

BAB II

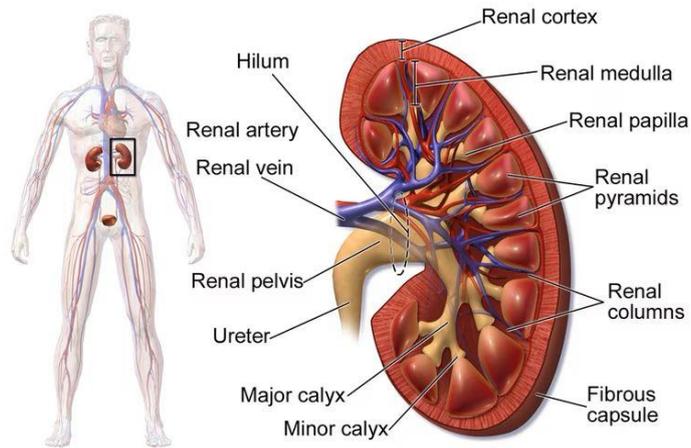
TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Teori

1. Definisi dan Anatomi Fisiologi Ginjal

Ginjal merupakan bagian paling kompleks dan penting dari saluran kemih. Fungsi utama ginjal adalah mempertahankan lingkungan internal yang stabil (homeostatis) untuk metabolisme sel dan jaringan yang optimal. Arteri pada ginjal memiliki suplai darah yang luas meninggalkan ginjal melalui vena ginjal (Nugrahaeni, 2021).

Terdapat dua ginjal yang terletak di rongga perut dan berada pada sudut kecil di setiap sisi columna vertebralis setinggi T12 sampai L3. Sisi ginjal memiliki panjang $\pm 10-12$ cm, lebar $\pm 5-7$ cm, dan tebal $\pm 3-4$ cm. Ginjal adalah organ berbentuk kacang dengan permukaan luar ginjal cembung (konveks) dan permukaan dalam cekung (konkaf). Di dekat bagian tengah tepi cekung terdapat cekungan yang disebut hilum ginjal yang dilalui oleh ureter, arteria renalis, vena renalis, pembuluh limfatik, dan saraf untuk masuk dan keluar ginjal (Nair & Peate, 2018).

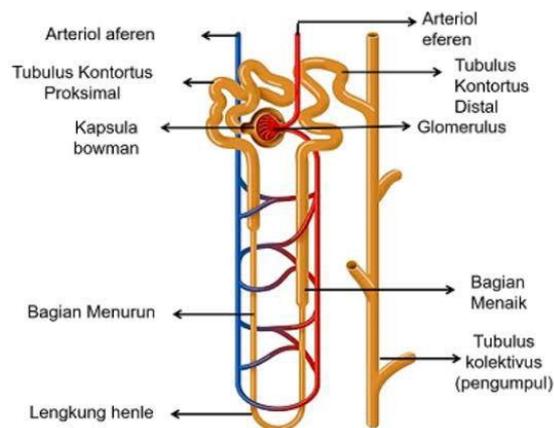


Sumber : (Faradiba, 2022)

Gambar 2.1 Sistem Ginjal

Nefron merupakan bagian struktural dan fungsional ginjal. Setiap nefron bekerja sebagai organ independen dan menghasilkan sejumlah kecil urin. Nefron dapat dibagi menjadi beberapa bagian yaitu kapsul bowman, glomerulus, tubulus kontortus proksimal, lengkung Henle, tubulus kontortus distal, dan duktus collectivus (Nair & Peate, 2018).

Setiap ginjal memiliki $\pm 1.000.000$ nefron. Masing-masing nefron dimulai dari pembuluh kapiler (badan malpighi atau glomerulus) yang berpusat di ujung atas ureter atau nefron. Selanjutnya, tubulus berjalan sebagian berliku-liku dan sebagian lagi lurus. Bagian pertama dari tubulus berliku-liku dan dikenal sebagai putaran pertama atau tubulus proksimal, setelah itu terdapat sebuah lengkung yaitu lengkung henle. Tubulus kemudian berliku - liku lagi yang disebut kelokan kedua atau tubulus distal, yang berlanjut dengan melintasi korteks dan medula dan berakhir di puncak salah satu piramida (Pearce, 2021).



Sumber : (Pintar, 2019)

Gambar 2.2 Struktur Nefron

Ginjal menjalankan fungsi penting dalam mengatur volume dan komposisi kimiawi darah dan membantu menjaga lingkungan cairan internal yang stabil. Ginjal juga memiliki beberapa fungsi yaitu sebagai berikut :

- a. Menjaga keseimbangan air di dalam tubuh.
- b. Mempertahankan volume plasma yang memadai agar tetap berfungsi dalam pengaturan tekanan darah arteri jangka panjang.

- c. Mengekskresikan sisa metabolisme dari tubuh.
- d. Menbuang senyawa asing berlebih yang terdapat di dalam tubuh.
- e. Menghasilkan eritropoietin, yaitu hormon yang merangsang sel darah merah (Sherwood, 2012).

Fungsi penyaringan darah berlangsung di glomerulus. Setiap menit, sekitar 1 liter darah yang mengalir melalui glomeruli mengandung 500 cc plasma dan ± 100 cc (10%) disaring. Plasma darah yang mengandung glukosa, garam dan bahan halus lainnya disaring. Sel dan protein plasma yang terlalu besar untuk menembus pori-pori filter tetap berada pada aliran darah (Pearce, 2021).

Hasil cairan yang telah disaring berupa filtrat glomerulus, kemudian mengalir melewati tubulus ginjal, diserap semua yang dibutuhkan oleh tubuh melalui sel-sel yang terdapat disana dan meninggalkan apa yang tidak dibutuhkan. Dengan mengubah jumlah yang ditinggalkan di tubulus, sel dapat mengatur jumlah urin di satu sisi dan jumlah darah di sisi lain. Dalam kondisi normal, semua glukosa diserap kembali, air sebagian besar diserap, dan sebagian besar limbah dikeluarkan. Dalam kondisi tertentu tubulus menambahkan zat ke urin (Pearce, 2021).

2. Gagal Ginjal Kronik

Gagal ginjal kronik yaitu masalah fungsi ginjal yang bersifat ireversibel yang disebabkan berbagai faktor. Istilah uremia telah digunakan untuk menggambarkan penyakit ini selama lebih dari seratus tahun, meskipun sekarang telah dipahami bahwa gejala gagal ginjal kronik tidak hanya disebabkan retensi urea dalam darah. *Insufisiensi renal* merupakan sinonim ginjal dan terkadang digunakan untuk gagal ginjal yang lebih ringan (Masriadi, 2016).

Secara umum, penderita penyakit ginjal kronis secara bertahap kehilangan fungsi ginjalnya. Endang Susalit menjelaskan, penyakit ginjal disebut kronis bila kerusakannya berlangsung lebih dari tiga bulan. Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan adanya kelainan pada struktur atau fungsi ginjal. Gagal ginjal kronis biasanya berkembang perlahan dan bersifat kronis. Faktanya, sebagian besar penderita awalnya tidak

mengalami gejala sampai mereka mendeteksi penyimpangan sekitar 25% dari normal. Saat ini banyak penyakit yang menyebabkan gagal ginjal kronik antara lain diabetes, tekanan darah tinggi, dan batu ginjal. (Masriadi, 2016).

Guidelines on chronic kidney disease menyatakan bahwa seseorang memiliki penyakit gagal ginjal kronik bila terdapat salah satu dari kriteria :

- a. Kerusakan ginjal ≥ 3 bulan yang didefinisikan sebagai abnormalitas struktur atau fungsi ginjal dengan penurunan laju filtrasi glomerulus yang menunjukkan sebagai satu atau lebih gejala yaitu Abnormalitas komposisi urin, Abnormalitas pemeriksaan pencitraan, Abnormalitas biopsi ginjal (Kalengkongan dkk, 2018).
- b. GFR < 60 ml/menit/1,73 m² selama ≥ 3 bulan dengan atau tanpa tanda gangguan ginjal lainnya (Kalengkongan dkk, 2018).

1) Klasifikasi

Gagal ginjal kronik diklasifikasikan menjadi beberapa tahapan untuk mencegah, mendeteksi dini dan mengobati kerusakan ginjal serta mencegah komplikasi gagal ginjal kronik. Pada tabel 2.1 menunjukkan stadium gagal ginjal kronik dapat ditentukan oleh *glomerulus filtration rate* (GFR).

Tabel 2.1 Klasifikasi Stadium Gagal ginjal kronik

Stadium	GFR (ml/73 menit/1,73 m ²)	Keterangan
1	<90	Kerusakan ginjal dengan GFR normal atau meningkat, disertai protein urea
2	60 – 89	Kerusakan ginjal dengan penurunan GFR ringan (berkaitan dengan usia) disertai protein urea
3A	45 – 59	Kerusakan ginjal dengan penurunan GFR sedang berisiko rendah mengalami gagal ginjal
3B		
4	30 – 44	Kerusakan ginjal dengan penurunan GFR berat berisiko tinggi mengalami gagal ginjal
5	15 - 25	Gagal ginjal yang memerlukan terapi dialisis
5T	< 15	Gagal ginjal yang memerlukan transplantasi

(Suwitra. K, dkk, 2014 dalam Jurnal Kalengkongan dkk, 2018)

2) Patofisiologi

Gagal ginjal kronik disebabkan karena adanya penyakit yang terdapat pada ginjal, sehingga mengakibatkan kegagalan fungsi ginjal. Jadi, seiring waktu jumlah nefron yang rusak akan meningkat. Penurunan peranan fungsi ginjal mengakibatkan penghambatan ekskresi produk sisa metabolisme, yang dimulai dengan pertukaran di pembuluh darah yang tidak dapat menjalankan fungsinya, sehingga menyebabkan kenaikan kadar serum dan kadar nitrogen urea, kreatinin, asam urat, fosfor dan mengakibatkan gangguan fungsional dan berbagai organ tubuh lainnya (Kalengkongan dkk, 2018).

Secara garis besar mekanisme terjadinya gagal ginjal kronik adalah *glomerulosklerosis*, *fibrosis tubulointerstisial (tubulo-interstitial skaring)*, dan sklerosis vaskuler (Kalengkongan dkk, 2018).

a) *Glomerulosklerosis*

Akumulasi matriks mesangial dan membran basal glomerulus memegang peranan dalam progresivitas penyakit glomerulus. Klahr (1988) menyatakan bahwa meningkatnya sintesis atau penurunan degradasi membran basal glomerulus dan matriks mesangial atau kombinasi dua proses ini menimbulkan sklerosis dan hilangnya filtrasi glomerulus (Masriadi, 2016).

El Nahas (2000) menyatakan bahwa timbulnya *glomeruloskeloris* terjadi melalui beberapa tahapan pada tahap awal terjadi jejas pada endotel glomerulus dan inflamasi. Pada tahap ini kerusakan sel endotel merupakan hasil proses imun dan non imun (hemodinamik atau metabolik). Tahapan yang kedua adalah terjadi poliferasi dan aktivasi sel – sel mesangial. Sedang tahapan yang terakhir adalah timbul fibrosis (Masriadi, 2016).

b) *Fibrosis Tubulointerstisial (tubulo-interstitial skaring)*

Jerniggan (1999) menyatakan bahwa beratnya kerusakan *tubulointerstisial* lebih berhubungan dengan fungsi ginjal dibanding *glomerulosklerosis*. Mekanisme timbulnya *fibrosis tubulointerstisial* terjadi melalui tahapan inflamasi, proliferasi fibroblas interstitial dan deposisi berlebih matriks ekstraseluler (Masriadi, 2016).

Tingkat keparahan *tubulointerstisial fibrosis* (TIF) berkorelasi lebih kuat dengan fungsi ginjal dibandingkan dengan glomerulosklerosis. Proses ini termasuk peradangan, proliferasi dan deposisi ECM (Kalengkongan dkk, 2018).

c) Sklerosis Vaskuler

Sklerosis vaskuler merupakan gambaran keseluruhan dari proses pembentukan jaringan ikat pada ginjal. Pada tahap awal gagal ginjal kronik terjadi hialinisasi dari arteriol ginjal, walaupun tanpa adanya hipertensi. Selanjutnya timbul perubahan arteriol post glomerulus yang lebih lanjut dan dapat menimbulkan iskhemia interstisial dan fibrosis. El nahas (2000) menyatakan bahwa adventisia vaskuler merupakan sumber myofibroblas interstisial, yang memiliki kontribusi dalam perkembangan fibrosis interstisial ginjal (Masriadi, 2016).

3) Etiologi

Etiologi GJK bervariasi, namun secara umum dibedakan menjadi dua jenis, yaitu penyakit ginjal primer dan penyakit sistemik. Timbulnya GJK jarang terlihat, tetapi progresif, dengan gejala yang muncul saat masalah parah. Konsentrasi serum kreatinin adalah cara yang sederhana dan murah untuk mengukur fungsi ginjal, tetapi itu adalah alat yang buruk untuk deteksi dini gagal ginjal. (Masriadi, 2016).

Ada berbagai macam penyakit yang menyebabkan gagal ginjal kronik, seperti :

a) Hipertensi

Pembuluh darah yang bekerja terlalu keras dikarenakan aliran darah terlalu kuat mengakibatkan tekanan darah menjadi tinggi . Keadaan ini bisa menyebabkan pembuluh darah di ginjal membengkak karena itu pembuluh darah besar dan pembuluh darah kecil yang menuju ke ginjal bisa rusak. Kemudian fungsi ginjal perlahan-lahan memburuk, mengakibatkan banyak cairan limbah menumpuk di ginjal (Kalengkongan dkk, 2018).

Hipertensi merupakan faktor risiko peningkatan mortalitas pada pasien hemodialisis dengan gagal ginjal kronik. Peningkatan tekanan darah di atas batas normal bisa menjadi salah satu gejala penyakit ginjal. Beberapa

gejalanya antara lain seperti penurunan pengeluaran urin, kesulitan buang air kecil, edema (penimbunan cairan) dan peningkatan buang air kecil (Kalengkongan dkk, 2018).

b) Serangan Jantung

Saat pasien menderita serangan jantung, aliran darah ke jantung menjadi sulit atau bahkan ginjal tidak menerima darah dari jantung. Bila kondisi ini berlanjut, ginjal tidak dapat berfungsi dan produk limbah menumpuk di jantung (Kalengkongan dkk, 2018).

c) Diabetes Melitus (DM)

Penyakit diabetes melitus (DM) dapat menyebabkan kerja ginjal menjadi lebih berat. Ginjal menyerap darah dalam jumlah besar, yang membebani pembuluh darah yang bertanggung jawab untuk memfilter darah. Setelah beberapa saat, ginjal tidak mampu lagi memfilter semua limbah dari darah sehingga terjadilah kebocoran, yang mengakibatkan urine mengandung protein yang seharusnya tetap berada di dalam tubuh. Ginjal menjadi kehilangan fungsinya ketika ada banyak protein dalam urin (Kalengkongan dkk, 2018).

d) Penyakit Ginjal Polikistik

Penyakit ginjal polikistik bisa menyebabkan kerusakan ginjal karena ginjal harus menyaring zat beracun dalam jumlah besar. Penyakit ini lambat laun berujung pada gagal ginjal, sehingga pada stadium akhir bisa terjadi gagal ginjal. Penyakit ini umum terjadi pada usia lanjut sekitar usia 55 tahun (Kalengkongan dkk, 2018).

Penyakit ginjal polikistik ditandai dengan kista bilateral multipel dan ekspansi yang menyumbat dan secara bertahap menghancurkan ginjal parenkrin normal, sehingga ginjal akan rusak. (Kalengkongan dkk, 2018).

e) Glomerulonefritis

Penyakit ini menyebabkan inflamasi di bagian penyaring ginjal yang menyerang nefron. Inflamasi ini menyebabkan banyak limbah dari proses metabolisme lain yang harusnya keluar, namun justru menjadi penumpukan di ginjal. Penyakit ini dapat menjadi faktor yang menyebabkan gagal ginjal dengan sangat cepat (Kalengkongan dkk, 2018).

f) Pielonefritis

Pielonefritis yaitu peradangan yang terjadi pada ginjal. Pielonefritis bisa akut atau kronis. Pielonefritis juga dapat terjadi melalui infeksi hematogen. Jika infeksi kambuh, ginjal akan rusak, menyebabkan GGK. Penyakit ini biasanya disebabkan karena adanya batu ginjal, obstruksi atau refluks vesiko ureter (Kalengkongan dkk, 2018).

g) Obat – obatan

Kebiasaan mengonsumsi berbagai obat yang mengandung lithium dan siklosporin dapat memicu gagal ginjal. Hal ini karena ginjal bekerja sangat keras untuk membuang semua limbah hasil sisa obat di dalam tubuh. (Kalengkongan dkk, 2018).

h) Pola hidup

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa merokok, minum-minuman beralkohol dan sering mengonsumsi daging merupakan faktor risiko gagal ginjal kronik. Ketika berbagai jenis bahan kimia yang terdapat di rokok kemudian terserap oleh tubuh dapat menyebabkan penurunan laju GFR (Kalengkongan dkk, 2018).

4) Diagnostik

a) Gejala Klinis

Gejala klinis dan tanda dari gagal ginjal kronik akibat komplikasi sistemik. Sebagai organ yang mengkoordinasikan aliran darah, ginjal memiliki banyak fungsi (organ multifungsi), sehingga kerusakan ginjal kronis secara fisiologis menyebabkan gangguan keseimbangan sirkulasi dan vasomotor. Tanda dan gejala yang ditunjukkan gagal ginjal kronis: ginjal dan gastrointestinal, kardiovaskuler, sistem respirasi, integumen, neurologis, endokrin, hematopoietik, muskuloskeletal. (Hutagaol, 2017).

b) Pemeriksaan penunjang

Pemeriksaan penunjang yang dilakukan pada pasien gagal ginjal kronik yaitu:

(1) Pemeriksaan laboratorium:

(a) Darah: Hematologi (Hemoglobin, Hematokrit, Leukosit, Eritrosit, Trombosit), Liver Fungsi Test (LFT), Renal Fungsi Test (ureum dan

kreatinin), Elektrolit (kalium, klorida, kalsium), Koagulasi studi (PPT, PTTK), BGA.

- (b) Urin : Urine rutin, Urine khusus (benda keton, analisa kristal batu).
- (c) Pemeriksaan Kardiovaskuler : ECG dan ECO
- (d) Pemeriksaan Radiognostik : CT Scan abdominal, USG abdominal, FPA, BNO/IVP, Renogram dan Retio pielografi (Kalengkongan dkk, 2018).

3. Hemodialisis

a. Pengertian Hemodialisis

Hemodialisis yaitu prosedur terapi penggantian ginjal yang menggunakan membran semipermeabel (*dialyzer*) yang berfungsi seperti nefron untuk mengekresikan produk sisa metabolisme dan memperbaiki ketidakseimbangan cairan dan elektrolit pada pasien gagal ginjal. (Hutagaol, 2017).

Hemodialisis adalah suatu cara pengeluaran produk akhir metabolisme berupa zat (ureum dan kreatinin) dan air dari darah melalui membran semi permeabel atau biasa disebut *dialyzer*. Penghapusan cairan adalah tujuan utama dari hemodialisis. Pengeluaran cairan bertujuan untuk mempertahankan pasien dalam keadaan euvolemia atau sedikit hipovolemia setelah dialisis atau sering disebut berat kering (*dry weight*). Selain itu juga menjaga konsentrasi elektrolit plasma dalam batas normal dan membuang sisa metabolisme (Regita, 2020).

b. Tujuan Hemodialisis

Tujuan dari pengobatan hemodialisis yaitu membawa zat-zat nitrogen beracun dari tubuh pasien ke *dialyzer*, dimana darah dibersihkan dan dikembalikan ke tubuh pasien (Hutagaol, 2017).

c. Prinsip Kerja Hemodialisis

Kerja hemodialisis didasarkan pada tiga prinsip, yaitu difusi, osmosis, dan ultrafiltrasi. Racun darah dan produk limbah dikeluarkan selama difusi dengan mentransfer darah yang sangat pekat ke cairan dialisis dengan konsentrasi rendah. Osmosis menghilangkan kelebihan air tubuh dari tubuh dengan menciptakan perbedaan tekanan yang menarik air dari tubuh pasien ke dalam cairan dialisis. Gradien ini dapat ditingkatkan dengan menerapkan

tekanan negatif, yang disebut ultrafiltrasi ke mesin dialisis (Hutagaol, 2017).

d. Indikasi Hemodialisis

Hemodialisis diindikasikan untuk pasien dengan kondisi akut yang memerlukan dialisis jangka pendek (dari beberapa hari hingga beberapa minggu) atau untuk pasien dengan penyakit ginjal stadium akhir yang membutuhkan terapi jangka panjang permanen (Hutagaol, 2017).

Secara umum indikasi hemodialisis pada pasien gagal ginjal adalah (Hutagaol, 2017) :

- 1) GFR kurang dari 15 ml/menit
 - 2) Hiperkalemia
 - 3) Kegagalan terapi konservatif
 - 4) Kadar ureum lebih dari 200 mg/dl
 - 5) Kreatinin lebih dari 65 mEq/L
 - 6) Kelebihan cairan
 - 7) Anuria berkepanjangan lebih dari 5 kali
- #### 4. Anemia

Gagal ginjal kronik menyebabkan berbagai jenis komplikasi seperti anemia dan osteodistrofi ginjal, dengan komplikasi yang sering terjadi adalah anemia sebesar 80-90%. Anemia yaitu keadaan yang ditandai dengan penurunan kadar hemoglobin (Hb), hematokrit dan indeks eritrosit yang bisa menyebabkan penurunan kemampuan mengangkut serta mendistribusikan oksigen (O₂) ke dalam tubuh. Pada pasien dewasa atau anak umur > 15 tahun dapat didiagnosis anemia bila kadar Hb < 13 g/dL pada pria dan < 12 g/dL pada wanita (Natalia dkk, 2019).

Anemia pada gagal ginjal kronik dapat disebabkan oleh banyak faktor, tetapi penyebab utamanya adalah penurunan aktivitas eritropoietin karena defisiensi besi, defisiensi eritropoietin, ataupun keduanya. Faktor lain yang bisa menyebabkan anemia pada gagal ginjal kronik adalah adanya peradangan akut dan kronik, hiperparatiroid berat, umur eritrosit yang memendek akibat uremia, status gizi seperti konsumsi energi, asupan

protein, dan investasi cacing, defisiensi nutrisi (vitamin B12, zat gizi, asam folat, dan vitamin A) (Natalia dkk, 2019).

Klasifikasi anemia berdasarkan morfologinya dibagi menjadi tiga yaitu: anemia makrositik, anemia mikrositik, dan anemia normositik. Anemia makrositik merupakan anemia yang ditandai dengan MCV >100 fL. Anemia makrositik ini disebabkan oleh peningkatan jumlah retikulosit, metabolisme abnormal asam nukleat pada prekursor eritrosit, maturasi eritrosit abnormal, alkohol, penyakit hati, dan hipotiroidisme. Anemia mikrositik merupakan anemia dengan sel darah merah yang menyusut dengan MCV <80 fL. Anemia mikrositik ini disebabkan oleh kekurangan zat besi, terjadi keracunan logam, sintesis globin menurun. Sedangkan anemia normositik adalah anemia dengan karakteristik MCV normal antara 80-100 fL. Penyebab anemia normostatik antara lain anemia hemolitik, penyakit ginjal kronis, sindrom kardiorrenal, dan anemia hemolitik akibat kelainan sel darah merah intrinsik dan ekstrinsik (Rizky, 2021).

Anemia pada GGK harus dievaluasi apabila memiliki kadar Hb <11 g/dL atau nilai GFR <60 mL/min/1,73m². Disfungsi ginjal yang bisa menyebabkan anemia mulai dipertimbangkan dalam penilaian jika nilai GFR < 70 mL/min/1,73m². Pasien GGK dengan GFR <60 mL/min/1,73m² harus dievaluasi untuk anemia, evaluasi ini mencakup pengukuran kadar hemoglobin (Natalia dkk, 2019).

Tabel 2.2 Klasifikasi derajat anemia berdasarkan kadar hemoglobin

No.	Populasi	Non-anemia	Anemia		
			Ringan	Sedang	Berat
1.	Anak usia 6-59 bulan	11,0 atau lebih tinggi	10,0-10,9	7,0-9,9	<7,0
2.	Anak – anak usia 5-11 tahun	11,5 atau lebih tinggi	11,0-11,4	8,0-10,9	<8,0
3.	Anak – anak usia 12–14 tahun	12,0 atau lebih	11,0-11,9	8,0-10,9	<8,0
4.	Wanita tidak hamil (15 tahun keatas)	12,0 atau lebih	11,0-11,9	8,0-10,9	<8,0
5.	Wanita hamil	11,0 atau lebih tinggi	11,0-10,9	7,0-9,9	<7,0
6.	Pria (usia 15 tahun ke atas)	13,0 atau lebih	11,0-12,9	8,0-10,9	<8,0

(WHO, 2017)

Berikut merupakan parameter hematologi yang diperiksa untuk mengidentifikasi adanya anemia :

c. Pemeriksaan Hemoglobin

Hemoglobin yaitu protein kaya zat besi yang memiliki keterikatan terhadap oksigen dan membentuk oksihemoglobin dalam sel darah merah. Hemoglobin berfungsi mengangkut oksigen dari paru-paru ke jaringan. Hemoglobin adalah molekul yang dibentuk oleh rantai polipeptida heme (zat besi) dan globin (alfa, beta, gamma, dan delta) yang ditemukan dalam sel darah merah dan bertanggung jawab untuk membawa oksigen. Struktur Hb dinyatakan dengan menunjukkan jumlah dan jenis rantai globin yang ada, pada rantai alfa memiliki 141 molekul asam amino dan pada rantai beta, gamma, dan delta 146 molekul asam amino (Hasanan, 2018).

Fungsi hemoglobin adalah membawa oksigen dari paru-paru ke jaringan dalam aliran darah. Kadar hemoglobin dengan oksigen disebut oxyhemoglobin (HbO_2). Selain oksigen, hemoglobin juga mengangkut karbon dioksida dan membentuk ikatan karbon monoksida HbCO (karbon monoksida hemoglobin) dan juga mempengaruhi pH darah. Sintesis hemoglobin terjadi selama proses eritropoiesis dan pematangan eritrosit mempengaruhi fungsi hemoglobin (Hasanan, 2018).

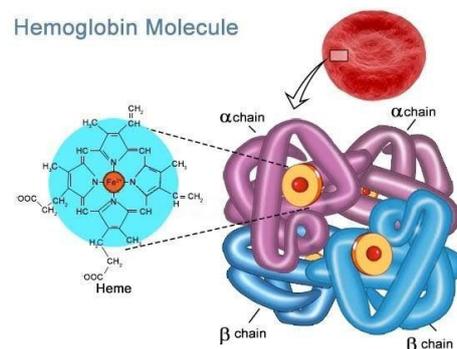
Hemoglobin yaitu komponen sumsum tulang belakang berbentuk eritrosit yang memiliki fungsi sangat penting dalam tubuh sebagai pembawa oksigen, nutrisi, dan karbon dioksida. Pada pasien hemodialisis, kadar hemoglobin turun karena produksi protein merah berkurang, makanan berkurang, diambil darah untuk pemeriksaan laboratorium, dan darah terperangkap atau tertinggal di mesin hemodialisis (Rantepadang, 2022).

Kurangnya hemoglobin dalam darah menyebabkan teradinya anemia, ditandai dengan gejala kelelahan, sesak napas, pucat dan pusing, sedangkan kelebihan hemoglobin menyebabkan terjadinya kekentalan darah ketika kadarnya sekitar 18-19 gr/mL yang bisa menyebabkan stroke. Kadar hemoglobin bisa dipengaruhi oleh ketersediaan oksigen di tempat tinggal, seperti peningkatan Hb pada orang yang tinggal di dataran tinggi. Selain itu,

Hb juga bisa dipengaruhi oleh posisi pasien (berdiri, berbaring), variasi diurnal (tertinggi pada pagi hari) (Hasanan, 2018).

1) Struktur Hemoglobin

Hemoglobin yaitu molekul protein tetramerik yang terdiri dari protoporphyrin dan besi yang ditemukan dalam sel darah merah dari semua vertebrata. Protein hemoglobin A berbentuk globuler yaitu terdiri dari dua rantai α -globin dan 2 rantai β -globin. Molekul $\alpha_2\beta_2$ ini membentuk hemoglobin individu dewasa. Setiap subunit (alfa dan beta) mengandung gugus heme, dengan satu atom besi untuk mengikat oksigen atau ligand yang lain secara reversibel. Peran hemoglobin dalam proses pernapasan, adalah sebagai pengangkut oksigen (O_2) dari paru-paru ke jaringan tubuh dan membawa kembali karbondioksida (CO_2). Hemoglobin juga berinteraksi dengan gas lain, yaitu karbon monoksida (CO) dan nitric oksida (NO), yang memiliki peran biologis (Wulandari, 2018).



Sumber : (Riyandi, 2015)

Gambar 2.3 Struktur Hemoglobin

2) Kadar Hemoglobin

Kadar hemoglobin yaitu ukuran pigmen respiratorik pada butiran sel darah merah. Jumlah normal hemoglobin dalam darah adalah sekitar 15 gr/100 ml dan jumlah ini biasanya disebut "100 persen". Kisaran normal kadar hemoglobin setiap individu sulit ditentukan karena kadar hemoglobin bervariasi pada setiap suku bangsa. Hasil pemeriksaan kadar hemoglobin juga bisa dipengaruhi dari alat pemeriksaan yang digunakan. Tentu ada perbedaan hasil yang ditunjukkan antara metode Sahli sederhana dengan metode fotometri yang lebih modern (Hasanan, 2018).

3) Penentuan Kadar Hemoglobin

Banyak metode yang telah ditemukan untuk menentukan kadar Hb, namun sampai saat ini belum ada satu metode yang hasilnya 100% terpercaya, mudah dilakukan dan sederhana (Kiswari, 2014). Beberapa metode untuk menetapkan nilai Hb, antara lain metode *cyanmethemoglobin*, *sahli* dan Automatic (Hematologi analyzer).

a) Metode *Cyanmethemoglobin*

Pemeriksaan hemoglobin yang direkomendasikan oleh WHO yaitu metode *Cyanmeth*. Pemeriksaan kadar hemoglobin dengan cara fotoelektrik kolorimetri (Hb *Cyanmeth*) ini adalah pemeriksaan yang lebih teliti dibandingkan dengan cara visual (Hb Sahli). Tingkat faktor kesalahan metode ini hanya sekitar 2% (Faatih, 2018).

Keuntungan dari metode *cyanmethemoglobin* adalah nyaman dan standar karena solusinya sudah tersedia dan cukup stabil. Prinsip dari pemeriksaan ini yaitu darah diencerkan dalam larutan kalium sianida dan kalium ferri sianida. Kalium ferri sianida mengoksidasi Hb menjadi Hi (methemoglobin), dan kalium sianida menghasilkan ion sianida (CN⁻) untuk membentuk HiCN, yang memiliki daya serap tertinggi dalam rentang panjang gelombang 540 nm. Absorbansi larutan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm dan dibandingkan dengan larutan standar HiCN (Kiswari, 2014).

b) Metode Sahli

Tujuan dari pemeriksaan Hb Sahli yaitu untuk mengukur kadar Hb seseorang dalam g/dl. Hemoglobin dalam darah diubah menjadi asam hematin, setelah itu warna yang terjadi dibandingkan dengan standar warna dalam alat Sahli. Metode Hb Sahli bisa dilakukan oleh petugas laboratorium atau petugas yang terlatih. Prinsip kerjanya yaitu Hemoglobin dengan mengubah HCl 0,1 N menjadi asam hematin dan warna yang dihasilkan dibandingkan secara visual dibandingkan dengan standar warna yg ada (Faatih, 2018).

c) Metode Automatic (Hematologi Analyzer)

Hematologi Analyzer merupakan alat untuk pemeriksaan darah lengkap yang memiliki kecepatan dan tingkat keakuratan yang cukup baik. Alat ini dapat mengurangi waktu pemeriksaan dari 30 menit menggunakan metode manual menjadi 15 detik dan dapat mengurangi kesalahan (Maciel & Comar, 2014).

Prinsip dari alat menggunakan *flow cytometer*. *Flow cytometer* ini menggunakan metode pengukuran dari jumlah dan sifat-sifat dari sel yang dapat dibungkus oleh aliran cairan kemudian dilewatkan bersama aliran melalui celah, sel dapat lewat satu persatu kemudian dilakukan perhitungan jumlah sel dan ukurannya (Darmadi & Permatasari, 2018).

Nilai normal untuk hasil pemeriksaan Hb yang telah ditentukan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Nilai Normal Hemoglobin

Usia / Jenis Kelamin	Nilai Hemoglobin (g/dl)
Saat lahir	17-23
Neonatus	15-25
2 bulan	9-14
1 – 2 tahun	11-13
10 tahun	12-14
Wanita dewasa	11-15
Pria dewasa	13-17

(Faatih, 2018)

b. Pemeriksaan Hematokrit

Hematokrit yaitu hasil pengukuran yang menyatakan perbandingan eritrosit terhadap volume darah dan dinyatakan dalam satuan persen. Sel darah merah memainkan peran penting karena bertanggung jawab dalam mengangkut oksigen dan nutrisi ke berbagai bagian tubuh. Tubuh kita membutuhkan persentase sel darah merah yang normal agar tetap sehat. Nilai hematokrit digunakan untuk menentukan nilai rata-rata dan menentukan ada tidaknya anemia (Rosidah & Wibowo, 2018).

Pemeriksaan hematokrit dapat dilakukan dengan metode wintrobe, mikro kapiler dan otomatis. Pemeriksaan hematokrit dengan metode wintrobe sangat dibantu oleh centrifuge untuk mengendapkan sel darah

merah. Proses centrifugasi sangat bergantung pada kecepatan dan waktu centrifugasi (Saleh dkk, 2019).

Ada berbagai hal yang perlu diperhatikan saat pemeriksaan hematokrit, seperti alat bersih dan kering, teknik pengambilan sampel, spuit dan jarum basah, serta balutan yang terlalu ketat. Selain itu, kecepatan sentrifugasi yang tidak tepat sangat mempengaruhi hasil pemeriksaan hematokrit (Saleh dkk, 2019). Untuk menentukan nilai hematokrit menggunakan metode automatic (Hematologi Analyzer).

Nilai normal untuk hasil tes hematokrit yang telah ditentukan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4 Nilai Normal Hematokrit

Usia / Jenis Kelamin	Nilai Hematokrit (%)
Laki – Laki Dewasa	45 – 52
Perempuan Dewasa	37 – 48
Bayi Baru Lahir	50 – 62
Usia 2 Bulan	31 – 39
Anak 1 – 6 tahun	30 – 40

(Lieseke & Zeibig, 2018)

c. Pemeriksaan Hitung jumlah eritrosit

Hitung jumlah eritrosit (Red Blood Cell) merupakan tes yang menentukan jumlah eritrosit dalam 1 μ l darah. Satuan yang digunakan untuk menghitung jumlah eritrosit adalah sel/mm². Metode yang dapat digunakan untuk menghitung jumlah eritrosit adalah hemositometer (bilik hitung) menggunakan reagen hayem dan secara otomatis dengan alat hematology analyzer (Nugraha & Badrawi, 2018).

Nilai rujukan untuk hitung jumlah eritrosit yang telah ditentukan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.5 Nilai rujukan hitung jumlah eritrosit

Usia atau Jenis Kelamin	Hitung Jumlah Eritrosit
Bayi baru lahir	4,8 – 7,2 juta sel/mm ³
Anak- anak	3,8 – 5,5 juta sel/mm ³
Pria dewasa	4,6 – 6,0 juta sel/mm ³
Wanita dewasa	4,0 – 5,0 juta sel/mm ³

(Nugraha & Badrawi, 2018)

d. Pemeriksaan Indeks Eritrosit

Nilai eritrosit rata-rata (Mean Corpuscular Volume) juga dikenal sebagai Indeks Eritrosit yaitu bagian dari tes laboratorium hitung darah lengkap yang memberikan informasi tentang jumlah hemoglobin (hb) per esel darah merah. Biasanya digunakan untuk mengklasifikasikan anemia dan mendiagnosis penyebab anemia. Volume sel rata-rata (MCV), hemoglobin sel rata-rata (MCH), konsentrasi Hemoglobin sel rata-rata (MCHC) dihitung dari Hematokrit (PCV), perkiraan hemoglobin, dan hitung sel eritrosit (Ridwan Kustiawan, 2017).

1) MCV (*Mean Corpuscular Volume*)

MCV (Mean Corpuscular Volume) atau VER (Volume Eritrosit rata-rata) menggambarkan ukuran eritrosit dalam satuan fL (femtoliter). MCV yang rendah menunjukkan bahwa sel darah merah berukuran kecil (mikrosit) seperti pada kasus anemia defisiensi besi atau thalassemia. Peningkatan MCV menunjukkan bahwa sel darah merah berukuran besar (makrosit) seperti pada kasus anemia asam folat atau anemia pernisiiosa. Kadar MCV normal menggambarkan normositik, karena sel darah merah memiliki ukuran normal (Wantini & Hidayati, 2018). Kadar MCV bisa dihitung dari nilai hematokrit dan jumlah eritrosit dengan menggunakan rumus :

$$\text{MCV (fL)} = \frac{\text{Hematokrit (\%)} \times 10}{\text{Hitung eritrosit (dalam satuan juta)}}$$

Nilai rujukan untuk pemeriksaan MCV yang telah ditentukan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.6 Nilai Rujukan MCV

Usia atau Jenis Kelamin	Nilai MCV
Bayi baru lahir	96 – 108 fL
Anak- anak	82 – 92 fL
Dewasa	80 – 98 fL

(Nugraha & Badrawi, 2018)

2) MCH (*Mean Corpuscular Hemoglobin*)

MCH (*mean corpuscular hemoglobin*) adalah ukuran jumlah hemoglobin / eritrosit dan dinyatakan dalam satuan pg (pikogram) atau dapat dinyatakan dalam gram($\times 10^{12}$ gram) (Nugraha & Badrawi, 2018).

Nilai MCH dihitung dengan mengalikan hemoglobin sebanyak 10 kali dan membaginya dengan jumlah eritrosit dengan menggunakan rumus:

$$\text{MCH (pg)} = \frac{\text{Hemoglobin (g/dL)} \times 10}{\text{Hitung eritrosit (dalam satuan juta)}}$$

Nilai rujukan untuk pemeriksaan MCH yang telah ditentukan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.7 Nilai Rujukan MCH

Usia atau Jenis Kelamin	Nilai MCH
Bayi baru lahir	32 – 34 pg
Anak- anak	27 – 31 pg
Dewasa	27 – 31 pg

(Nugraha & Badrawi, 2018)

3) MCHC (*Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration*)

MCHC (*mean corpuscular hemoglobin concentration*) konsentrasi hemoglobin rerata adalah indeks yang menunjukkan jumlah hemoglobin persatuan volume dan dinyatakan dengan persentase (%). Nilai MCHC dihitung dengan membagi MCV dan MCH setelah itu dikalikan 100%, perhitungannya dapat dituliskan dengan menggunakan rumus:

$$\text{MCHC(\%)} = \frac{\text{MCH (pg)}}{\text{MCV (fL)}} \times 100\%$$

Atau

$$\text{MCHC(\%)} = \frac{\text{Hb (g/dL)}}{\text{Ht (\%)}} \times 100\%$$

Nilai rujukan untuk pemeriksaan MCH yang telah ditentukan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.8 Nilai Rujukan MCHC

Usia atau Jenis Kelamin	Nilai MCHC
Bayi baru lahir	32 – 33 %
Anak- anak	32 - 36 %
Dewasa	32 – 36 %

(Nugraha & Badrawi, 2018)

B. Kerangka Konsep