

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Darah

Darah adalah jaringan ikat yang terdiri dari sel-sel apikal (eritrosit, leukosit, dan trombosit) yang tertanam dalam plasma cairan yang rumit. Darah membentuk sekitar 8% dari total berat badan. Pergerakan aliran darah yang terus-menerus melalui arteri darah menjamin bahwa isi sel didistribusikan secara merata dalam plasma. Darah memiliki tiga fungsi utama: transportasi, pertahanan, dan regulasi.

Darah adalah saluran pengiriman utama untuk gas, nutrisi, dan bahan limbah. Oksigen paru-paru dikirim ke darah dan didistribusikan ke sel. Setiap kali kita menghembuskan napas, karbon dioksida yang diciptakan oleh sel-sel dikirim ke paru-paru untuk eliminasi. Limbah lain dikirim ke ginjal untuk dibuang, seperti kelebihan nitrogen. Selain itu selanjutnya darah juga mengangkut nutrisi dari saluran pencernaan ke sel. Selain mengangkut nutrisi dan limbah, darah mentransfer hormon yang dilepaskan oleh banyak organ ke arteri darah untuk pengiriman ke jaringan.

Darah membantu dalam pemeliharaan pertahanan tubuh terhadap invasi patogen dan pencegahan kehilangan darah. Patogen dapat dihancurkan oleh beberapa sel darah putih dengan fagositosis. Antibodi diproduksi dan disekresikan oleh sel darah putih lainnya. Antibodi adalah protein yang mengikat patogen tertentu untuk membuatnya tidak aktif, patogen kemudian dinonaktifkan dan dihilangkan oleh sel darah putih fagositik. Gumpalan darah terbentuk sebagai respons terhadap cedera untuk mencegah kehilangan darah. Trombosit dan protein

seperti trombin dan fibrinogen terlibat dalam pembekuan darah karena jika tanpa gumpalan darah, manusia bisa mati bahkan karena luka ringan.

Darah memainkan peran mengatur dan diperlukan untuk homeostasis. Darah mempertahankan suhu tubuh dengan membawa panas dari otot aktif ke seluruh tubuh. Ketika suhu tubuh naik di atas tingkat tertentu, darah diarahkan ke pembuluh darah kulit yang melebar, maka panas disalurkan ke seluruh tubuh, dan suhu tubuh kembali normal. Plasma adalah komponen darah cair yang mengandung ion dan protein terlarut. Zat terlarut ini meningkatkan tekanan osmotik darah. Darah dengan demikian berkontribusi pada pemeliharaan keseimbangan. Buffer darah (komponen tubuh yang mengatur pH darah) mengatur keseimbangan asam-basa tubuh dan menjaga pH kira-kira konstan, yaitu 7,4 (Sa'dah, 2018).

B. Sel Darah

1. Sel Darah Merah

Eritrosit, yang juga dikenal sebagai sel darah merah, merupakan varian sel darah yang dominan dalam sirkulasi darah. Partikularitasnya termanifestasi dalam kontribusi yang signifikan, mencapai hingga 99,9% dari total volume komponen padat yang terdapat dalam substrat biologis tersebut. Eritrosit mengalami peredaran dalam sirkulasi darah dengan frekuensi sekitar 700 kali lebih tinggi daripada jumlah leukosit, dan memiliki konsentrasi sekitar 17 kali lebih besar dibandingkan dengan jumlah trombosit dalam sirkulasi darah. Eritrosit sering berbentuk cakram atau berbentuk cakram di tengah. Dengan diameter sekitar 7,5 μ m, kedua sisinya cekung. Jika dibandingkan dengan geometri bulat datar dengan ukuran yang sama, bentuk bikonkaf memiliki kelebihan karena mengandung

eritrosit, memiliki partisi permukaan yang lebih besar, memungkinkan difusi oksigen, dan mempercepat transfer gas masuk dan keluar dari sel.



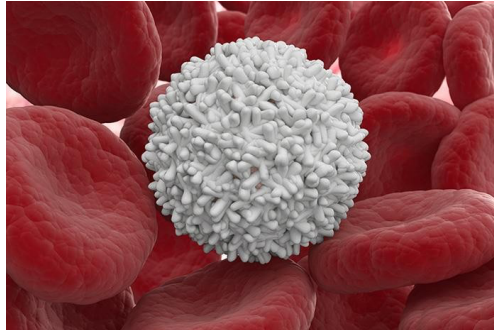
Gambar 1 Sel Darah Merah (*University of Roschester Medical, 2022*)

Sepertiga komposisi eritrosit terdiri dari hemoglobin (pigmen merah). Warna merah darah disebabkan oleh adanya hemoglobin dalam eritrosit. Setiap eritrosit mencakup lebih dari 280 juta molekul hemoglobin. Lipid, ATP, dan enzim karbonat anhidrase juga ada dalam sel darah merah. Eritrosit melakukan dua hal yaitu mengangkut oksigen dari paru-paru dan mendistribusikannya ke jaringan lain. Eritrosit mentransfer karbon dioksida dari jaringan ke paru-paru, di mana hemoglobin bertanggung jawab untuk transportasi gas dalam eritrosit (Sa'dah, 2018).

2. Sel Darah Putih

Leukosit, atau yang dikenal sebagai sel darah putih, menunjukkan perbedaan yang signifikan dari eritrosit dalam hal morfologi, jumlah, serta peran fungsionalnya. Leukosit memiliki dimensi yang lebih besar daripada eritrosit dan ditandai dengan keberadaan inti Red Blood Cell sel yang menjadikannya berbeda secara struktural dan biologis. Leukosit tidak berwarna karena mereka kekurangan hemoglobin. Leukosit memiliki jumlah kurang daripada eritrosit, mulai dari 5 sampai 10 juta per milimeter darah, atau rata-rata 7 juta sel darah / milimeter (7000

/ mm³). Ada lima jenis leukosit, granulosit polimorfonuklear (neutrofil, eosinofil, basofil) dan granulosit monomorfonuklear (monosit, limfosit)



Gambar 2 Sel Darah Putih (*University of Roschester Medical, 2022*)

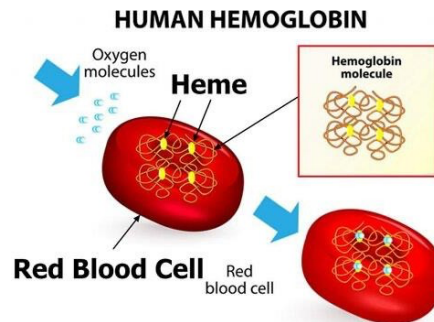
Leukosit, tidak seperti eritrosit, hanya beredar dalam aliran darah untuk jangka waktu terbatas. Leukosit bermigrasi ke seluruh jaringan ikat tubuh dan jaringan tebal, menggunakan aliran darah untuk melakukan perjalanan dari satu organ ke organ berikutnya dan ke tempat infeksi atau kerusakan. Ketika mereka melakukan perjalanan melalui kapiler, leukosit dapat mendeteksi indikasi kimia dari cedera jaringan. Jika masalah diidentifikasi, leukosit meninggalkan aliran darah dan memasuki tempat yang rusak (Sa'dah, 2018).

C. Hemoglobin

1. Definisi Hemoglobin

Penelitian Wulandari, 2021 menyebutkan bahwa hemoglobin terdiri dari dua bagian yakni globin, protein polipeptida dengan berbagai fungsi, dan hemoglobin. Gugus nitrogen non-protein yang mengandung zat besi dikenal sebagai hem (heme) yang secara individual digabungkan ke polipeptida tunggal. Setiap atom besi dapat memiliki interaksi reversibel dengan satu molekul oksigen. Akibatnya, setiap molekul hemoglobin mampu mengangkut empat molekul oksigen. Karena

oksigen tidak larut dalam darah, Hb mengikat 98,5% oksigen yang diangkut oleh darah.



Gambar 3 Hemoglobin (*hematology BMT Institute International, 2020*))

Ketika oksigen memasuki eritrosit dan bergabung dengan hemoglobin, ia membentuk oksihemoglobin (HbO_2), yang memberi darah warna merah cerah. Setelah melepaskan oksigen dari oksihemoglobin ke sel-sel tubuh, darah mengandung sedikit (deoksihemoglobin) karbon dioksida yang dihasilkan oleh sel-sel tubuh dibuang ke paru-paru.

Aktivitas fisik manusia mempengaruhi kadar hemoglobin, baik meningkat atau menurun. Kategori aktivitas fisik termasuk ringan, sedang, dan kuat. Kadar hemoglobin dapat dipengaruhi oleh aktivitas fisik intensitas ringan hingga sedang. Latihan fisik sedang hingga berat dapat menyebabkan variasi kadar hemoglobin karena perubahan volume plasma, pH, dan hemolisis intravaskular.^{8,9} Berolahraga meningkatkan aktivitas metabolisme, yang menyebabkan peningkatan produksi asam (ion hidrogen dan asam laktat) dan penurunan pH. Ketika pH darah rendah, afinitas oksigen dan hemoglobin berkurang. Sebagai daya tarik antara oksigen dan hemoglobin berkurang, hemoglobin melepaskan lebih banyak oksigen, meningkatkan suplai oksigen ke otot (Gunadi, dkk. 2016)

2. Kadar Hemoglobin

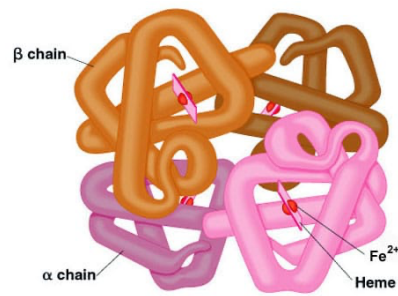
Menurut WHO (2013), nilai normal kadar hemoglobin adalah

Tabel 1
Nilai Normal Hemoglobin

Usia	Jenis Kelamin	Nilai Normal
5-11 tahun	Laki-laki dan	11,5 g/dL
	Perempuan	
12-14 tahun	Laki-laki dan	12,0 g/dL
	Perempuan	
15 tahun	Laki-laki	13,0 g/dL
15 tahun	Perempuan	12,0 g/dL

3. Struktur Hemoglobin

Hemoglobin terdiri dari empat kelompok heme dan empat rantai polipeptida dengan total 574 asam amino. Rantai polipeptida terdiri dari dua rantai dan dua rantai, dengan masing-masing rantai terhubung ke kelompok heme. Inti molekul mengandung cincin heterosiklik yang disebut porfirin. Porphirin terdiri dari empat cincin pirol yang dijembatani bersama untuk membentuk cincin tetrapirrol. Cincin ini berisi dua sisi rantai propionol, empat gugus mitral, dan gugus vinil. Heme adalah porfirin yang menyatukan satu atom Fe. Fe dapat terhubung ke molekul heme ini dan memasok oksigen dan karbondioksida melalui darah (Wulandari, 2021).



Gambar 4 Struktur Hemoglobin (*journal biochemistry*, 2021)

Dalam individu yang telah dewasa, hemoglobin terbentuk sebagai tetramer yang terdiri dari empat subunit protein, dengan dua subunit alfa dan dua subunit beta yang bersifat non-kovalen dalam kaitannya. Subunit secara struktural identik dan umumnya berukuran sama. Setiap subunit memiliki berat molekul kurang dari 16.000 Dalton, dengan total 64.000 Dalton untuk tetramer. Karena setiap subunit hemoglobin mencakup satu heme, hemoglobin memiliki kapasitas empat molekul oksigen (Yahya, 2018).

4. Faktor Yang Mempengaruhi Hemoglobin

Menurut Nurwidiyanti E & Afrida, M. 2021 beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kadar Hemoglobin diantaranya adalah :

a. Usia

Usia adalah faktor yang mempengaruhi kadar hemoglobin. Seiring bertambahnya usia, generasi sel darah merah menurun, seperti halnya aktivitas sumsum tulang dalam pembentukan sel darah merah. Sehingga banyak didapatkan kadar hemoglobin rendah pada usia lanjut.

b. Jenis Kelamin

Umumnya jenis kelamin laki-laki memiliki kadar hemoglobin lebih tinggi dari perempuan, dan perempuan lebih mudah mengalami penurunan kadar hemoglobin karena perempuan mengalami menstruasi.

c. Kecukupan Zat Besi

Konsumsi zat besi harian memiliki dampak signifikan pada kandungan hemoglobin dalam darah, karena makanan tinggi Fe (zat besi) meningkatkan sintesis sel darah merah, yang meningkatkan kadar hemoglobin.

d. Kelainan Eritrosit

Eritrosit normal adalah cakram bikonkaf tanpa nukleus. Karena bentuk bikonkaf memiliki luas permukaan yang lebih luas, jumlah oksigen yang terikat pada hemoglobin lebih besar. Hal inipun memungkinkan eritrosit untuk berubah bentuk dan mudah melewati kapiler sempit. Variasi ukuran, bentuk, dan warna eritrosit dapat dilihat pada apusan darah perifer (HDT) di bawah mikroskop menggunakan pewarnaan *Wright* atau *Romanowsky*. Adanya kelainan morfologi yang diinduksi secara patologis pada eritrosit ini. Perbedaan morfologi eritrosit diklasifikasikan sebagai perbedaan ukuran, bentuk, warna, inklusi eritrosit, dan perubahan distribusi eritrosit.

e. Gaya Hidup

Hemoglobin dipengaruhi oleh gaya hidup yang kurang baik contohnya merokok, peminum alkohol, kualitas tidur kurang baik dan jarang melakukan aktivitas fisik seperti olahraga.

f. Riwayat Penyakit

Penyakit yang berhubungan dengan kadar hemoglobin diantaranya Anemia, Thalasemia, Leukimia, dan Tuberculosis, serta terapi Hemodialisa.

D. Hemodialisa

1. Pengertian Hemodialisa

Hemodialisis adalah proses membersihkan darah dengan ginjal buatan (dializer) untuk menghilangkan zat yang memiliki jumlah tinggi dalam tubuh. Zat tersebut

dapat dilarutkan dalam darah, seperti racun rahim dan kalium, atau dalam pelarut, seperti air atau serum darah (Herman, 2016). Hemodialisis adalah metode menghilangkan bahan limbah metabolisme melalui membran *semipermeabel*, juga dikenal sebagai *dializer*. Air, natrium, kalium, hidrogen, urea, kreatinin, asam urat, dan bahan kimia lainnya adalah contoh limbah metabolik atau racun yang ditemukan dalam sirkulasi darah manusia. Darah didorong dari tubuh ke mesin dializer selama hemodialisis. Mesin dializer menggunakan difusi dan ultrafiltrasi untuk membersihkan darah dari komponen berbahaya sebelum mengembalikannya ke tubuh. Hemodialisis biasanya dilakukan dua kali seminggu di rumah sakit dan dapat bertahan hingga 4-5 jam per sesi (Amanda, 2022)

2. Prinsip Hemodialisa

Tujuan hemodialisis adalah untuk menghilangkan racun dari darah dan mengeluarkan kelebihan air. Pekerjaan hemodialisis didasarkan pada tiga prinsip yakni difusi, osmosis, dan ultrafiltrasi. Bahan kimia limbah dan racun dalam darah dikeluarkan melalui difusi, yang melibatkan transfer limbah dari konsentrasi darah tinggi ke cairan dialisat konsentrasi rendah. Cairan dialisat mencakup semua elektrolit esensial pada konsentrasi ekstraseluler yang sesuai. Osmosis adalah proses dimana kelebihan cairan dikeluarkan dari tubuh. Konsumsi air dapat dikurangi dengan menciptakan gradien tekanan di mana air mengalir dari tekanan yang lebih tinggi (tubuh pasien) ke tekanan yang lebih rendah. (cairan dialisat) (Amanda, 2022).

3. Hemodialisa Pada Pasien Chronic Kidney Disease (CKD) / Penyakit Ginjal Kronik (PGK)

Penyakit ginjal kronis (PGK) ditandai dengan perubahan struktur atau fungsi ginjal yang berlangsung lebih dari tiga bulan. Albuminuria, kelainan pada endapan urin, elektrolit, histologi, anatomi ginjal, atau riwayat transplantasi ginjal adalah semua indikator gangguan ginjal, yang juga terkait dengan penurunan laju filtrasi glomerulus. Adanya cedera jaringan adalah penyebab mendasar dari PGK. Cedera pada sebagian jaringan ginjal mengurangi kinerja sebagian besar ginjal, menyebabkan proses adaptif dalam bentuk hipertrofi pada jaringan ginjal. Hiperfiltrasi dan normalitas yang diperpanjang (Aisara, 2018). CKD dibagi menjadi lima tahap. *End Stage Renal Disease* (ESRD) mengacu pada tahap kelima CKD. Nilai LFG kurang dari 15 ml / menit menunjukkan ESRD dan memerlukan dialisis peritoneal, transplantasi ginjal, atau hemodialisis (Wahyuni, 2018).

Mayoritas pasien Penyakit Ginjal Kronis (PGK) meninggal karena masalah kardiovaskular, dan hanya sejumlah kecil kemajuan ke tahap akhir (tahap V), yang memerlukan terapi penggantian ginjal atau transplantasi ginjal. (Agustina, 2019). Hemodialisis masih merupakan jenis terapi penggantian ginjal yang paling umum. Hemodialisis adalah proses mentransfer darah pasien dari tubuh ke alat dialiser melalui difusi dan ultrafiltrasi dan kemudian kembali ke tubuh pasien. Hemodialisis digunakan untuk membersihkan darah dari produk limbah metabolisme dan kelebihan cairan. Meskipun hemodialisis adalah terapi yang sangat efektif untuk individu dengan gagal ginjal kronis, masalah seperti anemia, peningkatan perdarahan, dan infeksi dapat terjadi setelah menerima hemodialisis (Garini, 2018). Kekurangan eritropoietin juga disebabkan oleh hemodialisis, dan kehilangan darah

terjadi pada mesin hemodialisis dialiser atau tubing, yang mengakibatkan penurunan kadar hemoglobin dalam darah pasien. *National Kidney Foundation* menyarankan studi laboratorium, khususnya tes darah lengkap, untuk memantau dan mengevaluasi anemia pada pasien hemodialisis (Agustina, 2019).

4. Indikasi Kelainan Hemodialisa

Indikasi dan Komplikasi yang mungkin didapat oleh pasien aktif terapi Hemodialisa diantaranya adalah :

a. Penurunan Laju Filtrasi Glomerulus

Laju filtrasi glomerulus adalah metrik yang dapat digunakan untuk menilai tingkat keparahan gagal ginjal kronis. Darah akan diultrafilter di glomerulus untuk membuat urin primer. Jumlah urin primer yang diproduksi oleh ginjal dalam satu menit disebut sebagai laju filtrasi glomerulus. Akibatnya, laju filtrasi glomerulus dapat dimanfaatkan untuk menentukan ada atau tidaknya gangguan fungsi ginjal (Ladesvita, 2021).

b. Diabetes Melitus

Pasien dengan CKD yang juga menderita diabetes akan memiliki gejala yang lebih besar karena mereka akan terbatas dalam kegiatan sehari-hari dan kapasitas untuk bekerja. Insulin atau obat anti-diabetes oral, manajemen gula darah terus menerus, dan pembatasan diet semuanya berdampak pada kualitas hidup pasien PGK dengan diabetes (Wahyuni, 2018).

c. Anemia

Anemia disebabkan oleh produksi yang tidak mencukupi, usia sel darah merah yang lebih pendek, kekurangan makanan, dan kecenderungan untuk berdarah karena uremik pasien, terutama dari saluran. Anemia disebabkan oleh penyakit

ginjal, khususnya gangguan dalam pembuatan hormon *erythropoietin* (EPO), yang mendorong sumsum tulang untuk menghasilkan jumlah sel darah merah yang diperlukan untuk mengantarkan oksigen ke organ vital. Penyebab lain anemia termasuk kehilangan darah selama hemodialisis dan kadar zat besi dan asam folat yang rendah dari konsumsi nutrisi (Nurwidiyanti, 2021).

d. Hipotensi

hipotensi intradialisis. Ini bertanggung jawab untuk 20-30% masalah hemodialisis. Hipotensi intradialisis tetap menjadi masalah klinis, dimana hipotensi pada pasien nefropati diabetik dan orang tua, sering berbahaya karena dapat menyebabkan penyakit jantung iskemik dan masalah irama jantung. Selanjutnya, hipotensi intradialisis menghambat dosis dialisis optimal (Chaidir & Esha Putri, 2014)

E. Pemeriksaan Laboratorium

Tes darah lengkap digunakan di laboratorium untuk menentukan kadar hemoglobin dari pasien hemodialisis. Hitung darah lengkap, juga dikenal sebagai tes darah standar, biasanya dilakukan sebagai bagian dari pemeriksaan kesehatan untuk membantu mendiagnosis masalah. Salah satu metode rutin dalam pemeriksaan kesehatan umum adalah pengambilan sampel darah lengkap, yang sering dilakukan untuk memeriksa status kesehatan seseorang. Ini sering diterapkan dalam keperawatan klinis untuk mengidentifikasi berbagai patologi kesehatan, termasuk tetapi tidak terbatas pada anemia, infeksi, serta gangguan koagulasi hemostatik. Tes hematologi menyelidiki komposisi darah melalui pengukuran jumlah sel darah putih, kadar hemoglobin, hematokrit, serta konsentrasi trombosit dalam tubuh (Garini, 2018). Beberapa komponen darah yang diperiksa diantaranya:

1. Sel Darah Putih

Sel darah putih berperan dalam memerangi infeksi, reaksi alergi, dan peradangan. Sel darah putih dapat dihitung secara keseluruhan, tetapi mereka juga dapat dihitung berdasarkan jenisnya. Jenis sel darah putih yang akan diperiksa adalah :

a. Neutrofil

Bagian dari sel darah putih berfungsi untuk melawan virus atau bakteri. Neutrofil memiliki jumlah paling banyak diantara jenis lainnya. Neutrophil memiliki granulosit sama seperti eosinophil dan basophil.

b. Limfosit

Sel darah putih yang berperan untuk menciptakan antibodi yang berguna melawan virus dan bakteri. Limfosit termasuk jenis agranulosit yaitu tidak ada granula dalam sel

c. Monosit

Monosit juga termasuk agranulosit, bertugas menyingkirkan sel dan jaringan rusak dan meningkatkan respon terhadap seranagn penyakit pada tubuh.

d. Eosinofil

Sel darah putih yang melawan infeksi serta memicu peradangan dan reaksi alergi

e. Basofil

Basophil memiliki fungsi untuk melepaskan enzim yang mengendalikan alergi

2. Sel Darah Merah

Sel darah merah memiliki fungsi utama dalam proses pengangkutan oksigen ke seluruh jaringan tubuh manusia. Menurut (Gandasoebrata, 2013) hematologi lengkap melihat komponen sel darah merah berikut:

a. Hemoglobin

Pemeriksaan darah rutin akan menghasilkan jumlah seluruh hemoglobin di dalam darah dan diukur dengan kadar g/dL

b. Hematokrit

Hematokrit merupakan persentase jumlah sel darah merah di dalam darah yang dihitung dalam pemeriksaan darah rutin, dinyatakan dalam %

c. *MCV (Mean Corpuscular Volume)*

Ukuran rata-rata sel darah merah, juga dikenal sebagai Volume Eritrosit Rata-rata (VER), adalah ukuran ukuran eritrosit. MCV mengukur ukuran rata-rata setiap eritrosit, dan hasilnya diklasifikasikan sebagai normositik (normal), mikrositik (kecil), atau makrositik (besar).

d. *MCH (Mean Corpuscular Hemoglobin)*

MCH, juga dikenal sebagai Average Corpuscular Hemoglobin (HER), adalah pengukuran yang menunjukkan kadar hemoglobin dalam sel darah berdasarkan warnanya. Hiperkromik atau hipokromik.

e. *MCHC (Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration)*

MCHC atau Konsentrasi Hemoglobin Eritrosit Rata-rata (KHER) adalah angka yang mengukur konsentrasi hemoglobin rata-rata dalam sel eritrosit dimana semakin kecil sel eritrosit, semakin besar konsentrasi MCHC.

f. *RDW (Red Cell Distribution Width)*

RDW adalah suatu perhitungan matematis yang menunjukkan gambaran jumlah anisositosis (variasi ukuran eritrosit) dan pada tingkatan tertentu juga akan menggambarkan poikilositosis (variasi bentuk eritrosit).

3. Platelet

Trombosit, adalah sel darah yang membantu dalam proses pembekuan. Dokter akan menganalisis jumlah, ukuran rata-rata, dan homogenitas ukuran trombosit dalam darah selama tes hematologi lengkap.

4. **Gambaran Hemoglobin Pasien *Chronic Kindey Disease (CKD)* / Penyakit Ginjal Kronik (PGK)**

Penyakit ginjal kronis ditandai dengan penurunan fungsi ginjal kronis dan stabil selama berbulan-bulan hingga bertahun-tahun, sampai ginjal tidak lagi berfungsi sama sekali. Ini adalah tahap terakhir penyakit, sering dikenal sebagai *End Stage Renal Disease* (ESRD). Pada pasien ESRD, tes hemoglobin digunakan untuk mengkonfirmasi diagnosis anemia (Rosdewi, dkk. 2023). Orang dengan penyakit ginjal kronis dianggap anemia jika kadar hemoglobinnya kurang dari 10 g/dl, menurut (*Indonesian Renal Registry*, 2018) . Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rosdewi pada tahun 2013 terkait “Pengaruh Hemodialisis Terhadap Nilai Hemoglobin Pada Pasien ESRD di RS Stella Maris Makassar” menunjukkan bahwa kadar Hb rata-rata pasien hemodialisa adalah 8,38 gr/dl sesudah dilakukan hemodialisa. Hal ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh (Mislina, S&Melani, E. 2022) tentang "Analisis perubahan kadar Hb pasien gagal ginjal (PGK) di RSBC Annisa Cikarang" yang menunjukkan bahwa rata-rata kadar hemoglobin pasien setelah hemodialisis adalah 8,85 g/dl. Temuan penelitian ini dapat digunakan untuk memandu pemeriksaan hemoglobin rutin pada pasien PGK yang menerima hemodialisis.

F. Sysmex XN-1000 Hematology Analyzer

Pemeriksaan darah secara rutin digunakan sebagai tes dasar dalam praktik medis sehari-hari. Pemeriksaan darah rutin memainkan peran sebagai langkah awal dalam evaluasi kondisi hematologi dan penyakit, menyediakan data dalam skrining untuk anemia dan infeksi, juga informasi yang mengarah pada diferensiasi kondisi patologi dan konfirmasi diagnosis. Dengan demikian, sistem peng analisis hematologi otomatis perlu memiliki fungsi untuk menentukan dan menganalisis setiap jumlah dan parameter sel darah yang terkait dengan morfologi dan ukuran sel darah. Dalam pengembangan sistem analisis, kemajuan teknologi telah memungkinkan, satu demi satu, klasifikasi otomatis sel darah putih, pengukuran retikulosit dan pengukuran trombosit yang belum matang.



Gambar 5 Sysmex XN-1000 (Sysmex, 2023)

Kinerja alat telah ditingkatkan untuk memungkinkan pengukuran beberapa parameter dan untuk memegang beberapa fungsi, termasuk deteksi sel abnormal dan analisis cairan tubuh. Sysmex menghadirkan alat *hematology analyzer* otomatis yang terbaru dengan seri XN, dalam seri terbaru ini performa dari fungsi

konvensional alat telah diperbarui, dan beberapa fungsi penunjang ditambahkan pada seri ini. Ini menunjukkan peningkatan presisi dalam penghitungan sel darah karena adopsi penghitungan trombosit pewarna fluoresen baru (Miyachi H. 2011).

1. Metode

Seri XN menggunakan sitometri aliran laser untuk menghitung sel darah. Tergantung pada karakteristik seluler. Intensitas sinyal yang berbeda dikumpulkan, dan sebaran pengukuran masing-masing direkam melalui sel. Scattergrams ini digunakan untuk klasifikasi sel serta penandaan abnormal populasi.

2. Prinsip

Sysmex XN-1000 series memiliki prinsip yang berbeda pada setiap pengukurannya, berikut prinsip yang terdapat pada alat tersebut :

- a. RBC, PLT: *Hydrodynamic focused impedance method*
- b. WBC, *Differentials:Fluorescent flow cytometry*
- c. *Reticulocytes, Fluorescent flow cytometry*
- d. HGB, *Non-cyanide SLS hemoglobin method*
- e. HCT, *Cumulative pulse height detection method*

3. Quality Control

Quality Control alat diperlukan untuk mengevaluasi kinerja alat dan memastikan bahwa pengendalian kualitas (mutu) berjalan dengan baik untuk menjamin hasil pemeriksaan laboratorium. *Quality Control* dilakukan untuk meminimalkan penyimpangan juga agar mengetahui letak penyimpangan. Kontrol kualitas digunakan untuk mengurangi penyimpangan serta untuk mengidentifikasi di mana penyimpangan terjadi. Kontrol Kualitas Peralatan harus dilakukan setiap hari dan dilaporkan dalam jangka waktu tertentu, idealnya dalam waktu satu bulan,

dengan tujuan untuk memastikan bahwa analisis yang dilakukan oleh alat tetap sesuai dengan ketentuan yang dilihat juga melalui metode, alat, dan reagen sehingga hasil kontrol yang ada dapat digunakan sebagai acuan yang menunjukkan akurasi dan presisi alat. *Quality control alat Sysmex XN-1000* dilakukan setiap hari pada waktu pagi hari. Berikut Langkah-langkah *Quality Control Sysmex XN-1000* :

- a. *Cleansing* alat melalui program computer
- b. *Restart* alat
- c. Siapkan reagen kontrol nilai tinggi dan kontrol nilai rendah
- d. Lakukan pengukuran menggunakan kontrol nilai rendah
- e. Catat hasil pengukuran kontrol nilai rendah
- f. Lakukan pengukuran menggunakan kontrol nilai tinggi
- g. Catat hasil pengukuran kontrol nilai tinggi
- h. Hasil kontrol harian akan dikonversikan kedalam *Westgard Rules* untuk mengetahui apakah hasil kontrol memenuhi syarat standar atau tidak.

Jika nilai kontrol harian sudah memenuhi standar, maka alat *Sysmex XN-1000 Analyzer* hari itu dapat mengeluarkan hasil yang baik dan alat dapat digunakan. Namun jika nilai kontrol tidak diterima atau keluar dari syarat standar setelah dilakukan beberapa pengulangan, maka alat dipastikan tidak dapat digunakan karena hasil pengukuran dianggap tidak valid.

G. Sysmex XP-100 Hematology Analyzer

Sysmex XP-100 Hematology Analyzer adalah salah satu Adalat pemeriksaan darah lengkap yang masih sangat banyak digunakan di laboratorium baik itu puskesmas, laboratorium klinik maupun rumah sakit umum. *Sysmex XP-100* dapat mengerjakan 60 sampel perjam dengan parameter hitung leukosit, eritrosit,

hemoglobin, trombosit dan indeks eritrosit. Dengan sampel yang digunakan yaitu sampel darah vena dengan antikoagulan EDTA.



Gambar 6 Sysmex XP-100 (Sysmex, 2023)

Alat *Sysmex XP-100* menjanjikan hasil yang akurat dengan teknologi otomatis yang dimiliki yakni dapat melaporkan flagging atau adanya gumpalan dalam sampel dan dilengkapi panduan skrining untuk inflamasi, anemia serta trombositopenia dengan mengkombinasikan hasil pemeriksaan sampel pasien. Pengoperasian alat *XP-100* juga cukup mudah dengan layar sentuh dan monitor yang membantu dalam penggunaan alat.

1. Metode

XP-100 Hematology Analyzer bekerja dengan metode *flowrescent flow cytometri*. Metode ini berfungsi untuk pengukuran konsentrasi hemoglobin yang direkomendasikan oleh *International Committee for Standardization in Hematology*, pemeriksaan kadar hemoglobin menggunakan *hematology analyzer* mudah dilakukan dan hasil tes lebih akurat dibandingkan metode lain dalam pemeriksaan hemoglobin, metode syanmethemoglobin merupakan metode acuan untuk memperkirakan hemoglobin, semua jenis hemoglobin dapat diukur kecuali

sulfhemoglobin, Faktor ketidakakuratan sekitar >2%. Prosedur ini telah banyak digunakan di berbagai rumah sakit dan pusat kesehatan.

2. Prinsip

Prinsip pemeriksaan ini adalah heme (besi) dioksidasi oleh kalium *ferricyanide* menjadi *methemoglobin* (ferric), kemudian methemoglobin bergabung dengan ion sianida untuk menghasilkan cyanmethemoglobin, yang diserap coklat diukur dengan kolorimetri atau spektrofotometer pada panjang gelombang 540nm. Dalam proses ini, kalium ferrosianida mengubah hemoglobin menjadi metmoglobin, yang bereaksi dengan ion sianida untuk membentuk *cyanmethoglobin* merah. Fotometer mengukur intensitas warna dan membandingkannya dengan referensi. Karena membandingkan perangkat elektronik, hasilnya lebih objektif.

3. Quality Control

Kontrol kualitas adalah proses atau serangkaian proses yang digunakan untuk meninjau proses pengujian dengan tujuan memastikan bahwa sistem mutu berfungsi dengan baik. QC digunakan untuk memastikan temuan tes laboratorium, mengidentifikasi dan mengurangi penyimpangan, dan menentukan sumber kelainan. Kualitas hasil pemeriksaan laboratorium dapat ditentukan oleh kualitas pelayanan laboratorium yang diaudit di laboratorium klinik sebagai bagian dari proses review dan evaluasi. Tujuan audit meningkatkan kinerja laboratorium dan pemanfaatan sumber daya. Kualitas pelayanan ditentukan dengan mengevaluasi hasil keseluruhan dari pelayanan laboratorium, dan salah satu faktor terpenting adalah kualitas pemeriksaan atau parameter yang dianalisis (Purnama, 2021).

Berikut Langkah-langkah pelaksanaan QC alat *Sysmex XP-100 Hematology Analyzer* :

- a. *Cleansing* alat melalui program computer
- b. *Restart* alat
- c. Siapkan reagen kontrol nilai tinggi
- d. Lakukan pengukuran dengan reagen kontrol nilai tinggi
- e. Catat hasil kemudian dikonversikan ke dalam *Westgrad Rules*

Hasil pengukuran kontrol akan menentukan kinerja alat layak digunakan untuk pemeriksaan atau tidak layak dilihat dari nilai kontrol yang diukur.