

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Darah

Darah merupakan cairan dalam tubuh yang memiliki fungsi utama dalam mengangkut oksigen yang dibutuhkan oleh sel-sel di seluruh tubuh. Selain itu, darah juga menyuplai tubuh dengan nutrisi, mengangkut sisa metabolisme, dan mengandung berbagai zat yang membentuk sistem kekebalan tubuh, yang melindungi tubuh dari berbagai penyakit (Firdayanti, dkk., 2024).

Darah merupakan suatu cairan di dalam tubuh yang berfungsi mengalirkan oksigen ke seluruh jaringan tubuh, mengirimkan nutrisi yang dibutuhkan sel-sel dan menjadi suatu benteng pertahanan terhadap bakteri dan virus, tanpa darah yang cukup seseorang dapat mengalami berbagai gangguan kesehatan bahkan juga bisa kematian. Darah terdiri atas dua bagian yaitu plasma darah dan sel darah. Sel darah yang terdiri dari sel darah merah atau eritrosit, sel darah putih atau leukosit, dan sel pembekuan atau trombosit. Volume darah secara keseluruhan kira-kira 5 liter. Fungsi utama dari darah adalah untuk mentransportasi sel darah merah akan tetap berada dalam sistem sirkulasi dan mengandung pigmen yang berfungsi mengangkut oksigen yaitu hemoglobin, pemeliharaan keseimbangan asam basa, dan pembuangan limbah metabolisme dari jaringan (Agawemu, 2016).

Darah memiliki dua komponen utama yang terdiri dari komponen cair dan komponen padat. Keseluruhan komponen darah yang mengalir pada tubuh manusia dikenal sebagai *whole blood* atau darah utuh, yang tersusun atas sebagian besar 55% adalah komponen cair atau plasma darah, dan sisanya sebanyak 45% adalah komponen padat atau sel-sel darah (Rosita, dkk., 2019). Di dalam komponen padat, terdapat tiga komponen utama (Firdayanti, dkk., 2024):

a. Eritrosit

Eritrosit atau sel darah merah memiliki kandungan sekitar 40% -45% dengan ritrosit ukuran rata-rata sekitar 6,8-7,5 μm dengan volume sekitar 80-100 fL dan berat sekitar 26-34 pg per sel. Sel darah merah adalah sel yang berwarna merah dan yang berukuran kecil, cekung pada kedua sisinya sehingga jika dilihat dari samping tampak seperti dua buah bulan sabit yang saling bertolak belakang, setiap mililiter kubik darah terdapat 5.000.000 sel darah merah, fungsinya untuk transport makanan dan di dalamnya mengandung hemoglobin yang membawa oksigen dari paru-paru ke jaringan tubuh. Pembentukan sel darah merah terjadi di dalam sumsum tulang melalui proses pematangan, pembentukan sel darah merah tersebut di rangsang oleh hormon eritropoitin yaitu suatu hormon yang diproduksi oleh ginjal yang berfungsi untuk merangsang pembentukan sel darah merah di dalam sumsum tulang (Rahmatillah, 2018). Eritrosit merupakan bagian darah yang

mengandung hemoglobin. Hemoglobin merupakan 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 (Maharani dan Ganjar, 2018).

b. Trombosit

Trombosit atau keping-keping darah adalah fragmen sel yang memiliki peran dalam proses pembekuan darah (koagulasi) selama hemostasis. Jumlah trombosit yang normal berkisar antara 150.000 hingga 400.000 per mikroliter (μL) darah, dan masa hidupnya sekitar 5 hingga 9 hari (Doda, dkk., 2020).

c. Leukosit

Leukosit atau sel darah putih memiliki ukuran yang lebih besar jika dibandingkan dengan eritrosit. Jumlah normal pada orang dewasa mengandung 4.000-10.000 sel leukosit / mm^3 . Sel darah putih diproduksi dalam sumsum tulang, kelenjar limfa dan juga limpa. Sel darah putih memiliki ciri-ciri, antara lain tidak berwarna (bening), bentuk tidak tetap, berinti, dan ukurannya lebih besar dari eritrosit (Maharani dan Ganjar, 2018).

2. Plasma Darah

Plasma darah atau juga dikenal komponen cair pada dasarnya adalah larutan air yang terdiri dari berbagai bahan seperti hormon, albumin, bahan pembeku darah, berbagai jenis protein, dan berbagai jenis garam. Darah

manusia berwarna merah terang disaat mengandung oksigen hal tersebut karena warna merah disebabkan oleh hemoglobin, sebuah protein pernapasan yang mengandung besi dalam bentuk heme atau bentuk zat besi yang terdapat dalam molekul hemoglobin, yang memiliki fungsi tempat terikatnya molekul oksigen. Ketika oksigen dilepaskan, eritrosit menjadi lebih gelap, yang dapat membuat pembuluh darah dan kulit menjadi biru. Perubahan warna ini dapat digunakan untuk mengetahui berapa banyak oksigen yang terkandung dalam darah arteri (Firdayanti, dkk., 2024). Plasma darah merupakan komponen cairan yang mengandung berbagai nutrisi maupun substansi penting lainnya yang diperlukan oleh tubuh manusia, antara lain protein albumin, globulin, faktor-faktor pembekuan darah, dan berbagai macam elektrolit, hormon, dan sebagainya. Plasma darah berfungsi sebagai sistem penyangga tubuh yang penting untuk mempertahankan keadaan asam basa, melalui kandungan elektrolit yang terkandung di dalamnya, antara lain ion hidrogen dan bikarbonat. Fungsi utama plasma sebagai perantara untuk menyalurkan makanan, mineral, lemak, glukosa, dan asam amino keseluruh jaringan tubuh. Plasma juga berfungsi sebagai perantara untuk mengangkut zat-zat yang dibuang seperti, urea, asam urat, dan lain-lain (Firani, 2018).

3. Pemeriksaan Laju Endap Darah

Pemeriksaan LED ialah pemeriksaan yang mengukur kecepatan pengendapan eritrosit dan menggambarkan komposisi plasma serta perbandingannya antara eritrosit dan plasma. LED dipengaruhi oleh berat

sel darah dan luas permukaan serta gravitasi bumi. LED dapat dipakai sebagai sarana pemantauan keberhasilan terapi, perjalanan penyakit terutama penyakit kronis (Yana, 2019).

Pemeriksaan LED digunakan sebagai indikator umum peradangan dalam tubuh. Semakin tinggi nilai LED, semakin besar kemungkinan adanya peradangan, meskipun tes ini tidak memberikan informasi khusus tentang penyebab peradangan. Tes ini berguna ketika digunakan bersama dengan evaluasi klinis dan tes lain untuk membantu dalam diagnosis dan pemantauan berbagai kondisi medis yang melibatkan peradangan. Pemeriksaan Laju Endap Darah memiliki prinsip dasar mengukur laju pengendapan eritrosit dalam sampel darah, yang mencerminkan komposisi plasma dan perbandingan antara eritrosit dan plasma. Faktor-faktor yang mempengaruhi LED (Firdayanti, dkk., 2024):

a. Kecepatan pengendapan eritrosit

Prinsip utama pemeriksaan LED adalah mengukur kecepatan pengendapan eritrosit dalam tabung khusus selama periode waktu tertentu. Semakin cepat eritrosit mengendap, semakin tinggi nilai LED.

b. Komposisi plasma

Sedimentasi eritrosit dalam darah juga dipengaruhi oleh komposisi plasma. Ketika terjadi peradangan dalam tubuh, produksi fibrinogen meningkat, dan ini mempengaruhi interaksi antara

eritrosit dan plasma, membuat eritrosit cenderung bergerak lebih lambat.

c. Perbandingan eritrosit dan plasma

Sedimentasi eritrosit dalam darah juga dipengaruhi oleh komposisi plasma. Ketika terjadi peradangan dalam tubuh, produksi fibrinogen meningkat, peningkatan produksi fibrinogen selama peradangan adalah bagian dari respons tubuh untuk memperbaiki jaringan yang rusak dan melawan infeksi, dan ini mempengaruhi interaksi antara eritrosit dan plasma, membuat eritrosit cenderung bergerak lebih lambat. Ketika fibrinogen tinggi, eritrosit cenderung saling menempel dan membentuk tumpukan (*rouleaux*), yang meningkatkan viskositas darah dan menghambat pergerakan sel darah merah.

d. Berat eritrosit

Berat eritrosit mempengaruhi laju sedimentasi. Eritrosit yang lebih berat akan mengendap lebih cepat daripada yang lebih ringan. Berat eritrosit dipengaruhi oleh kandungan hemoglobin. Hemoglobin adalah protein yang membawa oksigen dalam eritrosit. Semakin banyak hemoglobin dalam sel darah merah, semakin berat sel tersebut.

e. Luas permukaan sel darah

Luas permukaan eritrosit juga memainkan peran dalam laju sedimentasi. Eritrosit dengan permukaan yang lebih luas cenderung

mengendap lebih lambat sedangkan yang lebih kecil akan lebih cepat.

f. Pengaruh gravitasi bumi

Selama pengukuran LED, eritrosit mengendap ke dasar tabung karena pengaruh gravitasi bumi. Faktor ini mempengaruhi jarak yang ditempuh oleh eritrosit selama pengendapan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi LED menurut Diyah, (2019):

a. Faktor eritrosit

Faktor terpenting yang menentukan kecepatan endapan eritrosit adalah ukuran atau masa dari partikel endapan. Pada beberapa penyakit dengan gangguan fibrinogen plasma dan globulin, dapat menyebabkan perubahan permukaan eritrosit dan peningkatan LED, LED berbanding terbalik dengan viskositas plasma.

b. Faktor plasma

Beberapa protein plasma mempunyai muatan positif dan mengakibatkan muatan permukaan eritrosit menjadi netral, hal ini menyebabkan gaya menolak eritrosit menurun dan mempercepat terjadinya agregasi atau endapan eritrosit. Beberapa protein fase akut memberikan kontribusi terjadinya agregasi.

c. Faktor teknik dan mekanik

Faktor terpenting pemeriksaan LED adalah tabung harus betul-betul tegak lurus, perubahan dan menyebabkan kesalahan

sebesar 30%. Selain itu selama pemeriksaan rak tabung tidak boleh bergetar atau bergerak. Panjang diameter bagian dalam tabung LED juga mempengaruhi hasil pemeriksaan.

Faktor yang meningkatkan LED menurut Diyah, (2019):

- a. Ukuran eritrosit yang lebih besar dari ukuran normal, sehingga lebih mudah atau cepat membentuk rouleaux, sehingga LED dapat meningkat.
- b. Peningkatan kadar fibrinogen dalam darah akan mempercepat pembentukan rouleaux, sehingga LED dapat meningkat.
- c. Tabung pemeriksaan bergetar akan mempercepat pengendapan, sehingga LED dapat meningkat.
- d. Suhu saat pemeriksaan lebih tinggi dari suhu ideal ($>20^{\circ}\text{C}$) akan mempercepat pengendapan, sehingga LED dapat meningkat.
- e. Keadaan-keadaan fisiologik seperti pada waktu haid, kehamilan setelah bulan ketiga dan pada orang tua.

Faktor yang menurunkan LED menurut Diyah, (2019):

Lekositosis berat, polisitemia, abnormalitas protein, faktor teknik (problem pengenceran, darah sampel beku, tabung LED pendek, getaran pada saat pemeriksaan). LED yang cepat menunjukkan suatu lesi yang aktif, peningkatan LED dibandingkan sebelumnya menunjukkan proses yang meluas, sedangkan LED yang menurun dibandingkan sebelumnya menunjukkan suatu perbaikan.

Pemeriksaan LED metode westergreen adalah uji laboratorium yang sederhana dan ekonomis yang mengukur jarak yang ditempuh eritrosit setelah satu jam dalam kolom vertikal darah yang telah diantikoagulasi akibat pengaruh gravitasi. Faktor-faktor dasar yang mempengaruhi LED telah dipahami sejak awal adalah jumlah fibrinogen dalam darah berkorelasi langsung dengan LED. Metode westergren mengukur jarak dalam milimeter di mana sel darah merah dalam darah utuh yang telah diantikoagulasi jatuh ke dasar tabung tertentu yang berdiri tegak selama satu jam akibat pengaruh gravitasi. Tabung yang digunakan untuk tes ini dikenal sebagai tabung westergren dan saat ini dapat terbuat dari kaca atau plastik, dengan diameter internal sekitar 2,5 mm dan panjang berkisar antara 190 hingga 300 mm (Firdayanti, dkk., 2024). Dalam pemeriksaan LED metode westegren di gunakan darah citrat dengan perbandingan 4 bagian darah dan 1 bagian Na sitrat 3,8%. Pemeriksaan LED harus segera di lakukan dua jam setelah pengambilan darah. Prinsip dari pemeriksaan LED metode westegren adalah penambahan antikoagulan Na sitrat 3,8% dalam darah EDTA dengan perbandingan tertentu akan mengencerkan darah dan dimasukkan dalam pipet wetergren yang diletakkan tegak lurus dalam waktu tertentu, maka sel-sel darah akan mengendap karena perbedaan berat jenis. Jumlah milimeter darah merah yang mengendap selama satu jam dinyatakan sebagai nilai LED dalam satuan mm/jam (Nugraha, 2017).



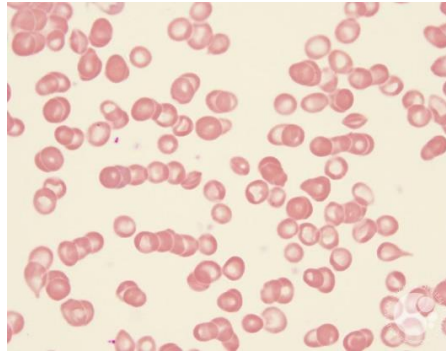
Gambar 1. LED Westergren

Sumber: Laboratorium Kesehatan Kab. Lombok Barat, 2022.

Laju endap darah memiliki tiga fase sebagai berikut (Nugraha, 2021):

a. Fase pertama

Tahap pertama adalah pembentukan rouleaux, sel-sel eritrosit mengalami agregasi dan membentuk tumpukan dengan kecepatan pengendapan darah yang lambat (Nugraha, 2021). Pada fase ini terjadi rouleaux formasi yaitu eritrosit mulai saling menyatukan diri. Waktu yang dibutuhkan adalah dari beberapa menit hingga 30 menit. Adanya makromolekul dengan konsentrasi tinggi di dalam plasma, dapat mengurangi sifat saling menolak di antara sel eritrosit, dan mengakibatkan eritrosit lebih mudah melekat satu dengan yang lain, sehingga memudahkan terbentuknya rouleaux. Rouleaux adalah gumpalan eritrosit yang terjadi bukan karena antibodi atau ikatan konvalen, tetapi karena saling tarik-menarik di antara permukaan sel (Diyah, 2019).



Gambar 2. Rouleaux
Sumber: Scordino, 2015.

b. Fase kedua

Tahap kedua adalah proses sedimentasi, eritrosit akan mengendap dengan lebih cepat dan konstan, berlangsung selama 40 menit. Kecepatan sedimentasi bergantung pada tahap agregasi, semakin banyak pembentukan rouleaux, semakin tinggi kecepatan sedimentasinya (Nugraha, 2021).

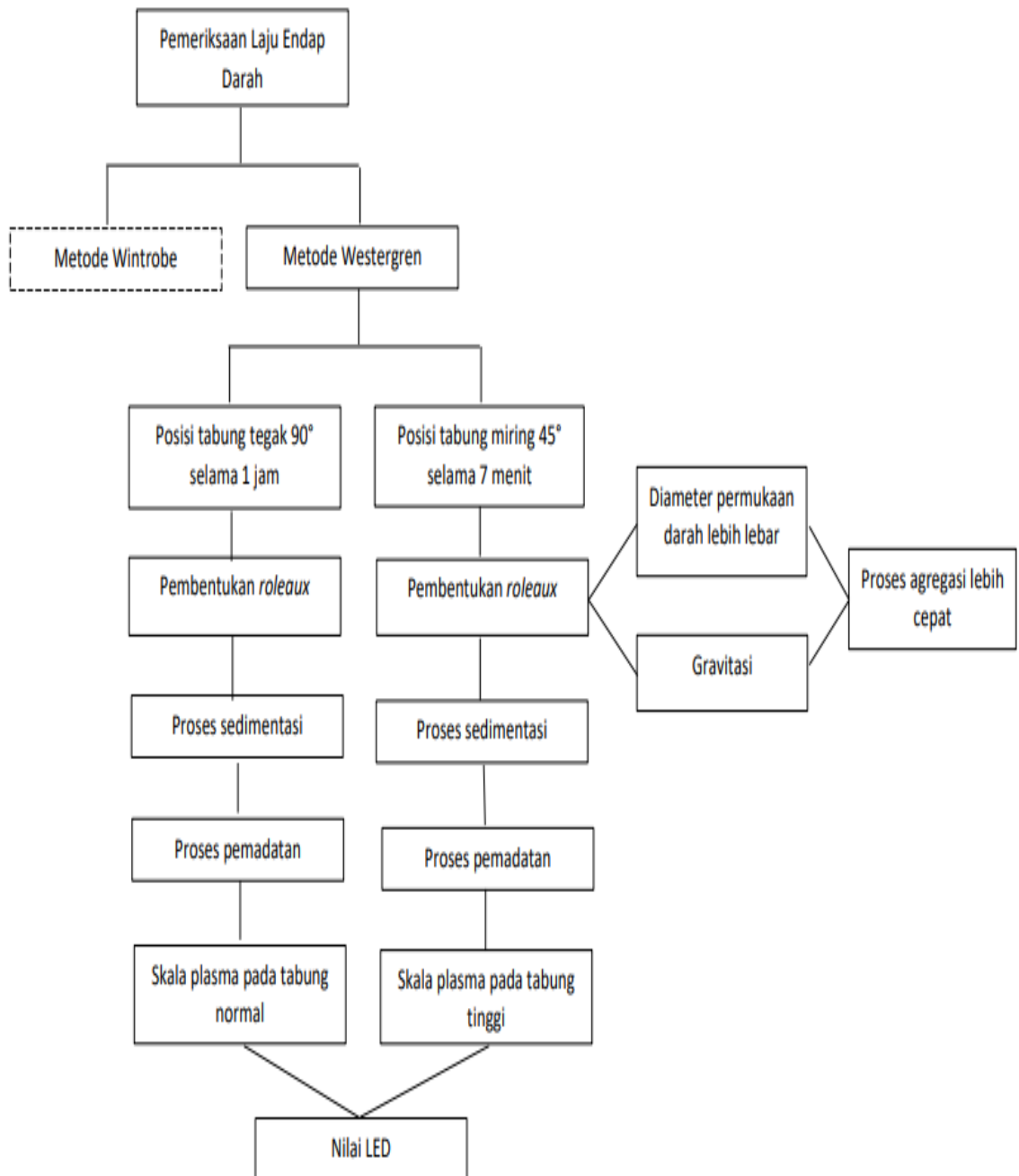
c. Fase ketiga

Tahap ketiga adalah tahap pemadatan, di mana eritrosit yang mengendap akan mengisi celah atau ruang kosong di antara tumpukan eritrosit lainnya di bawah tabung hingga eritrosit benar-benar memadat. Tahap ini berlangsung selama 10 menit dengan kecepatan pengendapan yang lambat (Nugraha, 2021).

Nilai normal pemeriksaan laju endap darah (LED) adalah sebagai berikut (Maulidiyanti, dkk., 2023):

- a. Wanita di atas 50 tahun : <30 mm/jam
- b. Pria di atas 50 tahun : <20 mm/jam
- c. Wanita di bawah 50 tahun : <20 mm/jam
- d. Pria di bawah 50 tahun : <15 mm/jam
- e. Bayi baru lahir : <2 mm/jam
- f. Anak-anak yang belum pubertas : 3-13 mm/jam

B. Kerangka Teori



Gambar 3. Kerangka Teori

Keterangan:

_____ = diteliti

----- = tidak diteliti

C. Hubungan Antar Variabel

Gambar 4. Hubungan Antar Variabel

D. Pertanyaan Penelitian

Adakah perbedaan hasil antara pemeriksaan LED dengan posisi vertikal selama 1 jam dan dengan kemiringan 45° selama 7 menit?