

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Gagal Ginjal Kronik

1. Definisi

Gagal ginjal kronik (GGK) atau *chronic kidney disease* (CKD) merupakan kondisi gangguan pada struktur maupun fungsi ginjal yang berlangsung dalam waktu minimal tiga bulan dan memberikan dampak terhadap kesehatan individu. Penegakan diagnosis GGK dilakukan apabila terjadi penurunan laju filtrasi glomerulus (LFG) kurang dari 60 mL/menit/1,73 m² atau ditemukan tanda kerusakan ginjal, seperti adanya albuminuria, kelainan pada sedimen urine, perubahan struktur maupun histologis ginjal, serta riwayat transplantasi ginjal (Mislina, Purwaningsih dan Melani, 2022). Kondisi ini ditandai dengan penurunan fungsi ginjal yang berlangsung secara bertahap dan bersifat irreversibel akibat kerusakan nefron yang terus berlanjut. Dampaknya, kemampuan ginjal dalam mengekskresikan zat sisa metabolisme menjadi terganggu. Hal tersebut dapat dilihat dari menurunnya nilai LFG serta meningkatnya kadar zat sisa metabolisme seperti urea dan kreatinin di dalam darah, sehingga proses penyaringan limbah tubuh tidak berjalan secara optimal. Selain itu, GGK diklasifikasikan berdasarkan katagori G yang mengacu pada nilai LFG serta katagori A yang didasarkan pada tingkat albuminuria. Klasifikasi ini digunakan untuk menilai tingkat keparahan penyakit sekaligus memprediksi risiko progresivitasnya (KDIGO, 2024). Adapun tabel katagori laju filtrasi glomerulus (LFG) adalah sebagai berikut.

Tabel 1
Katagori Laju Filtrasi Glomerulus (LFG)

Katagori LFG	LFG (mL/menit/1,73 m ²)
G1	≥ 90
G2	60–89
G3a	45–59
G3b	30–44
G4	15–29
G5	< 15

(Sumber: KDIGO, 2024)

2. Patofisiologi

Kerusakan nefron sebagai unit fungsional terkecil ginjal berlangsung secara bertahap dan berkelanjutan, sehingga jumlah nefron yang masih berfungsi normal semakin berkurang. Kondisi ini menyebabkan kemampuan filtrasi ginjal mengalami penurunan. Sebagai bentuk adaptasi, nefron yang tersisa akan meningkatkan aktivitasnya melalui mekanisme hiperfiltrasi guna mempertahankan fungsi ekskresi zat sisa metabolisme. Namun, peningkatan beban kerja tersebut justru memicu kenaikan tekanan intraglomerulus yang dapat menyebabkan kerusakan lebih lanjut pada glomerulus. Dalam jangka panjang, proses ini menimbulkan perubahan struktural berupa glomerulosklerosis (pengerasan glomerulus) dan fibrosis interstisial (penebalan jaringan ginjal). Perubahan tersebut berdampak pada penurunan laju filtrasi glomerulus (LFG) serta semakin terganggunya kemampuan ginjal dalam menyaring darah secara optimal (Gliselda, 2021).

Kerusakan ginjal yang progresif juga memengaruhi fungsi endokrin ginjal, khususnya dalam produksi hormon penting. Salah satu hormon yang

terdampak adalah eritropoietin (EPO), yang berperan dalam merangsang pembentukan sel darah merah di sumsum tulang. Penurunan produksi eritropoietin menyebabkan terganggunya proses eritropoiesis sehingga pasien gagal ginjal kronik (GGK) rentan mengalami anemia.

Selain itu, gangguan fungsi ginjal juga memengaruhi keseimbangan mineral dalam tubuh. Ketidakseimbangan kadar kalsium dan fosfat dalam darah, yang ditandai dengan hipokalsemia serta peningkatan hormon paratiroid, dapat terjadi akibat penurunan kemampuan regulasi ginjal. Kondisi ini berpotensi menimbulkan osteodistrofi ginjal, yaitu gangguan metabolisme tulang yang berkaitan dengan penyakit ginjal kronik (Yupita dkk., 2025).

Secara keseluruhan, patofisiologi GGK merupakan proses yang kompleks, melibatkan interaksi antara kerusakan nefron, mekanisme kompensasi hiperfiltrasi, gangguan aliran darah ginjal, proses inflamasi kronis, serta disfungsi hormonal. Proses ini berlangsung secara perlahan namun terus memburuk hingga akhirnya menyebabkan penurunan fungsi ginjal secara progresif dan mencapai tahap akhir yang dikenal sebagai *End-Stage Renal Disease* (ESRD) (Hidayat dkk., 2023).

3. Manifestasi klinis

Manifestasi klinis pada pasien gagal ginjal kronik (GGK) timbul sebagai akibat dari penurunan fungsi ginjal yang berlangsung secara bertahap dan terus berkembang. Kondisi ini menyebabkan terganggunya kemampuan tubuh dalam mempertahankan keseimbangan metabolisme, elektrolit, serta proses eliminasi zat sisa metabolisme (Akhdiyat, 2019).

Salah satu kelainan yang paling sering dijumpai adalah anemia, yang terjadi akibat berkurangnya produksi hormon eritropoietin (EPO) oleh ginjal. Hormon ini memiliki peran penting dalam merangsang pembentukan sel darah merah di sumsum tulang. Penurunan kadar EPO menyebabkan produksi eritrosit menurun, sehingga pasien dapat mengalami gejala seperti pucat, lemas, mudah lelah, pusing, serta sesak napas akibat berkurangnya kemampuan darah dalam mengangkut oksigen ke jaringan tubuh. Selain gangguan hematologis, pasien GJK juga kerap mengalami gangguan metabolik yang disebabkan oleh akumulasi zat sisa metabolisme (uremik) di dalam darah. Penumpukan zat toksik ini dapat menimbulkan keluhan berupa mual, muntah, penurunan nafsu makan, dan rasa lelah. Di samping itu, ketidakseimbangan elektrolit seperti perubahan kadar natrium, kalium, kalsium, dan fosfat juga dapat terjadi, yang berpengaruh terhadap fungsi otot maupun tulang (Yuwono, Danial dan Rajibsmann, 2022).

Tahap lanjut penyakit ini sering ditandai dengan perubahan pada kulit, seperti kulit kering (*xerosis*), gatal (*pruritus*), perubahan warna kulit, serta kelainan pada kuku. Perubahan tersebut disebabkan oleh penumpukan racun uremik dan gangguan metabolisme yang berlangsung kronik, terutama pada pasien yang menjalani hemodialisa (Yonathan dan Darmawan, 2021). Secara umum, manifestasi klinis GJK mencakup anemia akibat gangguan produksi eritropoietin, gangguan metabolik karena penumpukan zat toksik, serta perubahan dermatologis yang mencerminkan dampak sistemik dari penurunan fungsi ginjal dalam jangka panjang.

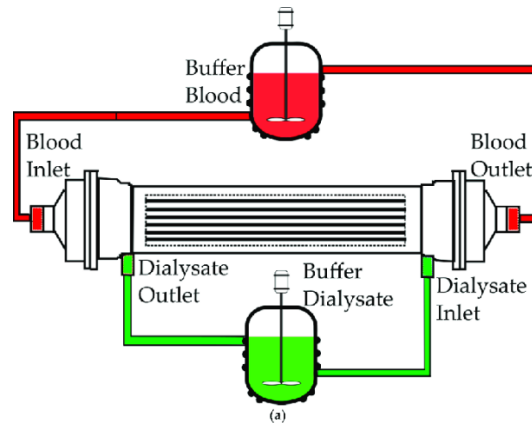
B. Hemodialisa

1. Definisi

Hemodialisa merupakan salah satu bentuk terapi pengganti ginjal yang bertujuan untuk mengeluarkan zat sisa metabolisme, menjaga keseimbangan cairan, serta mempertahankan kestabilan elektrolit dalam tubuh. Prosedur ini dilakukan dengan mengalirkan darah pasien ke dalam alat dialiser yang berperan sebagai ginjal buatan, di mana proses pemisahan zat sisa dan kelebihan cairan terjadi melalui mekanisme difusi dan ultrafiltrasi (Utami dkk., 2020).

Terapi hemodialisa umumnya diberikan pada pasien gagal ginjal kronik ketika fungsi ginjal sudah tidak mampu mempertahankan keseimbangan cairan dan elektrolit secara optimal. Melalui proses ini, berbagai zat toksik seperti ureum dan kreatinin yang terakumulasi dalam darah akibat penurunan fungsi ginjal dapat dikeluarkan. Pelaksanaan hemodialisa biasanya dilakukan secara rutin, yaitu sekitar dua hingga tiga kali dalam satu minggu dengan durasi kurang lebih empat hingga lima jam setiap sesi. Frekuensi dan lama tindakan disesuaikan dengan kondisi klinis serta tingkat keparahan gangguan fungsi ginjal pada masing-masing pasien (Naryati dkk., 2023). Hemodialisa membantu memperbaiki kinerja ginjal yang telah rusak sehingga pasien dapat mempertahankan kestabilan metabolisme tubuh (Heri Triyono dkk., 2023).

2. Proses hemodialisa



(Sumber: Stiapis *et al.*, 2020)

Gambar 1 Proses Hemodialisa

Proses hemodialisa melibatkan tiga komponen utama, yaitu sistem sirkulasi darah, sistem sirkulasi dialisat, dan dialiser yang berfungsi sebagai ginjal buatan. Ketiga komponen ini bekerja secara terintegrasi untuk mengeluarkan zat sisa metabolisme serta kelebihan cairan melalui mekanisme difusi dan ultrafiltrasi. Darah pasien dialirkan menuju dialiser dengan kecepatan sekitar 300–450 mL per menit, sedangkan cairan dialisat mengalir berlawanan arah dengan laju sekitar 500 mL per menit guna mempertahankan gradien difusi (Naryati dkk., 2023). Pengeluaran cairan terjadi akibat adanya perbedaan tekanan transmembran, dengan efektivitas yang dipengaruhi oleh kemampuan membran dalam melakukan ultrafiltrasi. Komposisi cairan dialisat dibuat menyerupai plasma darah agar keseimbangan elektrolit tetap terjaga selama proses berlangsung. Seluruh rangkaian ini dikontrol oleh mesin hemodialisa yang dilengkapi dengan sistem pemantauan tekanan, suhu, dan volume cairan, serta berbagai sensor keamanan. Pengaturan parameter yang tepat sangat

berperan dalam menurunkan kadar ureum dan kreatinin serta menjaga keseimbangan homeostasis tubuh pasien (Shiokawa *et al.*, 2024).

3. Efek samping hemodialisa

Beberapa komplikasi yang sering terjadi selama prosedur hemodialisa antara lain sebagai berikut:

a. Hipotensi intradialisis

Hipotensi intradialisis merupakan salah satu efek samping yang paling sering muncul selama proses hemodialisa. Kondisi ini terjadi ketika pengeluaran cairan berlangsung lebih cepat dibandingkan kemampuan tubuh dalam menyesuaikan volume darah. Penurunan tekanan darah dapat disebabkan oleh berkurangnya volume intravaskular, gangguan regulasi sistem otonom, serta penurunan respons kardiovaskular pada pasien penyakit ginjal kronik. Risiko kejadian ini lebih tinggi pada pasien usia lanjut, penderita diabetes, serta pasien dengan kelebihan cairan sebelum dialisis. Hipotensi dapat mengganggu jalannya terapi karena menimbulkan gejala seperti lemas, ketidakstabilan sirkulasi, dan penurunan perfusi organ sehingga memerlukan penanganan segera (Ramadhani, Mailani dan Lenggogeni, 2025).

b. Kram otot

Kram otot selama hemodialisa umumnya disebabkan oleh ketidakseimbangan cairan dan elektrolit, berkurangnya aliran darah ke otot, serta perubahan mendadak pada status hidrasi. Kondisi ini sering terjadi pada ekstremitas bawah dan biasanya muncul pada fase akhir dialisis saat proses ultrafiltrasi mendekati target. Beberapa faktor yang berperan antara lain penggunaan dialisat dengan kadar natrium rendah, laju pengeluaran cairan yang

tinggi, serta kondisi dehidrasi relatif. Gangguan perfusi otot menyebabkan kontraksi berlangsung lebih lama dan lebih kuat sehingga pasien merasakan nyeri atau kejang yang cukup hebat. Hal ini dapat menurunkan kenyamanan serta toleransi pasien terhadap prosedur hemodialisa (Lumbantobing dkk., 2024).

c. Ketidakseimbangan elektrolit

Selama hemodialisa, perpindahan elektrolit dari darah ke cairan dialisat dapat menyebabkan perubahan kadar natrium, kalium, dan kalsium secara signifikan. Penurunan kadar kalium yang terlalu cepat berisiko menimbulkan gangguan irama jantung, sedangkan perubahan natrium dapat memengaruhi tekanan darah serta keseimbangan cairan sel. Ketidakseimbangan ini terjadi akibat perbedaan konsentrasi yang besar antara darah pasien dan dialisat, terutama pada pasien dengan kadar elektrolit tinggi sebelum dialisis. Kondisi tersebut dapat menimbulkan gejala seperti kelemahan, rasa tidak nyaman, serta gangguan hemodinamik, sehingga diperlukan penyesuaian komposisi dialisat secara individual (Correa *et al.*, 2021).

d. Anemia

Anemia merupakan komplikasi utama pada pasien gagal ginjal kronik (GGK) yang menjalani hemodialisa. Hal ini disebabkan oleh ketidakmampuan ginjal yang rusak dalam memproduksi eritropoietin (EPO) secara adekuat, sehingga proses pembentukan sel darah merah di sumsum tulang terganggu. Selain itu, prosedur hemodialisa juga dapat mempercepat penurunan kadar hemoglobin akibat kehilangan darah berulang melalui sirkuit dialisis dan pemeriksaan laboratorium, serta hemolisis ringan akibat kontak sel darah merah

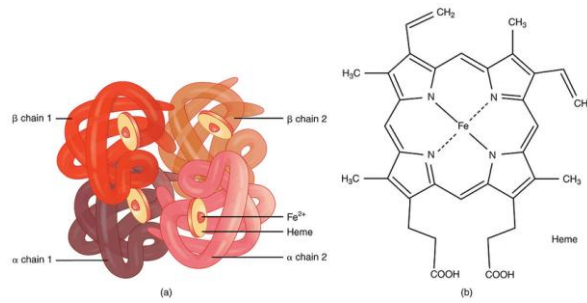
dengan membran dialiser. Kondisi anemia ini berdampak pada penurunan energi, keterbatasan aktivitas, serta peningkatan risiko komplikasi kardiovaskular. Respons terhadap terapi eritropoietin juga dapat berkurang pada kondisi tertentu seperti inflamasi kronis, kekurangan nutrisi, dan ketidakseimbangan cairan yang menyebabkan hemodilusi (Prodyanatasari dan Purnadianti, 2024).

C. Hemoglobin

1. Definisi

Hemoglobin merupakan protein utama yang terdapat di dalam eritrosit dan memiliki peran penting dalam proses respirasi seluler. Protein ini berfungsi mengikat serta mengangkut oksigen dari paru-paru menuju jaringan tubuh, kemudian membawa kembali karbon dioksida dari jaringan ke paru-paru untuk dikeluarkan. Selain itu, hemoglobin juga digunakan sebagai indikator penting dalam menilai status hematologis yang berkaitan dengan kondisi fisiologis dan klinis seseorang. Perubahan kadar hemoglobin dapat memengaruhi proses distribusi oksigen ke jaringan serta berdampak pada metabolisme tubuh secara keseluruhan. Secara struktural, hemoglobin tersusun atas empat rantai globin, yang terdiri dari dua rantai alfa dan dua rantai beta. Masing-masing rantai globin berikatan dengan satu gugus heme yang mengandung atom besi (Fe^{2+}) sebagai tempat pengikatan oksigen. Keberadaan hemoglobin sangat menentukan kemampuan darah dalam membawa oksigen sehingga berperan penting dalam menjaga keseimbangan fungsi tubuh (Steinberg, 2020).

2. Struktur dan fungsi



(Sumber: Panawala, 2017)

Gambar 2 Struktur Hemoglobin

Hemoglobin tersusun atas empat subunit protein yang disebut globin, yang terdiri dari dua rantai alfa (α_1 dan α_2) serta dua rantai beta (β_1 dan β_2). Keempat rantai tersebut saling berikatan membentuk struktur tetramer yang memungkinkan hemoglobin menjalankan fungsinya secara optimal. Setiap subunit globin memiliki satu gugus heme berupa cincin porfirin yang mengandung atom besi (Fe^{2+}) di bagian pusatnya, yang berperan sebagai tempat pengikatan oksigen.

Struktur hemoglobin yang kompleks memungkinkan terjadinya proses pengikatan dan pelepasan oksigen secara dinamis. Pada saat berada di paru-paru dengan kadar oksigen yang tinggi, hemoglobin akan mengikat oksigen dengan mudah. Sebaliknya, ketika mencapai jaringan dengan kadar oksigen yang lebih rendah, hemoglobin akan melepaskan oksigen tersebut untuk digunakan oleh sel. Mekanisme ini bersifat kooperatif, di mana pengikatan satu molekul oksigen akan meningkatkan kemampuan hemoglobin untuk mengikat molekul oksigen berikutnya.

Selain berperan dalam transport oksigen, hemoglobin juga membantu mengangkut sebagian karbon dioksida (CO_2) dari jaringan kembali ke paru-

paru, serta berkontribusi dalam menjaga keseimbangan asam-basa darah. Hemoglobin juga dapat berinteraksi dengan molekul lain seperti nitrogen monoksida (NO) yang berperan dalam regulasi tekanan darah dan fungsi pembuluh darah.

Terdapat beberapa jenis hemoglobin, di antaranya hemoglobin dewasa (HbA) dan hemoglobin janin (HbF), yang memiliki perbedaan dalam afinitas terhadap oksigen. Hemoglobin janin (HbF) memiliki kemampuan mengikat oksigen lebih kuat dibandingkan HbA, sehingga berperan penting dalam memenuhi kebutuhan oksigen selama masa perkembangan janin (Dybas dkk., 2020; Steinberg, 2020).

3. Nilai normal kadar hemoglobin

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor HK.01.07/MENKES/1634/2023 tentang Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran Tata Laksana Penyakit Ginjal Kronik, evaluasi anemia perlu dilakukan bila kadar hemoglobin turun di bawah 12,0 g/dL pada perempuan dan 13,0 g/dL pada laki – laki, sesuai batas yang ditetapkan oleh WHO (Kemenkes RI, 2023). Adapun tabel nilai normal kadar hemoglobin pria dan wanita dewasa adalah sebagai berikut.

Tabel 2
Katagori Nilai Hemoglobin

Katagori	Laki – laki	Perempuan
Rendah	< 13 g/dL	< 12 g/dL
Normal	13 – 18 g/dL	12 – 16 g/dL
Tinggi	> 18 g/dL	> 16 g/dL

(Sumber: Kemenkes RI, 2023)

D. Metode Pemeriksaan Hemoglobin

1. Metode *cyanmethemoglobin*

Metode *cyanmethemoglobin* merupakan *gold standard* dalam pemeriksaan kadar hemoglobin. Prinsip metode ini didasarkan pada reaksi oksidasi hemoglobin menjadi methemoglobin dengan penambahan ferisianida, yang kemudian diubah menjadi *cyanmethemoglobin* yang stabil melalui penambahan sianida. Hasil reaksi diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm, di mana absorbansi larutan sebanding dengan konsentrasi hemoglobin dalam darah. Metode ini memiliki keunggulan berupa hasil yang stabil dan dapat dibaca hingga 24 jam pada suhu ruang (15–25 °C). Untuk pengukuran tidak langsung di lapangan, darah diteteskan pada kertas saring yang kemudian direndam dalam larutan Drabkin dan dianalisis di laboratorium menggunakan spektrofotometer (Siregar dkk., 2023)

2. Metode *hematology analyzer*

Metode *hematology analyzer* merupakan teknik pemeriksaan otomatis yang memberikan hasil cepat, akurat, dan dapat diandalkan dalam mendiagnosis berbagai kelainan hematologi. Prinsip kerja metode ini didasarkan pada konsep *volumetric impedance* atau perubahan resistansi listrik. Sel darah yang telah dicampur dengan larutan elektrolit akan melewati lubang pengukur (aperture) dengan dua elektroda yang terpasang. Ketika sel darah melewati lubang, resistansi antara elektroda meningkat dan menghasilkan perubahan tegangan yang proporsional dengan jumlah serta ukuran sel. Sinyal ini diperkuat dan difilter untuk menghilangkan gangguan listrik atau partikel lain sehingga menghasilkan pembacaan kadar hemoglobin yang akurat (Daves dkk., 2024).

3. Metode sahli

Metode Sahli atau metode *acid hematin* merupakan salah satu metode klasik untuk menentukan kadar hemoglobin. Prinsip kerja metode ini adalah mengubah hemoglobin menjadi hematin asam melalui penambahan larutan asam klorida (HCl) 0,1 N ke dalam sampel darah. Setelah itu, larutan diencerkan dengan air suling hingga warna larutan sesuai dengan standar warna pada batang kaca Sahli. Pembacaan hasil dilakukan secara visual dengan membandingkan intensitas warna sampel terhadap standar tersebut. Meskipun sederhana, metode ini memiliki keterbatasan karena pengukuran bersifat subjektif dan bergantung pada ketajaman penglihatan pemeriksa (Kusumawati dkk., 2018)

4. Metode POCT

Metode *Point of Care Testing* (POCT) merupakan salah satu teknik pemeriksaan kadar hemoglobin yang banyak digunakan pada pelayanan kesehatan primer. Metode ini bersifat sederhana dan efisien, karena hanya memerlukan sedikit sampel darah serta mampu memberikan hasil dalam waktu singkat. Prosedur pengukuran dilakukan dengan meneteskan darah kapiler pada *strip test* yang telah disiapkan, kemudian strip dimasukkan ke dalam alat *hemoglobin checker* untuk membaca kadar hemoglobin secara cepat dan akurat. Metode ini dinilai efektif, mudah digunakan, serta terjangkau secara finansial sehingga sesuai diterapkan untuk skrining anemia di lapangan (Nidianti dkk., 2019)

E. Pengaruh Hemodialisa Terhadap Kadar Hemoglobin

1. Penurunan kadar hemoglobin

Hemodialisa merupakan salah satu terapi pengganti ginjal yang dilakukan untuk membersihkan darah dari sisa metabolisme, mengatur keseimbangan cairan, serta menjaga kestabilan elektrolit tubuh pada pasien dengan gagal ginjal kronik (Utami dkk., 2020). Selain berfungsi untuk membantu kerja ginjal, proses hemodialisa juga berpengaruh terhadap kadar hemoglobin dalam darah. Pasien dengan gagal ginjal kronik sering mengalami penurunan kadar hemoglobin akibat ketidakmampuan ginjal yang rusak dalam memproduksi hormon eritropoietin secara optimal. Hormon ini berperan penting dalam pembentukan sel darah merah di sumsum tulang. Kekurangan hormon eritropoietin menyebabkan penurunan jumlah sel darah merah, yang berujung pada anemia (Yuwono, Danial dan Rajibsmann, 2022).

Selama proses dialisis, terjadi pengeluaran cairan berlebih dan zat toksik dari tubuh, sehingga keseimbangan cairan dan lingkungan biokimia tubuh menjadi lebih baik. Hemodialisa merupakan terapi pengganti ginjal yang bertujuan untuk membantu mengeluarkan sisa metabolisme dan menjaga keseimbangan cairan serta elektrolit dalam tubuh pasien gagal ginjal kronik. Kondisi ini dapat mendukung proses pembentukan sel darah merah sehingga membantu mempertahankan kadar hemoglobin dalam darah (Yuniarti, 2021). Selain itu, hemodialisa dapat mendukung efektivitas terapi eritropoietin yang diberikan sebagai terapi penunjang anemia pada pasien gagal ginjal kronik, meskipun respons terhadap terapi tersebut dapat berbeda pada setiap pasien (Rosdewi dkk., 2023). Perbedaan respons kadar hemoglobin pada pasien yang

menjalani hemodialisa dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain status gizi, frekuensi dialisis, kepatuhan terhadap pengobatan, serta terapi penunjang seperti pemberian eritropoietin dan zat besi (Mohtar dkk., 2021). Oleh karena itu, pemantauan kadar hemoglobin secara rutin diperlukan untuk memastikan kondisi pasien tetap stabil dan mencegah terjadinya komplikasi anemia (Agustina dan Wardani, 2019).

Pasien dengan penyakit ginjal kronik mengalami penurunan produksi eritropoietin akibat kerusakan nefron sehingga proses pembentukan sel darah merah terganggu dan memicu anemia. Kondisi ini dapat memburuk selama hemodialisis karena prosedur dialisis berpotensi menyebabkan kehilangan darah melalui sisa darah yang tertinggal di dialiser, kerusakan mekanik sel darah merah, serta ketidakseimbangan metabolik yang memengaruhi stabilitas eritrosit. Kombinasi gangguan produksi eritrosit dan kehilangan darah selama terapi membuat kadar hemoglobin sering berada di bawah normal sehingga memerlukan pemantauan dan penatalaksanaan yang optimal (Agustina dan Wardani, 2019).

Sebagai upaya penatalaksanaan anemia pada pasien gagal ginjal kronik (GGK) yang menjalani hemodialisa, pemberian eritropoietin rekombinan digunakan sebagai terapi penunjang untuk menggantikan fungsi eritropoietin endogen yang menurun. Terapi eritropoietin rekombinan bertujuan untuk meningkatkan produksi sel darah merah dan membantu mempertahankan kadar hemoglobin dalam batas yang diharapkan. Penanganan anemia pada pasien gagal ginjal kronik umumnya dilakukan melalui pendekatan terpadu yang mencakup pemberian eritropoietin rekombinan, suplementasi zat besi, serta

pemantauan kadar hemoglobin secara berkala. Pemberian zat besi diperlukan karena kekurangan zat besi sering ditemukan pada pasien gagal ginjal kronik dan dapat memengaruhi efektivitas terapi eritropoietin. Namun demikian, keberhasilan terapi eritropoietin tidak selalu sama pada setiap pasien, karena respons terapi dipengaruhi oleh berbagai faktor klinis, antara lain status gizi, kecukupan zat besi, dan tingkat kepatuhan pasien terhadap pengobatan yang dijalani (Collister, Rigatto dan Tangri, 2017).

2. Faktor yang mempengaruhi

a. Faktor internal

1) Usia

Faktor usia dapat meningkatkan maupun menurunkan kerentanan terhadap berbagai penyakit. Secara umum, kualitas hidup cenderung menurun seiring bertambahnya usia. Meskipun penyakit dapat menyerang semua kelompok usia, beberapa kondisi lebih sering muncul pada rentang usia tertentu. Pada usia lanjut, kejadian penyakit kronis umumnya meningkat karena perubahan fisiologis dan penurunan fungsi organ, sedangkan penyakit akut tidak menunjukkan pola kecenderungan yang spesifik terhadap umur (Winarni, Engkartini dan Sarwa, 2025).

Peningkatan usia berhubungan dengan menurunnya kemampuan sumsum tulang memproduksi eritrosit akibat penurunan sensitivitas terhadap eritropoietin dan adanya stres oksidatif yang tinggi. Kondisi ini menyebabkan kadar hemoglobin pada pasien lanjut usia cenderung lebih rendah dibandingkan pasien usia muda (Yanti dkk., 2022). Adapun pembagian kelompok usia sesuai

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 25 Tahun 2016 disajikan pada tabel berikut.

Tabel 3
Pengelompokan Usia

Kategori Usia	Rentang Usia
Neonatal dan bayi	0 – 1 tahun
Balita	1 – 5 tahun
Anak prasekolah	5 – 6 tahun
Anak	6 – 10 tahun
Remaja	10 – 19 tahun
Dewasa	19 – 44 tahun
Pra-lansia	45 – 59 tahun
Lansia	≥ 60 tahun

(Sumber: Permenkes RI, 2016)

2) Jenis kelamin

Jenis kelamin merupakan salah satu faktor yang dapat memengaruhi kejadian gagal ginjal kronik dan kadar hemoglobin pada pasien yang menjalani hemodialisa (Nurhasanah dan Utami, 2020). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pasien gagal ginjal kronik lebih banyak ditemukan pada laki-laki dibandingkan perempuan. Hal ini diduga karena perempuan memiliki hormon estrogen yang berperan protektif terhadap fungsi ginjal, sedangkan laki-laki tidak memiliki perlindungan hormonal tersebut. (Salsabila dkk., 2023).

Selain faktor biologis, laki-laki juga cenderung memiliki faktor risiko lebih tinggi seperti kebiasaan merokok, konsumsi alkohol, hipertensi, diabetes melitus, dan pola makan kurang sehat. Kondisi tersebut dapat mempercepat penurunan fungsi ginjal sehingga laki-laki lebih banyak mencapai stadium

lanjut dan memerlukan hemodialisa. Penurunan fungsi ginjal yang progresif dapat menurunkan produksi eritropoietin sehingga kadar hemoglobin menjadi rendah (Amelina dan Sudrajat, 2024).

3) Defisiensi eritropoietin

Eritropoietin (EPO) merupakan hormon glikoprotein yang berperan penting dalam proses eritropoiesis atau pembentukan sel darah merah di sumsum tulang. Dalam kondisi normal, eritropoietin diproduksi oleh ginjal sebagai respons terhadap penurunan kadar oksigen dalam jaringan. Pada pasien gagal ginjal kronik (GGK), penurunan fungsi ginjal menyebabkan produksi eritropoietin endogen menurun sehingga mengakibatkan gangguan pembentukan eritrosit dan berkontribusi terhadap terjadinya anemia (Mohtar dkk., 2021). Defisiensi eritropoietin merupakan penyebab utama anemia pada pasien gagal ginjal kronik (GGK). Ginjal yang mengalami kerusakan tidak mampu menghasilkan eritropoietin dalam jumlah cukup, sehingga produksi eritrosit di sumsum tulang menurun. Akibatnya, kadar hemoglobin pasien GGK terus menurun seiring progresivitas penyakit (Widiana, 2022).

4) Defisiensi zat besi

Defisiensi zat besi dapat bersifat absolut maupun fungsional. Defisiensi absolut terjadi karena kehilangan darah kronik dan asupan zat besi yang tidak adekuat, sedangkan defisiensi fungsional disebabkan oleh gangguan mobilisasi zat besi akibat peradangan kronik. Keduanya berkontribusi terhadap penurunan kadar hemoglobin pada pasien gagal ginjal kronik (GGK) (Badura *et al.*, 2024).

b. Faktor eksternal

1) Lama menjalani hemodialisa

Lama menjalani hemodialisa (*dialysis vintage*) menggambarkan durasi seorang pasien menjalani prosedur ini, yang umumnya dikategorikan menjadi < 12 bulan, 12 – 24 bulan, dan > 24 bulan (Zhu *et al.*, 2023). Hasil penelitian oleh (Rukmana, Azam dan Farida, 2022) di RS Islam Sultan Agung Semarang menunjukkan bahwa lama menjalani hemodialisa berhubungan dengan tingkat keparahan anemia. Semakin lama pasien menjalani terapi, semakin besar risiko kehilangan darah melalui proses dialisis, serta meningkatnya peradangan sistemik yang menghambat eritropoiesis (Taufik dan Simatupang, 2024).

2) Indeks massa tubuh (IMT)

Status gizi yang dinilai melalui Indeks Massa Tubuh (IMT) berperan dalam menentukan keseimbangan asupan zat gizi, dimana IMT yang rendah maupun tidak sesuai dapat mencerminkan kurangnya asupan nutrisi yang diperlukan untuk pembentukan hemoglobin sehingga meningkatkan risiko kadar hemoglobin rendah (Nadila dkk., 2024). Pasien dengan IMT rendah cenderung mengalami kekurangan zat gizi penting seperti zat besi, asam folat, dan vitamin B12 yang dibutuhkan untuk pembentukan eritrosit (Prapaiwong *et al.*, 2025).

Adapun rumus menghitung indeks massa tubuh adalah sebagai berikut.

$$IMT = \frac{\text{Berat badan (kg)}}{\text{Tinggi badan (m)}^2}$$

Adapun kategori indeks massa tubuh berdasarkan (Kemenkes RI, 2025) adalah sebagai berikut.

a) Normal : 18,5–22,9 kg/m²

- b) Kurus : $<18,5 \text{ kg/m}^2$
- c) Gemuk : $23\text{--}24,9 \text{ kg/m}^2$
- d) Obesitas : $25\text{--}29,9 \text{ kg/m}^2$

3) Transfusi darah

Pada pasien yang menjalani hemodialisa, *iron overload* menjadi masalah penting karena setiap kantong darah mengandung sekitar 200–250 mg zat besi, dan tubuh tidak memiliki mekanisme fisiologis untuk mengeluarkannya (Widiana, 2022). Akumulasi ini menyebabkan peningkatan ferritin serum dan kadar zat besi total tubuh, yang berdampak pada proses eritropoiesis (Widiana, 2022). Salah satu penelitian menunjukkan bahwa transfusi darah pada pasien gagal ginjal kronik yang menjalani hemodialisa dapat bermasalah apabila terjadi inkompatibilitas darah donor, yang berpotensi membahayakan pasien (Ismawatie dkk., 2024).

4) Aktivitas fisik

Aktivitas fisik adalah gerakan tubuh yang melibatkan otot rangka dan memberikan banyak manfaat bagi kesehatan. Saat aktivitas fisik meningkat, metabolisme tubuh juga meningkat dan menghasilkan lebih banyak asam, yang menurunkan pH darah. Penurunan pH ini membuat hemoglobin melepaskan lebih banyak oksigen ke jaringan. Aktivitas fisik yang teratur dapat membantu meningkatkan kadar hemoglobin, namun jika dilakukan secara berlebihan dapat menyebabkan hemolisis sehingga justru menurunkan kadar hemoglobin (Ferdiana dan Samsu, 2024).