

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

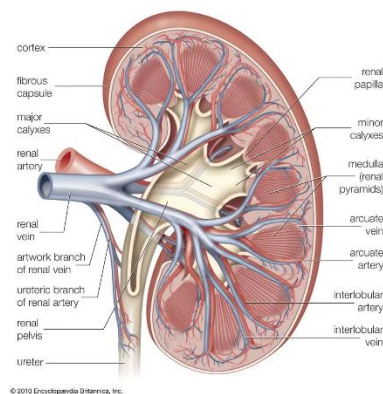
A. Urine

Urine didefinisikan sebagai cairan sisa hasil penyaringan ginjal yang diekskresikan tubuh melalui proses pembuangan urine. Proses ini penting untuk membuang zat-zat limbah dari darah yang telah mengalami filtrasi di ginjal demi mempertahankan homeostatis cairan tubuh. Alur fisiologisnya dimulai dari filtrasi di ginjal, kemudian urin dialirkan melewati ureter ke kandung kemih, dan akhirnya dikeluarkan via uretra (Washudi dkk., 2016). Di sisi diagnostik, analisis urin memberikan informasi komprehensif yang melampaui kesehatan sistem urinaria, ia juga dapat merefleksikan aktivitas organ-organ lain seperti hati, pankreas, saluran empedu, dan kelenjar adrenal. Ciri-ciri urin normal antara lain berwarna jernih hingga kuning pucat, yang diakibatkan oleh keberadaan pigmen empedu (bilirubin dan biliverdin). Komponen penyusun utamanya adalah air, urea, asam urat, amonia, kreatinin, asam laktat, serta ion fosfat, sulfat, dan klorida. Dalam keadaan khusus, mampu terdeteksi pula zat asing seperti metabolit obat atau vitamin dalam kadar berlebih (Washudi dkk., 2016).

B. Sistem Saluran Kemih

Secara anatomis, sistem saluran kemih terdiri dari empat organ yakni ginjal, ureter, kandung kemih, dan uretra. Setiap organ mempunyai peranan spesifik, ginjal sebagai penyaring darah dan pembentuk urin, ureter sebagai saluran pengalir urin ke kandung kemih, serta kandung kemih dan uretra yang berfungsi dalam penyimpanan dan ekskresi akhir.

Ginjal terletak di daerah posterior abdomen, berjumlah sepasang, dengan ginjal kanan posisinya lebih rendah daripada kiri akibat keberadaan hati. Ukuran rata-rata ginjal dewasa adalah panjang 12,5 cm dengan berat 150 gram. Lapisan pelindung ginjal meliputi kapsul ginjal, lapisan lemak perirenal, dan fasia renalis. Struktur internalnya dibedakan menjadi korteks (bagian luar), medula (bagian dalam yang berbentuk piramida), dan pelvis (rongga penampung). Kolumna renalis dari korteks menembus medula, sedangkan piramida medula berakhir di papila yang mengalirkan urin ke dalam sistem kaliks (minor lalu mayor) dan berakhir di pelvis ginjal sebelum menjadi ureter. Nefron, yang berjumlah 1–1,5 juta per ginjal, merupakan unit fungsional penyusun ginjal (Alvina dkk., 2019). Terdapat dua tipe nefron, yaitu nefron kortikal yang dominan dalam filtrasi dan reabsorpsi, serta nefron jukstamedular yang berperan dalam mengonsentrasikan urin. Setiap nefron tersusun atas bagian vaskular (glomerulus) dan bagian tubular yang mencakup atas kapsula Bowman, tubulus proksimal, lengkung Henle, tubulus distal, dan duktus pengumpul (Alvina dkk., 2019).

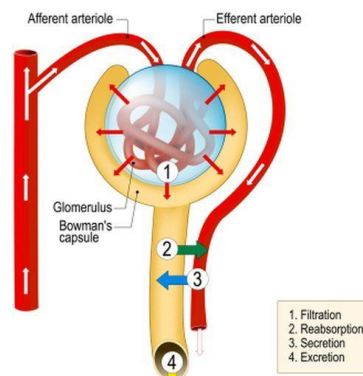


Gambar 1. Struktur Ginjal

Sumber : Encyclopaedia Britannica Inc, 2010

Peran ginjal sangat esensial dalam menjaga stabilitas lingkungan internal tubuh, termasuk keseimbangan cairan dan elektrolit, keseimbangan asam-basa, serta pembuangan sisa-sisa metabolik. Fungsi ini diatur oleh parameter fisiologis seperti tekanan darah, volume darah, komposisi plasma darah, dan sinyal hormonal.

Secara konseptual, nefron menjalankan pembentukan urine melalui tiga mekanisme berurutan: filtrasi di glomerulus, reabsorpsi di sepanjang tubulus, dan sekresi tubular. Tahap filtrasi glomerulus memproduksi ultrafiltrat yang komposisinya serupa dengan plasma kecuali kandungan proteinnya yang sangat rendah. Zat yang terfiltrasi pada tahap ini antara lain adalah air, glukosa, berbagai ion, asam amino, urea, asam urat, kreatinin, dan amonia. Tahap reabsorpsi, yang terutama terjadi di tubulus proksimal, berfungsi mengembalikan zat-zat yang masih diperlukan ke dalam peredaran darah. Sebaliknya, tahap sekresi berperan untuk mengekskresikan zat-zat limbah tertentu secara aktif ke dalam lumen tubulus. Hasil akhir dari ketiga proses ini ialah urine, suatu larutan yang komponen utamanya adalah air dengan sedikit campuran zat terlarut (Alvina dkk., 2019).



Gambar 2. Mekanisme terbentuknya urine

Sumber : Istockphoto, 2018

Variasi komposisi zat dalam urine ditentukan terutama oleh volume air dan pola konsumsi makanan seseorang. Komponen penyusun utama urine meliputi air, urea, fosfat, kreatinin, dan sulfat. Selain itu, terdapat pula unsur-unsur seperti kalium, asam urat, serta ion hidrogen yang dihasilkan dari mekanisme pertukaran dengan natrium di tubulus distal di bawah pengaruh hormon aldosteron. Dalam keadaan normal, protein hampir tidak ditemukan dalam urine, sementara glukosa dapat muncul jika terjadi hiperglikemia (kadar gula darah tinggi). Secara keseluruhan, semua bahan pembentuk urine berasal dari dua sumber, yaitu darah dan cairan interstisial, yang kemudian diproses oleh ginjal (Wibawa, P., 2016).

C. Pemeriksaan Urine

Urinalisis atau pemeriksaan urine mencakup tiga pendekatan utama yaitu: pemeriksaan makroskopis, kimiawi, dan mikroskopis. Secara klinis, pemeriksaan ini dilakukan untuk mendiagnosis penyakit pada saluran kemih dan ginjal, dengan mengintegrasikan data anamnesis riwayat penyakit pasien dan hasil penunjang lainnya seperti radiologi. Tujuan spesifik dari urinalisis meliputi deteksi infeksi saluran kemih, identifikasi kondisi patologis atau persiapan pra-operasi, diagnosis berbagai jenis penyakit ginjal, serta sebagai bagian dari skrining kesehatan umum. Melalui analisis sampel urine, tenaga klinis dapat memperoleh informasi penting mengenai fungsi berbagai sistem organ, termasuk ginjal, pankreas, korteks adrenal, saluran kemih, dan status metabolisme tubuh secara keseluruhan (Tadjuddin Naid dkk., 2015). Untuk keperluan pemeriksaan laboratorium, ditemukan sejumlah jenis spesimen urine yang umum digunakan, yakni urine sewaktu, urine pagi, urine 24 jam, urine pasca-makan, dan urine puasa (Alvina dkk., 2019).

1. Urin Sewaktu

Didefinisikan sebagai sampel urin yang diambil pada waktu acak, tanpa persyaratan khusus terkait waktu pengumpulan. Spesimen ini cukup memadai untuk skrining rutin yang bersifat umum.

2. Urin Pagi

Merupakan urin pertama yang dikeluarkan di pagi hari selepas tidur malam, sebelum melakukan aktivitas makan atau minum. Penggunaannya meliputi pemeriksaan rutin, evaluasi sedimen urin, dan tes kehamilan.

3. Urin Post Prandial

Adalah urin yang dikumpulkan pertama kali dalam jangka waktu 1,5–3 jam pascamakan. Utilitas klinis utamanya adalah dalam pemeriksaan guna menyelidiki adanya glukosa dalam urin (glukosuria) (Gandasoebroto, 2017).

4. Urin 24 Jam

Spesimen yang dikumpulkan dari total volume urin selama satu hari penuh (24 jam), disimpan dalam wadah tunggal berkapasitas 1,5 liter dengan penambahan bahan pengawet (misalnya toluen). Pemeriksaan dengan sampel ini ditujukan untuk mengukur kadar kuantitatif zat tertentu seperti kreatinin, protein, urea, dan natrium.

5. Urin Puasa

Sampel urin yang diambil setelah periode puasa selama 10–12 jam. Fungsi utamanya adalah sebagai pemeriksaan penunjang dalam mendiagnosis kondisi diabetes melitus.

D. Pemeriksaan Makroskopis

Pemeriksaan makroskopis terhadap sampel urin mencakup enam parameter yaitu volume, warna, bau, kejernihan, pH, dan berat jenis (Alvina dkk., 2019).

1. Volume

Pengukuran volume urin 24 jam dilakukan untuk mengestimasi fungsi ginjal, karena kelainan produksi urin dapat merefleksikan gangguan ginjal. Metode pengukurannya adalah dengan menampung urin dalam wadah bertingkat dan membaca volumenya secara langsung. Nilai rujukan bervariasi menurut usia: dewasa (800–1300 mL/hari), anak 6–12 tahun (400–650 mL/hari), dan anak di bawah 6 tahun (200–300 mL/hari). Faktor asupan cairan dan pengaruh hormon sangat memengaruhi hasil.

2. Warna

Spektrum warna normal urin adalah dari kuning pucat hingga kuning tua. Penyimpangan seperti warna kuning tua pekat, hijau, atau cokelat dapat menandakan peningkatan bilirubin yang berhubungan dengan disfungsi hepatobilier, sehingga pengamatan visual warna merupakan langkah penting.

3. Bau

Aroma khas urin segar adalah amonia. Perubahan bau dapat terjadi karena diet, obat-obatan, atau infeksi tertentu.

4. Kejernihan

Parameter ini dinilai dengan melihat tingkat kekeruhan (*turbidity*) urin segar saat diterangi cahaya. Kejernihan normal menunjukkan tidak adanya partikel dalam jumlah besar.

5. pH

Pemeriksaan pH mengukur tingkat keasaman urin. Rentang normalnya adalah 4,8–8,5. Hasil ini membantu mengevaluasi keseimbangan asam-basa dan mendukung diagnosis beberapa jenis infeksi saluran kemih.

6. Berat Jenis (BJ)

BJ urin menunjukkan konsentrasi zat terlarut. Nilai rujukan untuk orang sehat adalah 1,015–1,025. BJ berbanding terbalik dengan frekuensi buang air kecil dan volume urin; semakin encer urin (karena asupan cairan tinggi), BJ akan semakin mendekati 1,000.

E. Pemeriksaan Kimia Urin

Pemeriksaan kimia pada umumnya memakai carik celup yang telah berisi reagen di setengah bagian stripnya. Prinsip dari carik celup ini ialah melakukan pencelupan strip ke dalam sampel urine. Strip uji yang dimasukkan ke dalam sampel urine akan menyerap cairan tersebut, lalu hasilnya bisa diamati dalam waktu beberapa detik hingga menit setelah strip dicelupkan ke dalam urin. Perubahan warna yang muncul pada bagian reagen strip kemudian ditafsirkan dengan cara mencocokkannya dengan skala acuan yang umumnya tertera pada bagian depan botol reagen strip. Variasi jenis serta tingkat perubahan warna pada strip menunjukkan kandungan zat yang terdapat dalam sampel urin. Pemeriksaan kimia urin ini mencakup analisis glukosa, protein (albumin), pH, BJ, badan keton (asam asetoasetat dan aseton), bilirubin, urobilinogen, nitrit, darah (hemoglobin), serta leukosit esterase (Hafidh dkk.,2019) .

1. Protein

Pengujian protein dengan metode carik celup menunjukkan tingkat sensitivitas yang lebih tinggi terhadap albumin dibandingkan jenis protein lain, seperti globulin, hemoglobin, protein Bence Jones, maupun mukoprotein (Sari, 2020). Dalam kondisi normal, jumlah protein yang diekskresikan melalui urine sangat sedikit, yaitu kurang dari 100 mg/hari. Sekitar dua pertiga dari total tersebut berasal dari

protein yang dikeluarkan oleh tubulus ketika jumlahnya telah melampaui batas hingga lebih dari 150 mg/hari. Suatu urine dinyatakan mengalami proteinuria (protein urine) apabila mengandung protein lebih dari 15 mg/hari. Kondisi ini dapat disebabkan oleh kerusakan pada membran kapiler glomerulus, adanya gangguan dalam proses reabsorpsi di tubulus, maupun kerusakan yang melibatkan kedua mekanisme tersebut sekaligus (Maghfira dkk., 2020).

2. Glukosa

Pemeriksaan kadar glukosa dalam urine memiliki peranan yang sangat penting untuk mengidentifikasi adanya penyakit Diabetes Mellitus (DM) pada pasien. Dalam kondisi individu yang sehat, glukosa tidak akan dijumpai di dalam urine. Pada keadaan fisiologis normal, hampir seluruh glukosa akan difiltrasi oleh glomerulus kemudian direabsorpsi kembali oleh tubulus proksimal. Keberadaan glukosa dalam urine baru dapat terdeteksi apabila kadar glukosa telah mencapai kisaran 160–180 mg/dL. Prinsip kerja pada metode carik celup didasarkan pada enzim glukosa oksidase yang bersifat spesifik hanya terhadap glukosa. Reagen pada strip test glukosa tersusun atas dua jenis enzim, yaitu enzim glukosa oksidase (GOD) dan enzim peroksidase (POD), serta mengandung zat warna (kromogen) yang akan berubah menjadi biru ketika mengalami oksidasi, dan iodida yang akan mengalami perubahan warna menjadi coklat saat teroksidasi (Hotmauli dkk., 2021).

3. Bilirubin

Bilirubin merupakan pigmen berwarna kuning yang dihasilkan dari proses pemecahan hemoglobin. Setelah terbentuk, bilirubin selanjutnya akan dialirkan ke dalam pembuluh darah untuk kemudian diteruskan menuju organ hati. Di dalam hati, bilirubin akan berikatan dengan empedu, lalu dipindahkan melalui saluran

empedu menuju bagian akhir sistem pencernaan, yang pada akhirnya akan dikeluarkan bersama urine dan tinja. Apabila organ hati mengalami gangguan atau kerusakan, maka proses tersebut dapat terganggu sehingga berpotensi menimbulkan penyakit kuning (Nila dkk., 2018).

4. Urobilinogen

Urobilinogen merupakan zat tak berwarna yang terbentuk dari proses reduksi bilirubin oleh bakteri usus, dan berfungsi sebagai indikator penting untuk menilai fungsi hati serta hemolisis. Pemeriksaan urobilinogen dianjurkan dilakukan sekitar 4 jam setelah makan, karena asupan makanan yang kaya karbohidrat dapat memengaruhi peningkatan kadar urobilinogen dalam urine. Kadar urobilinogen dapat mengalami penurunan akibat proses oksidasi apabila urine disimpan pada suhu ruangan lebih dari 2 jam. Pada kondisi normal, kadar urobilinogen berada pada rentang 0,2–1 mg/dL. Peningkatan ekskresi urobilinogen melebihi 1 mg/dL dapat disebabkan oleh gangguan hemolitik, penyakit hati, atau adanya proses hemolisis yang berlebihan di dalam tubuh (Hotmauli dkk., 2021).

5. Nitrit

Nitrit merupakan suatu penanda medis yang mengindikasikan adanya infeksi saluran kemih (ISK) akibat aktivitas bakteri. Pada kondisi urine yang normal, urine bersifat steril. Dalam keadaan tubuh yang sehat, tidak ditemukan kandungan nitrit di dalam urine. Hasil pemeriksaan urine dinyatakan positif apabila kadar nitrit melebihi 105 ml/urin mikroorganisme yang terdapat dalam urin. Uji nitrit dilakukan sebagai metode pemeriksaan tidak langsung untuk mendeteksi ISK yang ditandai dengan keberadaan bakteri dalam urine tanpa gejala spesifik sebelumnya, yang berpotensi menyebabkan kerusakan pada organ ginjal. Risiko terjadinya kondisi ini

lebih tinggi pada individu lanjut usia, ibu hamil, penderita diabetes, serta mereka yang memiliki riwayat infeksi saluran kemih sebelumnya (Sari, 2020).

6. Keton

Keton merupakan hasil dari proses metabolisme lemak dan asam lemak yang berlangsung secara berlebihan. Dalam kondisi urine yang normal, keberadaan keton tidak akan terdeteksi. Ketonuria dapat muncul apabila terjadi gangguan pada metabolisme karbohidrat atau ketika tubuh mengalami kekurangan asupan karbohidrat dari makanan yang dikonsumsi, sehingga tubuh melakukan mekanisme kompensasi dengan peningkatan kadar asam lemak serta proses metabolisme lemak yang tidak sempurna yang kemudian menghasilkan badan keton dan dikeluarkan melalui urine. Senyawa keton dalam urine terdiri atas aseton, asam asetosetat, dan asam 13-hidroksi butirat, di mana aseton bersifat mudah menguap, sehingga sampel urine yang akan diperiksa harus dalam keadaan segar (Khairul, 2019).

7. Leukosit

Leukosit dalam pemeriksaan kimia urine (leukosit esterase) merupakan penanda keberadaan sel darah putih yang mengindikasikan terjadinya proses inflamasi atau infeksi pada saluran kemih, baik pada ginjal, kandung kemih, maupun uretra. Jumlah leukosit pada wanita umumnya relatif lebih tinggi dibandingkan dengan laki-laki, yang dapat dipengaruhi oleh kemungkinan adanya kontaminasi dari area vagina. Kenaikan kadar leukosit dalam urine (leukosituria atau piuria) pada umumnya menandakan adanya ISK, baik pada saluran kemih bagian atas maupun bawah, termasuk sistitis, pielonefritis, atau glomerulonefritis akut. Pemeriksaan leukosit mampu mendeteksi enzim esterase yang terdapat di

dalam sel darah putih jenis granulosit (neutrofil, eosinofil, basofil) serta monosit (Sari, 2020).

8. Darah

Dalam analisis kimia urine, keberadaan darah yang disebut sebagai hematuria merupakan suatu kondisi ketika sel darah merah (eritrosit) ditemukan di dalam urine sebagai akibat terjadinya perdarahan pada saluran kemih. Pengujian menggunakan carik celup terhadap darah akan menunjukkan hasil positif tidak hanya untuk hematuria, tetapi juga untuk hemoglobinuria serta mioglobinuria. Hematuria muncul karena terdapat eritrosit dalam urine dengan jumlah yang melebihi batas normal atau berada pada kondisi yang tidak semestinya, sedangkan hemoglobinuria terjadi akibat adanya hemoglobin bebas yang dapat terdeteksi di dalam urine. Keterkaitan hematuria erat dengan adanya kerusakan pada ginjal maupun organ genitourinary lainnya yang mengalami perdarahan, baik karena trauma maupun gangguan pada organ lain. Selain itu, hematuria juga dapat dipicu oleh berbagai kondisi seperti penyakit glomerulus, tumor, trauma, pielofritis, maupun penggunaan terapi antikoagulan (Sari, 2020).

F. Metode Manual

Dalam teknik ini, pemeriksaan dilakukan dengan memanfaatkan dipstik. Dipstik merupakan reagen berbentuk strip plastik tipis yang dilapisi kertas seluloid dan mengandung senyawa kimia tertentu yang disesuaikan dengan parameter yang akan dianalisis. Uji menggunakan carik celup dapat menunjukkan hasil positif pada kondisi hematuria, hemoglobinuria, maupun mioglobinuria. Terjadinya hemolisis dalam urin bisa disebabkan oleh urine yang terlalu encer, pH yang bersifat alkalis, serta urine yang dibiarkan terlalu lama pada suhu ruang. Mioglobinuria muncul

ketika mioglobin dilepaskan ke dalam aliran darah akibat adanya kerusakan jaringan otot, baik otot jantung maupun otot rangka, serta dapat pula dipicu oleh aktivitas fisik yang berlebihan dan kejang. Mioglobin memiliki ukuran molekul yang kecil sehingga dapat dengan mudah difiltrasi oleh glomerulus dan kemudian dikeluarkan melalui urin.

Adapun berbagai faktor yang berpotensi memengaruhi terjadinya hasil positif palsu maupun hasil negatif palsu yaitu:

1. Positif Palsu

Hasil positif semu bisa muncul apabila sampel urin terkontaminasi oleh deterjen yang mengandung hipoklorit atau peroksida. Selain itu, urin yang berasal dari wanita yang tengah mengalami menstruasi juga berpotensi menunjukkan hasil positif palsu.

2. Negatif Palsu

Hasil pemeriksaan dapat menunjukkan negatif palsu apabila urin mengandung vitamin C dalam dosis tinggi, adanya pengawet berupa formaldehid, kadar nitrit yang tinggi, konsentrasi protein yang besar, atau memiliki berat jenis yang sangat tinggi.

Penggunaan reagen strip perlu dilakukan dengan penuh kehati-hatian. Oleh sebab itu, prosedur kerja serta batas waktu pembacaan harus benar-benar diperhatikan sesuai dengan yang tercantum pada leaflet. Setiap selesai mengambil satu batang reagen strip, botol atau wadah harus segera ditutup kembali dengan rapat guna melindungi dari kelembapan, paparan sinar, serta uap bahan kimia. Selain itu, setiap strip perlu diperiksa terlebih dahulu sebelum digunakan untuk memastikan tidak terjadi perubahan warna. (Cameron, 2015).

Tabel 1**Nilai Rujukan Kimia Urine**

Dilaporkan	Negatif	+1	+2	+3	+4
Protein	Normal	Proteinuria ringan	Proteinuria sedang	Proteinuria berat	Proteinuria sangat berat
Glukosa	Normal	Glukosuria ringan	Sedang	Berat	Sangat tinggi
Bilirubin	Normal	Gangguan hati	-	-	-
Nitrit	Normal	Infeksi bakteri	-	-	-
Urobilinogen	Normal	Gangguan hati atau hemolisis	Gangguan hati atau hemolisis	Gangguan hati atau hemolisis	-
Keton	Normal	Ringan	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
Leukosit Esterase	Normal	Leukosituria ringan	Sedang	Berat	-
Darah	Normal	Hematuria ringan	Hematuria sedang	Hematuria berat	-

G. Metode Otomatis

Metode otomatis dalam pemeriksaan sedimen urine memakai alat *Automated Urine Analyzer* yang terstandarisasi, dengan hasil dilaporkan dengan cara kuantitatif setiap mikroliter urine. Penggunaan metode ini masih memiliki keterbatasan sebb faktor ketersediaan alat dan biaya perangkat serta reagen yang mahal. Di laboratorium yang belum memiliki fasilitas otomatis, metode manual tetap menjadi alternatif utama. Ditinjau dari kecepatan dan kemudahan proses, metode otomatis jelas lebih efisien dibandingkan pendekatan konvensional. Namun, hasil yang diperoleh dari alat otomatis perlu dikonfirmasi apabila muncul indikator (*flag*) yang menandakan hasil di luar jangkauan alat. Tanda tersebut menjadi panduan untuk melakukan uji ulang ataupun konfirmasi melalui tes tambahan. Metode mikroskopis konvensional tetap berperan sebagai pemeriksaan konfirmatif dalam analisis sedimen urine (Wirawan, 2011).