

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Darah

Darah merupakan jaringan cair yang terdapat pada tubuh manusia yang terdiri dari dua bagian yaitu plasma darah (bagian cair darah) sebesar 55% dan korpuskuler / sel darah (bagian padat darah) sebesar 45%. Sel darah terdiri dari tiga jenis yaitu eritrosit, leukosit dan trombosit. Volume total darah orang dewasa diperkirakan sekitar 5-6 liter atau 7% - 8% dari berat tubuh seseorang (Ganjar, 2018). Volume darah secara keseluruhan berkisar 1/12 dari berat badan. Secara fisiologis, volume darah adalah tetap (homeostatik) dan diatur oleh tekanan osmotik koloid dari protein dalam plasma dan jaringan (Amalia & Sasi, 2020).

2.1.1 Plasma dan Serum Darah

Plasma adalah salah satu komponen darah yang berwujud cair serta mempengaruhi sekitar 5% dari berat badan manusia. Plasma darah memiliki warna kekuningan yang terdiri dari 90% air, 8% protein, 0,9% (mineral, oksigen, enzim, antigen) dan sisanya adalah bahan organik seperti (lemak, kolesterol, urea, asam amino, dan glukosa). Plasma darah adalah cairan darah yang digunakan untuk mengangkut dan mengedarkan sari-sari makanan ke seluruh bagian tubuh manusia, dan berfungsi untuk mengangkut zat sisa metabolisme dari sel-sel tubuh atau dari seluruh jaringan tubuh ke sistem ekskresi untuk dibuang. Beberapa protein larut dalam plasma darah, antara lain:

- a. Albumin berfungsi untuk mempertahankan tekanan osmotik.

- b. Globulin bertindak sebagai pembentukan antibodi.
- c. Faktor pembekuan darah yang berbentuk cairan terdapat sekitar 55% dari darah. Untuk mendapatkan plasma, diputar dengan kecepatan 3000 rpm selama 30 menit (Ganjar, 2018).

Darah yang dibiarkan didalam wadah, selang beberapa waktu darah akan membeku dan selanjutnya akan mengalami retraksi sehingga cairan yang terdapat didalam darah seolah-olah diperas keluar dari bagian yang padatnya. Proses pembekuan ini biasanya memakan waktu sekitar $\frac{1}{2}$ - 2 jam dan proses retraksi yang sempurna terjadi selama 24 jam. Cairan yang dikeluarkan dari bekuan darah berwarna kuning yang disebut sebagai serum, cairan darah yang tidak mengandung fibrinogen karena tidak ada antikoagulan yang ditambahkan dalam proses pembekuan diubah menjadi fibrin (Ganjar, 2018).

Serum adalah bagian cair darah yang tidak mengandung sel-sel darah dan faktor-faktor pembekuan darah. Protein-protein koagulasi lainnya dan protein yang tidak terkait dengan hemostasis tetap berada dalam serum dengan kadar serupa dalam plasma. Apabila proses koagulasi berlangsung secara upnormal, serum mungkin mengandung sisa fibrinogen dan produk pemecahan fibrinogen atau protombin yang belum dikonfensi. Serum diperoleh dari spesimen darah yang tidak ditambahkan antikoagulan kemudian dilakukan pemisahan menjadi dua bagian dengan menggunakan sentrifuge, setelah itu darah didiamkan hingga membeku kurang lebih 15 menit (Amalia & Sasi, 2020).

2.1.2 Korpuskuler

Bagian padat darah atau sel-sel darah, terdiri dari:

a. Sel darah merah (eritrosit)

Sel darah merah atau sering juga disebut eritrosit berasal dari bahasa Yunani, yaitu *erythos* yang berarti merah dan *kythos* yang berarti selubung atau sel. Eritrosit adalah bagian darah yang mengandung hemoglobin (Hb). Hemoglobin adalah biomolekul pengikat oksigen, sedangkan darah yang berwarna merah ini dipengaruhi oleh oksigen yang diserap dari paru-paru. Pada saat darah mengalir ke seluruh tubuh, hemoglobin melepaskan oksigen ke sel dan mengikat karbon dioksida. Jumlah hemoglobin pada orang dewasa kira-kira 11,5 sampai dengan 15,0 gram per cc darah (Ganjar, 2018).

Kadar hemoglobin darah normal bervariasi tergantung pada usia dan jenis kelamin. Selain kedua faktor tersebut ketinggian suatu tempat juga berpengaruh terhadap kadar hemoglobin serta dipengaruhi juga oleh faktor makanan. Pada orang yang normal, orang yang tinggal di dataran tinggi memiliki kadar hemoglobin yang lebih tinggi dari pada orang yang tinggal di dataran rendah, hal ini berhubungan dengan kadar oksigen di udara. Bayi yang baru lahir kadar hemoglobin yang jauh lebih tinggi daripada orang dewasa, antara 17 – 23 gr/dl. Kadar hemoglobin ini akan menurun saat bayi berusia 2 bulan yaitu sekitar 9-14 gr/dl. Nilai normal pada usia 10 tahun adalah sekitar 12-14 gr/dL untuk wanita dan 14-18 gr/dL untuk laki-laki. Tingkat normal ini akan menurun setelah usia 50 tahun. Sel darah merah membutuhkan protein karena strukturnya terdiri dari asam amino dan membutuhkan zat besi, sehingga diperlukan diet zat besi yang

seimbang. Jumlah sel darah merah dalam tubuh dapat menurun atau kadar hemoglobin dalam sel darah merah dapat menurun (Ganjar, 2018)

Kondisi tersebut dikenal sebagai anemia yang biasanya dapat disebabkan oleh pendarahan yang berlebihan, anemia hemolitik, dan produksi sel darah merah yang tidak normal atau kelainan eritropoiesis. Sel darah merah yang berbentuk cakram bikonkaf dengan diameter 6-8 μm dan tebal sekitar 2 μm . Sel darah merah merupakan sel yang terkecil dibandingkan dengan sel sel lain dalam tubuh manusia selain trombosit dan juga jumlahnya paling banyak jika dibandingkan dengan sel darah lainnya. Secara normal, didalam darah seorang laki-laki dewasa memiliki 25 triliun sel darah merah, setara dengan 5 juta sel darah merah dalam satu mm^3 . Sedangkan pada wanita dewasa, memiliki 4,5 juta sel darah merah dalam satu mm^3 (Ganjar, 2018).

Masa hidup sel darah merah (eritrosit) adalah 120 hari. Proses dimana pembentukan eritrosit disebut eritropoiesis. Sel darah merah yang rusak akan pecah atau lisis dan menjadi partikel-partikel kecil dalam hati dan limpa. Sebagian besar sel darah merah akan dihancurkan di limpa, sebagian yang lolos akan dihancurkan oleh hati. Organ hati menyimpan kandungan zat besi dari hemoglobin yang akan kemudian diangkut oleh darah ke sumsum tulang untuk membentuk sel darah merah yang baru. Sumsum tulang akan memproduksi eritrosit dengan laju produksi sekitar 2 juta eritrosit per detik. Produksi ini distimulasi oleh hormon eritropoietin (EPO) yang di produksi oleh ginjal. Hormon ini juga sering digunakan para atlet dalam suatu pertandingan sebagai dopping (Ganjar, 2018).

Eritrosit muda yang ada didalam darah disebut retikulosit yang masih mengandung asam ribonukleat (RNA). Retikulosit ini berjumlah 1 % dari semua darah yang beredar. Retikulosit terdapat pada sumsum tulang maupun darah tepi. Dibutuhkan 2-3 hari untuk menjadi sel matang yang berkembang di sumsum tulang, setelah itu retikulosit akan masuk ke dalam darah. Retikulosit masuk ke sirkulasi darah tepid dan bertahan selama ± 24 jam sebelum akhirnya matang menjadi eritrosit. Untuk mengidentifikasi RNA pada retikulosit memerlukan pewarna khusus diantaranya *brilliant cresyl blue* atau *new methylene blue solution* (Ganjar, 2018).

b. Sel darah putih (leukosit)

Sel darah putih atau leukosit memiliki ukuran lebih besar jika dibandingkan dengan eritrosit. Jumlah normal pada orang dewasa mengandung 4.000-10.000 sel leukosit /mm³. Tidak seperti sel darah merah, sel leukosit memiliki inti (nukleus) dan sebagian besar leukosit dapat bergerak dan menembus dinding kapiler seperti amuba. Sel darah putih diproduksi dalam sumsum tulang, kelenjar limfa dan juga limpa (Ganjar, 2018).

Sel darah putih memiliki ciri-ciri, antara lain tidak berwarna (bening), bentuk berubah-ubah (amoeboid), berinti, dan ukurannya lebih besar dari eritrosit. Berdasarkan ada tidaknya granula di dalam sitoplasma, leukosit dibagi menjadi:

1) Leukosit bergranula (granulosit)

- a) Neutrofil adalah sel darah putih yang paling banyak, terhitung sekitar 60%. Ada dua jenis neutrofil yaitu neutrofil batang (stab) dan juga neutrofil segmen. Neutrofil segmen disebut juga neutrofil

polimorfonuclear, hal ini karena inti sel terdiri dari beberapa segmen (lobus) dengan bentuk yang berbeda, berjumlah 3 – 6 lobus dan dihubungkan dengan benang-benang kromatin. Ketika neutrophil memiliki lebih dari 6 lobus, disebut dengan neutrofil hipersegmen. Granula sitoplasma tampak tipis dengan prosedur pewarnaan, yaitu menggunakan pewarna giemsa. Jumlah neutrofil tersegmentasi adalah sekitar 50-70% dari semua total leukosit. Sedangkan neutrofil batang yaitu bentuk neutrofil muda dan sering disebut juga neutrofil tapal kuda, karena memiliki inti seperti tapal kuda. Saat sel neutrofil batang sudah matang bentuk intinya akan berubah menjadi bersegmen menjadi neutrofil segmen. Secara umum, neutrofil berfungsi sebagai fagositosis terhadap bakteri. Neutrofil bersirkulasi di dalam darah sekitar 10 jam dan dapat hidup selama 1-4 hari di dalam jaringan ekstrasvaskular. Setelah berada di jaringan ekstrasvaskular, neutrofil tidak akan kembali lagi ke dalam darah. Populasi neutrofil di sepanjang permukaan endotel pembuluh darah mengalami perubahan yang cepat selama stres atau infeksi.

- b) Eosinofil mengandung granula kasar berwarna merah–orange (eosinofilik) yang seperti pada apusan darah tepi. Intinya bersegmen (pada umumnya dua lobus). Eosinophil juga berfungsi sebagai fagositosis dan menghasilkan antibodi terutama terhadap antigen yang dikeluarkan oleh parasit. Jumlah normal eosinofil adalah 2-4% dan meningkat bila terjadi reaksi alergi atau infeksi parasit.

c) Basofil mengandung granula kasar berwarna ungu atau biru tua yang seringkali menutupi inti sel yang bersegmen. Ini adalah jenis leukosit yang jumlahnya paling sedikit yaitu <2% dari jumlah keseluruhan leukosit. Granula pada basofil mengandung heparin (antikoagulan) histamin, dan substansi anafilaksis. Basofil berperan dalam reaksi hipersensitivitas yang berhubungan dengan Imunoglobulin F (IgF) (Ganjar, 2018).

2) Leukosit tidak bergranula (agraulosit)

a) Limfosit adalah leukosit yang tidak bergranula yang jumlahnya kedua paling banyak setelah netrofil, yaitu 20- 40% dari total leukosit. Anak-anak relative memiliki limfosit lebih banyak daripada orang dewasa, dan jumlah limfosit ini meningkat apabila terjadi infeksi virus. Ada beberapa jenis leukosit berdasarkan ukurannya, antara lain:

(1) *Resting Lymphocyte*, biasanya berukuran kecil (7- 10 μ m), hampir sama dengan ukuran eritrosit dengan inti sel berbentuk bulat atau oval.

(2) *Reactive (atypical) Lymphocyte*, berukuran paling besar dan jumlah meningkat apabila terjadi infeksi, misalnya mononukleosis.

(3) *Large granular Lymphocyte*, berukuran lebih besar daripada limfosit kecil yang mengandung granula kasar azurofilik. Limfosit ini berperan sel natural killer (sel NK) dalam imunologi.

Berdasarkan fungsinya, limfosit dibagi atas sel B dan sel T. Sel B terutama berefek pada sistem imun humoral, yang dihasilkan di sumsum tulang dan terdapat dalam limfonodus, limpa, dan organ lainnya selain

berada dalam darah. Setelah terjadi rangsangan dari antigen, sel B akan berkembang menjadi sel plasma yang dapat memproduksi antibodi (Ganjar, 2018).

- b) Monosit, jumlahnya sekitar 3-8% dari total jumlah leukosit. Setelah 8-14 jam berada di dalam darah, monosit menuju ke jaringan dan akan menjadi makrofag (disebut juga histosit). Monosit adalah jenis sel leukosit yang terbesar. Inti selnya mempunyai granula kromatin halus yang menekuk menyerupai ginjal atau biji kacang. Monosit memiliki dua fungsi, yaitu sebagai fagosit mikroorganisme (khususnya jamur dan bakteri) dan benda asing lainnya serta berperan dalam respon imun (Ganjar, 2018).
- c) Keping darah (trombosit), adalah sel darah yang berperan penting dalam proses hemostasis. Trombosit menempel pada lapisan endotel darah yang robek (luka) dengan membentuk plug atau sumbat trombosit. Trombosit tidak memiliki inti sel, berukuran 1-4 μm dan memiliki sitoplasma yang berwarna biru dengan granula ungu kemerahan. Trombosit merupakan derivat dari megakariosit yaitu berasal dari fragmen sitoplasma megakariosit. Jumlah trombosit normal dalam darah adalah sekitar 150.000 hingga 350.000 sel / mL darah. Granula trombosit mengandung faktor pembekuan darah, adenosin difosfat (ADP) dan adenosin trifosfat (ATP), kalsium, serotonin, dan katekolamin. Sebagian besar berperan dalam merangsang mulainya proses pembekuan darah dan umur trombosit sekitar 10 hari. Pada saat kita mengalami luka, permukaan luka tersebut akan menjadi kasar.

Ketika trombosit menyentuh permukaan luka tersebut, maka trombosit akan pecah. Pecahnya trombosit ini akan menyebabkan keluarnya enzim trombokinase yang terkandung didalamnya. Enzim trombokinase mengubah protombin menjadi thrombin dengan bantuan kalsium (Ca) dan vitamin K yang terdapat di dalam tubuh. Selain itu, thrombin merangsang fibrinogen, yang dengan cepat membentuk jaring untuk menutup luka dan mencegah darah tidak keluar (Ganjar, 2018).

2.2 Fungsi Darah

Darah dibagi menjadi bagian cair (plasma) dan bagian padat (sel darah). Bagian- bagian ini memiliki fungsi khusus dalam tubuh. Secara garis besar, tiga fungsi utama darah adalah antara lain:

- a. Sebagai transportasi substansi seperti:
 - 1) Transportasi O₂ dan CO₂ dibawa melalui paru-paru dan ke seluruh jaringan tubuh.
 - 2) Transportasi nutrisi hasil pencernaan ke seluruh tubuh.
 - 3) Transportasi hasil pembuangan tubuh untuk didetoksifikasi atau dibuang oleh hati dan ginjal
 - 4) Transportasi hormon dari kelenjar ke target sel
 - 5) Membantu mengatur suhu tubuh.
- b. Sebagai proteksi, darah berperan besar dalam proses inflamasi:
 - 1) Leukosit berfungsi untuk menghancurkan mikroorganisme patogen dan sel kanker.
 - 2) Antibodi dan protein lain menghancurkan/menghilangkan substansi patogen.

- 3) Trombosit memulai faktor pembekuan darah untuk meminimalkan kehilangan darah.
- c. Sebagai regulator, darah berperan dalam meregulasi (mengatur):
- 1) pH oleh interaksi asam dan basa
 - 2) Keseimbangan air dalam tubuh menjaga pertukaran air dari luar jaringan dan sebaliknya (Ganjar, 2018) dan (Amalia & Sasi, 2020).

2.3 Transfusi Darah

2.3.1 Definisi Transfusi Darah

Transfusi darah adalah proses pemindahan atau pemberian darah dari satu orang (donor) ke orang lain (resipien). Transfusi darah merupakan intervensi klinis yang penting untuk mengatasi penyakit dan menyelamatkan jiwa serta meningkatkan kesehatan pasien yang membutuhkan darah. Proses transfusi darah harus memenuhi syarat yang aman bagi pendonor dan bersifat pengobatan bagi resipien. Tidak semua orang bisa menjadi pendonor, supaya transfusi tidak membahayakan donor dan juga melindungi resipien dengan memastikan bahwa darah yang didonorkan adalah darah yang sehat, maka darah donor harus diseleksi terlebih dahulu, seperti: tidak menderita penyakit HIV, hepatitis B, hepatitis C, dan orang yang tidak beresiko karena seks bebas. (Amalia & Sasi, 2020).

2.3.2 Tujuan Transfusi Darah

Pemberian darah atau transfus darah merupakan suatu cara pengobatan yang memegang peranan penting yang menentukan dalam pengobatan pasien. Tujuan pemberian Transfusi Darah adalah:

- a. Memelihara dan mempertahankan Kesehatan
- b. Memelihara keadaan biologis darah atau komponen-komponennya agar tetap bermanfaat.
- c. Mengembalikan dan mempertahankan volume normal peredaran darah
- d. Mengganti kekurangan komponen seluler atau kimia darah
- e. Meningkatkan oksigenasi jaringan
- f. Memperbaiki fungsi hemostasis
- g. Tindakan terapi khusus (Amalia & Sasi, 2020).

2.4 Hemoglobin

2.4.1 Definisi Hemoglobin

Hemoglobin merupakan protein yang kaya akan zat besi yang memiliki afinitas atau daya gabung terhadap O₂ (oksigen), oksigen itu sendiri akan membentuk oxihemoglobin di dalam sel darah merah. Karena fungsi O₂ akan di bawa dari paru-paru dan dalam peredaran darah untuk dibawa ke jaringan dan membawa karbon dioksida dari jaringan tubuh ke paru-paru (Sumoko, 2020). Hemoglobin merupakan protein yang sangat membantu di dalam darah. Berada di dalam eritrosit yang bertugas untuk mengangkut oksigen di dalam tubuh. Hemoglobin terdiri dari kandungan Fe (besi) dan rantai alfa, beta, gama dan delta (*polipeptida globin*). Nama hemoglobin berasal dari gabungan kata *heme* dan *globin*. *Heme* adalah kelompok prostetik yang terdiri dari atom besi dan *globin* adalah protein yang dipecah menjadi asam amino (Anamisa, 2015). Jika dalam keadaan tubuh Hb mengalami penurunan, maka kondisi dalam tubuh sangat beresiko untuk terjadi anemia.

Sel darah merah didalam tubuh berbeda dengan sel darah merah didalam kantong darah dikarenakan di dalam tubuh adalah tempat terjadinya metabolisme atau perkembangan sel darah yang dibentuk dari sumsum tulang belakang, lalu membentuk kepingan bikonkaf. Usia sel darah merah berkisar antara 120 hari (4 bulan). Sel yang sudah rusak akan dipecah di organ limpa dan digantikan dengan yang baru (Firani, 2018).

Sel darah merah didalam kantong darah atau selama proses penyimpanan memiliki tujuan untuk menjaga viabilitas dan fungsi sel dengan cara mengurangi aktivitas metabolisme sel darah yang akan mengakibatkan terjadinya perubahan biokimiawi. Perubahan ini dikenal dengan *storage lesion* (Sumoko, 2020). Penyimpanan *whole blood* disimpan pada suhu rendah yaitu $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ dalam lemari pendingin atau *blood bank* dengan ditambahkan antikoagulan *Citrat Phosphate Dextrose Adenin* (CPDA) yang dapat mencegah terjadinya pembekuan darah dan mempertahankan kadar *Adenosin Tri Phosphate* (ATP) dalam darah sampai 35 hari. Penyimpanan suhu $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ adalah menjaga *dextrose* tidak cepat habis dan akan mengurangi pertumbuhan bakteri yang memungkinkan mengkontaminasi darah selama proses penyimpanan *in vitro*. Proses metabolisme sel terus berlangsung seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan, kadar ATP dan glukosa dalam kantong darah akan mengalami penurunan karena digunakan untuk metabolisme sel yang energinya berasal dari glikolisis. Asam laktat sebagai hasil glikolisis akan terus memupuk menyebabkan keadaan lingkungan menjadi asam (Ph menurun). Eritrosit mengandung sedikit mitokondria dan sangat tergantung pada glikolisis untuk kebutuhan energinya.

2.4.2 Fungsi Hemoglobin

Hemoglobin dalam darah sebagai pengangkut oksigen dari paru-paru dan dalam peredaran darah untuk dibawa ke jaringan dan membawa karbon dioksida dari jaringan tubuh ke paru-paru (Naim, 2014) dan (Evelyn, 2008).

Menurut Depkes RI guna hemoglobin antara lain :

- a. Mengatur pertukaran oksigen dengan karbondioksida dalam jaringan tubuh.
- b. Mengambil oksigen dari paru-paru untuk dibawa keseluruh jaringan tubuh untuk digunakan sebagai bahan bakar atau energi.
- c. Untuk mengetahui apakah ada kekurangan darah dan karbon dioksida akan dibawa dari jaringan tubuh ke paru-paru sebagai hasil metabolisme, yang dapat ditentukan dengan mengukur kadar hemoglobin (Lyza Riana, 2010)

2.4.3 Kadar Hemoglobin

Kadar hemoglobin merupakan ukuran pigmen respiratorik pada butiran-butiran darah merah. Jumlah hemoglobin dalam darah normal sekitar 15 gr setiap 100 ml darah dan jumlah ini biasanya disebut “100 persen” (Evelyn, 2008). Batas normal nilai hemoglobin untuk seseorang sukar ditentukan karena kadar hemoglobin bervariasi diantara setiap suku bangsa. Namun WHO telah menetapkan batas kadar hemoglobin normal berdasarkan usia dan jenis kelamin (WHO dalam Zuherni, 2019). Batas normal hemoglobin dapat dilihat pada

Tabel 2.41 Batas Kadar Hemoglobin (gr/dl)

Umur 5-11 tahun	< 11,5g/dl
Umur 12-14 tahun	≤ 12,0 g/dl

Umur > 15 tahun	Perempuan : >12 g/dl Laki-laki : > 13 g/dl
-----------------	---

Sumber : WHO dalam (Gunadi, 2016).

2.4.4 Penyebab Kekurangan Hemoglobin

Penyebab kekurangan hemoglobin umumnya karena pendarahan yang dapat berasal dari luka, menstruasi berat, atau pasca persalinan yaitu kebutuhan yang meningkat secara psikologi. Kadar hemoglobin turun bisa disebabkan oleh pola makan, usia, dan aktivitas fisik (Saputri, 2018). Kekurangan hemoglobin juga disebabkan karena beberapa penyakit yang membuat produksi Hb atau sel darah merah berkurang seperti anemia defisiensi besi, anemia aplastik, dan lain sebagainya. Anemia defisiensi besi adalah kondisi dimana seseorang tidak memiliki zat besi yang cukup untuk memenuhi kebutuhan tubuhnya atau pengurangan sel darah karena kurangnya zat besi. Anemia aplastik adalah suatu keadaan berkurangnya sel-sel darah pada darah tepi (pansitopenia), sehubungan dengan terhentinya pembentukan atau tidak terbentuknya sel hematopoetik didalam sumsum tulang (aplasia) (Zuherni, 2019).

Beberapa metode untuk meningkatkan kadar hemoglobin :

- a. Transfusi darah
- b. Mengonsumsi suplemen zat besi
- c. Meningkatkan asupan makanan yang kaya akan zat besi

2.4.5 Pemeriksaan Kadar Hemoglobin

Metode sahli adalah metode pemeriksaan hemoglobin yang dilakukan secara visual. Pemeriksaan hemoglobin dengan cara darah diencerkan dengan larutan HCl agar hemoglobin berubah menjadi asam hematin, kemudian dicampur dengan aquadest hingga warnanya sesuai dengan warna standar (lihat dengan mata) untuk memudahkan perbandingan, warna standar dibuat konstan yang diubah adalah warna hermin yang terbentuk. Perubahan warna hermin dibuat dengan cara pengenceran sedemikian rupa sehingga warnanya sama dengan warna standar. Karna yang membandingkan adalah hanya dengan mata telanjang maka subjektivitas sangat berpengaruh, ada juga faktor lain misalnya ketajaman, penyorotan dan sebagainya dapat mempengaruhi hasil pembacaan. Meskipun demikian metode sahli sering digunakan untuk pemeriksaan dilapangan jika pemeriksaan yang dilakukan dengan teliti dan terlatih hasilnya dapat diandalkan (Kusumawati, 2018).

2.5 Definisi Whole Blood

Whole blood atau darah lengkap terdiri dari berbagai komponen darah seperti *red blood cells* (RBC), *Thrombocyte concentrate* (TC), *cryoprecipitate*, dan *fresh frozen plasma* (FFP). Komponen darah yang di transfusikan sesuai kebutuhan maka akan mengurangi kemungkinan reaksi transfusi, *circulatory overload* (Ganjar, 2018).

a. Red Blood Cells (RBC)

Red Blood Cells (RBC) adalah sel darah merah atau eritrosit yang diberikan untuk meningkatkan kapasitas oksigen darah sehingga komponen darah

lainnya tidak perlu diberikan. Macam-macam eritrosit yang diberikan yaitu dalam bentuk:

- 1) *Packed Red Cells* (sel darah merah pekat)
- 2) *Leukodepleted PRC* (Darah merah pekat miskin leukosit)
- 3) *Washed Red Cells* (sel darah merah yang dicuci)

b. *Thrombocyte concentrate* (TC)

Thrombocyte concentrate (TC) atau trombosit sering kali diberikan apabila terjadi kekurangan trombosit, pemberian trombosit yang berulang akan menyebabkan pembentukan trombosit antibodi sehingga harus dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu apakah trombosit antigen yang akan ditransfusi cocok atau tidak.

c. *Cryoprecipitate* (AHF)

Cryoprecipitate mengandung faktor VII dan fibrinogen dalam jumlah banyak selain itu juga terdapat faktor von Willebrand, faktor XIII dan fibronektin. Fibronektin adalah glikoprotein yang berfungsi sebagai sel retikuloendotelial clearance terhadap bakteri atau benda asing dalam darah. Indikasi *cryoprecipitate* adalah pada penyakit *hemophilia* (defisiensi faktor VIII), juga dapat digunakan dalam pengobatan defisiensi fibrinogen.

d. *Fresh Frozen Plasma* (FFP)

Fresh frozen plasma (FFP) atau plasma beku segar mengandung semua protein plasma (faktor pembekuan), terutama faktor V dan VII, yang jumlahnya akan menurun seiring dengan waktu. Setiap unit FFP biasanya dapat menaikkan masing-masing kadar faktor pembekuan sebesar 2-3% pada orang dewasa. Dosis

inisial adalah 10-15 ml/kg sama dengan *Packed Red Cells* (PRC), saat hendak diberikan pada pasien, perlu dihangatkan hingga sama dengan suhu tubuh.

Pendarahan atau kehilangan darah merupakan peristiwa yang berpotensi fatal yang dapat menyebabkan hilangnya nyawa seseorang. Sejak jaman dahulu para ahli telah melakukan upaya penyelamatan dengan memindahkan darah dari orang sehat kepada orang sakit atau membutuhkan darah (resipien). Proses pemindahan inilah yang sekarang kita kenal dengan sebutan transfusi darah dan orang sehat yang mendonorkan darahnya disebut dengan pendonor (Ganjar, 2018).

2.6 Faktor Yang Mempengaruhi Penyimpanan Darah Invitro

2.6.1 Perubahan Bentuk dan Daya Hidup Sel

- a. Daya hidup eritrosit akan menurun sebanding dengan masa simpan. Pada saat penyadapan hancur 1-5%, apabila disimpan 2 minggu dalam ACD sel eritrosit hancur sekitar 10%, dan 4 minggu dalam ACD sel eritrosit musnah mencapai 25%.
- b. Daya hidup trombosit menurun sebanding dengan masa simpan dan temperatur simpan. Daya hidup trombosit pada suhu 2-6°C lebih buruk dibandingkan pada suhu 18- 22°C.
- c. Daya hidup leukosit menurun dengan cepat sebanding dengan masa simpan. Masa simpan 48 jam terjadi perubahan bentuk, sedangkan masa simpan 72 jam fungsi leukosit hilang.

2.6.2 Perubahan kadar ATP

Akibat penurunan kadar ATP, maka terjadi hilangnya lipid membran sel, perubahan bentuk sel dari bentuk bikonkaf menjadi bulat, berkurangnya elastisitas sel sehingga menjadi kaku.

2.6.3 Perubahan kadar 2,3 DPG

Akibat penurunan kadar 2,3 DPG, maka daya ikat oksigen pada molekul hemoglobin menjadi kuat, pelepasan oksigen ke jaringan menjadi berkurang. Darah dengan 2,3 DPG rendah tidak menambah oksigenisasi jaringan walaupun kadar hemoglobin naik. Darah dengan 2,3 DPG rendah tidak tepat untuk pasien yang memerlukan oksigenisasi cepat/resusitasi.

2.6.4 Perubahan asam laktat dan pH

Perubahan pH disebabkan penumpukan asam laktat sebagai hasil akhir proses glikolitik oleh sel eritrosit. Dengan bertambahnya asam laktat akan menyebabkan penurunan pH (asam)

2.6.5 Peningkatan Hb plasma

Peningkatan Hb plasma dikarenakan banyaknya eritrosit yang lisis.

2.6.6 Perubahan metabolisme sel

Perubahan pH menjadi asam menyebabkan terganggunya fungsi enzim-enzim untuk metabolisme sel, sehingga metabolisme sel terganggu dan sel akan lisis (Ganjar, 2018).

2.7 Penyimpanan Darah

Penyimpanan darah secara *in vitro* merupakan upaya untuk mengurangi perubahan yang terjadi selama penyimpanan darah. Penyimpanan darah yang

sering dilakukan adalah simpan cair, penyimpanan darah dengan menggunakan antikoagulan yang mengandung nutrisi untuk kehidupan sel darah pada suhu optimal 4-2°C dan metabolisme 1/40 pada suhu 37°C. Suhu maksimum dalam penyimpanan darah adalah 10°C, jika penyimpanan di atas suhu tersebut merusak eritrosit berlangsung cepat (Ganjar, 2018)

Ada 2 faktor penting yang harus diperhatikan dalam penyimpanan darah secara *in vitro*, yaitu suhu simpan dan pengawet/pelindung. Antikoagulan adalah zat untuk mencegah darah dari pembekuan, yang digunakan untuk tujuan transfusi adalah sitrat. Sedangkan bahan pengawet yaitu bahan-bahan yang diperlukan untuk metabolisme sel. Berikut ini adalah jenis antikoagulan dan pengawet darah dalam penyimpanan, antara lain :

- a. Natrium sitrat konsentrasi 3,4-3,8%, dapat mengawet darah selama 2-3 hari pada suhu 4°C
- b. ACD = *Acid – Citric – Dextrose*, dengan penambahan dekstrosa masa simpan dapat diperpanjang hingga 3 minggu (21 hari)
- c. CPD = *Citric – Phosphate – Dextrose*, dengan penambahan senyawa *phosphate*, maka sel darah mendapat tambahan sumber energi. Larutan CPD lebih baik jika dibandingkan larutan ACD, yaitu hemolisis lebih kecil dan viabilitas sel post transfusi juga lebih baik, dan fungsi transport oksigen lebih baik. Masa simpan darah dalam larutan CPD adalah 28 hari
- d. CPD-A = *Citric – Phosphate – Dextrose – Adenine*, dengan penambahan 17 mg adenin ke komposisi CPD dapat memperpanjang masa simpan hingga 35 hari (5 minggu)

- e. Larutan aditif, terdiri AS-1 (Adsol), AS-3 (Nutricel) dan AS-5 (Optisol) dapat digunakan untuk memperpanjang masa simpan hingga 42 hari.

Kantong darah 450 ml terdapat pengawet dan antikoagulan sebanyak 63 ml dan pada kantong darah 500 ml terdapat pengawet dan antikoagulan sebanyak 70 ml. Jika volume darah kurang dari 300 ml, maka rasio volume antikoagulan-pengawet dengan darah adalah 1,4 : 10 (Ganjar, 2018).

2.8 Distribusi Darah

Distribusi darah adalah pengiriman darah siap pakai untuk keperluan transfusi darah dari UTD ke Rumah Sakit melalui Bank Darah Rumah Sakit (BDRS) atau Institusi Kesehatan yang berwenang. Sebelum pendistribusian, darah harus bebas dari penyakit yang menular (HIV, HBsAg, HCV, dan Sifilis) yang ditentukan dari hasil uji saring IMLTD non reaktif menggunakan metoda uji saring dan reagen IMLTD yang telah divalidasi dan disetujui. Dan tetap mempertahankan rantai dingin darah sesuai dengan jenis komponennya menggunakan alat distribusi yang suhunya tervalidasi dan terkontrol oleh personil yang kompeten (Menkes, 2015).

Rantai dingin atau *cold chain* merupakan bentuk rantai pasok yang harus memerlukan perhatian terhadap suhu, kelembapan dan udara untuk menjamin kualitas produk yang didistribusikan tetap terjamin mutunya. Sistem rantai dingin adalah sistem untuk menyimpan dan mengirim agar tetap terjamin mutunya. Sistem rantai dingin merupakan sistem penyimpanan dan distribusi darah dan produk darah dalam suhu dan kondisi yang tepat dari tempat pengambilan darah pendonor sampai darah ditransfusikan ke pasien. Suhu pada darah lengkap (*whole*

blood) untuk transfusi disimpan pada suhu 2°C hingga 6°C dan untuk transportasi antara suhu 2°C hingga 10°C untuk maksimal 24 jam. Sedangkan darah lengkap untuk komponen darah seperti trombosit disimpan dan ditransportasikan pada suhu 20°C hingga 24°C (harus terkontrol dengan ketat) untuk maksimal 24 jam. Masa simpan darah tergantung pada antikoagulan dan pengawet yang digunakan (Menkes, 2015).