

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air

1. Pengertian Air

Air merupakan kebutuhan pokok bagi seluruh makhluk hidup. Bagi manusia, air tidak hanya dimanfaatkan sebagai sumber konsumsi, tetapi juga berperan penting dalam berbagai aktivitas seperti pertanian, proses industri, serta pembangkit energi listrik. Keberadaan air di bumi tidak hanya menunjang kehidupan manusia, tetapi juga menjaga keseimbangan ekosistem alam. Dalam sistem sungai, air memiliki fungsi penting selain memenuhi kebutuhan hidup, yaitu menjaga kestabilan aliran melalui proses pengangkutan dan pengendapan sedimen serta mempertahankan kualitas lingkungan. Secara umum, mutu air mencerminkan kondisi air yang berkaitan dengan tujuan penggunaannya. Air yang layak digunakan seharusnya memiliki karakteristik jernih, tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau, serta bebas dari mikroorganisme berbahaya. Oleh karena itu, standar kualitas air dapat berbeda tergantung pada peruntukannya, seperti untuk irigasi atau konsumsi. Dalam hal ini, kualitas air harus memenuhi persyaratan kesehatan yang meliputi aspek mikrobiologi, fisika, kimia, dan radioaktif. (Desti & Ula, 2021).

Air yang mengandung logam dapat secara negatif memengaruhi risiko atau kondisi asam urat (hiperurisemia). Logam berat yang paling sering dikaitkan dengan masalah ini adalah timbal (Pb) dan kadmium (Cd). Istilah "air logam" biasanya merujuk pada air yang terkontaminasi logam berat. Kontaminasi ini bisa berasal dari berbagai sumber, antara lain: Pencemaran lingkungan industri., pipa air tua yang mengandung timbal. (Xu *et al.*, 2022)

Air yang mengandung logam berat tidak membuat purin bertambah, tetapi merusak ginjal, sehingga asam urat sulit keluar. Logam berat tidak menambah produksi asam urat, tetapi merusak ginjal, khususnya bagian tubulus proksimal, yaitu tempat pengaturan asam urat (Pan *et al.*, 2024).

2. Jenis Jenis Air

Menurut (Simanjuntak et al., 2021) air dapat di klasifikasikan menjadi beberapa jenis seperti Air Atmosfir, air permukaan, air tanah dan mata air.

a. Air Atmosfir

Air atmosfir adalah air yang asalnya dari udara atau air yang jatuh kepermukaan bumi. Karena dengan adanya pengotoran udara yang disebabkan oleh kotoran-kotoran industri atau debu dan lainnya, maka untuk menjadikan hujan sebagai sumber air minum hendaknya pada waktu menampung air hujan jangan dimulai pada saat hujan mulai turun karena masih mengandung banyak kotoran.

b. Air Permukaan

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Air permukaan terbagi menjadi 2 macam, yaitu: Air sungai dan air rawa/danau. Air sungai yang digunakan sebagai air bersih dan air minum harus melewati proses pengolahan terlebih dahulu dengan sempurna. Sementara itu Air rawa/danau juga harus melewati pengolahan yang sama karena biasanya dengan air air rawa/danau banyak terkandung zat-zat organik yang telah membunuh yang menyebabkan warna air rawa/danau menjadi kuning atau kecoklatan.

c. Air Tanah

Air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah di dalam zona jenuh dimana tekanan hidrostatiknya sama atau lebih besar dari tekanan atmosfer. Air tanah terbagi ke dalam air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal adalah air tanah yang terjadi karena adanya proses peresapan air ke dalam tanah. Sementara air tanah dalam adalah air tanah yang terdapat setelah lapis rapat air tanah yang pertama.

d. Mata Air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya dari permukaan tanah dengan hampir tidak dipengaruhi oleh perubahan musim yang kualitasnya tidak jauh berbeda dengan air dalam. Mata

air terbagi kedalam dua jenis, yaitu rembesan yang merupakan mata air yang keluar dari lereng-lereng perbukitan atau pergunungan.

3. Peran Air Bagi Kehidupan

Menurut (Simanjuntak et al., 2021) air dapat di klasifikasikan menjadi beberapa peran bagi kehidupan:

a. Manfaat Air Bagi Manusia

Kegunaan air bagi manusia adalah untuk membantu proses pencernaan, mengatur metabolisme tubuh, mengangkut zat-zat makanan dalam tubuh, mengatur keseimbangan tubuh dan menjaga tubuh agar tidak kekeringan. Menurut dokter dan para ahli kesehatan, konsumsi air yang dibutuhkan oleh tubuh adalah sebanyak 2,5L atau setara dengan 8 gelas perharinya.

b. Manfaat Air Bagi Hewan

Hewan juga membutuhkan air sebagai alat bantu untuk proses pencernaan dan juga mengatur suhu tubuh serta menjaga metabolisme tubuh hewan. Dan khusus bagi hewan air, air adalah sebagai sarana utama bagi tempat tinggal hewan tersebut. Tanpa adanya air, hewan-hewan yang memiliki habitat air tidak akan mampu bertahan hidup, seperti ikan, mamalia laut dan amfibi.

c. Manfaat Air Bagi Tumbuhan

Kelangsungan hidup tumbuhan sangat bergantung pada jumlah air yang tersedia. Kegunaan air bagi tumbuhan antara lain untuk menjaga proses pertumbuhan serta menjaga agar tumbuhan tidak mengalami kekeringan. Dan apabila tumbuhan kekurangan suplai air, maka tumbuhan akan mengalami kekeringan yang mengakibatkan tumbuhan akan mati.

4. Penyebab Tercemarnya Air

Pencemaran air merupakan suatu perubahan keadaan di suatu tempat penampungan air seperti danau, sungai, lautan, dan air tanah akibat aktivitas manusia. Dalam PP No 20/1990 tentang pengendalian Pencemaran Air, pencemaran air di didefinisikan sebagai: “Pencemaran air adalah masuknya

atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas dari air tersebut turun hingga batas tertentu yang menyebabkan air tidak berguna lagi sesuai dengan peruntukannya (Anwar, 2025).

Menurut (Desti & Ula, 2021) Penyebab pencemaran air dapat berupa masuknya makhluk hidup, energy, zat ataupun komponen lain sehingga kualitas air menurun dan tercemar. Secara umum pencemaran air dibedakan menjadi 2, yaitu sumber kontaminan langsung dan tidak langsung.

- a. Sumber langsung meliputi efluen yang keluar industri, TPA, sampah rumah tangga, dan sebagainya.
- b. Sumber tak langsung adalah kontaminan yang memasuki badan air dari tanah, air tanah atau atmosfer berupa hujan.

Pada dasarnya, sumber pencemaran air berasal dari sumber, rumah tangga (pemukiman) dan pertanian. Tanah dan air mengandung sisa dari aktivitas pertanian seperti pupuk dan peptisida.

Selain itu pencemaran air dapat disebabkan dari erbagai hal yang memiliki karakteristik yang berbeda, seperti:

- a. Sampah organik seperti air comberan (sewage) menyebabkan peningkatan kebutuhan oksigen pada air yang menerimanya yang mengarah pada berkurangnya oksigen yang dapat berdampak parah terhadap seluruh ekosistem.
- b. Industri membuang berbagai macam polutan ke dalam air limbahnya seperti logam berat, toksin organik, minyak, nutrient dan padatan,
- c. Air limbah tersebut memiliki efek termal, terutama yang dikeluarkan oleh pembangkit listrik, yang dapat juga mengurangi oksigen dalam air. Seperti limbah pabrik yang mengalir ke Sungai.

Pasang surut merupakan salah satu faktor hidrodinamika yang sangat berpengaruh terhadap perubahan kualitas air sungai. Fenomena tersebut menyebabkan terjadinya pergerakan massa air dari laut menuju sungai pada saat pasang, dan sebaliknya pada saat surut, sehingga terjadi perubahan fisik

dan kimia pada air sungai. Beberapa studi menunjukkan bahwa saat air pasang, intrusi air laut membawa zat terlarut ke badan sungai sehingga meningkatkan salinitas dan Total Dissolved Solids (TDS), sedangkan pada saat surut penurunan volume air menyebabkan konsentrasi polutan meningkat akibat berkurangnya daya pengenceran aliran sungai. Parameter kualitas air seperti pH, TSS, BOD, COD, amonia, dan total koliform juga dilaporkan mengalami fluktuasi yang signifikan selama siklus pasang surut. Kondisi ini menunjukkan bahwa pasang surut tidak hanya mengubah tinggi permukaan air, tetapi juga memiliki peran langsung dalam meningkatkan tingkat pencemaran terutama pada sungai yang telah terpapar limbah domestik, pertanian, maupun industri. Dengan demikian, dinamika pasang surut merupakan faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam analisis kualitas air sungai karena mampu mempercepat proses pencemaran maupun memperluas distribusi polutan di badan air (Sofarini *et al.*, 2024).

5. Syarat Air Bersih dan Air Minum

Air bersih adalah salah satu jenis sumber daya berbasis air yang bermutu baik dan biasa dimanfaatkan oleh manusia untuk dikonsumsi atau dalam melakukan aktivitas mereka sehari-hari dan memenuhi persyaratan untuk pengairan sawah, untuk *treatment* air minum dan untuk *treatment* air sanitasi. Persyaratan ditinjau dari persyaratan kandungan kimia, fisik dan biologis. Menurut Permenkes No.492/2010 Air Minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan yang dapat langsung diminum (Simanjuntak *et al.*, 2021). Syarat kesehatan yang dimaksud meliputi :

- a. Parameter Fisik : Air tidak keruh, bewarna, ber-pH netral 6,7-7,5, tidak berasa atau rasanya tawar, tidak mengandung TDS (Kementrian Kesehatan, 2020).
- b. Parameter Kimia : terdiri dari pH, *Dissolved Oxygen* (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), Nitrat, Nitrit, Sulfat, Kesadahan, dan logam terlarut.

- c. Parameter Biologi : terdiri dari Total *Coliform* dan *Eschericia coli* (Kementerian Kesehatan, 2023).

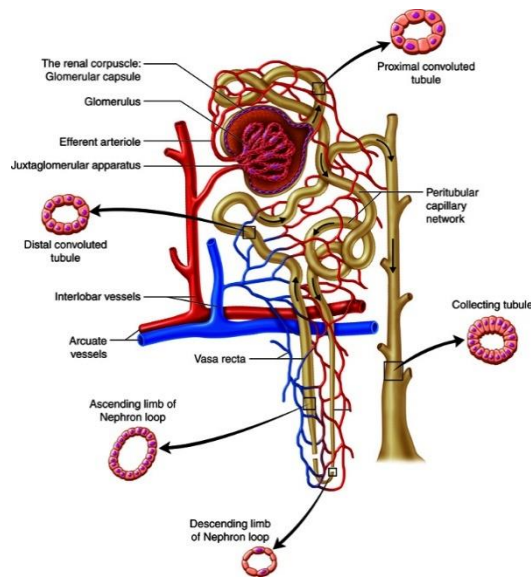
B. Ginjal

1. Pengertian dan Fungsi Ginjal

Ginjal merupakan sepasang organ yang terletak di ruang retroperitoneal, di sisi kanan dan kiri tulang belakang serta berdekatan dengan berbagai organ di dalam rongga abdomen. Secara struktur, ginjal tersusun atas dua bagian utama, yaitu korteks dan medula, yang di dalamnya terdapat nefron sebagai unit fungsional, serta dilengkapi dengan sistem pengumpul yang berperan dalam menyalurkan urine menuju ureter. Organ ini memiliki fungsi yang sangat vital, antara lain dalam ekskresi limbah nitrogen, pengaturan keseimbangan elektrolit dan asam-basa, pengendalian tekanan darah, reabsorpsi zat-zat penting, serta produksi hormon seperti eritropoietin dan kalsitriol. Secara klinis, peran ginjal tersebut menjadikannya sangat penting dalam menjaga homeostasis tubuh, sehingga pemeliharaan kesehatan ginjal menjadi hal yang krusial dalam pencegahan dan penanganan berbagai penyakit (A Garza & W. Leslie, 2025).

2. Bagian-Bagian Ginjal

Setiap ginjal terdiri dari 2 wilayah utama : parenkim ginjal dan sistem pengumpul. Parenkim ginjal terdiri dari 2 area yang berbeda secara makroskopis dan fungsional, korteks dan medula, masing-masing berisi segmen spesifik nefron, unit fungsional ginjal.



Gambar 1 Nefron dan Vaskulator

Sumber : (A Garza & W. Leslie, 2025)

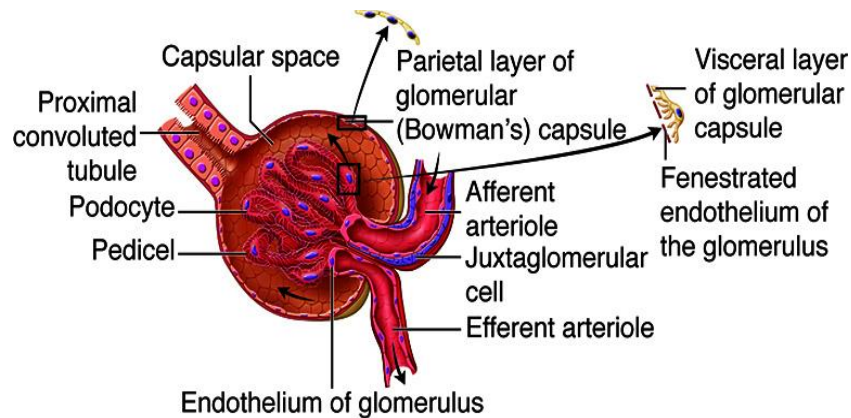
Korteks ginjal membentuk bagian terluar parenkim ginjal. Area ini mengandung komponen nefron, termasuk korpuskula ginjal, tubulus konturus proksimal dan distal, tuulus pengumpul, dan duktus pengumpul kortikal. Korteks mengelilingi medula dan sinus ginjal dan dapat dibagi menjadi 2 wilayah. Mantel ginjal merupakan lapisan perifer jaringan kortikal yang menutupi dasar setiap piramida ginjal. Kolom ginjal, juga disebut sebagai "septa kortikal", adalah perpanjangan jaringan kortikal yang menjorok kedalam dari mantel menuju sinus ginjal, mengapit setiap piramida ginjal.

Medula renalis terletak di antara korteks dan sinus renalis. Bagian ini tersusun dari bagian-bagian renalis, yang mengandung sinar sinar meduler yang memanjang dari jaringan kortikel di sekitarnya ke dalam meduler. Sinar-sinar meduler terdiri dari cabang-cabang Ansa Henle yang menurun dan naik, serta duktus pengumpul meduler. Setiap piramida renalis, bersama dengan korteks di atanya, membentuk lobus renalis, unit anatomi ginjal. Urine dari setiap lobus mengalir melalui satu papila renalis, yang terletak di puncak

piramida (area kribrosa), ke dalam kaliks minor. Rata-rata, setiap ginjal mengandung 9 lobus renalis.

Sistem pengumpul ginjal menerima urine dari parenkim ginjal melalui duktus pengumpul dan menyalurkan ke ureter. Sistem ini dimulai dengan kaliks minor yang jumlahnya bervariasi, masing-masing biasanya membungkus satu papila ginjal. Sebagian besar ginjal (70%) mengandung 7 hingga 9 kaliks minor, dengan 2 atau 3 kaliks yang menyatu membentuk kaliks mayor.

Nefron adalah unit fungsional ginjal, dengan setiap ginjal dewasa mengandung sekitar 1 hingga 1,5 juta nefron, kadang-kadang melebihi 2,5 juta. Setiap nefron dimulai dengan arterioli aferen yang memasok kapiler, glomerulus. Glomerulus dibungkus oleh kapsul Bowman, struktur epitel berlapis ganda. Bersama-sama, struktur ini membentuk korpuskula ginjal. Arterioli eferen keluar dari glomerulus dan membentuk jaringan kapiler sekunder, termasuk kapiler peritubular dan vasa rekta, yang memasok tubulus ginjal.



Gambar 2 Aparatus Filtrasi Glomerulus

Sumber : (A Garza & W. Leslie, 2025)

Distal kapsula Bowman, nefron berkembang melalui segmen-segmen berikut: tubulus kontortus proksimal, tubulus rektus proksimal (cabang desenden tebal lengkung Henle), cabang desenden tipis, cabang asenden tipis, tubulus rektus distal (cabang asenden tebal), tubulus kontortus distal, dan

duktus pengumpul. Beberapa tubulus pengumpul dari nefron yang berbeda bersatu membentuk duktus pengumpul, yang berlanjut sebagai duktus pengumpul meduler dan akhirnya menjadi duktus papiler. Duktus papiler bermuara di apeks piramida renalis, membentuk area kribrosa, tempat urin mengalir ke pelvis renalis dan sistem pyelocalyceal (A Garza & W. Leslie, 2025).

3. Faktor yang Dapat Merusak Ginjal

Menurut (Hasanah et al., 2023) ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan rusaknya fungsi ginjal antara lain :

a. Usia

Usia merupakan salah satu faktor yang memengaruhi fungsi ginjal. Seiring bertambahnya usia, terjadi penurunan fisiologis pada ginjal berupa berkurangnya jumlah nefron fungsional, penurunan laju filtrasi glomerulus (Glomerular Filtration Rate/GFR), serta menurunnya kemampuan tubulus dalam mempertahankan keseimbangan cairan dan elektrolit. Penurunan fungsi tersebut menyebabkan ginjal lebih rentan mengalami kerusakan apabila terpapar faktor risiko seperti hipertensi, diabetes melitus, maupun paparan zat nefrotoksik dari lingkungan (Stevens et al., 2024)

Menurut (BKKBN, 2023) dewasa awal (24–30 tahun), dewasa menengah (31–40 tahun), dan dewasa akhir (41–47 tahun) Kelompok usia yang lebih tua memiliki kecenderungan mengalami penurunan fungsi ginjal lebih cepat akibat proses penuaan fisiologis sehingga lebih rentan terhadap gangguan fungsi ginjal dibandingkan kelompok usia yang lebih muda.

Ibu rumah tangga merupakan seorang perempuan yang bertanggung jawab atas semua kebutuhan rumah tangganya, kebutuhan ini muncul setelah menikah. Ibu rumah tangga juga dapat disebut sebagai perempuan yang fokus mengerjakan pekerjaan rumah tangga seperti pekerjaan rumah tangga seperti mengurus rumah, mengasuh anak dan tidak bekerja yang lain (Khoniq, 2025).

Dalam konteks kesehatan, individu pada usia produktif seharusnya memiliki fungsi organ yang baik. Namun demikian, paparan faktor lingkungan dan gaya hidup tetap dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada kelompok usia ini. Jika seseorang dalam usia produktif terpapar sumber air yang mengandung bahan kimia anorganik maupun logam berat secara terus-menerus, maka fungsi ginjal dapat terganggu.

Bagi ibu rumah tangga, usia produktif memiliki peran penting karena pada rentang usia ini mereka aktif mengelola kebutuhan dasar keluarga, termasuk kebutuhan air untuk minum dan memasak. Dengan demikian, ibu rumah tangga yang menggunakan air sungai sebagai sumber air minum dan memasak berada pada risiko paparan yang lebih tinggi dalam jangka panjang. Kondisi tersebut menjadikan pengukuran kadar asam urat pada ibu rumah tangga usia produktif penting untuk memberikan gambaran mengenai status fungsi ginjal dan kemungkinan dampak kesehatan akibat konsumsi air sungai dalam kehidupan sehari-hari.

b. Genetika

Genetika merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nefropati diabetik dan glomerulonefritis kronis. Nefropati imunoglobulin A (IgA) adalah penyebab paling umum glomerulonefritis di negara berkembang, dengan 1 dari 7 penderita CKD memiliki korelasi antara riwayat keluarga dengan gagal ginjal kronis dan kejadian gagal ginjal kronis. Penyebab utama kelainan monogenik pada pasien gagal ginjal kronis adalah penyakit ginjal polikistik, yang diturunkan melalui autosomal dominan pada kromosom.

c. Diabetes

Riwayat diabetes melitus memiliki hubungan dengan stadium Gagal Ginjal Kronik. Penyakit mikrovaskuler merupakan salah satu akibat dari komplikasi diabetes mellitus yaitu nefropati diabetika yang menjadi penyebab utama gagal ginjal kronis. Teori patogenesis nefropati seperti peningkatan produk glikosilasi dengan proses non-enzimatik yang disebut AGEs (*Advanced*

Glucosylation End Products), peningkatan reaksi jalur poliol (*polyol pathway*), glukotoksisitas, dan protein kinase C menyebabkan kerusakan pada ginjal.

d. Hipertensi

Hipertensi merupakan faktor risiko utama penyakit jantung, penyakit jantung kongestif, stroke, kehilangan penglihatan dan penyakit ginjal. Secara klinis, pasien dengan riwayat faktor risiko hipertensi mempunyai kemungkinan 3,2 kali lipat lebih besar untuk menderita gagal ginjal kronis dibandingkan pasien tanpa riwayat faktor risiko hipertensi.

e. Merokok

Merokok lebih mungkin terkena penyakit ginjal kronis dibandingkan pasien tanpa ada kebiasaan merokok sebelumnya. Dampak merokok selama tahap awal dapat meningkatkan rangsangan saraf simpatik, tekanan darah meningkat, takikardia, dan akumulasi katekolamin dalam aliran darah. Pada tahap awal (akut), pembuluh darah sering mengalami penyempitan (vasokonstriksi), contohnya pada arteri koroner, sehingga pada pasien yang baru saja merokok sering diikuti dengan meningkatnya resistensi pembuluh darah ginjal yang menyebabkan laju filtrasi glomerulus dan laju filtrasi mengalami perlambatan.

f. Pengonsumsian Alkohol

Jika dikonsumsi, alkohol akan meracuni badan, baik langsung dan tidak langsung. Terlalu banyak mengonsumsi alkohol dapat meningkatkan risiko gagal ginjal dan penurunan fungsi hati.

C. Asam Urat

Penyakit asam urat atau gout arthritis merupakan gangguan metabolik yang terjadi akibat akumulasi kristal monosodium urat di dalam jaringan tubuh. Penumpukan kristal tersebut terjadi ketika kadar asam urat dalam darah meningkat secara berlebihan, sehingga mengendap pada sendi dan jaringan sekitarnya. Asam urat terbentuk dari hasil akhir metabolisme purin, yaitu senyawa

yang berasal dari asam nukleat dalam inti sel, yang kemudian memicu timbulnya gejala gout arthritis (Anggraini & Mardiarly, 2020).

Ginjal yang berfungsi dengan baik akan mengeluarkan kelebihan asam urat dari tubuh, tetapi jika terjadi gangguan pada ginjal, asam urat dapat terakumulasi dan menimbulkan komplikasi lanjutan, seperti terbentuknya batu ginjal dan terjadinya kerusakan ginjal atau penyakit ginjal kronis (PGK). Tingginya kadar asam urat berpotensi memperburuk kondisi ginjal, sementara gangguan ginjal juga dapat mempercepat penumpukan asam urat dalam tubuh. Kadar normal asam urat pada laki-laki umumnya berada di bawah 7 mg/dL, sedangkan pada perempuan di bawah 6 mg/dL. Kondisi hiperurisemia atau peningkatan kadar asam urat yang berlebihan dapat menimbulkan gejala klinis berupa nyeri sendi hebat yang dikenal sebagai gout arthritis. Serangan gout paling sering mengenai sendi pada pergelangan kaki, lutut, siku, maupun pergelangan tangan. Penumpukan asam urat dalam tubuh umumnya dipicu oleh konsumsi makanan tinggi purin secara berlebihan (Handayani Endah P *et al.*, 2024).

1. Gejala-Gejala Asam Urat

Pada tahap awal, gejala penyakit asam urat sering kali tidak disadari oleh penderitanya karena dianggap hanya akibat kelelahan setelah bekerja. Beberapa tanda awal yang umumnya muncul antara lain:

- a. Penderita mudah merasa lelah dan mengalami rasa pegal pada tubuh.
- b. Terjadi nyeri pada otot dan persendian, terutama di area pinggang, lutut, punggung, serta bahu. Keluhan ini biasanya disertai pembengkakan, kemerahan, dan rasa sakit yang tajam, baik pada pagi maupun malam hari, serta dapat semakin parah ketika cuaca dingin atau saat musim hujan.
- c. Penderita juga sering buang air kecil, khususnya pada malam hari atau saat baru bangun tidur.
- d. Selain itu, dapat timbul sensasi linu dan kesemutan hebat, serta kesulitan ketika buang air kecil .

Karena gejalanya sering tampak seperti keluhan ringan, banyak orang baru menyadari menderita asam urat ketika kondisinya sudah cukup berat. Secara umum, gejala penyakit ini terbagi menjadi tiga tahap, yaitu :

a. Gejala Awal

Sering tidak disadari karena nyeri sendi yang muncul dianggap akibat kelelahan atau keseleo. Biasanya rasa nyeri berlangsung beberapa hari lalu hilang dengan sendirinya, sehingga penderita tidak memeriksakan diri ke dokter. Sebagian orang bahkan hanya mengatasinya dengan pijat atau minyak gosok. Jika tidak ditangani, dalam kurun waktu 2–10 tahun keluhan dapat muncul kembali dengan tingkat nyeri yang lebih parah. Jarak waktu antarserangan bervariasi tergantung pola makan dan gaya hidup masing-masing individu (Immanuel, 2026).

b. Gejala Menengah

Setelah melewati masa jeda dari serangan awal, penderita umumnya mulai merasakan peradangan sendi yang lebih jelas. Serangan terjadi lebih sering dan berlangsung lebih lama, bahkan melibatkan lebih banyak sendi. Pada tahap ini, kebanyakan penderita baru menyadari bahwa kondisi yang dialaminya adalah penyakit asam urat. Penanganan harus dilakukan lebih serius, terutama dengan menerapkan pola makan sehat untuk mencegah perburukan. Jika peradangan terjadi pada kaki hingga menyebabkan pembengkakan besar dan kesulitan mengenakan sepatu, maka kondisi tersebut sudah tergolong tahap akut (Frecklington *et al.*, 2019).

c. Gejala Akut

Setelah mengalami gejala menengah selama sekitar sepuluh tahun, penderita biasanya mulai muncul benjolan di area sendi yang sering mengalami peradangan. Benjolan tersebut dikenal sebagai tofus, yaitu endapan kristal monosodium urat menyerupai serbuk kapur. Tofus dapat menimbulkan kerusakan pada jaringan sendi dan tulang di sekitarnya (Arif *et al.*, 2024).

2. Tahapan Asam Urat

Secara alami, menurut (Ragab *et al.*, 2017). tahapan gout terbagi menjadi empat tahap, yaitu :

- a. Hiperurisemia asimtomatik, terjadi ketika kadar asam urat melebihi batas normal. Fase ini dapat berlangsung lama dan pada sebagian kasus dapat berkembang menjadi artritis gout. Serangan artritis gout akut pertama umumnya terjadi pada sendi metatarsophalangeal. Serangan biasanya muncul secara mendadak, dengan gejala sendi berwarna kemerahan hingga keunguan, terasa hangat atau panas, disertai pembengkakan dan nyeri hebat.
- b. Serangan artritis gout akut, biasanya muncul dalam rentang waktu 6 bulan hingga 2 tahun setelah serangan pertama. Pada tahap ini, serangan dapat melibatkan lebih dari satu sendi, termasuk tungkai atas, dengan durasi yang lebih lama, jarak antarserangan yang lebih singkat, serta gejala yang lebih berat. Apabila serangan berulang tidak ditangani dengan baik, kondisi tersebut dapat berkembang menjadi artritis gout kronis, yang ditandai oleh peradangan ringan namun disertai kerusakan sendi secara bertahap. Pada pemeriksaan fisik, dapat ditemukan deformitas sendi serta tofus, yaitu endapan kristal monosodium urat yang dikelilingi oleh sel mononuklear dan sel raksasa. Tanpa penanganan yang tepat, sekitar 30% penderita dapat mengalami progresi menjadi artritis gout kronis dalam kurun waktu lima tahun.
- c. Fase Interkritikal, masa ketika penderita tidak merasakan gejala apa pun. Pada tahap ini, penyakit tampak seperti sudah sembuh sehingga banyak penderita berhenti menjalani diet ketat dan enggan mengonsumsi obat penurun kadar asam urat. Meskipun demikian, mereka benar-benar tidak merasakan nyeri pada persendian, bahkan saat melakukan aktivitas fisik berat.
- d. Gout kronis bertofus, fase kronis ditandai dengan munculnya benjolan di sekitar sendi, telinga, atau kelopak mata yang disebut tofus. Kondisi ini

muncul akibat fase gout akut dan fase interkritikal yang terjadi bergantian, sehingga penderita mengalami nyeri sendi berulang atau kambuh secara periodik hingga akhirnya memasuki fase gout kronis bertofus. Pada tahap ini, penderita umumnya merasakan nyeri terus-menerus dan dapat mengalami komplikasi pada organ seperti ginjal, jantung, maupun organ lain.

3. Etiologi Asam Urat

- a. Faktor genetik atau riwayat keluarga merupakan perjalanan penyakit asam urat yang diturunkan dari orang tua, baik ayah maupun ibu. Peningkatan kadar asam urat dalam darah dapat dipengaruhi oleh faktor keturunan. Purin yang terdapat dalam sel berbentuk nukleotida, bersama asam amino berperan sebagai komponen dasar dalam proses biokimia yang berkaitan dengan penurunan sifat genetik (Butler *et al.*, 2021).

- b. Pola Makan

Menghindari makanan yang mengandung zat purin tinggi, Purin diolah tubuh menjadi asam urat. Dalam setiap tubuh manusia mengandung zat purin, tetapi ada yang jumlahnya normal, ada juga yang jumlahnya berlebihan. Apabila kadar asam urat dalam tubuh seseorang berlebih, maka ginjal tidak akan mampu lagi untuk mengeluarkan zat purin itu. Sebaiknya makanan yang harus dibatasi seperti jeroan, seafood, ekstrak daging, makanan yang sudah dikalengkan, daging, unggas, kacang-kacangan, sayuran, makanan yang banyak mengandung lemak, buah-buahan tertentu (durian, nanas, air kelapa), makanan bersantan, gorengan, makanan mengandung mentega, makanan yang kaya akan protein (Muladi *et al.*, 2019).

- c. Jenis kelamin

Pria lebih berisiko mengalami penyakit asam urat dibandingkan wanita karena kadar hormon estrogen pada pria lebih rendah. Hormon estrogen membantu pengeluaran asam urat melalui urin, sehingga pada pria proses ekskresi asam urat menjadi kurang optimal dan kadar asam urat dalam

darah cenderung lebih tinggi. Setelah wanita memasuki masa menopause, risiko terjadinya asam urat menjadi hampir sama dengan pria (Toprover *et al.*, 2020).

d. Usia

Resiko asam urat cenderung meningkat seiring bertambahnya usia, pada wanita resiko meningkat setelah menopause (Amrullah *et al.*, 2023).

Usia merupakan salah satu faktor yang memengaruhi fungsi ginjal. Seiring bertambahnya usia, terjadi penurunan fisiologis pada ginjal berupa berkurangnya jumlah nefron fungsional, penurunan laju filtrasi glomerulus (Glomerular Filtration Rate/GFR), serta menurunnya kemampuan tubulus dalam mempertahankan keseimbangan cairan dan elektrolit. Penurunan fungsi tersebut menyebabkan ginjal lebih rentan mengalami kerusakan apabila terpapar faktor risiko seperti hipertensi, diabetes melitus, maupun paparan zat nefrotoksik dari lingkungan (Stevens *et al.*, 2024)

e. Aktifitas fisik

Aktivitas fisik atau olahraga yang berat dan berlangsung lama dapat menurunkan pengeluaran asam urat serta meningkatkan produksi asam laktat dalam tubuh. Semakin intens dan lama aktivitas dilakukan, semakin banyak asam laktat yang terbentuk (Ardiansari *et al.*, 2024).

f. Alkohol

Konsumsi alkohol dapat meningkatkan risiko terjadinya gout, dan semakin banyak jumlah alkohol yang diminum maka semakin tinggi pula risikonya. Bir serta minuman beralkohol sebaiknya dihindari, sementara wine memiliki potensi lebih rendah dalam meningkatkan risiko gout. Selain itu, minuman tinggi fruktosa dan minuman ringan yang mengandung gula juga dapat meningkatkan kadar asam urat dalam darah (Ragab *et al.*, 2017).

g. IMT

Pada orang yang mengalami obesitas, tingginya asupan purin dapat menyebabkan penumpukan asam urat dalam tubuh. Obesitas berhubungan

dengan meningkatnya kadar asam urat karena fungsi ekskresi ginjal cenderung menurun (Arif *et al.*, 2024).

4. Patofisiologi Asam Urat

Asam urat merupakan zat hasil akhir metabolisme purin yang secara normal terdapat dalam darah manusia. Tubuh memiliki sistem untuk membuang kelebihan asam urat melalui ginjal. Namun, jika produksinya meningkat atau ginjal tidak mampu mengeluarkannya secara optimal, maka kadar asam urat dalam darah akan naik dan menimbulkan kondisi yang disebut hiperurisemia. Keadaan ini dapat memicu pembentukan kristal asam urat tajam yang kemudian mengendap di ruang antar sendi.

Apabila endapan tersebut berlangsung lama, maka dapat menyebabkan serangan akut gout. Serangan ini biasanya muncul pada malam hari dengan nyeri hebat yang bisa bertahan beberapa hari. Kondisi tersebut dapat kambuh kembali jika kadar asam urat tetap tinggi dalam darah. Bila hal ini tidak segera ditangani, kristal akan terus menumpuk dan menimbulkan peradangan berulang.

Peradangan kronis yang terjadi dapat mengakibatkan kerusakan jaringan sendi secara bertahap hingga menurunkan fungsi gerak sendi dan menyebabkan deformitas. Dalam jangka panjang, endapan kristal ini dapat membentuk benjolan keras di bawah kulit sekitar sendi yang disebut tofi. Meskipun tofi umumnya tidak menimbulkan rasa sakit, namun dapat mengganggu bentuk dan tampilan sendi. Selain itu, penumpukan asam urat juga bisa terjadi pada organ lain seperti daun telinga, serta dapat memengaruhi pH urin yang akhirnya menimbulkan batu ginjal (Perez-Ruiz *et al.*, 2015).

5. Mekanisme Logam Berat Yang Dapat Meningkatkan Asam Urat

Paparan logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), dan merkuri (Hg) telah terbukti menimbulkan gangguan pada fungsi ginjal, terutama melalui kerusakan sel-sel tubulus proksimal yang berperan penting dalam proses regulasi, reabsorpsi, serta ekskresi asam urat. Kerusakan pada

bagian ini mengakibatkan terganggunya kemampuan ginjal dalam menjaga keseimbangan kadar asam urat. Selain merusak tubulus, paparan logam berat juga dapat menurunkan laju filtrasi glomerulus (GFR), sehingga proses penyaringan metabolit tubuh, termasuk asam urat, menjadi kurang efektif. Pada kondisi tertentu, disfungsi ginjal akibat toksisitas logam berat juga dapat menghambat kinerja transporter yang berperan dalam pengaturan ekskresi asam urat, seperti URAT1, GLUT9, dan transporter anion organik (OAT1/OAT3), sehingga menyebabkan penurunan eliminasi asam urat melalui urin. Lebih jauh, logam berat dapat memicu peningkatan stres oksidatif di jaringan ginjal, yang memacu kerusakan seluler dan memperburuk gangguan fungsi filtrasi maupun sekresi. Kombinasi dari kerusakan struktural tubulus, penurunan filtrasi, gangguan transporter, dan stres oksidatif tersebut pada akhirnya menyebabkan akumulasi asam urat dalam darah dan meningkatkan risiko terjadinya hiperurisemia

Proses terbentuknya asam urat diawali dari pemecahan purin yang berasal dari makanan serta hasil metabolisme sel tubuh, yang kemudian diubah menjadi asam urat di hati. Selanjutnya, asam urat diedarkan melalui darah menuju ginjal untuk dikeluarkan bersama urin. Pada individu yang mengonsumsi air tercemar, adanya zat berbahaya seperti logam berat dan bahan kimia dapat mengganggu fungsi ginjal. Kondisi ini menyebabkan proses pengeluaran asam urat tidak berjalan optimal sehingga terjadi penumpukan dalam darah. Selain itu, paparan zat pencemar juga dapat meningkatkan stres oksidatif yang memperburuk metabolisme purin, sehingga kadar asam urat dalam tubuh menjadi meningkat. (Pan *et al.*, 2024).

6. Metode Pemeriksaan Asam Urat

a. Metode Enzimatik (Uricase)

Metode enzimatik (uricase) merupakan teknik yang paling sering digunakan dalam pemeriksaan kadar asam urat karena memiliki tingkat ketepatan dan kekhususan yang tinggi. Metode ini bekerja dengan cara

mengoksidasi asam urat menggunakan enzim uricase menjadi allantoin, karbon dioksida (CO_2), dan hidrogen peroksida (H_2O_2). Selanjutnya, hidrogen peroksida yang terbentuk akan bereaksi dengan zat kromogen melalui bantuan enzim peroksidase sehingga menghasilkan senyawa berwarna. Intensitas warna yang dihasilkan berbanding lurus dengan kadar asam urat dalam sampel dan dapat diukur menggunakan spektrofotometer atau autoanalyzer. Metode ini banyak diterapkan dalam laboratorium klinik karena memiliki sensitivitas yang baik, memberikan hasil yang cepat, serta tingkat ketelitian yang tinggi, dan dapat dilakukan baik secara manual maupun otomatis. Meskipun demikian, hasil pemeriksaan dapat dipengaruhi oleh adanya zat pengganggu seperti asam askorbat, bilirubin, dan hemoglobin dalam konsentrasi tinggi, sehingga perlu diperhatikan dalam proses interpretasi hasil (Wuryanti Handayani *et al.*, 2022).

b. Metode Kimia (Fosfotungstat)

Metode kimia (fosfotungstat) adalah salah satu cara pemeriksaan kadar asam urat yang memanfaatkan reaksi antara asam urat dengan pereaksi fosfotungstat dalam kondisi basa sehingga menghasilkan warna biru. Kekuatan warna yang terbentuk berbanding lurus dengan kadar asam urat dalam sampel dan diukur menggunakan spektrofotometer. Metode ini tergolong mudah dan sederhana dalam pelaksanaannya, namun memiliki kelemahan dari segi spesifisitas karena zat lain seperti glukosa, asam askorbat, dan senyawa pereduksi juga dapat ikut bereaksi sehingga dapat memengaruhi hasil. Oleh sebab itu, metode ini saat ini semakin jarang digunakan dan lebih banyak digantikan oleh metode enzimatik yang memiliki ketelitian dan selektivitas lebih tinggi (Kalaycı, 2020)

c. Metode Point of Care Testing (POCT)

Metode Point of Care Testing (POCT) adalah cara pemeriksaan kadar asam urat yang dilakukan langsung di dekat pasien dengan memanfaatkan alat portabel sehingga hasil dapat diperoleh dalam waktu singkat. Metode ini umumnya menggunakan prinsip enzimatis berbasis uricase yang diterapkan pada strip reagen, di mana sampel darah kapiler akan bereaksi dan menghasilkan sinyal yang kemudian dibaca oleh alat digital. POCT memungkinkan pemeriksaan dilakukan tanpa memerlukan fasilitas laboratorium yang lengkap dan dapat digunakan di berbagai tempat seperti klinik, puskesmas, maupun di lapangan. Walaupun memiliki kelebihan dari segi kecepatan dan kemudahan penggunaan, metode ini masih memiliki keterbatasan dalam hal ketepatan dan ketelitian dibandingkan dengan metode laboratorium standar, sehingga pada kondisi tertentu hasilnya perlu dikonfirmasi dengan pemeriksaan lain (Zhao & Song, 2022).

d. Metode Kromatografi (HPLC)

Metode kromatografi cair kinerja tinggi atau High Performance Liquid Chromatography (HPLC) merupakan teknik analisis kadar asam urat yang bekerja dengan memisahkan komponen dalam sampel berdasarkan interaksi antara fase gerak dan fase diam. Pada metode ini, asam urat dipisahkan dari senyawa lain dalam sampel sehingga dapat dideteksi secara spesifik menggunakan detektor tertentu dan diukur konsentrasinya dengan tingkat ketelitian yang tinggi. HPLC dikenal memiliki akurasi dan selektivitas yang sangat baik sehingga sering digunakan sebagai metode rujukan dalam penelitian maupun analisis lanjutan. Namun demikian, penggunaannya dalam pemeriksaan rutin masih terbatas karena membutuhkan peralatan yang mahal, prosedur yang relatif kompleks, serta tenaga analis yang terampil (Borras *et al.*, 2021).

7. Hubungan Asam Urat dengan Hipertensi

Hipertensi dan penyakit asam urat memiliki hubungan yang saling memengaruhi. Hiperurisemia dapat meningkatkan risiko hipertensi melalui disfungsi endotel, penurunan produksi nitric oxide, dan aktivasi sistem renin-angiotensin yang menyebabkan vasokonstriksi serta peningkatan tekanan darah. Sebaliknya, hipertensi yang berlangsung lama dapat merusak pembuluh darah ginjal sehingga kemampuan ginjal mengekskresikan asam urat menurun dan kadar asam urat dalam darah meningkat. Kondisi ini membentuk suatu siklus, di mana kadar asam urat yang tinggi memperberat hipertensi, sedangkan hipertensi semakin memperburuk hiperurisemia. Selain itu, kedua penyakit memiliki faktor risiko yang sama, seperti obesitas, pola makan tinggi purin, kurang aktivitas fisik, diabetes melitus, dan sindrom metabolik, sehingga sering ditemukan secara bersamaan. Hubungan tersebut menunjukkan bahwa pengendalian tekanan darah dan kadar asam urat perlu dilakukan secara bersamaan untuk mencegah progresivitas penyakit dan mengurangi risiko komplikasi kardiovaskular maupun gangguan ginjal (kuwabara *et al* 2023).

8. Hubungan Asam Urat dengan Diabetes Mellitus

Asam urat dan diabetes melitus memiliki hubungan yang saling memengaruhi. Hiperurisemia dapat meningkatkan risiko terjadinya resistensi insulin melalui stres oksidatif dan peradangan kronis yang mengganggu fungsi sel β pankreas, sehingga produksi dan kerja insulin menurun serta kadar glukosa darah meningkat. Sebaliknya, diabetes melitus yang berlangsung lama, terutama disertai gangguan fungsi ginjal, dapat menurunkan ekskresi asam urat sehingga kadar asam urat dalam darah meningkat. Kondisi tersebut membentuk suatu siklus, di mana hiperurisemia memperburuk gangguan metabolisme glukosa, sedangkan diabetes melitus memperberat hiperurisemia akibat penurunan fungsi ginjal. Selain itu, kedua penyakit memiliki faktor

risiko yang sama, seperti obesitas, pola makan tidak sehat, kurang aktivitas fisik, dan sindrom metabolik, sehingga sering ditemukan secara bersamaan. Hubungan tersebut menunjukkan bahwa pengendalian kadar glukosa darah dan kadar asam urat secara bersamaan penting untuk mencegah progresivitas penyakit serta mengurangi risiko komplikasi metabolik dan gangguan ginjal (Singh *et al.*, 2023).

9. Hubungan Asam Urat dengan Jantung

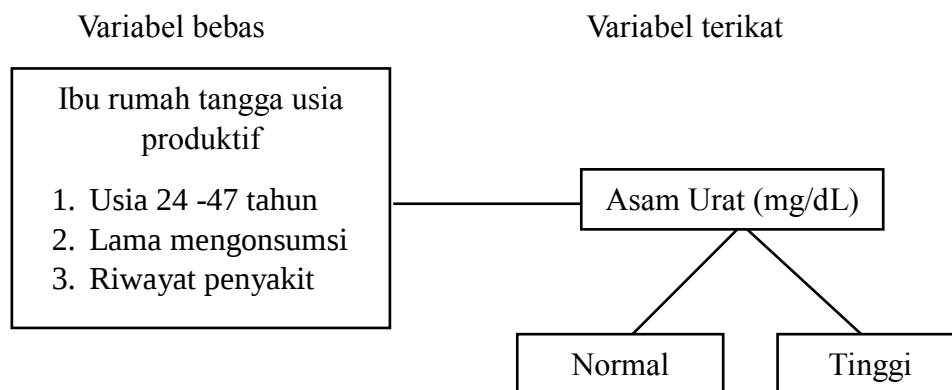
Penyakit asam urat dan penyakit jantung memiliki hubungan yang saling berkaitan. Hiperurisemia dapat meningkatkan risiko penyakit jantung melalui stres oksidatif, disfungsi endotel, peradangan, dan aktivasi sistem renin-angiotensin yang menyebabkan aterosklerosis, peningkatan tekanan darah, serta penurunan elastisitas pembuluh darah. Sebaliknya, penyakit jantung, terutama yang disertai penurunan curah jantung atau gangguan fungsi ginjal, dapat mengurangi ekskresi asam urat sehingga kadar asam urat dalam darah meningkat. Kondisi ini membentuk suatu siklus, di mana hiperurisemia memperburuk gangguan kardiovaskular, sedangkan penyakit jantung memperberat hiperurisemia. Selain itu, kedua penyakit memiliki faktor risiko yang sama, seperti hipertensi, obesitas, diabetes melitus, dislipidemia, dan sindrom metabolik, sehingga sering ditemukan secara bersamaan. Hubungan tersebut menunjukkan bahwa pengendalian kadar asam urat dan faktor risiko kardiovaskular secara bersamaan penting untuk mencegah progresivitas penyakit serta mengurangi risiko komplikasi jantung (Yu & Cheng, 2020)

10. Hubungan Asam Urat dengan Asma

Asam urat dan asma memiliki hubungan yang saling berkaitan melalui mekanisme peradangan dan stres oksidatif. Hiperurisemia dapat meningkatkan pelepasan mediator proinflamasi sehingga memperburuk inflamasi saluran napas yang menjadi ciri khas asma. Sebaliknya, asma

yang berat atau disertai hipoksia dapat meningkatkan metabolisme purin sehingga produksi asam urat bertambah. Kondisi ini membentuk suatu siklus, di mana peningkatan kadar asam urat memperberat peradangan saluran napas, sedangkan inflamasi kronis dan hipoksia pada asma meningkatkan kadar asam urat dalam darah. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa kadar asam urat yang tinggi berhubungan dengan peningkatan keparahan dan risiko eksaserbasi asma. Oleh karena itu, pengendalian inflamasi pada asma dan kadar asam urat secara bersamaan penting untuk mengurangi progresivitas penyakit dan mencegah komplikasi (Fouka *et al*, 2021).

D. Kerangka Konsep



E. Defenisi Operasional

- 1 Usia : Umur hidup responden yang dihitug sejak lahir hinga saat penelitian dilakukan.
- 2 Lama menonsumsi : Lamanya durasi waktu responden dalam mengonsumsi air sungai sebagai sumber air minum utama sehari-hari
- 3 Riwayat penyakit : Kondisi medis kronis atau penyakit degeneratif yang pernah atau sedang diderita responden berdasarkan diagnosis dari tenaga kesehatan