

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air

1. Pengertian Air

Air adalah kebutuhan dasar bagi semua makhluk hidup. Selain itu, manusia memerlukan air tidak hanya sebagai sumber bahan tetapi juga sebagai sarana produksi, untuk pertanian, bahan industri, dan sebagai sumber tenaga listrik. Air yang terdapat di bumi ini penting tidak hanya bagi manusia tetapi juga bagi alam untuk menjaga keseimbangan ekosistem. Dalam sistem sungai, selain memenuhi kebutuhan hidup, air berfungsi untuk mempertahankan stabilitas sungai melalui kemampuannya membawa dan mengendapkan sedimen, serta menjaga kualitas lingkungan dan sebagainya.

Secara keseluruhan, mutu air menentukan kualitas atau kondisi air yang terkait dengan kegiatan atau kebutuhan tertentu. Idealnya, air bersih memiliki ciri-ciri seperti jernih, tidak bewarna, tidak berasa, tidak berbau, dan bebas dari kuman yang dapat membahayakan kesehatan. Oleh karena itu, kualitas air dapat berbeda antara satu keperluan dan keperluan lainnya, misalnya kualitas air untuk irigasi berbeda dari kualitas air untuk minum. kualitas air harus memenuhi standart kesehatan yang mencakup kriteria Mikrobiologi, Fisika, Kimia, dan Radioaktif.(Desti & Ula, 2021)

2. Jenis Jenis 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 dua jenis, yaitu air sungai dan air rawa/danau. Air sungai yang dimanfaatkan sebagai air bersih maupun air minum harus melalui proses pengolahan yang sempurna terlebih dahulu.

Demikian pula air rawa/danau memerlukan proses pengolahan yang sama, karena air dari rawa atau danau umumnya mengandung banyak zat organik yang telah terurai, sehingga menyebabkan warnanya menjadi kuning atau kecokelatan.

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 ke permukaan tanah, dengan debit yang relatif stabil dan kualitas yang tidak jauh berbeda dari air tanah, serta hampir tidak dipengaruhi oleh perubahan musim. Mata air terbagi menjadi dua jenis, yaitu rembesan yaitu mata air yang keluar perlahan dari lereng-lereng perbukitan atau pergunungan dan mata air langsung (atau mata air gravitasi), yang keluar lebih deras karena tekanan dari akuifer di bawah permukaan tanah. (Simanjuntak et al., 2021)

3. Peran Air 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. (Simanjuntak et al., 2021)

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 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.

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 berbagai 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 (Desti & Ula, 2021).

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 di maksud meliputi :

- a. Parameter Fisik : Air tidak keruh, bewarna, ber-pH netral 6,7-7,5, tidak berasa atau rasanya tawar, tidak mengandung TDS (Widyastuti et al. 2022).
- 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*.(Kementrian Kesehatan, 2020)

B. Ginjal

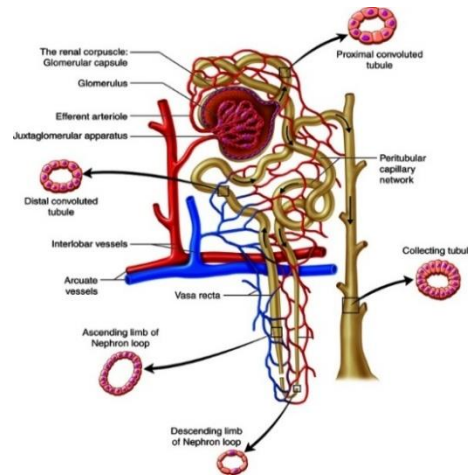
1. Pengertian dan Fungsi Ginjal

Ginjal merupakan organ berpasangan yang terletak dalam area retroperitoneal, posisinya berada di samping tulang belakang dan dekat dengan berbagai struktur di abdomen. Masing-masing ginjal terdiri dari jaringan ginjal yang dibagi menjadi dua bagian, yaitu korteks dan medula, yang mengandung nefron sebagai satuan fungsionalnya, serta memiliki sistem pengumpul yang bertugas mengalirkan urine ke ureter. Ginjal memiliki peranan krusial dalam pengeluaran limbah nitrogen, mengelola elektrolit dan keseimbangan asam-basa, mengatur tekanan darah, menyerap kembali zat-zat penting, serta memproduksi hormon seperti eritropoietin dan kalsitriol.

Klinis, ginjal penting karena fungsinya dalam membuang limbah, mengatur elektrolit dan keseimbangan asam basa, mengontrol tekanan darah, serta menghasilkan hormon. Dengan demikian, menjaga kesehatan ginjal sangat penting dalam penanganan berbagai penyakit.(Felix & Stephen, 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

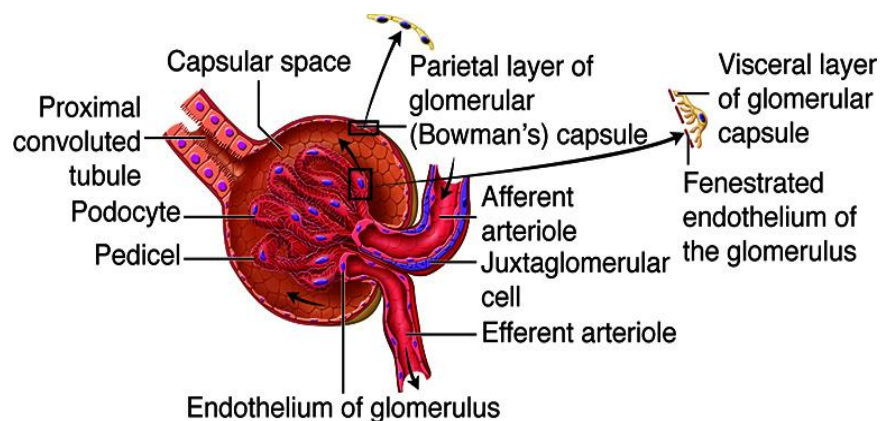
Korteks ginjal membentuk bagian terluar parenkim ginjal. Area ini mengandung komponen nefron, termasuk korpuskula ginjal, tubulus konturus proksimal dan distal, tubulus pengumpul, dan duktus pengumpul kortikal. Korteks mengelilingi medula dan sinus ginjal dan dapat dibagi menjadi 2 wilayah. Mantel ginjal 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 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

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 (Felix & Stephen, 2025)

3. Faktor Yang Dapat Merusak Ginjal

Menurut (Dianti et al., 2022) ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan rusaknya fungsi ginjal antara lain :

a. Usia

1) Dewasa Awal (Usia 18–30 Tahun)

Pada fase dewasa awal, fungsi filtrasi glomerulus ginjal umumnya berada dalam kondisi kapasitas fisiologis yang optimal. Meskipun demikian, kelompok usia ini tetap rentan terhadap akumulasi paparan zat kontaminan dari lingkungan sekitar. Paparan toksin atau bahan kimia anorganik awal dalam jangka pendek belum sepenuhnya menunjukkan kerusakan vaskular renal yang berat, tetapi dapat mulai memicu respon imun awal serta fluktuasi ringan pada permeabilitas membran filtrasi.

2) Dewasa Tengah (Usia 31–40 Tahun)

Pada rentang usia dewasa tengah, individu berada pada puncak tingkat aktivitas harian dan tanggung jawab domestik yang intensif. Tingginya beban aktivitas fisik harian di lingkungan beriklim hangat/pesisir meningkatkan pengeluaran cairan tubuh (keringat), sehingga apabila tidak diimbangi dengan asupan air bersih yang memadai, tubuh sangat rentan mengalami dehidrasi ringan hingga sedang. Kondisi ini menyebabkan pengurangan volume cairan intravaskular yang berujung pada hemokonsentrasi (pemekatan komponen darah, termasuk protein). Selain itu, pada kelompok usia ini, paparan zat kontaminan atau senyawa organik dari air tercemar yang dikonsumsi secara kumulatif selama bertahun-tahun mulai memberikan pembebanan metabolik dan stimulasi imunologis (peningkatan pembentukan globulin).

3) Dewasa Akhir (Usia 41–60 Tahun)

Pada kelompok dewasa akhir, proses penuaan ginjal (*renal aging*) terjadi secara lebih progresif. Hal ini ditandai dengan penurunan laju sekresi glomerulus, sklerosis vaskular lokal, serta penurunan kemampuan reabsorpsi tubulus ginjal. Penurunan fungsi fisiologis ini semakin diperberat apabila individu memiliki riwayat penyakit degeneratif (seperti hipertensi atau diabetes mellitus) atau terpapar

zat nefrotoksik jangka panjang, yang pada pemeriksaan laboratorium sering terdeteksi berupa kebocoran protein ke dalam urin (proteinuria) maupun penurunan laju filtrasi darah.

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. Protein Total

1. Pengertian Protein Total

Pengukuran Protein Total merupakan analisis kuantitatif yang mengindikasikan konsentrasi gabungan seluruh protein yang terlarut dalam serum atau plasma darah individu. Konsep ini tidak merujuk pada satu jenis protein tunggal, melainkan merupakan akumulasi atau nilai agregat dari berbagai komponen, dengan dua fraksi utama yaitu albumin dan globulin. Secara fundamental, Total Protein mencerminkan status protein secara keseluruhan di dalam tubuh dan dapat diekspresikan melalui hubungan matematis: $\text{Protein Total} = \text{Albumin} + \text{Globulin}$. Albumin dan Globulin, meskipun keduanya adalah protein darah, memiliki peran, tempat sintesis, dan implikasi klinis yang berbeda, yang membuat pemisahan pengukuran mereka menjadi sangat penting. (Faiza & Arief, 2022)

Secara fungsional, protein memiliki peran esensial sebagai makromolekul, menyusun kurang lebih 50% dari berat kering sel dan memegang kendali penting dalam struktur serta kinerja semua organisme. Protein-protein ini, yang tersusun dari satu atau lebih rantai polipeptida, sangat vital dalam mendukung proses regenerasi, pemeliharaan, serta perbaikan sel dan jaringan tubuh. Namun, di antara semua protein, Albumin adalah penyumbang terbesar di dalam darah, berkisar antara 55% hingga 60% dari Total Protein. Fungsi krusial Albumin meliputi menjaga tekanan osmotik koloid (onkotik) darah untuk mempertahankan volume cairan yang tepat di dalam pembuluh darah, dan bertindak sebagai kendaraan pengangkut bagi berbagai molekul endogen dan eksogen, termasuk hormon, asam lemak, dan obat-obatan. (Faiza & Arief, 2022)

Sebaliknya, Globulin (sekitar 40% dari TP) adalah kelompok protein yang lebih beragam dan heterogen, mencakup berbagai sub-fraksi yang memiliki spesialisasi fungsional. Kelompok globulin terdiri dari alfa-1, alfa-

2, beta, dan yang paling terkenal, gamma globulin, yang merupakan nama lain untuk antibodi atau imunoglobulin. Fungsi Globulin sangat erat kaitannya dengan sistem pertahanan tubuh (imunitas), di mana antibodi berfungsi melawan infeksi. Selain itu, globulin juga berperan sebagai protein transpor tertentu dan merupakan bagian dari sistem pembekuan darah. Dalam analisis klinis, kadar albumin diukur secara langsung, dan kadar globulin sering kali dihitung secara tidak langsung dengan mengurangkan albumin dari total protein $\text{Globulin} = \text{Protein Total} - \text{Albumin}$, yang memungkinkan ahli medis untuk mendapatkan gambaran fraksional yang lebih akurat (Faiza & Arief, 2022).

Hubungan antara pemeriksaan Protein Total, Albumin, dan Globulin dengan fungsi ginjal sangatlah krusial, terutama karena ginjal merupakan organ utama yang bertanggung jawab untuk meregulasi dan mempertahankan kadar protein dalam darah. Ginjal yang sehat berfungsi sebagai penyaring yang sangat selektif, yang memungkinkan air dan zat sisa metabolisme yang kecil untuk melewati glomerulus, sementara protein besar seperti albumin secara efisien dicegah agar tidak keluar ke dalam urin.

Ketika ginjal mengalami kerusakan, fungsi filtrasi ini menurun, sehingga protein yang seharusnya tertahan dalam plasma dapat bocor ke dalam urin suatu kondisi yang disebut proteinuria atau albuminuria. Pada keadaan seperti Sindrom Nefrotik misalnya, kerusakan masif pada saringan glomerulus menyebabkan albumin protein yang paling kecil dan paling melimpah dalam plasma bocor secara masif ke dalam urin dan menyebabkan penurunan kadar albumin serum yang signifikan (hipoalbuminemia). Penurunan albumin ini kemudian secara langsung berkontribusi pada penurunan nilai protein total, sekaligus menyebabkan gejala klinis seperti edema (pembengkakan) karena berkurangnya tekanan onkotik plasma (Diprasta et al., 2024).

Di sisi lain, pada kondisi Penyakit Ginjal Kronis, dapat terjadi peningkatan fraksi globulin tertentu sebagai respons terhadap peradangan kronis, sehingga menghasilkan perubahan drastis pada Rasio Albumin-Globulin (A/G Ratio). Rasio antara kedua fraksi ini yang dikenal sebagai rasio A/G merupakan alat diagnostik yang sangat sensitif. Rasio A/G merupakan parameter turunan yang sering memberikan wawasan lebih

mendalam tentang ketidakseimbangan sintesis dan degradasi protein dibandingkan hanya melihat kadar protein individual saja. Misalnya, rasio A/G yang rendah dapat mengisyaratkan peningkatan signifikan. Produksi globulin sering kali karena adanya infeksi kronis atau penyakit autoimun atau sebaliknya, kehilangan albumin yang masif akibat gangguan fungsi hati yang parah atau nefropati. Oleh karena itu, pemeriksaan yang melibatkan Total Protein, Albumin, Globulin, dan Rasio A/G secara kolektif tidak hanya mengukur kuantitas protein, tetapi juga menyediakan panel diagnostik yang krusial untuk mengevaluasi status gizi, fungsi hati, kesehatan ginjal, dan aktivitas kekebalan tubuh pasien (Karyati et al., 2024).

2. Metabolisme Protein

Metabolisme protein dalam tubuh adalah serangkaian proses biokimia yang sangat terintegrasi dan berkelanjutan, mencakup fase penguraian (katabolisme) dan pembentukan (anabolisme), yang diakhiri dengan eliminasi produk limbah, terutama melalui siklus urea. Siklus ini diawali di saluran pencernaan, di mana protein makanan dipecah menjadi unit-unit yang lebih kecil, yaitu tripeptida, dipeptida, dan komponen fundamental berupa asam amino bebas, melalui kerja enzim pencernaan spesifik seperti pepsin, tripsin, dan kimotripsin. Selanjutnya, asam amino yang diserap memasuki "pool" asam amino dalam aliran darah, bergabung dengan asam amino hasil daur ulang dari protein seluler tua yang didegradasi, melibatkan sistem ubiquitin-proteasom. Cadangan asam amino ini berfungsi sebagai prekursor penting untuk beragam fungsi vital, terutama sebagai bahan baku utama untuk sintesis protein esensial baru, mencakup enzim, hormon, komponen struktural, dan protein vital darah seperti Albumin dan Globulin yang sebagian besar diproduksi di hati (Rahmah & Salsabila, 2022).

Ketika jumlah asam amino yang tersedia melebihi kebutuhan tubuh untuk sintesis protein, kelebihan ini akan menjalani proses katabolisme. Tahap awalnya adalah deaminasi yang terutama terjadi di hati, di mana gugus amina (NH_2) dilepaskan dan dikonversi menjadi amonia (NH_3). Karena amonia memiliki sifat yang sangat toksik, ia wajib dinetralkan dengan cepat melalui Siklus Urea, mengubahnya menjadi urea yang relatif aman, yang kemudian dibuang dari tubuh melalui urine oleh ginjal.

Selanjutnya, sisa kerangka karbon dari asam amino yang telah dideaminasi tidak disia-siakan; kerangka ini disalurkan untuk kebutuhan energi, baik melalui konversi menjadi glukosa lewat jalur glukoneogenesis (asam amino glukogenik) atau diubah menjadi badan keton (asam amino ketogenik). Dengan demikian, jalur metabolisme protein memastikan tidak hanya pemeliharaan struktural tetapi juga berkontribusi krusial dalam menjaga homeostasis energi tubuh (Safitri et al., 2025).

Perubahan pada metabolisme protein total memiliki manifestasi klinis yang jelas, yang utamanya dapat dipantau melalui fluktuasi kadar Albumin dan Globulin serum, keduanya berfungsi sebagai penanda status fungsional organ yang penting. Kondisi hipoalbuminemia (penurunan Albumin) biasanya disebabkan oleh dua kondisi: pertama, adanya penurunan signifikan dalam kapasitas sintesis protein oleh hati, seperti yang terlihat pada penyakit hati kronis, dan kedua, adanya kehilangan protein yang berlebihan, misalnya pada Sindrom Nefrotik di mana Albumin bocor melalui ginjal yang mengalami kerusakan. Di sisi lain, peningkatan kadar Globulin seringkali menjadi indikasi adanya respons imun atau peradangan sistemik yang bersifat kronis, sebab fraksi Globulin mencakup komponen imunoglobulin. Gabungan antara Albumin yang menurun dan Globulin yang meningkat menghasilkan Rasio Albumin/Globulin (A/G) yang terbalik, suatu temuan diagnostik yang kuat untuk mengindikasikan penyakit hati parah seperti sirosis atau kondisi peradangan kronis (Amalina, 2023). Selain itu, dinamika metabolisme protein dikontrol secara ketat oleh sistem endokrin; Insulin bertindak sebagai promotor anabolik yang meningkatkan sintesis protein dan menghambat degradasi, sementara Kortisol (hormon stres) bersifat katabolik dengan memecah protein otot menjadi asam amino untuk digunakan dalam glukoneogenesis, di mana keseimbangan aksi hormonal ini sangat menentukan laju metabolisme protein dalam tubuh.

3. Hubungan Protein Total dengan Fungsi Ginjal

Pemeriksaan protein total merupakan salah satu parameter penting dalam evaluasi status metabolisme protein serta fungsi organ, termasuk ginjal. Protein total dalam serum terdiri dari albumin dan globulin yang berperan dalam menjaga tekanan osmotik plasma, transport zat, serta sistem

imun tubuh. Ginjal memiliki peran utama dalam mempertahankan keseimbangan protein melalui proses filtrasi di glomerulus yang bersifat selektif. Pada kondisi normal, hanya molekul kecil yang dapat melewati membran filtrasi, sedangkan protein besar seperti albumin tetap berada dalam sirkulasi darah. Namun, apabila terjadi kerusakan pada glomerulus, permeabilitas membran meningkat sehingga protein dapat keluar melalui urin (proteinuria). Kondisi ini menyebabkan penurunan kadar protein dalam darah dan menjadi indikator awal gangguan fungsi ginjal. Penurunan kadar protein total dalam serum sering ditemukan pada pasien dengan penyakit ginjal kronik akibat kehilangan protein yang terus-menerus melalui urin. Selain itu, gangguan metabolisme protein juga dapat terjadi karena proses inflamasi kronik yang menyertai penyakit ginjal. Dengan demikian, perubahan kadar protein total dalam darah dapat mencerminkan adanya gangguan pada sistem filtrasi ginjal.(Afralia et al., 2025)

Penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan erat antara metabolisme protein dan fungsi ginjal, terutama dalam kaitannya dengan laju filtrasi glomerulus (LFG). Asupan protein yang tinggi dapat meningkatkan tekanan intraglomerulus dan mempercepat penurunan fungsi ginjal, terutama pada individu dengan gangguan ginjal sebelumnya. Selain itu, parameter lain seperti kreatinin dan LFG sering digunakan bersama protein total untuk menilai fungsi ginjal secara menyeluruh. Peningkatan kadar protein total dapat terjadi pada kondisi dehidrasi atau peningkatan globulin akibat inflamasi kronik yang juga berhubungan dengan gangguan ginjal. Sebaliknya, penurunan kadar protein total dapat mengindikasikan kehilangan protein yang signifikan melalui urin. Proteinuria sendiri telah terbukti menjadi faktor risiko progresivitas penyakit ginjal kronik. Oleh karena itu, pemeriksaan protein total memiliki nilai diagnostik dan prognostik yang penting dalam evaluasi fungsi ginjal. Interpretasi hasil pemeriksaan ini sebaiknya selalu dikaitkan dengan parameter lain seperti ureum, kreatinin, dan LFG untuk mendapatkan gambaran klinis yang lebih akurat. Dengan pendekatan tersebut, deteksi dini gangguan ginjal dapat dilakukan secara lebih efektif (Djamil, 2017).

4. Faktor Yang Mempengaruhi Kadar Protein Dalam Darah

a. Uremia/Gagal Ginjal Tahap Akhir

Kondisi uremia (penumpukan produk limbah dalam darah) pada gagal ginjal parah dapat menyebabkan malnutrisi protein-energi pada pasien. Malnutrisi ini mengurangi ketersediaan asam amino, sehingga secara tidak langsung menekan kemampuan hati untuk mensintesis Albumin.

b. Sindrom Nefrotik

Ini adalah penyebab utama hipoalbuminemia (Albumin rendah) akibat ginjal. Kerusakan pada membran filtrasi ginjal memungkinkan protein plasma, khususnya Albumin yang berukuran kecil, lolos dari darah dan terbuang ke dalam urin dalam jumlah besar. Kehilangan Albumin ini secara signifikan menurunkan Protein Total serum.

c. Glomerulonefritis Kronis

Peradangan jangka panjang dan kerusakan pada glomerulus (unit penyaring ginjal) meningkatkan permeabilitas (kebocoran), menyebabkan hilangnya protein secara bertahap dalam urin.

d. Diabetes Melitus dan Hipertensi yang Tidak Terkontrol

Kedua kondisi ini adalah penyebab utama penyakit ginjal kronis yang progresif, yang akhirnya menyebabkan kerusakan filtrasi dan proteinuria

5. Nilai Normal Protein Total

Menurut penelitian (Budiyanto et al., 2024). Nilai normal protein total laki-laki dan perempuan 6,2 – 8,0 g/dL

6. Metode Pemeriksaan Protein Total

a. Metode Biuret (Metode Utama di Laboratorium Klinis)

Prinsip: Protein bereaksi dengan ion tembaga (Cu^{2+}) dalam suasana basa (alkalis) yang kuat, membentuk kompleks berwarna ungu-violet. Keunggulan: Mudah dilakukan, cepat, relatif murah, dan memiliki akurasi yang baik untuk konsentrasi tinggi seperti serum/plasma. Pengukuran: Intensitas warna ungu yang terbentuk diukur menggunakan Spektrofotometer Visible pada panjang gelombang tertentu (sekitar 540 nm). Intensitas warna ini sebanding dengan konsentrasi protein total. (Gornall et al., 1949)

b. Metode Kjeldahl (Metode Referensi/Standar Emas)

Prinsip: Metode ini mengukur kadar Nitrogen (N) total dalam sampel. Protein dihancurkan (destruksi) menggunakan asam sulfat pekat untuk mengubah Nitrogen menjadi amonium sulfat. Nitrogen dihitung, dan hasilnya dikonversi menjadi kadar protein (dengan asumsi protein mengandung 16% Nitrogen). Keunggulan: Sangat akurat dan merupakan metode standar untuk penetapan kadar protein, terutama pada bahan pangan atau penelitian. Kekurangan: Proses rumit, memakan waktu lama, menggunakan bahan kimia berbahaya (asam pekat), dan mengukur semua bentuk nitrogen (termasuk non-protein nitrogen), sehingga mungkin menghasilkan nilai yang sedikit lebih tinggi. (Sáez-Plaza et al., 2013)

c. Metode Spektrofotometri UV (Absorpsi UV)

Prinsip: Beberapa asam amino penyusun protein (seperti Triptofan, Tirosin, dan Fenilalanin) memiliki gugus aromatik yang dapat menyerap cahaya pada panjang gelombang ultra-violet (sekitar 280 nm). Keunggulan: Sederhana, cepat, dan tidak merusak sampel. Kekurangan: Dipengaruhi oleh adanya zat lain yang juga menyerap UV, sehingga kurang spesifik untuk total protein serum klinis. (Goldfarb et al., 1951)

d. Metode Turbidimetri dan Nephelometri

Prinsip: Mengukur kekeruhan (turbidity) yang timbul ketika protein dalam sampel diendapkan (presipitasi) menggunakan zat tertentu. Jumlah cahaya yang dihamburkan (Nephelometri) atau diserap (Turbidimetri) sebanding dengan konsentrasi protein. Aplikasi: Sering digunakan untuk mengukur konsentrasi protein yang lebih rendah, seperti protein dalam cairan serebrospinal (CSF) atau urin. (Fadhilah et al., 2020)

e. Metode Enzimatic

Prinsip: Metode enzimatik untuk pemeriksaan protein total didasarkan pada reaksi hidrolisis protein oleh enzim protease menjadi peptida dan asam amino. Selanjutnya, asam amino yang terbentuk akan bereaksi melalui sistem enzimatik lanjutan sehingga menghasilkan produk berwarna atau senyawa yang dapat diukur secara spektrofotometri. Intensitas warna atau perubahan absorbansi yang dihasilkan sebanding dengan konsentrasi protein total dalam sampel. (Zhang et al., 2021)

D. Ibu Rumah Tangga

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)

Usia produktif merupakan konsep demografi yang mengacu pada rentang usia ketika seseorang berada pada fase kemampuan fisik, mental, dan sosial yang optimal untuk beraktivitas serta menjalankan peran domestik maupun ekonomi. Menurut (BKKBN, 2023), usia produktif berada dalam rentang 15-49 tahun, di mana seseorang pada umumnya dapat melakukan pekerjaan dan berkontribusi terhadap kehidupan keluarga maupun masyarakat

Dalam konteks kesehatan, individu pada usia produktif seharusnya memiliki fungsi organ yang baik, termasuk fungsi filtrasi ginjal yang berperan dalam proses ekskresi protein total. 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 Protein Total 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 .

E. Kerangka Konsep