

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian urin

Urine adalah cairan yang dihasilkan oleh ginjal dan dikeluarkan dari tubuh melalui proses filtrasi darah di glomerulus, modifikasi filtrat di tubulus, lalu pengumpulan di saluran kemih sebelum dikeluarkan. Fungsi utamanya adalah membuang produk sisa metabolik, mengatur kadar cairan dan elektrolit, serta membantu menjaga keseimbangan asam–basis tubuh. Pengumpulan dan pengukuran urine mudah dan tidak menyakitkan, urine sering dipakai sebagai bahan pemeriksaan awal dalam praktik klinik dan penelitian (Sequeira-Antunes & Ferreira, 2023).

Secara sederhana, urine terdiri terutama dari air sebesar 90–96% dan zat terlarut seperti urea, kreatinin, elektrolit, produk metabolik obat, serta partikel seluler (eritrosit, leukosit, epitel). Perubahan warna, bau, kejernihan, pH, atau kandungan protein dan glukosa dapat memberi petunjuk masalah kesehatan misalnya protein berlebih dapat menunjukkan gangguan ginjal, sedangkan glukosa dalam urine sering terkait dengan kontrol gula darah yang buruk. Karena itu pemeriksaan urine menjadi tes skrining yang penting di banyak kondisi klinik (Akhlaghpour et al., 2024).

Pembentukan urine melibatkan tiga proses utama, yaitu filtrasi di glomerulus yang berfungsi untuk mendorong plasma keluar dari kapiler ke kapsula Bowman, selanjutnya reabsorpsi yaitu pengambilan kembali air dan zat berguna di tubulus, dan terakhir sekresi dimana pengeluaran zat yang masih perlu dibuang ke lumen tubulus. Hormon seperti vasopresin (ADH) dan aldosteron mengatur seberapa banyak air dan natrium yang diserap kembali, sehingga mempengaruhi volume dan konsentrasi urine. Gangguan pada salah satu tahap ini akan mengubah komposisi urine dan dapat menjadi indikator penyakit ginjal atau gangguan metabolik (Feraille et al., 2022).

B. Proses Terbentuknya Kristal Urine

Jumlah cairan dan elektrolit dalam tubuh dapat dipengaruhi oleh pembentukan kristal urine di lingkungan panas. Jika jumlah cairan dan elektrolit yang masuk tidak cukup, produksi urine akan menurun dan kepekatan urine akan meningkat. Jika kondisi ini tidak ditangani dan berlangsung cukup lama, kondisi supersaturasi dapat menyebabkan kristal dan batu di saluran kemih. Terbentuknya kristal dalam urine dapat menunjukkan bahwa ada masalah dengan fungsi ginjal. Selain itu, kristal dalam urine juga dapat menunjukkan adanya risiko infeksi, yang dapat menyebabkan penyakit kencing batu atau sering disebut dengan batu ginjal (Yang et al., 2024).

Penumpukan kristal yang terjadi di dalam sistem kolektivus dapat menjadi penanda bahwa adanya gangguan darurat karena infeksi dalam

sumbatan saluran kemih. Salah satunya adalah batu saluran kemih (BSK), yaitu kerusakan pada ginjal (Yang et al., 2024).

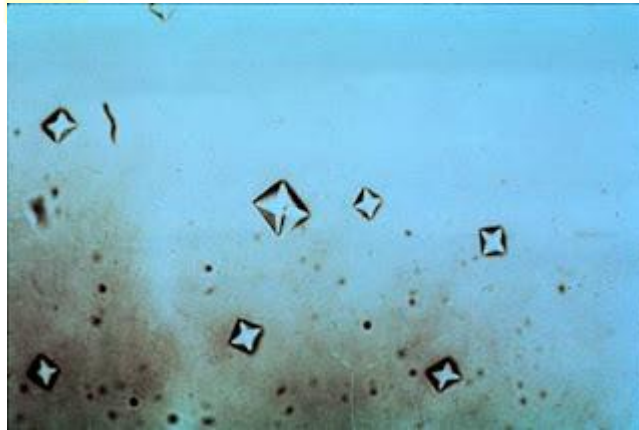
C. Kristal Oksalat

Kristal oksalat merupakan endapan padat yang terbentuk dari hasil pengikatan antara ion kalsium (Ca^{2+}) dan ion oksalat ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$) di dalam urin. Oksalat sendiri adalah senyawa organik yang berasal dari metabolisme endogen tubuh atau dari sumber eksogen seperti makanan tinggi oksalat (misalnya bayam, teh, cokelat, jengkol, dan petai). Dalam kondisi normal, tubuh mampu mengeluarkan oksalat melalui urin tanpa membentuk endapan. Namun, ketika kadar oksalat dan kalsium dalam urin melebihi batas kelarutan (supersaturasi), maka terjadi pengendapan yang membentuk kristal kalsium oksalat (CaC_2O_4). Kristal ini merupakan bentuk paling umum dari batu ginjal (nephrolithiasis) dan sering ditemukan pada pemeriksaan sedimen urin sebagai indikasi awal gangguan metabolisme atau dehidrasi (Nazarian et al., 2025).

Pada pemeriksaan sedimen urine kristal urin dapat di temukan pada pasien yang memiliki keluhan ataupun pasien yang sehat. Kondisi normal Kristal urine ditemukan dalam jumlah yang sedikit seperti kristal CaC_2O_4 , amorf, asam urat, namun kristal-kristal tersebut bisa menjadi penyakit batu saluran kemih jika dibiarkan dalam waktu yang lama. Jika ditemukan jenis kristal seperti cystine dan leusin maka itu bisa memberi suatu informasi sebagai adanya penyakit. Terbentuknya Kristal di Saluran kemih dipengaruhi oleh

beberapa faktor seperti konsumsi obat, kurang konsumsi air, makanan yang kurang terjaga serta aktifitas fisik yang berlebih. (Natoubi et al., 2025)

Proses pembentukan kristal oksalat sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor fisiologis dan lingkungan tubuh. Pembentukan kristal oksalat dimulai dari tahap nukleasi, diikuti pertumbuhan dan agregasi kristal. Kondisi pH urin yang terlalu asam, volume urin yang rendah akibat dehidrasi, serta tingginya ekskresi oksalat dan kalsium menjadi faktor utama yang memicu proses ini. Selain itu, kekurangan inhibitor alami seperti sitrat, magnesium, dan glikosaminoglikan juga mempercepat pembentukan kristal (Nazarian et al., 2025). Kadar oksalat urin yang tinggi berperan besar dalam pembentukan batu ginjal, dan penurunan kadar oksalat melalui diet serta terapi metabolik dapat mengurangi risiko nefrolitiasis secara signifikan (Karr et al., 2024).



Gambar 2.1 Kristal Oksalat
(Sumber Analisis Laboratorium Medik)

Kristal oksalat biasanya memiliki bentuk khas berbentuk amplop (envelope-shaped) bila diamati dengan mikroskop sedimen urin, dan bersifat birefringent bila diamati dengan cahaya terpolarisasi. Kristal ini dapat terbentuk dari kalsium oksalat monohidrat (*whewellite*) atau dihidrat (*weddellite*), tergantung pada kondisi urin. Kristalisasi oksalat tidak hanya terjadi di urin, tetapi juga dapat menyebabkan kerusakan langsung pada jaringan ginjal melalui peradangan dan stres oksidatif akibat deposisi kristal. Oleh karena itu, pembentukan kristal oksalat tidak hanya berdampak pada sistem ekskresi, tetapi juga dapat memicu gangguan fungsi ginjal jika berlangsung kronis. Pencegahan dapat dilakukan dengan menjaga hidrasi yang cukup, membatasi konsumsi makanan tinggi oksalat, serta meningkatkan asupan kalsium dan sitrat untuk menekan penyerapan oksalat di saluran pencernaan (Yang et al., 2024)

D. Petai Dan Jengkol

Petai (*Parkia speciosa* Hassk) dan jengkol (*Archidendron pauciflorum* atau *Pithecellobium jiringa*) merupakan tanaman polong-polongan tropis yang banyak dikonsumsi di Indonesia. Kedua tanaman ini dikenal luas karena aroma khasnya serta kandungan zat gizi dan metabolit sekundernya yang beragam. Selain berfungsi sebagai bahan pangan, petai dan jengkol juga menjadi fokus penelitian karena kandungan bioaktifnya yang memiliki potensi sebagai antioksidan, antimikroba, serta agen fungsional dalam bidang kesehatan dan pertanian (Mai Cing et al., 2025)

Berbeda dengan petai, jengkol memiliki karakteristik yang lebih kompleks karena selain bermanfaat, juga dapat menimbulkan efek toksik bila dikonsumsi berlebihan. Kandungan asam jengkolat (*djenkolic acid*) pada bijinya diketahui dapat membentuk kristal di saluran kemih dan menyebabkan gangguan ginjal yang dikenal sebagai djenkolism (Amelia, 2023). Namun demikian, berbagai penelitian tetap menunjukkan potensi pemanfaatan jengkol dalam bidang pertanian dan lingkungan. Kulit jengkol mengandung senyawa fenolik dan tanin yang dapat dimanfaatkan sebagai biofungisida alami untuk menghambat pertumbuhan patogen tanaman seperti *Colletotrichum* sp. penyebab antraknosa pada cabai (Jesslin et al., 2023)

Meski memiliki banyak manfaat, perhatian terhadap efek toksik jengkol tetap menjadi aspek penting. Studi kasus lokal (Yulfiwanti, 2024) menegaskan bahwa konsumsi jengkol secara berlebihan dapat menyebabkan obstruksi ginjal akut akibat presipitasi kristal asam jengkolat di nefron. Oleh karena itu, pengolahan yang tepat seperti perendaman, perebusan berulang, atau fermentasi disarankan untuk menurunkan kadar asam jengkolat sebelum dikonsumsi. Penelitian di bidang toksikologi pangan sangat dibutuhkan agar potensi manfaat jengkol dapat dimanfaatkan tanpa mengorbankan keamanan konsumsi masyarakat (Jesslin et al., 2023)

E. Pengambilan Sample Urin

Pemeriksaan sedimen urin untuk mendeteksi kristal kalsium oksalat tetap menjadi metode skrining yang umum digunakan di laboratorium klinik sederhana karena cepat dan relatif murah. Pengambilan sampel yang tepat memengaruhi hasil pemeriksaan sedimen umumnya digunakan sampel urin pagi pertama (*first morning urine*) yang diambil dengan teknik *midstream* untuk mengurangi kontaminasi dan mendapatkan konsentrasi sedimen yang representatif. Sampel pagi baik untuk melihat kejadian sedimen karena konsentrasi urin cenderung lebih tinggi setelah malam hari, sehingga memudahkan deteksi kristal. Teknik *midstream* (pengambilan aliran tengah setelah buang sebagian awal) membantu mengurangi kontaminasi flora *external* uretra atau daerah genital, sehingga elemen yang diamati pada mikroskop lebih mungkin berasal dari saluran kemih bagian dalam dan bukan artefak kontaminasi (Iqbaludin et al., 2024).

F. Hubungan Petai dan Jengkol Terhadap Kristal Urin Oksalat

Pembentukan kristal kalsium oksalat dalam urin terjadi ketika oksalat yang diekskresikan berikatan dengan kalsium dan mencapai kondisi supersaturasi sehingga mengendap menjadi kristal. Proses ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti asupan makanan tinggi oksalat, status hidrasi tubuh, pH urin, serta kondisi metabolik individu. Pemeriksaan sedimen urin dan pengukuran ekskresi oksalat 24 jam biasanya digunakan untuk menilai risiko terbentuknya kristal tersebut (Rizqi Nafisah & Fitriyaningsih Fitriyaningsih, 2024).

Petai (*Parkia speciosa*) mengandung berbagai komponen fitokimia seperti fenolik dan flavonoid, serta secara anatomis memiliki kristal oksalat dalam jaringan tanaman. Namun, keberadaan kristal oksalat pada jaringan petai bukan berarti langsung membentuk kristal oksalat dalam urin. Risiko meningkat bila oksalat dari petai diserap dalam jumlah tinggi, terutama pada individu yang dehidrasi, rendah sitrat urin, atau memiliki gangguan metabolik. Dengan kata lain, petai dapat berpotensi meningkatkan ekskresi oksalat, tetapi hanya akan menimbulkan kristal apabila terdapat faktor predisposisi tertentu (Pujiasmanto et al., 2022).

Sementara itu, konsumsi jengkol lebih jelas dikaitkan dengan *djenkolism*, yaitu kondisi keracunan akibat terbentuknya kristal asam jengkolat di saluran kemih. Kristal yang terbentuk pada *djenkolism* bukan kristal kalsium oksalat, melainkan endapan dari *djenkolic acid* yang dapat menyebabkan nyeri hebat,

hematuria, dan obstruksi saluran kemih. Meski demikian, jengkol juga mengandung oksalat sehingga pada kondisi tertentu dapat memicu pembentukan kristal kalsium oksalat seperti pada makanan tinggi oksalat lainnya(Bunawan et al., 2020).

