

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

A. Darah

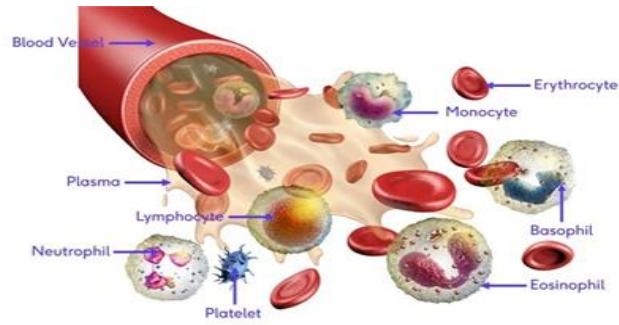
1. Definisi darah

Darah merupakan organ vital dalam tubuh manusia yang memiliki peran sangat penting dalam menunjang kelangsungan hidup manusia dan mengalir melalui jantung serta jaringan pembuluh darah. Di dalamnya terdapat berbagai komponen, yang terdiri dari bagian cair berupa plasma serta bagian padat yang meliputi sel-sel darah. Darah berperan mengalirkan oksigen dan nutrisi ke seluruh jaringan tubuh serta mengangkut sisa-sisa hasil metabolisme untuk dibuang. Darah mengalir melalui pembuluh darah, baik arteri maupun vena, dan menjadi bagian dari sistem organ yang sangat berperan dalam mempertahankan kehidupan manusia. Volume darah pada individu dewasa diperkirakan mencapai sekitar 3,6 liter pada perempuan dan 4,5 liter pada laki-laki (Firani, 2018).

Darah terdiri atas sel-sel darah dan bagian cair yang disebut plasma, yang mengandung berbagai zat gizi serta zat lainnya. Sekitar 55% dari total darah merupakan plasma, sedangkan 45% sisanya berupa sel-sel darah. Dari seluruh komponen sel darah, yang jumlahnya paling besar adalah sel darah merah (eritrosit), yakni sekitar 41%. Perbandingan antara volume sel darah dengan volume darah keseluruhan dikenal sebagai hematokrit (Hct), di mana lebih dari 99% nilai hematokrit berasal dari eritrosit. Adapun komponen darah manusia secara lebih rinci terdiri atas (Firani, 2018) :

- a. Sel-sel darah yang terdiri atas eritrosit, leukosit dan trombosit memiliki fungsi yang sangat penting. Fungsi masing-masing sel darah adalah sebagai berikut :

- 1) Eritrosit : berperan dalam pengangkutan oksigen ke seluruh tubuh serta membawa karbon dioksida untuk dikeluarkan.
 - 2) Leukosit : berfungsi dalam menjaga sistem imun tubuh untuk melawan benda asing serta mikroorganisme yang masuk ke dalam tubuh. Leukosit terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu neutrofil, eosinofil, basofil, limfosit, dan monosit.
 - 3) Trombosit : berperan dalam mekanisme pembekuan darah yang sangat penting untuk menjaga keseimbangan hemostasis di dalam tubuh.
- b. Plasma darah mengandung berbagai jenis protein, di antaranya albumin, globulin, dan faktor-faktor pembekuan darah. Albumin berperan dalam menjaga tekanan osmotik koloid (onkotik) dalam plasma. Jika kadar albumin menurun, tekanan onkotik akan berkurang sehingga cairan dapat keluar dari pembuluh darah (ekstravasasi). Globulin berfungsi dalam pembentukan imunoglobulin yang berperan penting dalam sistem pertahanan tubuh terhadap benda asing dan mikroorganisme. Penurunan kadar globulin dapat menyebabkan penurunan kemampuan sistem imun tubuh sehingga tubuh menjadi lebih mudah terpapar dan terserang infeksi. Faktor-faktor koagulasi dalam plasma berperan dalam proses pembekuan darah, dan kekurangannya dapat menyebabkan perdarahan. Selain itu, plasma darah juga berfungsi sebagai sistem penyangga (*buffer*) untuk menjaga keseimbangan asam-basa tubuh melalui kandungan elektrolit seperti ion hidrogen dan bikarbonat.



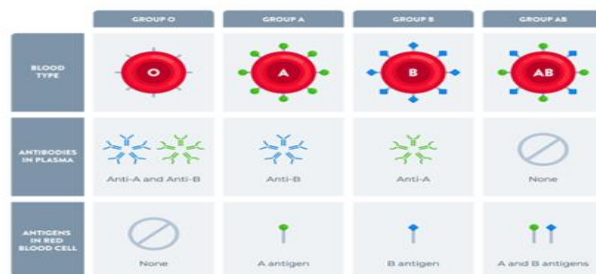
Gambar 1 Komponen Darah Manusia

Sumber : Firani, 2018

B. Sistem Golongan Darah (ABO dan Rh)

1. Definisi sistem golongan darah

Sistem golongan darah ABO merupakan sistem klasifikasi darah berdasarkan keberadaan antigen A dan B serta antibodi anti-A dan anti-B. Penentuan golongan darah dalam sistem ABO didasarkan pada ada atau tidaknya antigen A dan/atau B pada sel darah merah serta aglutinin (antibodi) anti-A dan anti-B dalam plasma darah. Berdasarkan sistem ini, darah manusia dibagi menjadi empat golongan, yaitu A, B, AB, dan O. Berdasarkan keberadaan antigen D, golongan darah dibagi menjadi Rhesus positif (Rh+) dan Rhesus negatif (Rh-). Seseorang dikategorikan Rh+ jika sel darah merahnya mengandung antigen D, sedangkan jika antigen D tidak ditemukan maka dikategorikan sebagai Rh- (Andriko, 2020).



Gambar 2 Sistem Golongan Darah

Sumber : Andriko, 2020

Salah satu ciri yang dapat diturunkan dari orang tua kepada anak adalah golongan darah. Pada dasarnya, setiap perbedaan atau variasi sifat yang dapat diidentifikasi dalam darah dapat diklasifikasikan sebagai golongan darah. Namun, secara umum istilah golongan darah lebih sering merujuk pada keberadaan antigen pada sel darah, khususnya antigen yang terdapat pada permukaan sel darah merah. Golongan darah mengacu pada klasifikasi darah berdasarkan keberadaan antigen-antibodi pada sel darah merah yang dikendalikan oleh gen-gen yang saling berkaitan dan terletak pada kromosom yang sama. Keberadaan antigen tertentu akan menentukan karakteristik darah seseorang, yang kemudian akan dikenali dan direspons oleh antibodi spesifik. Dengan demikian, golongan darah dapat diartikan sebagai pengelompokan darah berdasarkan ada atau tidaknya antigen dan antibodi tertentu di dalam darah. Antigen merupakan zat yang dapat merangsang pembentukan antibodi, dan antibodi akan bereaksi secara spesifik terhadap antigen tersebut sehingga dapat menyebabkan terjadinya aglutinasi (penggumpalan) darah (Andriko, 2020).

C. Reaksi Antigen-Antibodi

Antigen merupakan zat yang terdapat pada permukaan membran eritrosit dan bersifat diturunkan secara genetik. Keberadaan atau ketiadaan antigen tertentu menjadi dasar dalam pengelompokan golongan darah ABO. Individu dengan golongan darah A mempunyai antigen A, golongan darah B memiliki antigen B, golongan darah AB memiliki kedua jenis antigen tersebut, sedangkan golongan darah O tidak memiliki antigen A maupun B (Khodijah, 2019).

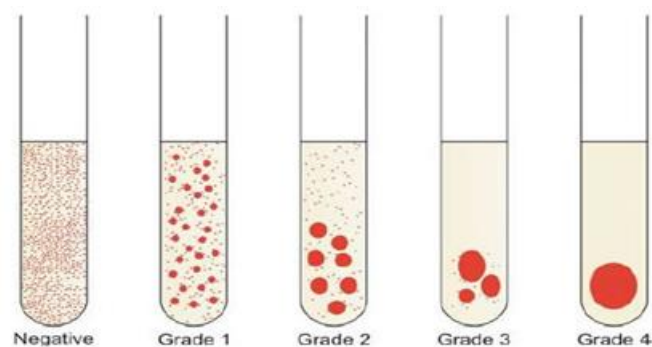
Antibodi merupakan protein imunoglobulin yang terdapat dalam serum atau reagen antisera dan berfungsi mengenali antigen yang spesifik. Dalam sistem ABO,

antibodi akan bereaksi dengan antigen yang tidak dimiliki oleh individu tersebut. Interaksi antigen dan antibodi ini bersifat spesifik dan menjadi dasar terbentuknya reaksi aglutinasi (Khooijah, 2019).

Jumlah antigen dalam suspensi sel dipengaruhi oleh konsentrasi eritrosit yang digunakan. Semakin tinggi konsentrasi suspensi sel, semakin besar jumlah eritrosit yang terdapat di dalamnya dan antigen yang terdapat dalam sistem reaksi aglutinasi (Khooijah, 2019).

D. Derajat Aglutinasi

Aglutinasi merupakan peristiwa penggumpalan sel darah merah yang terjadi karena adanya reaksi spesifik antara antigen pada permukaan eritrosit dengan antibodi yang sesuai. Mekanisme ini dimulai dari tahap sensitisasi, yaitu ketika antibodi terlebih dahulu melekat pada antigen, kemudian dilanjutkan dengan pembentukan jembatan antar eritrosit sehingga terbentuk agregat sel yang tampak sebagai gumpalan yang dapat diamati secara makroskopis (Ariani, 2025).



Gambar 3 Derajat Aglutinasi

Sumber : Ariani, 2025

Proses aglutinasi terjadi melalui dua tahap utama, yaitu tahap sensitisasi dan fase pembentukan kisi (*lattice*). Pada tahap sensitisasi, antibodi terlebih dahulu melekat secara spesifik pada antigen yang terdapat di permukaan eritrosit. Selanjutnya, pada fase

pembentukan kisi, antibodi yang telah berikatan tersebut membentuk jembatan antar beberapa sel darah merah sehingga menghasilkan kumpulan sel atau agregat yang tampak sebagai aglutinasi. Terbentuknya kisi yang optimal dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jarak antar eritrosit, besar kecilnya muatan permukaan sel darah merah (*zeta potential*), serta keseimbangan konsentrasi antara antigen dan antibodi dalam sistem reaksi (Ariani, 2025). Penilaian dilakukan secara visual dengan sistem skoring bertingkat mulai dari (Ajmani, 2020) :

Tabel 1
Interpretasi Hasil Derajat Aglutinasi

Derajat Aglutinasi	Interpretasi
0	Tidak ada glutinasi
1+	Gumpalan kecil dengan latar keruh
2+	Banyak gumpalan kecil
3+	Beberapa gumpalan besar
4+	Satu gumpalan besar, latar belakang jernih

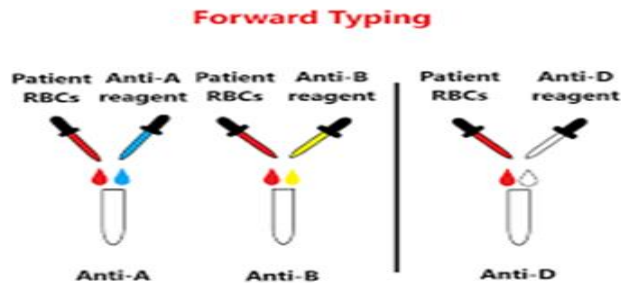
Sumber : Ajmani, 2020

Intensitas aglutinasi dinilai secara semi-kuantitatif menggunakan skala negatif, 1+, 2+, 3+, dan 4+. Skala tersebut menunjukkan tingkat kekuatan reaksi, mulai dari tidak terbentuknya aglutinasi hingga terbentuknya gumpalan besar dengan latar belakang cairan yang jernih. Penentuan derajat aglutinasi ini menjadi indikator penting dalam interpretasi dan evaluasi hasil pemeriksaan golongan darah metode tabung (Ariani, 2025).

E. Metode Tabung Dalam Pemeriksaan Golongan Darah

Metode tabung merupakan prosedur standar dalam pengujian golongan darah yang direkomendasikan oleh WHO. Teknik ini menggunakan tabung reaksi sebagai media terjadinya reaksi antigen-antibodi. Metode tabung dinilai memiliki

keakuratan yang baik dalam mendeteksi aglutinasi karena prosesnya melibatkan tahap pencucian dan sentrifugasi sehingga hasil lebih jelas, kuat dan terstandar (Ammariah, 2022).



Gambar 4 Metode Tabung Dalam Pemeriksaan Golongan Darah

Sumber : Ammariah, 2022

Pemeriksaan golongan darah metode tabung dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu *forward grouping* dan *reverse grouping*. Pada *forward grouping*, eritrosit pasien direaksikan dengan antisera tertentu untuk mendeteksi antigen pada permukaan sel. Sedangkan pada *reverse grouping*, serum pasien direaksikan dengan sel uji A, B, dan O untuk mendeteksi keberadaan antibodi dalam plasma (Ammariah, 2022). Pemeriksaan ini dilaksanakan untuk mengidentifikasi golongan darah melalui deteksi terhadap adanya antigen pada permukaan eritrosit melalui reaksi aglutinasi dengan antibodi spesifik. Prinsip metode tabung adalah terjadinya reaksi yang terjadi antara antigen pada permukaan sel darah merah dengan antibodi yang sesuai sehingga membentuk aglutinasi. Reaksi ini menjadi dasar dalam analisis hasil pengujian golongan darah ABO maupun Rhesus (Hartati, 2024).

F. Pencucian Sel Darah Merah Dan Suspensi

Pencucian sel darah merah merupakan tahap penting dalam persiapan pemeriksaan golongan darah yang bertujuan untuk memperoleh sel darah merah

pekat yang tidak mengandung protein plasma serta globulin. Prinsip prosedur ini dilakukan dengan menambahkan larutan saline (NaCl 0,9%) ke dalam suspensi sel darah merah kemudian disentrifugasi menggunakan metode tabung. Hasil dari proses ini berupa sel darah merah pekat yang telah dicuci (100%), yang selanjutnya digunakan untuk persiapan suspensi sel darah merah serta identifikasi antigen golongan darah. Prinsip pencucian ini didasarkan pada penambahan larutan saline 0,9% ke dalam sel darah merah pekat untuk menghasilkan tingkat pengenceran tertentu melalui metode tabung, sehingga diperoleh konsentrasi sel darah merah yang sesuai dengan kebutuhan pemeriksaan dan mampu mengoptimalkan reaksi antara antigen dan antibodi. Sel darah merah hasil pencucian selanjutnya digunakan sebagai bahan utama dalam identifikasi antigen golongan darah dan kebutuhan uji silang serasi (*crossmatching*) (Wuru, 2025).

Pembuatan suspensi sel darah merah bertujuan untuk mengencerkan sel darah hingga mencapai konsentrasi tertentu sehingga reaksi antara antigen pada eritrosit dan antibodi dapat berlangsung optimal. Suspensi sel darah merah dibuat dengan mencampurkan sel darah merah pekat menggunakan larutan NaCl 0,9% sesuai perbandingan yang telah ditentukan. Larutan NaCl 0,9% digunakan sebagai media pencucian dan pembuatan suspensi sel karena bersifat isotonis terhadap eritrosit. Penggunaan larutan ini bertujuan untuk menghilangkan zat pengganggu yang dapat mempengaruhi hasil reaksi aglutinasi. Suspensi ini kemudian direaksikan dengan antisera Anti-A, Anti-B dan Anti-D (Rh), lalu diamati adanya reaksi aglutinasi (Mutiawati, 2013).

G. Faktor Yang Mempengaruhi Hasil Metode Tabung

Terdapat beberapa faktor yang berpotensi mempengaruhi hasil pemeriksaan metode tabung antara lain :

1. Konsentrasi suspensi sel
2. Kualitas dan komposisi larutan NaCl
3. Proses pencucian sel
4. Ketepatan teknik sentrifugasi
5. Stabilitas antibodi dan antigen

Proses pencucian sel bertujuan untuk menghilangkan zat yang dapat menetralkan antisera sehingga menghindari hasil yang tidak akurat (Ammariah, 2022).