

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Pemeriksaan Hematologi**

##### **1. Definisi hematologi**

Hematologi berasal bahasa latin yaitu Hema dan Logos. Hema yang berarti darah dan logos berarti ilmu, sehingga hematologi diartikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang darah dan jaringan pembentuk darah. Pemeriksaan hematologi merupakan suatu pemeriksaan laboratorium yang mempelajari baik komponen darah maupun penyakit-penyakit yang berhubungan dengan darah. Pemeriksaan ini meliputi eritrosit, leukosit, trombosit, hemoglobin, hematokrit, serta parameter lain yang berkaitan dengan fungsi dan morfologi sel darah. Pemeriksaan hematologi ini dilakukan untuk membantu menegakkan diagnosis, pengobatan, menilai respons terapi, dan pencegahan kelainan darah dan organ-organ yang terkait dengan darah (Nurhayati dkk., 2022).

##### **2. Jenis-jenis pemeriksaan hematologi**

Pemeriksaan hematologi terdiri dari pemeriksaan darah rutin dan pemeriksaan darah lengkap. Pemeriksaan darah rutin merupakan penilaian dasar untuk beberapa komponen darah mulai dari eritrosit, leukosit, dan trombosit. Pemeriksaan darah rutin meliputi kadar hemoglobin, hematokrit, jumlah eritrosit, trombosit, dan leukosit. Sedangkan pemeriksaan darah lengkap merupakan serangkaian tes laboratorium yang memberikan informasi tentang komponen sel-sel darah manusia secara keseluruhan. Pemeriksaan darah lengkap ini lebih sering diminta oleh klinisi karena memberikan informasi lebih menyeluruh mengenai kondisi hematologi pasien. Pemeriksaan darah lengkap meliputi kadar hemoglobin,

hematokrit, jumlah eritrosit, leukosit, trombosit, hitung absolut jenis-jenis leukosit beserta hitung diferensial leukosit (persentase dari setiap jenis leukosit terhadap total leukosit), indeks eritrosit, indeks trombosit, NLR (*Neutrophil-Lymphocyte Ratio*) (Bastian & Istiqomaria, 2021).

Selain kedua pemeriksaan tersebut, hematologi juga mencakup pemeriksaan khusus seperti hitung retikulosit, LED (laju endap darah), pemeriksaan morfologi darah tepi, serta pemeriksaan koagulasi darah. Semua pemeriksaan ini digunakan sesuai indikasi klinis untuk membantu menegakkan diagnosis serta memantau perjalanan penyakit dan mengevaluasi terapi pada pasien.

### **3. Tahapan pemeriksaan**

Pemeriksaan laboratorium pada umumnya terbagi menjadi tiga tahap utama yaitu pra-analitik, analitik, dan pasca-analitik. Ketiga tahapan ini saling berkaitan dan berhubungan dalam menjamin hasil pemeriksaan.

#### **a. Tahap pra-analitik**

Tahap pra-analitik merupakan tahap awal sebelum sampel diperiksa di laboratorium. Tahapan ini meliputi pengisian formulir permintaan pemeriksaan, persiapan pasien, pengambilan sampel, identifikasi sampel, penanganan, penyimpanan, hingga transportasi sampel ke laboratorium. Tahap ini sangat penting karena menentukan apakah sampel yang akan diperiksa dalam keadaan baik dan representatif sebahai bahan pemeriksaan. Kualitas sampel yang buruk akan mempengaruhi kualitas hasil, meskipun tidak dinyatakan dengan kuantitas (Sari *et al.*, 2023). Oleh karena itu, tahap pra-analitik memiliki potensi terbesar terjadinya kesalahan, yaitu sekitar 60-70% dari total kesalahan pemeriksaan laboratorium.

b. Tahap analitik

Tahap analitik merupakan tahap pelaksanaan pemeriksaan dan analisis sampel sesuai dengan metode yang digunakan. Tahap ini memiliki beberapa faktor-faktor yang sangat diperhatikan yaitu validitas metode, kalibrasi alat, reagen, dan keterampilan petugas laboratorium. Faktor-faktor tersebut wajib dilengkapi untuk memastikan akurasi hasil pemeriksaan laboratorium. Kesalahan yang dapat terjadi pada tahap ini, antara lain penggunaan metode yang belum tervalidasi, kesalahan kalibrasi dan pemeliharaan alat, kualitas serta kadaluwarsa reagen, serta kurangnya keterampilan dan ketelitian petugas laboratorium dalam melakukan prosedur pemeriksaan. Selain itu, kondisi lingkungan seperti suhu ruangan, kelembapan, dan gangguan listrik dapat mempengaruhi kestabilan alat serta hasil pengukuran. Kesalahan tahap analitik menyumbang sekitar 10-15% dari total kesalahan laboratorium (Lieseke & Zeibig, 2017).

c. Tahap pasca analitik

Tahap pasca-analitik merupakan tahap akhir yang mencakup kegiatan setelah sampel dianalisis, meliputi validasi hasil pemeriksaan, interpretasi data, pembuatan laporan hasil, pelaporan hasil laboratorium kepada klinisi atau pasien, penyimpanan dan/atau pembuangan spesimen setelah pemeriksaan. Kesalahan pada tahap ini dapat berupa salah interpretasi, keterlambatan pelaporan, dan kesalahan entri data. Tahap pasca-analitik menyumbang sekitar 15-20% dari total kesalahan pemeriksaan laboratorium (Lieseke & Zeibig, 2017).

## **B. Hemoglobin**

### **1. Definisi hemoglobin**

Hemoglobin adalah metaprotein sel darah merah yang menyalurkan oksigen ke seluruh tubuh. Molekul hemoglobin terdiri dari globin, apoprotein dan empat gugus heme, suatu molekul organik dengan satu atom besi. Unsur zat besi pada hemoglobin yang membuat darah berwarna merah. Hemoglobin merupakan protein yang kaya akan zat besi yang memiliki afinitas atau daya gabung terhadap O<sub>2</sub> (oksigen), oksigen itu sendiri akan membentuk oxihemoglobin di dalam sel darah merah. Karena fungsi ini maka O<sub>2</sub> (oksigen) akan di bawa dari paru-paru ke jaringan tubuh (Hasanan, 2018).

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 yaitu berasal dari gabungan kata heme dan globin. Heme adalah gugus prostetik yang terdiri dari atom besi, sedangkan globin adalah protein yang dipecah menjadi asam amino (Kiswari, 2014). Hemoglobin adalah pigmen yang terdapat dalam sel darah merah yang memiliki peran penting dalam mengangkut oksigen dan karbondioksida. Mioglobin dan hemoglobin, yang juga merupakan pigmen merah yang ditemukan dalam daging, terdiri dari dua komponen utama, yaitu protein globin dan heme, yang memiliki inti berbasis zat besi.

Kadar hemoglobin yang rendah atau kondisi anemia sering disebabkan oleh kurangnya asupan gizi dalam tubuh. Hal ini terutama terjadi ketika kebutuhan nutrisi, seperti zat besi, tidak terpenuhi. Zat besi adalah salah satu komponen paling

penting dalam pembentukan hemoglobin. Ketika asupan zat besi berkurang dalam tubuh, produksi sel darah merah dapat berkurang, sehingga sel darah merah tidak dapat melaksanakan fungsinya dengan baik dalam mengangkut oksigen, yang pada gilirannya dapat menyebabkan terjadinya anemia (Alifah, 2017)

## **2. Manfaat hemoglobin**

Hemoglobin di dalam tubuh sangat mempunyai peran penting yaitu dapat mengatur pertukaran oksigen ( $O_2$ ) dengan karbondioksida ( $CO_2$ ) di dalam jaringan-jaringan tubuh dalam hemoglobin. Kandungan oksigen yang terikat pada sel darah merah (eritrosit) membuat darah menjadi berwarna merah dan mengalami penurunan akan berdampak buruk bagi tubuh. Keluhan yang terjadi bila kadar hemoglobin mengalami penurunan seperti lemah, pusing, lelah, sesak nafas, bisa jadi akan mengalami anemia atau polisitemia. Pada kondisi itu diperlukan penjaagaan yang baik serta pemeriksaan yang memastikan apa penyebabnya yang dialami. Hemoglobin sangat membantu memperlancar aliran darah sekaligus memiliki banyak manfaat, diantaranya. Menurut Departemen Kesehatan Republik Indonesia fungsi Hb antara lain :

- a) Mengatur pertukaran oksigen dengan karbondioksida di dalam jaringan-jaringan tubuh.
- b) Mengambil oksigen dari paru – paru kemudian di bawah ke seluruh jaringan – jaringan tubuh untuk dipakai sebagai bahan bakar.
- c) Membawa karbondioksida dari jaringan-jaringan tubuh sebagai hasil metabolisme ke paru-paru untuk di buang, untuk mengetahui apakah seseorang itu kekurangan darah atau tidak, dapat diketahui dengan pengukuran hb.

Penurunan kadar Hb dari normal berarti kekurangan darah yang disebut anemia.

Reaksi yang membentuk ikatan antara hemoglobin dan oksigen dapat ditulis sebagai berikut :  $\text{Hb} + \text{O}_2 \leftrightarrow \text{HbO}_2$ . Reaksi yang terjadi ini dalam dua arah. Reaksi yang berlangsung dari arah ke kiri merupakan suatu reaksi penguraian terutama terjadi di dalam berbagai jaringan. Reaksi yang terjadi berlangsung dalam arah kanan yang merupakan reaksi penggabungan terjadi di dalam alveolus paru – paru tempat berlangsungnya pertukaran udara antara tubuh dengan lingkungan. Dapat disimpulkan setelah terjadi proses itu yaitu hemoglobin (Hb) dalam eritrosit mengikat oksigen ( $\text{O}_2$ ) di paru – paru dan melepaskannya di jaringan untuk diserahkan dan digunakan oleh sel- sel (William dalam (Lihabi, 2017))

### **3. Struktur hemoglobin**

Molekul hemoglobin terdiri dari globin, apoprotein, dan empat gugus heme, suatu molekul organik dengan satu atom besi. Hemoglobin tersusun dari empat molekul protein (*globulin chain*) yang terhubung satu sama lain. Hemoglobin normal orang dewasa (HbA) terdiri dari 2 alpha-globulin chains 2 beta-globulin chains, sedangkan pada bayi yang masih dalam kandungan atau sudah lahir terdiri dari beberapa rantai beta yang masih dalam kandungan atau yang sudah lahir terdiri dari beberapa rantai beta dan molekul hbnya terbentuk dari 2 rantai alfa dan 2 rantai gama yang dinamakan sebagai HbF. Pada manusia dewasa, hemoglobin berupa tetramer (mengandung 4 subunit protein), yang terdiri dari masing-masing dua subunit alfa dan beta yang terikat secara nonkovalen. Subunit- subunitnya mirip secara struktural dan berukuran hampir sama. Tiap subunit memiliki berat molekul

kurang lebih 16,000 Dalton, sehingga berat molekul total tetramernya menjadi sekitar 64,000 Dalton (Nisa (2017) dalam (Haliza, 2023)

Hemoglobin merupakan protein globular yang mengandung besi dan terdiri dari empat rantai polipeptida (rantai asam amino) yang terdiri dari dua rantai alfa dan dua rantai beta. Setiap rantai polipeptida ini terdiri dari 141 hingga 146 asam amino. Struktur tiga dimensi dari setiap rantai polipeptida dibentuk oleh delapan heliks bergantian dengan tujuh segmen non-heliks. Setiap rantai juga mengandung suatu grup prostetik yang disebut heme, yang memberikan warna merah pada darah. Molekul heme ini mengandung suatu cincin porfirin dengan atom besi bivalen yang terkoordinasi di tengahnya. Molekul heme ini dapat berinteraksi secara reversibel dengan oksigen atau karbon dioksida. Hemoglobin mampu mengikat empat molekul oksigen per tetramer (satu molekul per subunit heme), dan kurva kejenuhan oksigen memiliki bentuk sigmoid. Oksigen akan lebih mudah terikat pada hemoglobin jika tetramer yang sama sudah mengandung molekul oksigen lain. (Bain, 2017; Guyton & Hall, 2021; Rodwell *et al.*, 2018).

#### **4. Kadar hemoglobin**

Jumlah hemoglobin (Hb) dalam darah normal adalah kira-kira 15 gram setiap 100 ml darah dan jumlah ini biasanya 100 persen. Batas normal nilai dalam hemoglobin seseorang sukar ditentukan karena kadar hemoglobin bervariasi diantara setiap suku bangsa, dari usia, pola makan, aktivitas sehari-hari bisa mempengaruhi kadar hemoglobin dalam darah. WHO telah menetapkan batas kadar hemoglobin normal berdasarkan umur dan jenis kelamin (Nurdiana dalam Fadlilah, 2018). Pengukuran hemoglobin dalam sampel darah adalah salah satu pemeriksaan laboratorium yang umum dilakukan. Pengukuran hemoglobin digunakan untuk

mengevaluasi secara tidak langsung kemampuan darah dalam mengangkut oksigen ke sel-sel dalam tubuh. Pengukuran kadar hemoglobin merupakan petunjuk penting dalam mengidentifikasi apakah seseorang mengalami anemia atau tidak (Estridge & Reynolds, 2012).

Tabel 1

Kadar Hemoglobin

| Kategori        | Nilai Rujukan (g/dl) |
|-----------------|----------------------|
| Bayi baru lahir | 14–24 g/dl           |
| Bayi            | 10–17 g/dl           |
| Anak            | 11–26 g/dl           |
| Pria Dewasa     | 13,5–17 g/dl         |
| Wanita Dewasa   | 12–15 g/dl           |

## 5. Pembentukan hemoglobin

Bagian dalam eritrosit terdiri dari hemoglobin, yaitu sebuah biomolekul yang dapat mengikat oksigen. Pada manusia sel darah merah di buat di sumsum tulang belakang, lalu membentuk kepingan bikonkaf. Selanjutnya Sintesis heme atau pembentukan awal hemoglobin terutama terjadi pada mitokondria melalui suatu rangkaian reaksi biokimia yang bermula dengan kondensasi glisin dan suknil koenzim A, oleh kerja enzim kunci membatasi kecepatan reaksi. Piridoksal fosfat yaitu (Vitamin B6) adalah suatu koenzim untuk reaksi ini. Yang sudah dirangsang oleh eritropoietin, dan akhirnya terjadi protoporfirin bergabung dengan rantai globin yang dibuat pada poliribosom. Ada 4 rantai globin di miliki oleh suatu tetramer yang masing-masing dengan gugus hemanya sendiri. Dalam suatu

kantung menyusun satu molekul hemoglobin. Eritroblas adalah permulaan terjadi sintesis hemoglobin. Kemudian dalam stadium retikulosit meninggalkan sumsum tulang dan masuk ke dalam aliran darah. Pembentukan haem terjadi secara bertahap dan apabila Fe berkurang maka cadangan Fe dilepaskan, jika kekurangan kadar hemoglobin atau hb dalam darah menurun akan terjadi anemia (Nisa, 2017 dalam (Haliza, 2023)).

## **6. Faktor-faktor yang mempengaruhi hemoglobin**

### **1) Jenis kelamin :**

Umumnya kadar Hb perempuan lebih rawan dibandingkan laki-laki karena akibat perempuan mengalami menstruasi dimana kadar zat besi di dalam tubuhnya akan hilang. Perbedaan kadar hemoglobin pada jenis kelamin yang berbeda jelas nyata pada usia enam bulan. Anak perempuan mempunyai kadar hemoglobin lebih tinggi dibandingkan dengan laki-laki (Nurdiana dalam Fadlilah, 2018). Perempuan lebih mudah mengalami penurunan kadar hemoglobin dibandingkan dengan laki-laki, terutama pada saat perempuan mengalami menstruasi.

### **2) Usia :**

Usia yang sering terjadi penurunan kadar hemoglobin yaitu pada anak-anak, orang tua serta ibu hamil. Pada anak-anak sering terjadi asupan gizi yang tidak seimbang sehingga dapat mengurangi kadar hemoglobin, makan yang tidak teratur juga dapat mempengaruhinya. Semakin bertambah usia maka produksi sel darah merah semakin menurun karena terjadinya penurunan fungsi fisiologis pada semua organ khususnya sum-sum tulang yang berfungsi memproduksi sel. (Fadlilah, 2018).

### 3) Aktivitas fisik :

Aktivitas fisik yaitu gerakan yang berasal dari otot rangka yang membutuhkan pengeluaran energi. Pentingnya aktivitas fisik yang teratur membantu mengurangi resiko penyakit kronik dan menunjang perasaan psikologis seseorang menjadi semakin baik. Aktivitas fisik juga menyebabkan peningkatan metabolik sehingga asam (ion hydrogen dan asam laktat) semakin banyak sehingga menurunkan pH, jika pH rendah mengurangi daya tarik antara oksigen dan hemoglobin. Hal ini menyebabkan hemoglobin melepaskan lebih banyak oksigen sehingga meningkatkan pengiriman oksigen ke otot. Aktivitas fisik yang teratur dapat meningkatkan kadar hemoglobin, tetapi aktivitas fisik yang berlebihan dapat menyebabkan hemolisis dan menurunkan jumlah hemoglobin (Fadlilah, 2018).

### 4) Gaya hidup :

Kebiasaan merokok dapat meningkatkan kadar hemoglobin. Hal ini karena asap rokok mengandung karbonmonoksida (CO) yang berikatan dengan hemoglobin akan membentuk karboksihemoglobin. Ikatan ini dapat mengurangi kapasitas hemoglobin dalam mengangkut oksigen sehingga tubuh akan mengalami hipoksia jaringan dan meningkatkan produksi eritropoietin sehingga jumlah eritrosit dan hemoglobin meningkat. Berbeda dengan merokok, konsumsi alkohol dan kafein yang berlebihan dapat menurunkan kadar hemoglobin dalam tubuh. Alkohol dapat menekan fungsi sumsum tulang, menghambat sintesis eritrosit, serta mengganggu metabolisme zat besi, asam folat, dan vitamin B12. Sedangkan konsumsi kafein apalagi setelah makan, dapat menghambat penyerapan zat besi non-heme karena kandungan polifenol (tanin) pada kafein dapat mengikat zat besi

di saluran pencernaan. Sehingga absorpsi Fe akan berkurang dan menyebabkan jumlah hemoglobin dan eritrosit menurun (Purnadianti *et al.*, 2021).

5) Kehamilan :

Pada masa kehamilan, kadar hemoglobin cenderung menurun akibat adanya hemodilusi yaitu peningkatan volume plasma yang lebih besar dibandingkan peningkatan massa eritrosit. Hal ini sering disebut anemia fisiologis kehamilan. Jika ibu hamil mengalami anemia, maka dapat terjadi gangguan pada janin dalam bentuk abortus, terjadi kematian intrauterine, persalinan prematuritas tinggi, berat badan lahir rendah, kelainan dengan anemia, cacat bawaan, bayi mudah terserang infeksi, hingga kematian (Dai, 2021).

## **7. Pemeriksaan kadar hemoglobin**

### **a. Metode pemeriksaan**

Pemeriksaan kadar hemoglobin dalam darah berperan penting dalam mendiagnosis penyakit (Lailla dkk., 2021). Adapun metode yang digunakan untuk pemeriksaan kadar hemoglobin, antara lain :

### **b. Metode manual**

#### **1) Metode sahli**

Prinsip hemoglobin diubah menjadi asam hematin, kemudian hasil akan dibandingkan dengan secara visual dengan standar dalam alat ini. Cara ini kurang begitu tepat 100 % karena kelemahan pada alat ini yaitu bahwa asam hematin itu bukanlah merupakan larutan sejati dan juga hemoglobimeter itu susah distandarkan. Misalnya pada methemoglobin, sulfhemoglobin dan karboksi hemoglobin. Alat ini juga mempunyai nilai kesalahan 10 %. Selain itu hb sahli lebih mudah, ekonomis

akan tetapi masih bersifat subkeltif karena hasil diperoleh dengan mata telanjang dan kemampuan untuk membedakan warna tidak sama (Kusumawati *et al.*, 2018)

## 2) Metode cyanmethemoglobin

*International Committee for Standardization in Haematology* (ICSH) merekomendasikan metode Cyanmethemoglobin sebagai metode untuk melakukan pengukuran kadar hemoglobin karena memiliki sifat yang stabil. Prinsip cara ini yaitu hemoglobin diubah menjadi cyanmethemoglobin dalam larutan drabkin yang berisi kalium ferisianida dan kalium sianida. Cara ini dianjurkan untuk penetapan kadar hemoglobin di laboratorium karena larutan standar cyanmethemoglobin bersifat stabil, mudah diperoleh dan pada cara ini hampir semua hemoglobin terukur kecuali sulfhemoglobin (Febrianty, 2013 dalam Lestari, 2019)).

Kelebihan metode ini adalah memiliki hasil yang lebih akurat dibanding metode sahli, dapat mengukur hampir semua jenis hemoglobin kecuali sulfhemoglobin, serta reagen dan alat dapat dikontrol dengan larutan standar yang stabil. Tetapi, metode ini memerlukan alat spektrofotometer dan larutan drabkins yang mengandung sianida bersifat toksik sehingga memerlukan penanganan yang hati-hati (Gandasoebrata, 2011).

### c. Metode otomatis

#### 1) Metode *hematology analyzer*

Pemeriksaan hitung kadar hemoglobin metode otomatis menggunakan alat *Hematology Analyzer*. Alat ini bekerja berdasarkan prinsip *flow cytometry*, yaitu metode pengukuran jumlah dan sifat-sifat sel yang dialirkan oleh aliran cairan melalui celah sempit. Ribuan sel dialirkan melalui celah tersebut sedemikian rupa sehingga sel dapat lewat satu per satu, kemudian dilakukan perhitungan jumlah sel

dan ukurannya (Puspitasari, 2016). *Hematology Analyzer* adalah alat yang digunakan untuk memeriksa darah lengkap dengan cara menghitung dan mengukur sel darah secara otomatis berdasarkan impedansi aliran listrik atau berkas cahaya terhadap sel-sel yang dilewatkan. Alat ini mengukur sampel darah berupa whole blood yang disimpan pada tabung EDTA kemudian darah diisap oleh selang kuvet. Setelah itu, darah dialirkan masuk ke dalam alat untuk menganalisis secara sistematis sel darah (Koeswardani, 2001).

Kelebihan metode ini mampu menghasilkan hasil cepat sehingga dapat mengukur jumlah sampel yang banyak dalam waktu singkat, akurat dan presisi tinggi, serta dapat mengukur banyak parameter hematologi lainnya hanya dengan satu sampel darah. Selain itu, penggunaan alat ini mengurangi kesalahan petugas laboratorium yang sering terjadi jika menggunakan metode manual. Tetapi, metode ini memiliki keterbatasan berupa biaya alat dan reagenya relatif lebih mahal dari metode lain, serta membutuhkan perawatan dan kalibrasi rutin untuk menjaga keakuratan hasil pemeriksaan (Hermawati *et al.*, 2021)

## 2) Metode POCT (*Point of Care Testing*)

Merupakan metode pemeriksaan sederhana menggunakan sampel dalam jumlah sedikit, mudah, cepat serta efektif untuk dilakukan di daerah-daerah dengan jumlah fasilitas kesehatan (Faatih *et al.*, 2020). Prinsip dasar dari metode *Point Of Care Testing* (POCT) adalah mengukur kadar hemoglobin dalam sampel darah kapiler dengan mengamati perubahan potensial listrik yang terjadi dalam waktu singkat. Perubahan ini dipicu oleh interaksi kimia antara sampel darah dan elektroda pada strip pengujian (Lailla dkk., 2021).

## **8. Faktor faktor yang mempengaruhi hasil pemeriksaan hemoglobin secara laboratoris**

### **a. Suhu penyimpanan :**

Sampel darah yang diterima kadangkala tidak langsung diperiksa karena berbagai alasan. Untuk menjaga kondisi supaya tidak rusak, maka sampel darah biasanya disimpan di dalam lemari pendingin (refrigerator) bersuhu 2-8°C selama beberapa jam hingga beberapa hari (Queen *et al.*, 2014). Penyimpanan sampel darah menggunakan antikoagulan EDTA pada suhu lemari es memiliki kemampuan untuk menghambat proses metabolisme sel di luar tubuh, sehingga mampu mempertahankan integritas strukturalnya. Sedangkan penyimpanan sampel darah pada suhu kamar dapat menurunkan kadar hemoglobin karena kondisi lingkungan yang tidak stabil menyebabkan peningkatan suhu sehingga membran eritrosit dapat pecah (hemolisis) sehingga hemoglobin masuk ke dalam plasma (Fitri, 2023). Sampel pemeriksaan yang menggunakan darah EDTA sebaiknya segera dilakukan, bila terpaksa ditunda, dapat disimpan dalam lemari es (4-7°C).

### **b. Lama penyimpanan**

Penyimpanan darah EDTA pada suhu kamar yang terlalu lama dapat menyebabkan terjadinya perubahan pada eritrosit seperti pecahnya membran eritrosit (hemolisis) sehingga hemoglobin keluar ke medium sekelilingnya (plasma) yang menyebabkan terjadinya kenaikan kadar hemoglobin (Gandasoebrata, 2011). Penurunan hemoglobin juga terjadi juga karena penyimpanan sampel darah di suhu ruang dalam waktu lama. Hal ini dikarenakan kondisi lingkungan tidak stabil yang dapat meningkatkan risiko pecahnya membran eritrosit.

### **c. Kontaminasi bakteri**

Kontaminasi bakteri terjadi bila pada waktu proses penydapan darah dilakukan tidak secara aseptis. Kontak antara kulit yang tidak atau kurang steril pada waktu penusukan akan terjadi kontaminasi. Pemakaian alat yang tidak steril dan penanganan darah yang tidak tepat oleh petugas juga dapat mengakibatkan kontaminasi. Kontaminasi ini dapat berakibat darah menjadi rusak (Suciyati, 2010 dalam Kristiawan, 2025)