

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Ginjal

Ginjal adalah sepasang organ saluran kemih yang terletak dirongga retroperitoneal bagian atas berwarna merah keunguan. Manusia memiliki sepasang ginjal di kanan dan kiri ruas-ruas tulang belakang, dibawah hati dan limpa. Ginjal merupakan tempat untuk membersihkan darah dari berbagai zat hasil metabolisme dan racun yang tidak dibutuhkan oleh tubuh kemudian dibuang dalam bentuk urin. Pada orang dewasa, ginjal memiliki ukuran panjang sekitar 11,5 cm, lebar sekitar 6 cm dan ketebalan 3,5 cm dengan berat sekitar 120-170 gram atau kurang lebih 0,4% dari berat badan (Abata, 2016).

Fungsi utama ginjal diantaranya membuang produk-produk sisa metabolisme dari tubuh seperti obat-obatan, toksin, ion yang meregulasi keseimbangan elektrolit seperti natrium, kalium dan kalsium serta menghomeostatis tekanan darah, mengatur keseimbangan air, mengatur konsentrasi natrium dalam darah dan mengekskresi bahan buangan (Ginting *et al.*, 2022)

Fungsi ginjal menurut (Ginting *et al.*, 2022) adalah sebagai berikut:

a. Menyaring

Ginjal menyaring cairan dari aliran darah, semua darah dalam tubuh bergerak masuk dan keluar dari ginjal ratusan kali setiap hari, sekitar

200 liter cairan untuk disaring setiap 24 jam. Darah dipompa oleh jantung masuk ke ginjal setiap menitnya dilakukan penyaringan atau yang disebut dengan filtrasi sebanyak 20% dan darah akan mengalir ke seluruh tubuh untuk perfusi jaringan dan pertukaran gas sebanyak 80%.

b. Pengolahan limbah

Ginjal memproses filtrat dengan membuang limbah dan ion yang berlebihan melalui urin dan mereabsorpsi zat-zat yang dibutuhkan dan bermanfaat bagi tubuh untuk kemudian digunakan kembali. Reabsorpsi ini merupakan proses penyerapan kembali oleh tubuh ke tubulus bagian bawah dimana sebagian besar yang diserap adalah ion bikarbonat, molekul, sodium, fosfat dan glukosa.

c. Eliminasi

Ginjal salah satu organ yang berfungsi untuk eliminasi. Ginjal mengekskresikan limbah nitrogen, racun, dan obat-obatan dari dalam tubuh.

d. Pengaturan

Ginjal berfungsi untuk mengatur volume darah dan susunan kimiawi sehingga kadar antara air, garam, asam dan basa berada pada kondisi seimbang (homeostasis).

e. Regulasi

Fungsi ini dicapai melalui peran ginjal dalam memproduksi enzim renin yang dapat membantu mengatur tekanan darah, dan hormon

eritropoetin. Hormon eritropoetin ini berperan dalam produksi sel darah merah pada sumsum tulang.

f. Konversi

Sel-sel ginjal juga berperan untuk mengaktivasi vitamin D.

Kedua ginjal menyaring sekitar 120-150 liter darah dan 1-2 liter urin setiap harinya. Ginjal normal mengandung sekitar 1 juta nefron, yang masing-masing berkontribusi pada *laju filtrasi glomerulus* (LFG). Meskipun terjadi kerusakan nefron yang progresif, ginjal memiliki kemampuan bawaan untuk mempertahankan LFG karena nefron sehat yang tersisa menunjukkan hiperfiltrasi dan hipertrofi kompensasi (Gliselda, 2021).

Fungsi ginjal menurut *Kidney Disease Improving Global Outcomes* (KDIGO) dapat dilihat dengan mengetahui kadar ureum, kreatinin, dan *glomerular filtration rate* (GFR). GFR adalah sejumlah plasma ultrafiltrat yang dibentuk setiap menit dan dapat dihitung dalam eksperimen pada hewan dan manusia, dengan menghitung kadar plasma dari substansi yang di eksresikan. Substansi yang digunakan untuk mengukur GFR, harus bebas difiltrasi melalui glomeruli, dan juga tidak disekresikan atau direabsorpsi oleh tubulus (Anggara *et al.*, 2021).

Parameter ukur untuk mengetahui kondisi ginjal yang sehat menurut (Irtawaty, 2017) ada 3 (tiga) yaitu:

- 1) Ureum pada ginjal yang sehat berkisar 15-40 mg/dl
- 2) Kadar kreatinin normal yaitu 0,1-1,1 mg/dl.

- 3) *Glomerulus Filtration Rate* (GFR) atau Laju Filtrasi Glomerulus (LFG) normal yaitu 90-120 mL/menit/1,73 m².

2. Penyakit Gagal Ginjal

Penyakit ginjal menjadi masalah pada status kesehatan masyarakat di dunia. Salah satu gejala penyakit ginjal adalah adanya ureum dalam darah atau gagal ginjal. Uremia merupakan akibat dari ketidakmampuan tubuh untuk menjaga metabolisme dan keseimbangan cairan serta elektrolit dikarenakan adanya gangguan pada fungsi ginjal yang bersifat progresif dan irreversible (Wiliyanarti & Muhith, 2019).

Penyakit gagal ginjal adalah suatu penyakit dimana fungsi organ ginjal mengalami penurunan sehingga tidak mampu menjalankan fungsinya untuk melakukan penyaringan, pembuangan elektrolit dalam tubuh, menjaga keseimbangan cairan dan zat kimia tubuh seperti natrium dan kalium di dalam darah atau produksi urin. Penyakit ginjal kronik didefinisikan sebagai kerusakan ginjal yang berlangsung lama (kronik) dan ditandai dengan berkurangnya kemampuan ginjal untuk menyaring darah (*Glomerular Filtration Rate*/GFR). Pasien dengan CKD (*Chronik Kidney Disease*) seringkali tidak menunjukkan gejala atau tanda hingga sisa fungsi ginjal kurang dari 15% (Anggoro & Suandika, 2023).

Prevalensi gagal ginjal kronik meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk usia lanjut dan kejadian diabetes melitus dan hipertensi. Penyakit ginjal kronis atau yang dikenal *Chronik Kidney*

Disease (CKD) awalnya menunjukkan tanda dan gejala namun dapat berkembang menjadi gagal ginjal. Skrining, diagnosis, dan penatalaksanaan yang tepat oleh dokter perawatan primer diperlukan untuk mencegah hasil terkait CKD yang merugikan, termasuk penyakit kardiovaskular, penyakit ginjal stadium akhir, dan kematian (Gliselda, 2021).

Penyakit gagal ginjal dibagi menjadi dua kategori yang luas yaitu:

a. Gagal Ginjal Akut

Gagal ginjal akut ditandai dengan penurunan fungsi ginjal yang cepat, biasanya terjadi dalam beberapa hari atau beberapa minggu sebagai tanda adanya kerusakan ginjal (Aditama *et al.*, 2023). Gagal ginjal akut atau yang dikenal dengan *Acute Kidney Injury* (AKI) menyebabkan gangguan pada ekskresi renal terhadap natrium, kalium, kalsium, air, hemostasis kation divalent dan mekanisme urinaria. Oleh karena itu, AKI sering menyebabkan hiperkalemia, hiponatremia, hiperposfatemia, hipokalsemia, hipermagnesemia, dan asidosis metabolik. Pengelolaan komplikasi juga dapat dilakukan dengan terapi pengganti ginjal (hemodialisa) yang diindikasikan pada keadaan oligouria, anuria, hiperkalemia (kalium $>6,5$ mmol/L), asidosis berat (pH $<7,1$), azotemia (ureum >200 mg/dl), edema paru, ensefalopati uremikum, pericarditis uremikum, neuropati atau miopati uremikum, disnatremia berat (Na >160 mmol/L atau <115 mmol/L), hipertermia, dan kelebihan dosis

obat yang dapat didialisis. Tidak ada panduan pasti kapan waktu yang tepat untuk menghentikan terapi hemodialisa. Terapi hemodialisa dihentikan jika kondisi yang menjadi indikasi sudah teratasi (Islamy & Yonata, 2019).

Definisi yang dikenalkan oleh *The Acute Kidney Injury Network* (AKIN) menyebutkan kriteria spesifik untuk diagnosis AKI, yaitu:

- 1) Terjadi dalam waktu yang cepat (kurang dari 48 jam)
- 2) Terjadi penurunan fungsi ginjal yang didefinisikan sebagai berikut:
 - a) Peningkatan kreatinin serum $\geq 0,3$ mg/dl ($\geq 26,4$ umol/l).
 - b) Peningkatan persentase kreatinin serum $\geq 50\%$.
 - c) Penurunan ekskresi urin, didefinisikan $<0,5$ ml/kg/jam selama > 6 jam (Islamy & Yonata, 2019).

b. Gagal Ginjal Kronik

1) Pengertian Gagal Ginjal Kronik

Gagal ginjal kronik terjadi ketika tubuh gagal untuk mempertahankan metabolisme dan keseimbangan cairan serta elektrolit sehingga menyebabkan retensi urea (konsentrasi yang relatif meningkat di dalam darah akibat dari meningkatnya resistensi terhadap ekskresi urea melalui ginjal), dan sampah nitrogen lain dalam darah (Masi & Kundre, 2018).

Penyakit gagal ginjal kronik mengacu pada kelainan struktur dan fungsi ginjal yang berlangsung lebih dari 3 bulan sehingga menyebabkan gangguan kesehatan. Gangguan kesehatan tersebut dapat diketahui dengan kadar albuminuria >30 mg/24 jam, kelainan

sedimen urin (hematuria, sel darah merah, dan lain-lain), kelainan elektrolit dan tubulus (asidosis tubulus ginjal, diabetes melitus nefrogenik, kalium ginjal dan magnesium) (Anggoro & Suandika, 2023).

Penyakit ginjal kronik (PGK) ditandai dengan perkembangan bertahap dari gagal ginjal (biasanya berlangsung beberapa tahun). Hal ini dapat menyebabkan LFG sebesar 60 ml/menit/1,73 m² pada pasien dengan gagal ginjal kronik, yang dapat menyebabkan berbagai gejala seperti nokturia, kelemahan, mual, penurunan nafsu makan, dan penurunan berat badan (Aditama *et al.*, 2023).

2) Etiologi

Pasien Penyakit Ginjal Kronik atau disebut juga Gagal Ginjal Kronik (GGK) mengalami berbagai gejala yang disebabkan oleh gagalnya fungsi ginjal sehingga terjadinya penumpukan cairan, kreatinin serum, anemia, hipertensi, diabetes, dan lain-lain (Anggoro & Suandika, 2023).

Studi Global Burden Disease melaporkan bahwa prevalensi global gagal ginjal kronis pada tahun 2017 sebanyak 697,5 juta kasus (James *et al.*, 2018). Gagal ginjal kronik pada orang dewasa yang berusia 30 tahun atau lebih pada tahun 2030 diperkirakan meningkat menjadi 16,7% dan menjadi penyebab kematian nomor lima secara global pada tahun 2040 (Foreman *et al.*, 2018).

Indonesian Renal Registry (IRR) mengemukakan prevalensi pasien aktif yang menjalani hemodialisa pada tahun 2018 meningkat dua kali lipat dari tahun 2017 dengan prevalensi jumlah pasien laki-laki sedikit lebih banyak dibandingkan dengan jumlah pasien perempuan yaitu sebanyak 57% pasien laki-laki dan 43% pasien perempuan. Gagal ginjal di Indonesia banyak terjadi pada laki-laki dan orang yang tinggal di perkotaan (Risikesdas, 2018). Data dari *Center Disease Control (CDC)* di Amerika Serikat menunjukkan bahwa perempuan 18% beresiko lebih tinggi mengidap penyakit ginjal kronik dibandingkan laki-laki 13% (I. F. Jaya, 2023). Hal ini disebabkan adanya pengaruh perbedaan hormon reproduksi, gaya hidup seperti konsumsi protein, garam, rokok dan konsumsi alkohol pada laki-laki dan perempuan (Hamidi *et al.*, 2020).

3) Klasifikasi

National Kidney Foundation Classification of Chronic Kidney Disease, mengklasifikasi CKD menjadi lima stadium.

Klasifikasi penyakit gagal ginjal kronik berdasarkan derajat penyakitnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Penyakit Ginjal Kronik atas Dasar Derajat Penyakit

Stadium	Penjelasan	LFG (ml/menit/ 1,73 m ²)
Stadium I	Kerusakan ginjal dengan fungsi ginjal yang normal	>90
Stadium II	Kerusakan ginjal dengan fungsi ginjal yang ringan	60-89
Stadium IIIa	Kehilangan fungsi ginjal ringan sampai sedang	45-59
Stadium IIIb	Kehilangan fungsi ginjal sedang sampai berat	30-44
Stadium IV	Kehilangan fungsi ginjal yang sangat berat	15-29
Stadium V	Gagal ginjal	<15

Sumber: (Anggraini, 2022)

Tabel 2 menunjukkan derajat penyakit Stadium I hingga Stadium V yang mengalami kerusakan ginjal. Fungsi ginjal terjadi abnormalitas patologi dan komposisi dari darah dan urin. Pada Stadium IV dilakukan persiapan untuk terapi hemodialisa dan pada Stadium V pasien mengalami gagal ginjal, stadium ini merupakan stadium kegagalan ginjal tahap akhir karena terjadi penurunan fungsi ginjal yang sangat berat dan dilakukan terapi pengganti ginjal secara permanen.

Karakteristik pasien gagal ginjal kronik ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik Pasien Gagal Ginjal Kronik

Karakteristik Pasien		N	%
Jenis Kelamin	Laki-laki	23	71,9
	Perempuan	9	28,1
Usia (tahun)	20-30	3	9,4
	31-40	3	9,4
	41-50	3	9,4
	51-60	10	31,3
	61-70	13	40,6
Stadium PGK	IIIa	4	12,5
	IIIb	6	18,8
	IV	9	37,5
	V	13	40,6
Etiologi	DM	18	56,3
	Hipertensi	14	43,8

Keterangan:
N = Jumlah
% = Persentase

Sumber: (Anggara et al., 2021)

Tabel 3 menunjukkan bahwa penderita gagal ginjal kronik pada penelitian yang berjudul “*Kesesuaian Renal Resistive Index Dengan Estimated Glomerular Filtration Rate (eGFR) Pada Penyakit Ginjal Kronis*” dilakukan terhadap 32 subyek yang didiagnosis penyakit ginjal kronik lebih banyak laki-laki dibandingkan perempuan. Kelompok umur terbanyak pada pasien ini adalah pada kelompok lansia yaitu umur 61-70 tahun, Etiologi gagal ginjal kronik terbanyak adalah *Diabetes Melitus* dibandingkan hipertensi (Anggara et al., 2021).

4) Patofisiologi

Patogenesis gagal ginjal kronik melibatkan penurunan dan kerusakan nefron yang diikuti kehilangan fungsi ginjal yang progresif. Total laju filtrasi glomerulus (LFG) dan klirens menurun, sedangkan BUN dan kreatinin meningkat. Usaha untuk menyaring jumlah cairan yang lebih banyak menyebabkan nefron yang masih tersisa mengalami hipertrofi sehingga mengakibatkan ginjal kehilangan kemampuan untuk memekatkan urin. Tahapan untuk melanjutkan ekskresi dengan sejumlah besar urin dikeluarkan, menyebabkan klirens mengalami kekurangan cairan, sehingga tubulus secara bertahap kehilangan kemampuan menyerap elektrolit. Urin yang dibuang mengandung banyak natrium sehingga terjadi poliuri (Bayhakki, 2013).

Data dari Badan Kesehatan Dunia atau *World Health Organization* (WHO) menunjukkan bahwa jumlah penderita gagal ginjal akut maupun kronik mencapai 50%, sedangkan yang diketahui dan mendapatkan pengobatan hanya 25%, akan tetapi yang terobati dengan baik hanya mencapai 12,5% (Hutagaol, 2017).

Pasien yang menunjukkan gejala dan tanda-tanda uremia seperti anemia, peningkatan tekanan darah, gangguan metabolisme fosfor dan kalsium, mual, muntah, dan lain sebagainya terjadi jika LFG dibawah 30%. Pasien dengan LFG dibawah 30% akan mudah

terinfeksi saluran kemih, infeksi jalan napas, infeksi saluran cerna, gangguan keseimbangan air seperti hipovolemia, dan gangguan keseimbangan elektrolit (natrium dan kalium), sedangkan pada pasien dengan LFG dibawah 15% akan terjadi gejala dan komplikasi yang lebih serius sehingga pasien memerlukan terapi pengganti ginjal (*renal replacement therapy*) meliputi hemodialisa atau transplantasi ginjal, keadaan ini disebut gagal ginjal. Untuk menghindari gejala tersebut maka pasien penyakit ginjal harus menjalankan terapi hemodialisa (Anggraini, 2022).

3. Hemodialisa

a. Definisi Hemodialisa

Hemodialisa adalah suatu teknologi tingkat tinggi yang berfungsi sebagai pengganti fungsi ginjal untuk mengeluarkan sisa metabolisme atau racun tertentu dari peredaran darah manusia seperti air, natrium, kalium, hidrogen, urea, kreatinin, asam urat, dan zat lainnya melalui membran semi permeabel sebagai pemisah darah dan cairan dialisis pada ginjal buatan dimana terjadi proses difusi, osmosis, dan ultra filtrasi (Wakhid & Suwanti, 2019).

Data dari Perhimpunan Nefrologi Indonesia (PENEfri) tahun 2018 menunjukkan bahwa sejak tahun 2007 sampai 2018 jumlah pasien baru yang menjalani hemodialisa di Indonesia total 66.433 jiwa, serta 132.142 jiwa pasien aktif dalam terapi hemodialisa. Pada tahun 2018 pasien baru yang menjalani hemodialisa meningkat menjadi

35.602 jiwa dan setiap tahunnya selalu meningkat 42% kematian pada tahun 2018, dengan komplikasi kardiovaskular tertinggi (Syahputra *et al.*, 2022).

Hemodialisa merupakan pengobatan pada penderita gagal ginjal kronik stadium terminal, fungsi ginjal digantikan oleh alat yang disebut dialyzer, pada dialyzer ini terjadi proses pemindahan zat-zat terlarut dalam darah ke dalam cairan dialisat atau sebaliknya. Hemodialisa adalah suatu proses dimana komposisi solute darah diubah oleh larutan lain melalui membran semi permeabel, yang berfungsi seperti nefron sehingga dapat mengeluarkan produk sisa metabolisme dan mengoreksi gangguan keseimbangan cairan dan elektrolit pada pasien gagal ginjal (Wiliyanarti & Muhith, 2019).

Hemodialisa dilakukan dengan mengalirkan darah ke dalam tabung ginjal buatan (dialyzer) yang terdiri dari membran permeabel buatan (*artificial*) dengan kompartemen dialisat. Kompartemen dialisat diisi dengan komponen dialisat bebas pirogen, mengandung larutan dengan komponen elektrolit yang mirip dengan serum normal, dan tidak mengandung residu metabolisme nitrogen. Cairan dialysis dan darah yang terpisah akan mengalami perubahan konsentrasi karena zat terlarut berpindah dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah, darah yang terpisah akan mengalami perubahan konsentrasi hingga konsentrasi zat terlarut di kedua kompartemen sama (difusi) (Cahyani *et al.*, 2022).

Inisiasi hemodialisa menurut (Cahyani *et al.*, 2022) dilakukan apabila pasien dalam keadaan sebagai berikut:

- 1) Kelebihan cairan ekstraseluler yang sulit dikendalikan atau mengalami hipertensi.
- 2) Hiperkalemia dan terapi farmakologis.
- 3) Asidosis metabolik yang refrakter terhadap pemberian terapi bikarbonat. Asidosis metabolik adalah komplikasi umum CKD akibat ketidakmampuan ginjal mengeluarkan beban asam makanan harian. Asidosis metabolik meningkatkan risiko hipertensi, gagal jantung, pengecilan otot, pengeroposan tulang, peradangan kronis, perkembangan gagal ginjal, dan kematian (Cases *et al.*, 2019).
- 4) Hiperfosfatemia yang refrakter terhadap restriksi diet dan terapi pengikat fosfat.
- 5) Anemia yang refrakter terhadap pemberian eritropoietin dan zat besi.
- 6) Adanya penurunan kapasitas fungsional atau kualitas hidup tanpa penyebab yang jelas.
- 7) Penurunan berat badan atau malnutrisi, terutama apabila disertai gejala mual, muntah, atau penyakit gastroduodenitis lainnya.
- 8) Adanya gangguan neurologis (seperti neuropati, ensefalopati, gangguan psikiatri), pleuritis atau pericarditis yang tidak disebabkan oleh penyebab lain, serta diatesis hemoragik dengan pemanjangan waktu perdarahan.

b. Tujuan Hemodialisa

Terapi hemodialisa menurut (Siregar, 2020) mempunyai beberapa tujuan, yaitu:

- 1) Membuang sisa-sisa metabolisme dalam tubuh, seperti ureum, kreatinin, dan sisa metabolisme yang lain (fungsi ekskresi)
- 2) Mengeluarkan cairan tubuh yang seharusnya dikeluarkan sebagai urin saat ginjal sehat
- 3) Meningkatkan kualitas hidup pasien yang mengalami penurunan fungsi ginjal.

Ureum dan kreatinin merupakan senyawa kimia yang dapat digunakan sebagai indikator dari fungsi ginjal. Ureum merupakan produk nitrogen yang diekskresikan ginjal yang berasal dari diet protein. Kadar ureum serum pada penyakit gagal ginjal menunjukkan gambaran paling baik untuk mendeteksi tanda timbulnya toksisitas ureum dibandingkan kreatinin (Anwar & Ariosta, 2019).

Hemodialisa tidak dapat menyembuhkan atau memulihkan penyakit ginjal dan tidak mampu mengimbangi hilangnya aktivitas metabolik atau endokrin yang dilakukan ginjal dan akibat dari gagal ginjal serta terapi hemodialisa terhadap kualitas hidup pasien (Siregar, 2020).

Penyakit ginjal kronik adalah keadaan fungsi ginjal yang mengalami penurunan cukup berat dan terjadi perlahan-lahan atau menahun yang disebabkan oleh berbagai penyakit ginjal yang bersifat

progresif, dan umumnya tidak dapat pulih. Kondisi ini menyebabkan ginjal tidak dapat mempertahankan metabolisme dan keseimbangan cairan serta elektrolit di dalam tubuh sehingga diperlukan terapi pengganti berupa hemodialisa. Hemodialisa biasanya dilakukan rutin 2 kali dalam seminggu selama kurang lebih 5 jam setiap menjalani hemodialisa, tetapi ada juga yang menjalani hemodialisa 3 kali dalam seminggu selama kurang lebih 4 jam (Widiany, 2017).

c. Prinsip Hemodialisa

Hemodialisa bertujuan untuk mengambil zat-zat nitrogen yang toksik dari dalam darah pasien ke dialyzer tempat darah tersebut dibersihkan kemudian dikembalikan lagi ke tubuh pasien. Jika kondisi ginjal sudah tidak berfungsi diatas 75% (gagal ginjal terminal atau tahap akhir), proses cuci darah atau hemodialisa merupakan terapi yang sangat membantu penderita gagal ginjal untuk bisa bertahan hidup (Nurani & Mariyanti, 2013).

Prinsip yang mendasari kerja hemodialisa ada 3 (tiga), yaitu difusi, osmosis dan ultrafiltrasi (Ibrahim *et al.*, 2017). Hemodialisa berfungsi membuang produk-produk sisa metabolisme seperti kalium dan urea dari darah menggunakan mesin dialyzer yang berfungsi sebagai ginjal menggantikan ginjal penderita yang sudah rusak karena penyakitnya. Pada proses hemodialisa, darah dipompa keluar dari tubuh lalu masuk kedalam mesin dialyzer (yang berfungsi sebagai ginjal buatan) untuk dibersihkan dari zat-zat racun melalui proses

difusi dan ultrafiltrasi oleh cairan khusus untuk dialysis (dialisat). Tekanan di dalam ruang dialisat lebih rendah dibandingkan dengan tekanan di dalam darah, sehingga cairan, limbah metabolik dan zat-zat racun di dalam darah disaring melalui selaput dan masuk ke dalam dialisat. Proses hemodialisa melibatkan difusi solute (zat terlarut) melalui suatu membran semi permeabel. Molekul zat terlarut atau sisa metabolisme dari kompartemen darah akan berpindah ke dalam kompartemen dialisat setiap saat bila molekul zat terlarut dapat melewati membran semi permeabel, demikian juga sebaliknya. Setelah dibersihkan, darah dialirkan kembali ke dalam tubuh (I. Jaya & Ilham, 2019).

Proses dialysis mengandung dua aliran utama pada sisi membran yang berbeda yang disebut dialyzer, yang satu mengandung bahan kimia target dalam jumlah lebih tinggi (darah dari penyakit kronis) penyakit ginjal (CKD) atau pasien *End Stage Renal Disease* (ESRD) dan satu dengan konsentrasi nol atau lebih rendah (cairan dialisis atau dialisat). Zat hasil uremik dan metabolik yang biasanya dikeluarkan dari darah oleh ginjal, dilewatkan melalui membran, dari sisi aliran darah ke sisi dialyzer karena perbedaan potensial kimia (Mollahosseini *et al.*, 2020).

Hemodialisa bertujuan untuk membuang racun dan kelebihan air dari tubuh manusia dengan penyakit gagal ginjal. Pengganti ginjal modalitas dapat dikategorikan menjadi tiga sub bagian utama. Jika

proses difusi terjadi, metode ini disebut “hemodialisis”, jika konveksi lebih dominan, dikenal sebagai “hemofiltrasi”, dan jika difusi terjadi bersamaan dengan konveksi yang signifikan, metode ini disebut “hemodiafiltrasi” (Mollahosseini *et al.*, 2020).

Terapi hemodialisa berfungsi mengendalikan ureum, kelebihan cairan dan ketidakseimbangan elektrolit yang terjadi pada pasien gagal ginjal kronik. Hemodialisa terbukti efektif mengeluarkan cairan, elektrolit dan sisa metabolisme tubuh, terutama pada penyakit gagal ginjal kronik tahap akhir atau stadium V (Sasmita *et al.*, 2015).

4. Elektrolit

Ginjal merupakan organ tubuh yang berfungsi mempertahankan stabilitas tubuh dengan cara mengatur keseimbangan cairan tubuh, keseimbangan elektrolit, serta pengeluaran hasil metabolisme (Amalia, 2018). Elektrolit adalah senyawa di dalam larutan yang berdisosiasi menjadi partikel yang bermuatan (ion) positif atau negatif. Sebagian besar proses metabolisme memerlukan dan dipengaruhi oleh elektrolit (Usman, 2020). Faktor utama yang menyebabkan ketidakseimbangan elektrolit adalah proses penyakit. Proses penyakit ini mengganggu penyerapan elektrolit dan berdampak negatif pada fungsi organ yang bertanggung jawab menjaga keseimbangan cairan dan elektrolit (Oktari *et al.*, 2021).

Elektrolit merupakan ion yang berada di dalam cairan tubuh yang berupa kation (elektrolit bermuatan positif) meliputi: Natrium (Na^+), Kalium (K^+), Kalsium (Ca^{2+}), dan Magnesium (Mg^{2+}), sedangkan anion

(elektrolit bermuatan negatif) meliputi: Klorida (Cl^-) dan HCO_3^- . Dalam keadaan normal, nilai kadar anion dan kation seimbang, sehingga potensial listrik cairan tubuh bersifat netral. Cairan ekstrasel kation utama Na^+ dan anion utamanya adalah Cl^- , sedangkan pada cairan intrasel kation utamanya adalah K^+ (Nugraha, 2022).

Darah, urine, jaringan, dan cairan tubuh terdiri dari banyak zat, satu diantaranya adalah elektrolit. Elektrolit berperan penting dalam tubuh manusia yang dapat mempengaruhi metabolisme. Elektrolit merupakan mineral yang membawa muatan listrik contohnya kalium (*potassium*), natrium (*sodium*), kalsium, klorida, magnesium, fosfat. Elektrolit masuk ke dalam tubuh melalui makanan dan minuman yang dikonsumsi (Nugraha, 2022).

Pemeriksaan laboratorium menurut (Usman, 2020) dapat dilakukan pada sampel *whole blood*, plasma, serum, urine, keringat, faeses, dan cairan tubuh. Persiapan sampel untuk pemeriksaan elektrolit seperti Na^+ , K^+ , Cl^- antara lain:

1. Darah Utuh (*Whole Blood*)

Darah utuh atau *whole blood* adalah sampel darah yang diberi antikoagulan heparin (litium/Na-heparin dan dilakukan pemeriksaan elektrolit segera. Darah utuh mengandung sel dan plasma, seperti darah di dalam tubuh. Seperti halnya plasma, darah utuh harus dikumpulkan dalam sebuah tabung antikoagulan agar tidak menggumpal.

2. Plasma

Plasma adalah sampel darah yang diberi antikoagulan heparin (litium/Na-heparin), dapat disimpan lebih lama dibandingkan *whole blood* yang disimpan di kulkas dan apabila akan dilakukan analisis, sampel harus dibiarkan pada suhu ruang sebelum dilakukan pemeriksaan. Plasma biasanya berwarna bening hingga agak kabur, berwarna kuning pucat cairan yang terpisah dari sel ketika darah dalam tabung antikoagulan disentrifugasi dan mengandung fibrinogen.

3. Serum

Serum adalah sampel darah tanpa antikoagulan, yang dibiarkan membeku kemudian disentrifuge sehingga menghasilkan serum, serum dipisahkan segera untuk diperiksa kadar elektrolitnya. Serum biasanya berupa cairan bening berwarna kuning pucat (serum tanpa puasa bisa keruh karena lipid) yang terpisah dari darah beku dengan sentrifugasi dan tidak mengandung fibrinogen.

4. Urin

Sampel urin harus diencerkan terlebih dahulu dengan aquabides dengan perbandingan 1:2 kemudian dicampur dengan baik dan diperiksa kadar elektrolitnya.

Elektrolit ditemukan di semua cairan tubuh. Cairan tubuh mengandung oksigen, nutrien, dan produk sisa metabolisme (seperti karbondioksida), yang semuanya disebut dengan ion. Beberapa jenis

garam dalam air akan dipecah dalam bentuk ion elektrolit, contohnya NaCl akan dipecah menjadi ion Na^+ dan Cl^- (Fauziah *et al.*, 2021).

Natrium dalam tubuh manusia membutuhkan minimal 200-500 mg setiap hari untuk menjaga agar kadar garam tetap stabil. Jumlah natrium dalam tubuh merupakan cerminan dari keseimbangan natrium yang masuk dan keluar. Kadar natrium yang normal dalam tubuh adalah 135-145 mmol/L. Kelebihan kadar natrium dalam tubuh dapat disebabkan oleh konsumsi garam yang berlebihan, sedangkan kekurangan natrium dalam aliran darah terjadi akibat ketidakseimbangan cairan yang menumpuk di dalam tubuh. Penumpukan cairan ini dapat melarutkan natrium sehingga kadarnya berkurang, sel-sel tubuh juga dapat mengalami pembengkakan akibat kadar cairan yang tinggi, dan dapat menjadi kondisi yang mengancam jiwa (Husain *et al.*, 2022).

Dehidrasi atau kekurangan cairan dalam tubuh dapat menyebabkan penurunan volume ekstraselular yang berakibat berkurangnya perfusi jaringan sehingga memicu gangguan fungsi organ-organ tubuh. Tubuh secara normal bisa mempertahankan diri dari ketidakseimbangan cairan dan elektrolit, namun ada kalanya tubuh tidak bisa mengatasinya. Tubuh yang kehilangan cairan dalam jumlah banyak secara terus menerus seperti pada diare sudah tidak bisa mempertahankan keseimbangan cairan dan elektrolit dalam tubuh (Hendri *et al.*, 2021).

Jumlah klorida pada orang dewasa normal adalah sekitar 30 mmol per kg berat badan. Sekitar 88% klorida ada di cairan ekstraseluler dan

12% di cairan intraseluler. Konsentrasi klorida pada bayi lebih tinggi dibandingkan pada anak-anak dan orang dewasa. Nilai normal klorida dalam tubuh adalah 98-108 mmol/L. Efek pemeriksaan elektrolit yang paling berpengaruh adalah kalium dibandingkan natrium. Kalium merupakan ion yang menjaga keseimbangan elektrolit dalam tubuh manusia. Kalium dapat menjaga potensial membran bagi kehidupan sel. Kalium juga berfungsi dalam sintesis protein, kontraksi otot, konduksi saraf, sekresi hormon, transportasi cairan, dan perkembangan janin (Husain *et al.*, 2022).

5. Kalium (K⁺)

Kalium (K⁺) adalah elektrolit yang sering ditemui di dalam cairan sel intraseluler. Sekitar 80-90% kalium hasil metabolisme yang tidak dibutuhkan dalam tubuh dikeluarkan melalui ginjal. Sel akan mengeluarkan kalium jika menemukan kerusakan pada jaringan, kemudian masuk ke cairan ekstraseluler (cairan intravaskular dan interstisial). Ginjal yang berfungsi dengan normal akan mengeluarkan kalium yang ada dalam cairan intravaskular (kadar darah/plasma). Jika ekskresi kalium berlebihan maka akan terjadi pengurangan serum (hipokalemia), sedangkan jika urindiekskresikan oleh ginjal < 600 mL/hari maka kalium akan tertimbun di dalam cairan plasma (intravaskular) yang akan menyebabkan kelebihan kalium serum (hiperkalemia) (Asri & Aliviameita, 2022).

Jumlah kalium dalam tubuh yang berada di cairan intrasel sekitar 98% dan 2% berada di ekstrasel. Kadar kalium serum normal adalah 3,5-

5,8 mmol/L dan sangat berlawanan dengan kadar di dalam sel yang sekitar 160 mmol/L. Kalium merupakan bagian terbesar dari zat terlarut intrasel, sehingga berperan penting dalam menahan cairan di dalam sel dan mempertahankan volume sel (Puluhulawa & Polapa, 2023).

Jumlah kalium dipengaruhi oleh umur dan jenis kelamin. Jumlah konsentrasi kalium pada orang dewasa berkisar 50-60 per kilogram berat badan, sedangkan jumlah kalium pada perempuan 25% lebih kecil dibanding pada laki-laki dan jumlah kalium pada orang dewasa lebih kecil 20% dibandingkan pada anak-anak (Usman, 2020). Nilai rujukan kadar kalium pada serum ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Rujukan Kadar Kalium

Kategori	Nilai Rujukan
Serum bayi	3,6 – 5,8 mmol/L
Serum anak	3,5 – 5,6 mmol/L
Serum dewasa	3,5 – 5,3 mmol/L

Sumber: (Usman, 2020)

Ginjal yang sehat memiliki kapasitas yang besar untuk mempertahankan hemostasis kalium saat kadar kalium berlebih. Perubahan yang terjadi dalam distribusi ini dapat menyebabkan hipokalemia atau hiperkalemia. Prevalensi hiperkalemia pada pasien penyakit ginjal kronik diperkirakan jauh lebih tinggi daripada populasi umum. Frekuensi hiperkalemia pada penyakit ginjal kronik sekitar 40-50% dibandingkan pada populasi umum yang hanya 2-3% (Sandala *et al.*, 2016).

a. Manfaat kalium bagi tubuh menurut (Prio, 2022) antara lain:

1) Menurunkan tekanan darah

Kalium membantu meredakan ketegangan di dinding pembuluh darah, sehingga dapat menurunkan tekanan darah.

2) Menjaga kesehatan jantung dan pembuluh darah

Asupan kalium yang cukup dapat mencegah penyakit pada pembuluh darah, seperti hipertensi, penyakit jantung, dan stroke. Kalium dapat mencegah aterosklerosis atau penyempitan pembuluh darah arteri, menjaga kesehatan saraf dan kekuatan otot, memelihara kemampuan jantung dalam memompa darah, serta mengurangi risiko munculnya gangguan irama jantung (aritmia).

3) Memelihara fungsi saraf

Sistem saraf menghubungkan otak dan tubuh. Otak mengirim pesan ke organ dan bagian tubuh tertentu melalui rangsangan atau impuls listrik, karena kinerja saraf, tubuh mampu mengatur kontraksi otot dan detak jantung, serta menerima rangsangan dan merasakan nyeri (fungsi sensorik). Jika kadar kalium dalam darah berkurang, hal ini dapat memengaruhi kemampuan otak dalam menghasilkan impuls saraf. Kekurangan kalium dalam jangka panjang dapat menimbulkan gangguan saraf dan otak, seperti sering kesemutan, mudah lupa atau pikun, serta kelemahan otot.

4) Mencegah batu ginjal

Kalium dapat mengikat kalsium dalam urin, sehingga mencegah terbentuknya endapan mineral kalsium yang menyebabkan batu ginjal.

5) Menjaga kepadatan tulang

Kalium berfungsi menjaga kalsium agar tidak terbangun melalui urin. Kalium juga mampu meningkatkan penyerapan kalsium pada tulang, sehingga tulang tidak kehilangan kepadatannya (*osteoporosis*) dan tidak mudah patah.

6) Mencegah kram otot

Kram otot adalah kondisi saat otot berkontraksi secara tiba-tiba dan tidak terkendali. Kram otot bisa terjadi karena tubuh kekurangan kalium, di dalam sel otot kalium membantu menyampaikan sinyal dari otak yang merangsang kontraksi otot, sekaligus membantu mengakhiri kontraksi tersebut. Ketika kadar kalium dalam darah rendah, otak tidak dapat menyampaikan sinyal secara efektif, sehingga otot terus berkontraksi dan menimbulkan kram.

b. Gangguan Keseimbangan Kalium

1) Hipokalemia

Hipokalemia adalah keadaan konsentrasi kalium darah di bawah 4 mmol/L yang disebabkan berkurangnya jumlah kalium total tubuh atau adanya gangguan perpindahan ion kalium ke dalam sel. Prevalensi hipokalemia dengan kadar kalium serum kurang dari

4 mmol/L sebesar 12%-18%. Kekurangan ion kalium dapat menyebabkan frekuensi denyut jantung melambat (Hidayat *et al.*, 2020).

a) Derajat Hipokalemia

Tabel 5. Derajat Hipokalemia

Derajat Hipokalemia	Kadar Kalium
Hipokalemia ringan	3,0 - 3,5 mmol/L
Hipokalemia sedang	2,5 - 3,0 mmol/L
Hipokalemia berat	2,5 - 3,0 mmol/L
	Hipokalemia < 2 mmol/L biasanya disertai kelainan jantung dan mengancam jiwa.

Sumber: (Nathania, 2019).

b) Penyebab hipokalemia menurut (Puluhulawa & Polapa, 2023)

yaitu:

- (1) Peningkatan ekskresi kalium dari tubuh.
- (2) Beberapa obat dapat menyebabkan darah kehilangan kalium. Obat yang umum termasuk diuretik loop (seperti Furosemide), steroid, licorice, kadang-kadang aspirin, dan antibiotik tertentu.
- (3) Ginjal mengalami disfungsi sehingga ginjal tidak dapat bekerja dengan baik karena suatu kondisi yang disebut *Renal Tubular Acidosis* (RTA) yaitu terjadi ketika ginjal tidak membuang asam dari darah ke urin sebagaimana mestinya, sehingga ginjal akan mengeluarkan banyak kalium dan obat yang menyebabkan RTA adalah Cisplatin dan Amfoterisin B.

- (4) Kehilangan cairan tubuh disebabkan muntah yang berlebihan, diare, atau berkeringat. Kehilangan kalium dari gastrointestinal melalui muntah, pengisapan lambung, dan penggunaan diuretik pembuang kalium merupakan penyebab terjadinya hipokalemia.
- (5) Endokrin atau masalah hormonal (seperti tingkat aldosteron meningkat), aldosteron adalah hormon yang mengatur kadar kalium. Penyakit tertentu dari sistem endokrin, seperti aldosteronisme, atau sindrom Cushing, dapat menyebabkan kehilangan kalium.

a) Hiperkalemia

Hiperkalemia merupakan kelainan elektrolit yang umum terjadi pada pasien gagal ginjal kronik. Riwayat hiperkalemia meningkat sejalan dengan penurunan LFG sebesar 31% di antara pasien dengan perkiraan laju filtrasi glomerulus ≤ 20 mL/menit/1,73 m². Prevalensi hiperkalemia pada pasien gagal ginjal kronik dengan kadar kalium serum ≥ 5 mmol/L sebesar 14-20%. Peningkatan kalium dapat menyebabkan aritmia jantung, dan konsentrasi yang lebih tinggi lagi dapat menimbulkan henti jantung (Hidayat *et al.*, 2020).

a) Derajat Hiperkalemia

Derajat hiperkalemia ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Derajat Hiperkalemia

Derajat Hiperkalemia	Kadar Kalium
Hiperkalemia ringan	5,5 - 6,0 mmol/L
Hiperkalemia sedang	6,1 - 7,0 mmol/L
Hiperkalemia berat	> 7,1 mmol/L

Sumber: (Yaswir & Ferawati, 2012).

b) Penyebab Hiperkalemia menurut (Yaswir & Ferawati, 2012),

yaitu:

(1) Keluarnya kalium dari intrasel ke ekstrasel

Keluarnya kalium dari intrasel ke ekstrasel terjadi pada keadaan asidosis metabolik bukan oleh asidosis organik (ketoasidosis, asidosis laktat), defisit insulin, katabolisme jaringan meningkat, pemakaian obat penghambat- β adrenergik, dan pseudohiperkalemia.

(2) Berkurangnya ekskresi kalium melalui ginjal

Berkurangnya ekskresi kalium melalui ginjal dapat terjadi pada keadaan hiperaldosteronisme, gagal ginjal, depresi volume sirkulasi efektif, pemakaian siklosporin atau akibat koreksi ion kalium berlebihan dan pada kasus-kasus yang mendapat terapi *angiotensin-converting enzyme inhibitor* dan *potassium sparing diuretics*.

Hiperkalemia disebabkan kelebihan asupan kalium, gangguan ekskresi kalium, atau adanya pergeseran transelular. Etiologi hiperkalemia sering multifaktorial, dengan gangguan fungsi ginjal, penggunaan obat, dan hiperglikemia yang paling

umum menjadi kontributor penyebab hiperkalemia. Orang yang sehat dapat beradaptasi dengan konsumsi kalium yang berlebih dengan cara meningkatkan ekskresi, kelebihan kalium akan dibuang melalui urin. Pada pasien penyakit ginjal kronik perlu berhati-hati karena mengonsumsi obat-obatan dapat meningkatkan kadar kalium dalam darah (Viera & Wouk, 2015).

Ginjal berperan penting dalam mengatur kadar kalium serum, dan hiperkalemia adalah salah satu komplikasi paling umum pada pasien dengan CKD dan penyakit ginjal stadium akhir (ESKD). Selain berkurangnya eliminasi kalium melalui ginjal, pasien penyakit ginjal sering kali memiliki beberapa penyakit penyerta yang mempengaruhi homeostasis kalium, termasuk Diabetes Melitus, asidosis metabolik, dan penyakit kardiovaskular. Obat-obatan yang menghambat sistem *renin-angiotensin-aldosteron* (RAAS) (terutama antagonis reseptor mineralokortikoid (MR)) dan obat antiinflamasi nonsteroid semakin meningkatkan risiko hiperkalemia (Shibata & Uchida, 2022).

Penelitian yang pernah dilakukan oleh (Mun *et al.*, 2019) bertujuan untuk menilai hubungan diet kalium dengan perkembangan penyakit gagal ginjal kronik pada populasi pedesaan di Korea. Perbedaan karakteristik antara normotensive dan hipertensive pada perkembangan gagal ginjal kronik lebih tinggi pada kelompok hipertensive (15,7%) dibandingkan dengan

kelompok normotensive (8,6%). Diet tinggi kalium dengan 2323 mg/hari atau lebih, dapat memantau perkembangan gagal ginjal kronik pada kelompok hipertensi dibandingkan dengan diet rendah kalium 1236 mg/hari. Namun hubungan tersebut tidak signifikan di semua kuartil pada kelompok normotensive. Begitu juga penurunan eGFR lebih rendah pada pasien dengan diet tinggi kalium. Pada penelitian tersebut, hubungan diet kalium dengan perkembangan gagal ginjal kronik hanya signifikan pada kelompok hipertensive dan tidak pada kelompok normotensive, karena hipertensi merupakan faktor resiko dari penyakit gagal ginjal kronik. Selain itu, pada kelompok hipertensive, tekanan darah diastolik >90 mmHg terjadi penurunan pada kelompok asupan tinggi kalium. Penurunan kemungkinan terjadi karena perkembangan penyakit gagal ginjal kronik tiap pasien berbeda. Asupan kalium dapat menurunkan tekanan darah 3,5 mmHg pada kelompok hipertensive sedangkan pada kelompok normotensive hanya 0,97 mmHg (Mun *et al.*, 2019).

Hubungan antara gagal ginjal kronik dan hipertensi adalah penyakit ginjal dapat menyebabkan tekanan darah naik dan sebaliknya hipertensi dalam waktu lama dapat menyebabkan gangguan ginjal. Beratnya pengaruh hipertensi pada ginjal tergantung pada tinggi dan lamanya hipertensi. Semakin tinggi tekanan darah dan semakin lama hipertensi, maka semakin berat

komplikasi yang dapat ditimbulkannya. Hipertensi yang tidak terkontrol dalam jangka waktu lama menyebabkan tekanan intraglomerular menjadi tinggi dan mempengaruhi filtrasi glomerulus (Hamidi *et al.*, 2020).

Pengumpulan spesimen untuk pemeriksaan kalium tidak memerlukan persiapan khusus, tetapi penting untuk mengumpulkan sampel menggunakan teknik flebotomi yang tepat. Pemeriksaan kalium yang dilakukan di laboratorium rumah sakit dan laboratorium rujukan biasanya menggunakan sampel plasma atau serum, yang harus dipisah dari sel darah dalam waktu satu jam sejak pengumpulan spesimen (Lieseke & Zeibig, 2022).

6. Serum

a. Pengertian Serum

Serum adalah bagian darah yang cair yang tidak mengandung sel darah dan fibrinogen, karena protein dalam darah telah menjadi jaringan fibrin dan menumpuk bersama sel. Serum diperoleh dari sampel darah tanpa antikoagulan dan dibiarkan membeku dalam tabung selama 15 sampai 30 menit, kemudian dilakukan sentrifugasi untuk mengendapkan sel darah. Serum darah berupa cairan bewarna kuning yang terbentuk setelah proses sentrifuge (Nurhidayanti *et al.*, 2023).

Serum darah normal ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Serum darah normal
Sumber: Dokumentasi peneliti

b. Jenis-jenis serum abnormal

Jenis-jenis serum abnormal.ada 3 (tiga) yaitu:

1) Serum Ikterik

Serum ikterik adalah serum berwarna kuning coklat yang disebabkan karena peningkatan konsentrasi bilirubin dalam darah (hiperbilirubinemia). Serum ikterik dapat mempengaruhi pengukuran pada panjang gelombang 400-500 nm yang disebabkan warna kuning coklat dari spesimen, sehingga berpengaruh pada pembacaan hasil (Sujono *et al.*, 2023)

2) Serum Lipemik

Serum lipemik adalah serum keruh, berwarna putih seperti susu yang disebabkan oleh akumulasi lipoprotein. Serum lipemik terjadi karena adanya peningkatan konsentrasi trigliserida dalam serum dengan konsentrasi di atas 300 mg/dL (>3,4 mmol/L). Kekeruhan dapat mempengaruhi hasil pemeriksaan sehingga

menyebabkan kesalahan pada nilai analisa (Rahmawati *et al.*, 2023).

3) Serum Hemolisis

Hemolisis adalah pelepasan komponen intraseluler eritrosit dan sel darah lainnya ke dalam ruang ekstraseluler darah sehingga parameter yang paling sensitif terhadap hemolisis termasuk kalium biasanya terkonsentrasi secara intraseluler. Hemolisis terdeteksi dalam serum dan plasma melalui warna merah yang disebabkan oleh hemoglobin, baik melalui inspeksi visual atau melalui pengukuran semi kuantitatif, konsentrasi sel hemoglobin bebas diukur dengan spektrofotometri dan dilaporkan sebagai indeks hemolisis (Omar *et al.*, 2023).

Indeks hemolisis (Indeks H) adalah perkiraan semi kuantitatif dari hemoglobin bebas dan memberikan penanda atau peringatan terhadap gangguan hemolisis. Hemoglobin bebas adalah hemoglobin yang berada di luar sel darah merah. Tingkatan hemolisis berdasarkan indeks hemolisis dan tampilan secara kasar menurut (Adiga & Yogish, 2016) ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Tingkatan Hemolisis Berdasarkan Indeks Hemolisis

Indeks hemolisis	Tampilan serum	Derajat hemolisis
< 20	Bening	Tidak hemolisis
20-100	Merah muda	Hemolisis ringan
100-300	Merah	Hemolisis sedang
>300	Merah tua	Hemolisis berat

Sumber: (Adiga & Yogish, 2016).

Serum darah abnormal ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Jenis-jenis serum abnormal
Sumber: Dokumentasi peneliti

Serum yang baik untuk pemeriksaan kalium adalah serum darah normal. Serum ikhterik yang disebabkan bilirubin (terkonjugasi/tidak terkonjugasi) tidak mengganggu pengujian kadar kalium, rentang konsentrasi yang diperbolehkan tidak lebih dari 60 mg/dL (1026 μ mol/L), sedangkan pada serum lipemik rentang konsentrasi yang diuji hingga 2000 mg/dL juga tidak mengganggu pengujian kadar kalium. Penggunaan serum yang mengalami hemolisis akan mempengaruhi hasil pemeriksaan kalium. Konsentrasi kalium dalam eritrosit 25 kali lebih tinggi dari plasma. Tingkat interferensi mungkin bervariasi tergantung pada tingkat pastinya kandungan eritrosit. Indeks $H \leq 20$ sama dengan peningkatan konsentrasi kalium $\leq 0,1$ mmol/L. Oleh karena itu, penggunaan serum dan penyimpanan serum dengan sel darah dapat mempengaruhi hasil karena dengan adanya sel darah yang mengalami hemolisis selama penyimpanan (Cobas, 2021).

7. Penyimpanan Serum

Laboratorium klinik mempunyai peranan yang cukup besar dalam penyediaan hasil yang tepat waktu dan akurat. Tujuan menetapkan standar kualitas laboratorium adalah untuk memastikan keakuratan hasil pemeriksaan, meningkatkan kepercayaan pasien terhadap hasil laboratorium dan masyarakat dalam menilai kualitas pengujian laboratorium (Tapper *et al.*, 2017).

a. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pengujian Kadar Elektrolit Kalium

Pelayanan kesehatan yang bermutu adalah pelayanan yang memiliki karakter aman, tepat waktu, efisien, efektif, berorientasi pada pasien, adil dan terintegrasi (Kepmenkes RI, 2022).

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengujian kadar elektrolit kalium dibagi menjadi faktor pra analitik, analitik dan pasca analitik:

1) Faktor Pra Analitik

Faktor pra analitik mencakup persiapan pasien, pemberian identitas sampel, pengambilan sampel, penyimpanan sampel dan pengiriman sampel ke laboratorium (Khotimah & Sun, 2022). Tahap pra analitik adalah semua tahap yang terjadi sebelum sampel diproses dalam alat autoanalyzer. Permintaan tes-tes yang tidak tepat, tulisan tangan yang tidak terbaca pada formulir permintaan, mempersiapkan pasien, menerima spesimen, memberi identitas spesimen, pengambilan sampel yang tidak benar, penundaan

pengiriman, dan kesalahan pengolahan sampel merupakan tahap pra analitik (Hasan *et al.*, 2017)

Beberapa hal yang mencakup faktor pra analitik:

a) Persiapan Pasien

Pengambilan bahan pemeriksaan harus mempersiapkan pasien terlebih dahulu, diinformasikan, serta diberikan penjelasan yang diperlukan tentang pemeriksaan yang akan dilakukan. Beberapa kondisi yang dapat mempengaruhi hasil seperti konsumsi obat diuretik, aktifitas fisik, puasa dan sebagainya perlu diinformasikan agar dihindari sebelum pengambilan darah (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2008).

b) Pengambilan sampel

Kalium merupakan salah satu elektrolit kimia yang paling penting jika dilihat dari kelainannya karena dapat mengancam jiwa. Kesalahan pengukuran dapat menimbulkan konsekuensi yang serius apabila terapi didasarkan pada hasil laboratorium yang tidak akurat. Nilai kalium dapat meningkat apabila pasien berulang-ulang membuka dan menutup genggamannya secara kuat sementara tourniquet terpasang untuk fungsi vena. Pengambilan sampel sebaiknya dilakukan sebelum banyak melakukan aktifitas fisik. Pengambilan sampel darah vena dapat menggunakan spuit ataupun vakuntainer. Apabila serum harus disimpan beberapa saat, maka serum harus ditutup dan disimpan

di kulkas sebelum dianalisis dan biarkan serum pada suhu ruangan terlebih dahulu sebelum diperiksa (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2008)

c) Penundaan Sampel

Penundaan pemeriksaan spesimen darah yang terlalu lama memungkinkan terjadinya penurunan kadar elektrolit. Kadar elektrolit dalam tabung akan menurun setelah per 30 menit dari awal pengambilan darah. Sampel yang hemolisis tidak dapat diperiksa untuk analisa elektrolit karena kalium keluar dari sel eritrosit. Sampel plasma jika di tempatkan pada suhu kamar, maka nilai kalium akan turun karena sel-sel menggunakan glukosa untuk mendorong kalium kedalam sel (Usman, 2020).

2) Faktor Analitik

Faktor analitik dimulai dengan kalibrasi alat laboratorium, sampai dengan menguji ketelitian, ketepatan dan uji spesimen (Khotimah & Sun, 2022). Reagen yang akan digunakan harus diperhatikan sebelum melakukan pemeriksaan laboratorium, keadaan fisik reagen perlu diamati terlebih dahulu, kemasan dan masa kadaluarsanya. Reagen yang kemasannya rusak dan masa kadaluarsanya sudah mendekati, sebaiknya tidak digunakan. Suhu penyimpanan reagen yang baik yaitu di dalam kulkas (suhu 2-8⁰C) atau sesuai dengan anjuran dari petunjuk tertulis yang ada pada kemasan atau didalam kit reagen yang digunakan. Alat yang

digunakan harus sudah terkalibrasi dengan baik. Pemeriksaan bahan kontrol terhadap parameter laboratorium perlu dilakukan sebelum pemeriksaan sampel. Mengikuti seluruh rangkaian protap pemakaian alat yang telah dibakukan adalah hal yang penting untuk dilakukan (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2008).

3) Faktor Pasca Analitik

Tahap pasca analitik dimulai dari mencatat hasil pemeriksaan, interpretasi hasil sampai pelaporan (Hasan *et al.*, 2017). Faktor pasca analitik menjadi sangat penting artinya mengingat seluruh rangkaian pemeriksaan akan menjadi tidak memiliki arti sama sekali apabila percepatan dan pelaporan hasil tidak sesuai dengan hasil merupakan sebuah keharusan untuk memberikan gambaran klinis yang sebenarnya dari pasien yang diperiksa (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2008).

Kesalahan Pasca analitik sangat sedikit terjadi, namun terkadang menjadi kritis, bila komponen kesalahannya seperti pelaporan hasil yang salah, keterlambatan pelaporan atau kesalahan dalam waktu permintaan pengujian (sampel pagi, sampel malam, sampel pasca perawatan) dapat menghambat keputusan klinis (Hasan *et al.*, 2017)

Tujuan menetapkan standar kualitas laboratorium adalah untuk memastikan keakuratan hasil pemeriksaan, meningkatkan kepercayaan pasien terhadap hasil laboratorium dan masyarakat dalam menilai

kualitas pengujian laboratorium. Semua kegiatan laboratorium dapat mengalami kesalahan dan dapat terjadi di semua tahap prosedur diagnostik. Sebagian besar kesalahan dalam pemeriksaan laboratorium terjadi pada tahap pra analitik proses pemeriksaan. Sampel yang buruk akan memberikan hasil pemeriksaan laboratorium yang tidak valid. Ada beberapa alasan yang dapat menyebabkan sampel menjadi tidak layak untuk diperiksa. Alasan yang paling sering menyebabkan ditolaknya sampel pemeriksaan adalah sampel yang beku untuk tes hematologi dan koagulasi, volume sampel yang tidak mencukupi untuk tes koagulasi, hemolisis, ikterik dan lipemik pada serum dan plasma yang dapat menyebabkan interferensi pada pemeriksaan laboratorium (Khotimah & Sun, 2022).

Kesalahan dalam proses pra analitik dapat mencapai 68%, kesalahan pada tahap analitik mencapai 13%, dan kesalahan pada tahap pasca analitik sebesar 19%. Kesalahan dalam proses pra analitik dapat diminimalisir dengan cara petugas laboratorium mengerjakan sesuai Standar Operasional Prosedur (SOP) pada setiap tahapan pemeriksaan. Tahap analitik dapat di minimalisir dengan cara memastikan bahan kontrol tidak terkontaminasi, atau kadaluarsa, memeriksa reagensia yang digunakan, larutan standar dan melakukan kalibrasi kembali (Khotimah & Sun, 2022).

Prosedur pengambilan, penanganan spesimen, proses pemeriksaan yang benar, serta cara melaporkan kembali hasil pemeriksaan kepada

dokter termasuk dalam pengendalian mutu laboratorium. Kesalahan pra analitik mencakup semua kesalahan yang terjadi sebelum analitik. Beberapa kesalahan pra-analitik termasuk sampel yang mengalami hemolisis, sampel yang kurang, pelabelan yang salah, permintaan yang salah, sampel yang menggumpal, dan tabung yang rusak saat di sentrifugasi. Dampak kesalahan pra analitik terjadi pada tahap analitik dan pasca analitik. Pada saat tahap analitik berlangsung, dapat terjadi ketidaksesuaian dengan kendali mutu, kegagalan kalibrasi, kesalahan acak dan sistematis. Kesalahan umum pasca analitik mencakup kegagalan melaporkan hasil tes, keterlambatan pelaporan, perhitungan yang salah, hasil kritis tidak dilaporkan atau tertunda, dan hasil dikirim ke pasien yang salah (Teshome *et al.*, 2021).

Diantara ketiga tahapan pengolahan sampel, tahap pra analitik telah dipastikan bertanggung jawab hingga dua pertiga dari kesalahan yang terjadi di laboratorium. Kemajuan teknologi menjadikan tahap analitik telah jauh ditingkatkan menjadi kurang dari 15%, kesalahan sementara antara 20% dan 50% disebabkan oleh ketidakakuratan pada tingkat pasca analitik (Tapper *et al.*, 2017).

Tahap pra analitik inilah yang menentukan apakah akan diperoleh sampel yang baik untuk pemeriksaan laboratorium, sehingga tahap ini sangat mempengaruhi kualitas sampel meskipun tidak dapat dinyatakan secara kuantitas. Proses pra analitik yang lain juga masih kurang diperhatikan oleh beberapa analis di laboratorium yaitu tentang

penyimpanan spesimen darah. Penyimpanan spesimen dilakukan jika pemeriksaan ditunda, spesimen akan dikirim ke laboratorium lain atau disimpan karena dikhawatirkan akan ada tambahan pemeriksaan sehingga pasien tidak akan disampling ulang (Hasan *et al.*, 2017).

Laboratorium harus menggunakan serum atau plasma segar untuk menghindari degradasi. Penggunaan kembali sampel primer yang sebelumnya diperoleh dari pasien mungkin diperlukan dalam situasi berikut:

- 1) Keterlambatan prosedur analisis di laboratorium
- 2) Mengkonfirmasi atau memeriksa nilai yang diperoleh pada pemeriksaan sebelumnya
- 3) Untuk menambahkan kuantifikasi baru dari analit yang hilang (Flores *et al.*, 2020).

Pemeriksaan laboratorium untuk setiap parameternya harus segera dilakukan dan sebaiknya dalam bentuk serum aliquot. Aliquot dibuat ketika beberapa pengujian dilakukan pada satu spesimen. Aliquot disiapkan dengan cara memindahkan sebagian spesimen ke dalam satu atau lebih tabung yang diberi label identitas yang sama dengan tabung spesimen aslinya. Aliquot memiliki risiko kesalahan yang melekat, masing-masing spesimen harus dicocokkan dengan teliti sesuai tabung spesimen aslinya untuk menghindari kesalahan identifikasi sampel karena setelah dipindahkan ke dalam tabung aliquot, serum dan plasma hampir tidak dapat dibedakan karena ditabung terdapat jenis spesimen

yang sama untuk pasien yang sama. Selain itu, serum dan plasma yang diperoleh dari berbagai jenis antikoagulan tidak boleh campur. Tabung aliquot harus segera ditutup untuk mencegah penguapan dan terlindung dari panas dan cahaya (Bishop *et al.*, 2010).

Sumber kalium biasanya berupa sel tetapi sel juga bisa menjadi kontaminan serum kalium, karena 98% kalium berada di intraseluler, perubahan kecil mengakibatkan pelepasan kalium secara signifikan yang dapat mempengaruhi konsentrasi kalium di ekstraseluler. Perbandingan kalium di intraseluler dan ekstraseluler kira-kira 40:1 dan jika terjadi perubahan rasio sekecil 2,5% akan meningkatkan konsentrasi kalium sebesar 0,1 mmol/L (Asirvatham *et al.*, 2013).

Sampel yang telah disentrifugasi kemungkinan masih terdapat sisa kontaminasi dari sel darah. Penyimpanan serum dengan sel darah dapat mempengaruhi hasil karena dengan adanya sel darah yang mengalami hemolisis selama penyimpanan. Sisa kontaminasi ini bertanggung jawab atas perubahan glukosa dan kalium. Tabung disentrifuge untuk menghasilkan plasma miskin trombosit. CLSI (*The Clinical Laboratory Standards Institute*) mendefinisikan plasma miskin trombosit sebagai plasma dengan jumlah trombosit kurang dari 10.000 sel/ μ L. Ketika sel-sel sisa ini kehilangan viabilitasnya, sel-sel sisa ini terus mengonsumsi glukosa, kemudian sel intraseluler (kalium) dilepaskan ke dalam plasma. Pendinginan memperlambat konsumsi glukosa seluler tetapi tidak mencegah kebocoran kalium (Jinks *et al.*, 2013).

Suhu dingin dapat menghambat fungsi pompa Natrium-Kalium sehingga terjadi kebocoran kalium. Suhu yang lebih tinggi awalnya menurunkan konsentrasi kalium dan kemudian meningkatkan konsentrasi kalium. Perubahan ini terjadi kemungkinan dikaitkan dengan glukosa yang kelelahan dalam menghasilkan adenosin trifosfat (ATP) untuk memompa Natrium-Kalium. Penundaan waktu pemeriksaan menyebabkan kehabisan glukosa yang tersedia untuk menghasilkan adenosin trifosfat (ATP) karena adenosin trifosfat (ATP) mengisi pompa natrium-kalium dan mempertahankan gradien melintasi membran sel. Kegagalan pompa natrium kalium dapat menyebabkan kebocoran kalium keluar sel yang mengakibatkan pseudohiperkalemia (Asri & Aliviameita, 2022).

Transpor glukosa ke dalam sel dipicu oleh insulin yang merupakan sumber energi untuk mendukung fungsi pompa natrium kalium ATPase ($\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$) untuk menjaga gradien kalium antara intraseluler dan ekstraseluler. Pada proses pendinginan, glikolisis menjadi terhambat, sehingga pompa natrium kalium ATPase tidak dapat mempertahankan gradiennya. Suhu dingin menonaktifkan membran ATPase, akibatnya kalium intraseluler akan keluar dari eritrosit sehingga menyebabkan peningkatan kadar kalium. Penyimpanan eritrosit menunjukkan peningkatan kebocoran kalium, dan semua efek ini meningkat seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Sampel elektrolit yang disimpan di suhu ruangan kadarnya akan terus meningkat, sedangkan penyimpanan

pada suhu dingin akan mencegah perubahan tersebut. Penguapan dari sampel dapat menyebabkan peningkatan melalui proses metabolisme, oleh karena itu sampel harus disimpan pada suhu dingin dengan wadah atau tabung tertutup jika ingin menyimpan dalam jangka panjang (Fauziah *et al.*, 2021).

Stabilitas penyimpanan sampel serum, plasma dan urin yang disimpan dalam tabung tertutup dapat ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Stabilitas Penyimpanan Sampel Serum, Plasma dan Urin

Jenis Pemeriksaan	Stabilitas Serum		
	15-25 °C	2-8 °C	-20 °C
Natrium	14 hari	14 hari	Stabil
Kalium	14 hari	14 hari	Stabil
Clorida	7 hari	7 hari	Stabil

Sumber: (Cobas, 2021)

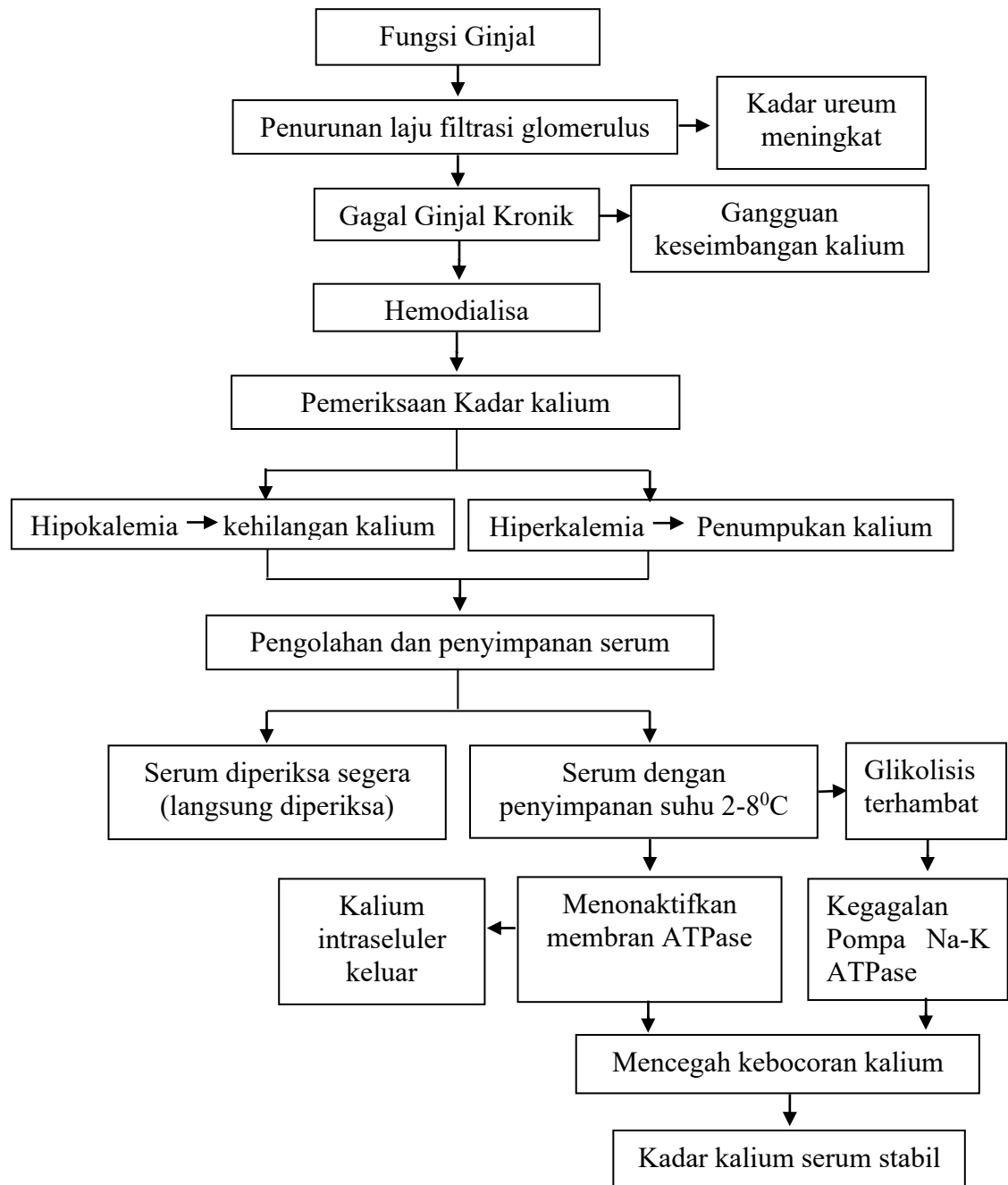
Spesimen darah yang akan disimpan harus dalam bentuk serum. Metabolit kalium memiliki stabilitas hingga 48 jam jika disimpan pada suhu dingin dan segera di sentrifugasi. Penyimpanan yang terlalu lama akan mengakibatkan kontaminasi pada serum. Suhu merupakan faktor penting dalam pemeriksaan kalium karena suhu mampu menjaga kestabilan serum dan dapat merusak komponen dalam serum jika suhu tinggi. Suhu mempengaruhi kualitas dari spesimen sehingga diperlukan alat penyimpanan yang dapat dikontrol suhunya, suhu yang baik untuk penyimpanan spesimen serum adalah suhu 2-8 °C (Nurhidayanti *et al.*, 2023).

Alat yang digunakan untuk penyimpanan sampel menurut (Hartini & Suryani, 2016) adalah kulkas (*refrigerator*) yang memiliki suhu 2-8 °C. Berikut beberapa syarat dari kulkas (*refrigerator*) dan freezer yang dapat digunakan yaitu:

- 1) Menggunakan kulkas dan freezer khusus untuk laboratorium.
- 2) Tempatkan kulkas sedemikian rupa sehingga bagian belakang kulkas masih longgar untuk aliran udara dan fasilitas kebersihan kondensor.
- 3) Kulkas harus tertutup baik untuk mencegah keluarnya udara dingin dari bagian pendingin.
- 4) Kulkas dan freezer harus dalam keadaan hidup.
- 5) Pencatatan suhu harus dilakukan dan didokumentasikan setiap hari.

B. Kerangka Teori

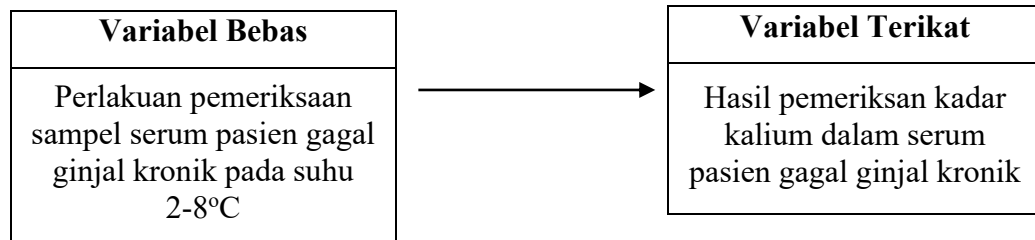
Kerangka teori pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kerangka teori

C. Hubungan Antar Variabel

Hubungan antar variabel ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4. Hubungan antar variabel

D. Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah:

Penyimpanan sampel serum pasien gagal ginjal kronik pada suhu 2-8°C selama 4 dan 8 jam tidak berpengaruh terhadap hasil pemeriksaan kadar kalium.