga 50%, sehingga produksi urin juga meningkat. Kondisi ini membuat ibu hamil lebih sering berkemih dan lebih rentan mengalami infeksi saluran kemih (Cunningham, *et al*, 2018). Secara keseluruhan, perubahan fisiologis pada ibu hamil bersifat adaptif untuk mempertahankan keseimbangan homeostasis, mendukung pertumbuhan janin, dan mempersiapkan persalinan serta menyusui.

B. Urin

1. Definisi Urin

Urin merupakan produk akhir metabolisme tubuh yang dibentuk oleh ginjal melalui proses filtrasi plasma darah di glomerulus, dilanjutkan dengan reabsorpsi dan sekresi pada tubulus ginjal, kemudian dikeluarkan melalui saluran kemih. Cairan ini terdiri atas sekitar 95% air dan 5% zat terlarut, seperti urea, kreatinin, asam urat, elektrolit, serta metabolit lain yang tidak dibutuhkan tubuh (Cheung & Zlotta, 2020).

Urin yang terbentuk pada ginjal dalam keadaan normal bersifat steril. Keberadaan mikroorganisme dapat muncul saat urin melewati saluran kemih,

yang menandakan adanya kontaminasi. Kontaminasi tersebut berpotensi menjadi indikator terjadinya infeksi saluran kemih (ISK) maupun bakteriuria apabila jumlah bakteri yang ditemukan signifikan (Flores-Mireles, Walker, Caparon & Hultgren, 2019). Analisis terhadap urin dapat menunjukkan kondisi fisiologis maupun patologis tubuh, sehingga pemeriksaan ini memiliki nilai diagnostik yang tinggi.

Pemeriksaan urin dalam praktik klinis dianggap sebagai metode diagnostik noninvasif yang paling sering digunakan karena relatif sederhana, cepat, dan ekonomis. Analisis ini dapat memberikan informasi mengenai status hidrasi, fungsi ginjal, metabolisme tubuh, hingga keberadaan infeksi atau penyakit sistemik (Simerville, Maxted, & Pahira, 2021).

2. Proses Pembentukan Urin

Proses pembentukan urin merupakan salah satu fungsi utama ginjal dalam menjaga keseimbangan homeostasis tubuh. Mekanisme ini melibatkan penyaringan darah, pengaturan kadar cairan dan elektrolit, serta pembuangan zat sisa metabolisme yang tidak dibutuhkan tubuh. Urin terbentuk melalui tiga tahap fisiologis utama, yaitu filtrasi glomerulus, reabsorpsi tubular, dan sekresi tubular. Ketiga tahapan tersebut saling berkesinambungan sehingga menghasilkan urin akhir yang dikeluarkan melalui uretra (Guyton & Hall, 2021).

Filtrasi glomerulus berlangsung pada glomerulus yang merupakan kumpulan kapiler di dalam nefron. Pada tahap ini plasma darah difiltrasi sehingga terbentuk filtrat glomerulus atau disebut juga urin primer. Filtrat ini mengandung air, elektrolit, glukosa, asam amino, urea, dan kreatinin. Protein berukuran besar serta sel darah tidak akan melewati membran filtrasi akibat adanya barier glomerulus yang terdiri atas endotelium kapiler, membran basal, dan podosit (Johnson, Feehally, Floege & Tonelli, 2022). Rata-rata laju filtrasi glomerulus pada orang dewasa sehat adalah sekitar 125 mL/menit atau setara dengan 180 liter per hari. Sebagian besar filtrat tersebut akan diserap kembali di tubulus ginjal agar tubuh tidak kehilangan cairan maupun zat penting.

Reabsorpsi tubular terjadi setelah terbentuknya urin primer. Proses ini berlangsung pada tubulus proksimal, lengkung Henle, tubulus distal, hingga duktus kolektivus. Zat yang masih dibutuhkan tubuh, seperti glukosa, asam

amino, ion natrium, kalium, kalsium, klorida, bikarbonat, serta sebagian besar air akan dikembalikan ke aliran darah melalui kapiler peritubulus. Tubulus proksimal bertanggung jawab atas sekitar 65–70% reabsorpsi, terutama air dan natrium, sedangkan lengkung Henle berperan besar dalam pembentukan gradien osmolaritas yang memungkinkan terjadinya konsentrasi urin (Alshaikh, Alghamdi, Khan & Ahmed, 2019). Proses reabsorpsi dikendalikan oleh berbagai mekanisme transport aktif dan pasif serta dipengaruhi oleh hormon seperti aldosteron, angiotensin II, dan hormon antidiuretik (ADH).

Sekresi tubular merupakan tahap lanjutan yang terjadi terutama di tubulus distal dan duktus kolektivus. Mekanisme ini berfungsi mengeluarkan zat tertentu dari darah ke lumen tubulus, termasuk ion hidrogen, ion kalium, amonium, serta metabolit obat-obatan. Sekresi tubular membantu mengatur keseimbangan asam-basa darah, menjaga konsentrasi elektrolit, serta mempercepat pembuangan senyawa toksik. Regulasi asam-basa melalui sekresi ion hidrogen sangat penting karena sedikit perubahan pH darah dapat mengganggu fungsi enzimatis dan metabolisme tubuh (Rose & Wanner, 2020).

Produk akhir dari ketiga tahapan tersebut berupa urin sekunder yang kemudian dialirkan menuju pelvis renalis, dilanjutkan ke ureter, disimpan sementara dalam kandung kemih, dan akhirnya dikeluarkan melalui uretra. Urin normal pada orang dewasa memiliki volume rata-rata 800–2.000 mL per hari dengan osmolaritas bervariasi sesuai status hidrasi tubuh. Kualitas dan kuantitas urin yang dihasilkan dapat menggambarkan kondisi kesehatan seseorang, terutama fungsi ginjal dan sistem metabolisme (Cheung & Zlotta, 2020).

Proses pembentukan urin yang berlangsung secara fisiologis menjadi dasar dalam penilaian fungsi ginjal dan status metabolisme tubuh. Perubahan pada salah satu tahap, misalnya penurunan laju filtrasi glomerulus atau gangguan reabsorpsi dan sekresi tubular, dapat menimbulkan kelainan pada hasil analisis urin. Kondisi ini menjadi indikator penting dalam deteksi penyakit ginjal, gangguan metabolisme, maupun infeksi saluran kemih.

3. Kandungan dalam Urin

Urin merupakan cairan sisa metabolisme yang mengandung berbagai zat terlarut dengan konsentrasi bervariasi sesuai status fisiologis maupun patologis

tubuh. Sekitar 95% volume urin terdiri atas air, sedangkan sisanya berupa zat organik dan anorganik yang dikeluarkan untuk menjaga keseimbangan homeostasis (Cheung & Zlotta, 2020). Kandungan urin dapat digolongkan menjadi komponen utama dan komponen minor. Komponen organik utama dalam urin meliputi urea, kreatinin, dan asam urat. Urea merupakan produk akhir metabolisme protein yang dibentuk di hati melalui siklus urea, dan menjadi zat terlarut paling dominan dalam urin. Kreatinin dihasilkan dari metabolisme kreatin fosfat di otot, sedangkan asam urat berasal dari katabolisme purin (Johnson, Feehally, Floege & Tonelli, 2022). Kadar zat-zat ini sering dijadikan indikator fungsi ginjal serta status metabolisme tubuh.

Komponen anorganik dalam urin terdiri atas berbagai ion, antara lain natrium, kalium, kalsium, klorida, magnesium, fosfat, dan sulfat. Konsentrasi elektrolit tersebut dipengaruhi oleh asupan makanan, aktivitas fisik, serta kondisi fisiologis tertentu. Natrium dan kalium berperan penting dalam pengaturan keseimbangan cairan dan tekanan osmotik, sedangkan ion fosfat dan bikarbonat memiliki fungsi utama dalam menjaga keseimbangan asam-basa tubuh (Alshaikh, Alghamdi, Khan & Ahmed, 2019).

Air sebagai komponen terbesar berfungsi melarutkan zat-zat yang harus dikeluarkan dari tubuh, sekaligus menjaga osmolaritas dan volume cairan tubuh. Volume urin yang dihasilkan setiap hari pada orang dewasa normal berkisar 800–2.000 mL, bergantung pada asupan cairan, diet, suhu lingkungan, serta kondisi kesehatan individu (Guyton & Hall, 2021).

Kandungan minor dalam urin mencakup pigmen, hormon, enzim, serta metabolit obat. Pigmen utama yang memberikan warna khas pada urin adalah urokrom, hasil degradasi hemoglobin. Perubahan warna, bau, maupun pH urin dapat menjadi indikator adanya kondisi patologis, misalnya glikosuria pada diabetes melitus, proteinuria pada preeklampsia, atau hematuria pada infeksi maupun kelainan ginjal (Simerville, Maxted & Pahira, 2021).

Kandungan urin memiliki nilai diagnostik yang tinggi karena setiap perubahan komposisi dapat mencerminkan gangguan fisiologis maupun patologis. Pemeriksaan laboratorium terhadap urin tidak hanya menilai fungsi ginjal, tetapi juga mendeteksi adanya penyakit sistemik maupun infeksi saluran kemih. Dalam

konteks kehamilan, perubahan kandungan urin seperti protein, glukosa, maupun adanya bakteri sangat penting untuk diperhatikan karena berkaitan dengan komplikasi maternal maupun perinatal (Almeida *et al.*, 2022).

C. Bakteriuria

1. Definisi Bakteriuria

Bakteriuria adalah kondisi medis yang ditandai dengan adanya bakteri patogen dalam urin yang semestinya steril. Secara kuantitatif, bakteriuria bermakna jika terjadi pertumbuhan bakteri $\geq 10^5$ colony forming unit (CFU) per mililiter pada sampel urin midstream, atau $\geq 10^5$ CFU per mililiter pada sampel aspirasi suprapubik (Nicolle *et al.*, 2019). Bakteriuria dapat berupa simptomatik, ditandai dengan munculnya gejala infeksi saluran kemih, maupun asimtomatik yang tidak menimbulkan gejala klinis (Nicolle *et al.*, 2019). Pada ibu hamil, bakteriuria asimtomatik (BA) merupakan kondisi yang sering terjadi dan dapat meningkatkan risiko komplikasi kehamilan seperti preeklamsia, persalinan prematur, dan infeksi saluran kemih lanjut jika tidak terdeteksi dan ditangani (Nicolle *et al.*, 2019).

2. Jenis Bakteriuria

a. Berdasarkan kondisi klinis

1) Bakteriuria asimtomatik

Terjadi ketika urin mengandung bakteri dalam jumlah signifikan ($\geq 10^5$ CFU/mL) tanpa adanya tanda atau gejala klinis infeksi saluran kemih. Kondisi ini sering terabaikan karena pasien tidak merasa sakit, tetapi pada ibu hamil dapat menimbulkan komplikasi serius seperti pielonefritis, persalinan prematur, dan berat badan lahir rendah apabila tidak ditangani (Edae *et al.*, 2020).

2) Bakteriuria simptomatik

Ditandai dengan adanya gejala khas infeksi saluran kemih, seperti disuria, sering buang air kecil, nyeri suprapubik, hingga demam. Pada ibu hamil, bakteriuria simptomatik dapat berkembang menjadi sistitis atau pielonefritis, yang meningkatkan risiko komplikasi obstetri maupun perinatal (Schnarr & Smaill, 2018).

b. Berdasarkan bakteri penyebab

1) *Escherichia coli*

Bakteri paling sering ditemukan (70–90% kasus). Memiliki faktor virulensi seperti adhesin fimbriae tipe P yang mempermudah kolonisasi uroepitel dan meningkatkan risiko pielonefritis (Flores-Mireles, Walker, Caparon & Hultgren, 2019).

2) *Klebsiella pneumoniae*

Sering ditemukan sebagai penyebab bakteriuria, terutama karena kapsul polisakarida yang membuatnya resisten terhadap fagositosis dan beberapa antibiotik (Mohapatra *et al.*, 2022).

3) *Proteus mirabilis*

Menghasilkan enzim urease yang mengalkalisasi urin, memicu pembentukan batu struvit, serta memperberat infeksi (Chakkour *et al.*, 2024).

4) *Enterococcus faecalis*

Termasuk bakteri gram positif yang sering resisten terhadap berbagai antibiotik, sehingga menantang dalam terapi (Codelia-Anjum *et al.*, 2023).

5) Group B *Streptococcus* (GBS)

Berbahaya pada ibu hamil karena dapat ditularkan ke bayi saat persalinan dan menimbulkan sepsis atau meningitis neonatal (Liu & Ai, 2024)

6) Bakteri Lain

Seperti *Staphylococcus saprophyticus* dan *Pseudomonas aeruginosa*, meskipun jarang, tetap dapat menyebabkan infeksi, terutama pada kasus nosocomial (Fazlul *et al.*, 2019; Lawal *et al.*, 2021).

3. Dampak Bakteriuria

Bakteriuria pada ibu hamil merupakan kondisi yang tidak boleh diabaikan karena dapat menimbulkan berbagai komplikasi serius. Infeksi saluran kemih pada kehamilan yang tidak segera ditangani berpotensi berkembang menjadi pielonefritis, yaitu infeksi ginjal yang berat dan berisiko tinggi menyebabkan sepsis. Kondisi ini tidak hanya membahayakan kesehatan ibu, tetapi juga meningkatkan angka morbiditas dan mortalitas maternal (ACOG, 2023).

Dampak yang terjadi pada ibu hamil meliputi gangguan kesehatan sistemik maupun komplikasi obstetri. Ibu dengan bakteriuria berisiko mengalami anemia akibat peradangan kronis, peningkatan tekanan darah dalam kehamilan, hingga komplikasi berbahaya berupa preeklamsia. Infeksi yang berlanjut ke ginjal dapat menimbulkan kerusakan fungsi ginjal permanen. Risiko komplikasi tersebut semakin besar pada ibu dengan faktor predisposisi, seperti riwayat infeksi saluran kemih berulang, diabetes melitus, atau kelainan anatomi traktus urinarius (Balachandran *et al.*, 2022).

Dampak terhadap janin juga tidak kalah serius. Infeksi saluran kemih yang terjadi pada ibu hamil dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan janin di dalam rahim, yang ditandai dengan berat badan lahir rendah. Janin berisiko mengalami hipoksia akibat suplai oksigen yang terganggu, bahkan dapat terjadi kematian perinatal bila kondisi tidak ditangani secara tepat. Bakteriuria juga meningkatkan kemungkinan kelahiran prematur, ketuban pecah dini, hingga asfiksia neonatorum. Selain itu, terdapat risiko transmisi infeksi dari ibu ke bayi pada saat persalinan yang dapat menyebabkan infeksi neonatal (Piazzolla *et al.*, 2024).

Konsekuensi jangka panjang dari bakteriuria juga perlu menjadi perhatian. Ibu yang mengalami infeksi berulang selama kehamilan berisiko lebih tinggi mengalami komplikasi pada kehamilan berikutnya. Bayi yang lahir dari ibu dengan bakteriuria berulang memiliki kecenderungan mengalami gangguan tumbuh kembang, meskipun dampaknya tidak selalu langsung terlihat saat lahir. Pemeriksaan laboratorium untuk mendeteksi bakteriuria melalui metode sederhana, seperti *dipstick*, sangat penting dilakukan. Konfirmasi dengan metode kultur tetap diperlukan agar hasil diagnosis lebih akurat dan dapat dijadikan dasar terapi antibiotik yang tepat. Pencegahan komplikasi hanya dapat dicapai dengan deteksi dini, diagnosis yang benar, serta pengobatan yang terkontrol (ACOG, 2023).

D. Metode Deteksi Bakteriuria

1. *Dipstick* Urin

Dipstick urin adalah alat diagnostik yang digunakan secara luas dalam praktik klinis untuk mendeteksi berbagai komponen dalam urin. Alat ini terdiri dari strip plastik yang dilapisi dengan reagen kimia yang bereaksi dengan

komponen tertentu dalam urin. Penggunaan *dipstick* urin sangat populer karena metode ini cepat, mudah, dan tidak memerlukan peralatan laboratorium yang kompleks (Maina *et al.*, 2023).

Prinsip Kerja *Dipstick* urin bekerja berdasarkan reaksi kimia antara reagen yang ada pada strip dan komponen urin. Ketika strip dicelupkan ke dalam sampel urin, reagen akan bereaksi dengan zat-zat tertentu, seperti nitrit, leukosit, protein, glukosa, dan keton. Perubahan warna pada strip menunjukkan hasil dari reaksi tersebut, yang kemudian dapat dibandingkan dengan skala warna yang disediakan pada kemasan strip untuk menentukan konsentrasi zat yang terdeteksi (Brown *et al.*, 2018).

Deteksi nitrit dan leukosit dua komponen utama yang sering diuji dengan *dipstick* urin dalam konteks deteksi bakteriuria adalah nitrit dan leukosit. Nitrit dihasilkan oleh bakteri yang mengubah nitrat menjadi nitrit, sehingga keberadaan nitrit dalam urin dapat mengindikasikan adanya infeksi saluran kemih. Sementara itu, leukosit yang merupakan sel darah putih menunjukkan adanya peradangan atau infeksi. Kehadiran kedua komponen ini dalam urin dapat menjadi indikator awal adanya bakteriuria (Hitzeman, 2022).

2. Kultur Urin

Kultur urin merupakan metode standar emas untuk mendeteksi adanya bakteriuria dengan menumbuhkan bakteri dalam sampel urin pada media yang sesuai. Tujuan utama kultur urin adalah untuk menilai pertumbuhan bakteri secara kuantitatif, yang dinyatakan dalam satuan colony forming unit per milliliter (CFU/mL). Bakteriuria dianggap signifikan apabila terdapat pertumbuhan $\geq 10^5$ CFU/mL pada sampel urin midstream (Nicolle *et al.*, 2019). Prinsip dasar dari kultur urin melibatkan penanaman sampel urin pada media kultur yang sesuai.

Berbagai media dapat digunakan untuk kultur urin, antara lain *Blood Agar Plate* (BAP), *MacConkey Agar* (MCA), maupun *Cystine Lactose Electrolyte-Deficient* (CLED) agar (Karah *et al.*, 2020). Namun, dalam penelitian ini digunakan media *MacConkey Agar* (MCA). Hasil perhitungan koloni dapat langsung dikonversi ke CFU/mL. Rumus dasar yang digunakan adalah:

$$\text{CFU/mL} = \frac{\text{Jumlah koloni} \times \text{Faktor pengenceran}}{\text{Volume inokulum (mL)}}$$

Perhitungan hanya dianggap akurat bila jumlah koloni berada dalam rentang 30-300, karena jumlah terlalu sedikit atau terlalu banyak dinilai kurang representatif (Karah *et al.*, 2020). Pertumbuhan koloni $\geq 10^5$ CFU/mL ditetapkan sebagai bakteriuria signifikan, sedangkan pertumbuhan di bawah ambang batas tersebut biasanya tidak dianggap bermakna klinis (Bilsen *et al.*, 2023).

3. Metode Mikroskopis

Metode mikroskopis merupakan pemeriksaan yang paling umum digunakan untuk mendeteksi bakteriuria selain metode *dipstick* dan kultur. Pemeriksaan ini dilakukan dengan cara menyentrifugasi sampel urin untuk memperoleh sedimen, kemudian diamati di bawah mikroskop guna melihat keberadaan bakteri, leukosit, eritrosit, dan sel epitel. Adanya bakteri dan leukosit dalam jumlah signifikan dapat menjadi indikator adanya infeksi saluran kemih. Metode ini banyak digunakan karena prosedurnya sederhana, cepat, dan tidak memerlukan peralatan canggih (Fadel *et al.*, 2023).

4. Metode Uji Reduksi Nitrat

Uji reduksi nitrat merupakan salah satu metode kimiawi yang digunakan untuk mendeteksi adanya bakteriuria berdasarkan aktivitas metabolik bakteri dalam urin. Prinsip dasar metode ini adalah kemampuan bakteri, terutama kelompok *Enterobacteriaceae* seperti *Escherichia coli* dan *Klebsiella pneumoniae*, untuk mereduksi nitrat menjadi nitrit melalui enzim nitrat reduktase. Proses tersebut menghasilkan perubahan warna pada reagen nitrit, yang dapat diamati secara visual atau menggunakan alat pembaca otomatis. Hasil positif menandakan adanya aktivitas bakteri di saluran kemih. Meskipun demikian, sensitivitas uji ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain waktu inkubasi urin di kandung kemih (minimal 4 jam), serta keberadaan bakteri non-reduktor seperti *Pseudomonas aeruginosa* atau *Enterococcus faecalis* yang tidak menghasilkan nitrit, sehingga dapat menyebabkan hasil negatif palsu. Oleh karena itu, metode ini umumnya digunakan sebagai pemeriksaan pendahuluan dan perlu dikonfirmasi dengan metode kultur untuk hasil diagnostik yang lebih akurat (Papava *et al.*, 2022).

5. Metode Flow Cytometry

Flow cytometry urin merupakan metode analitik berbasis teknologi optik yang digunakan untuk menghitung serta mengidentifikasi partikel dalam urin, termasuk sel darah putih, sel epitel, dan bakteri. Prinsip kerja metode ini didasarkan pada pengukuran hamburan cahaya (forward dan side scatter) serta intensitas fluoresensi dari partikel yang melewati sinar laser secara individual. Dengan sistem ini, flow cytometer mampu memberikan hasil kuantitatif mengenai jumlah bakteri per mililiter urin dalam waktu yang relatif singkat, biasanya kurang dari lima menit. Kelebihan metode ini adalah sensitivitas dan spesifisitasnya yang tinggi, terutama untuk skrining infeksi saluran kemih (ISK) dengan beban bakteri rendah. Namun, alat ini membutuhkan biaya investasi dan pemeliharaan yang tinggi, serta operator yang terlatih dalam analisis data. Karena alasan tersebut, metode flow cytometry lebih banyak digunakan di rumah sakit rujukan, laboratorium penelitian, atau sebagai sistem otomatis dalam pemeriksaan urin berskala besar (Gehringer *et al.*, 2021).

6. Metode Polymerase Chain Reaction (PCR)

Metode Polymerase Chain Reaction (PCR) merupakan teknik molekuler yang sangat sensitif untuk mendeteksi adanya DNA bakteri dalam urin, bahkan pada jumlah yang sangat kecil. Prinsipnya adalah memperbanyak (amplifikasi) fragmen DNA target menggunakan enzim DNA polimerase dan primer spesifik terhadap gen bakteri tertentu, seperti 16S rRNA. PCR dapat mendeteksi berbagai patogen penyebab ISK dengan cepat, termasuk bakteri yang sulit tumbuh pada media kultur, seperti *Ureaplasma urealyticum* atau *Mycoplasma hominis*. Keunggulan utama metode ini adalah kecepatan dan ketepatan identifikasi, serta kemampuannya mendeteksi infeksi pada pasien dengan bakteriuria asimtomatik. Namun, keterbatasannya adalah biaya tinggi, kebutuhan akan peralatan khusus, serta potensi kontaminasi DNA yang dapat menyebabkan hasil positif palsu. Oleh sebab itu, PCR lebih sering digunakan dalam penelitian atau diagnosis kasus kompleks yang tidak dapat dikonfirmasi dengan kultur konvensional (Kapoor *et al.*, 2024).

E. Faktor yang Mempengaruhi Hasil Deteksi

Keberhasilan deteksi bakteriuria pada ibu hamil sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor yang dapat berasal dari pasien, metode pemeriksaan, maupun kondisi sampel urin yang dianalisis. Pemahaman mengenai faktor-faktor tersebut menjadi penting agar hasil pemeriksaan dapat diinterpretasikan secara akurat serta menghindari kesalahan diagnosis.

1. Pengambilan sampel urin

Sampel urin yang tidak diambil dengan prosedur aseptik berpotensi mengalami kontaminasi oleh flora normal dari daerah perineum atau vagina. Kontaminasi dapat menghasilkan temuan positif palsu pada pemeriksaan *dipstick* maupun kultur. Teknik *midstream clean catch urine* dianjurkan sebagai metode standar dalam pengambilan sampel untuk mengurangi risiko kontaminasi (Larocco *et al.*, 2015).

2. Kondisi penyimpanan dan transportasi sampel

Urin yang tidak segera diperiksa setelah pengambilan dapat mengalami perubahan pH, pertumbuhan bakteri, atau degradasi komponen kimia. Penyimpanan yang tidak sesuai, seperti dibiarkan pada suhu kamar lebih dari dua jam, meningkatkan risiko hasil pemeriksaan menjadi tidak valid. Penyimpanan pada suhu 2–8°C diperlukan apabila pemeriksaan ditunda lebih dari dua jam (Simerville & Pahira, 2021).

3. Metode pemeriksaan

Uji *dipstick* urin memiliki kelebihan berupa kecepatan dan kemudahan, tetapi sensitif terhadap kondisi tertentu, misalnya kadar leukosit dan nitrit yang rendah dapat menyebabkan hasil negatif palsu. Kultur urin dianggap sebagai standar emas, namun hasilnya juga dipengaruhi oleh teknik inokulasi, media kultur, serta lama inkubasi. Perbedaan sensitivitas dan spesifisitas kedua metode ini harus diperhatikan dalam interpretasi hasil (Swensen *et al.*, 2021).

4. Kondisi fisiologis dan patologis pasien

Kehamilan menyebabkan perubahan fisiologis pada sistem urinaria, termasuk dilatasi ureter, peningkatan volume kandung kemih, serta penurunan tonus otot polos akibat pengaruh hormon progesteron.

Perubahan ini meningkatkan risiko kolonisasi bakteri dan dapat memengaruhi hasil deteksi. Selain itu, penggunaan antibiotik sebelumnya dapat menurunkan jumlah bakteri dalam urin sehingga menyebabkan hasil negatif palsu pada kultur (Flores-Mireles, Walker, Caparon, & Hultgren, 2019).

5. Interpretasi hasil oleh tenaga kesehatan

Keterampilan dan ketelitian analis laboratorium dalam membaca hasil *dipstick* maupun mengidentifikasi koloni bakteri pada kultur sangat menentukan akurasi diagnosis. Kesalahan teknis dalam membaca perubahan warna pada *dipstick* atau salah identifikasi koloni dapat menimbulkan bias hasil pemeriksaan (Almeida, Silva, Santos & Oliveira, 2022).

6. Kondisi wadah (pot urin)

Jenis dan kondisi wadah urin berpengaruh terhadap kualitas sampel. Wadah yang tidak steril dapat menyebabkan kontaminasi dari lingkungan atau flora normal, sehingga memunculkan hasil positif palsu pada kultur. Selain itu, pot urin yang tidak tertutup rapat berisiko terpapar udara luar sehingga memungkinkan pertumbuhan bakteri kontaminan atau perubahan komposisi kimia urin. Penggunaan pot urin steril sekali pakai dengan penutup yang rapat merupakan standar yang dianjurkan untuk menjaga validitas hasil pemeriksaan (WHO, 2021).

F. Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 1 Kerangka Konsep Penelitian