

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Teori**

##### **2.1.1 Darah**

###### **2.1.1.1 Pengertian darah**

Darah merupakan komponen vital dari tubuh manusia yang memiliki berbagai fungsi penting. Darah memiliki peranan untuk mengangkut berbagai zat penting dan oksigen ke seluruh jaringan, mengangkut bahan kimia hasil dari metabolisme, serta berfungsi sebagai bagian dari sistem pertahanan tubuh (Syaravicena dkk., 2023). Darah merupakan cairan berwarna merah yang terdiri dari banyak sel bebas pembawa zat penting yang diperlukan oleh tubuh melalui sebuah jalur yang disebut pembuluh darah (Amalia & Widuri, 2020).

Darah berada di dalam pembuluh darah, baik arteri maupun vena dan menjadi bagian penting dari sistem organ tubuh yang menunjang keberlangsungan hidup manusia. Volume darah total dalam tubuh manusia dewasa yaitu sekitar 3,6 liter pada wanita sedangkan pada pria mencapai 4,5 liter (Buliani & Mustakim, 2025). Secara fisiologis volume darah adalah tetap (homeostatik) dan diatur oleh tekanan osmotik koloid dari protein dalam plasma dan jaringan. Darah membentuk 6-8% dari berat tubuh total dan terdiri dari sel darah yaitu eritrosit, leukosit, dan trombosit yang tersuspensi dalam suatu cairan yang disebut plasma (Rahmita & Basri, 2023).

Kinerja dari darah diatur oleh jantung yang bertugas memompa darah ke seluruh sistem peredaran. Darah membawa berbagai zat penting, seperti oksigen, mineral, protein, vitamin, dan hormon yang dihasilkan oleh sistem endokrin. Hasil sisa olahan tubuh seperti karbon dioksida dibawa oleh darah ke paru-paru untuk dikeluarkan dan digantikan dengan oksigen. Berbagai zat racun atau senyawa yang tidak diperlukan oleh tubuh akan dialirkan menuju hati dan ginjal untuk kemudian diekskresi keluar dari tubuh manusia melalui feses atau urin (Amalia & Widuri, 2020).

#### **2.1.1.2 Komponen penyusun**

Darah terdiri atas dua komponen utama, yaitu plasma dan sel-sel darah yang mencakup eritrosit, leukosit, dan trombosit. Eritrosit merupakan jenis sel darah yang jumlahnya paling besar dan diproduksi melalui proses eritropoiesis di sumsum tulang. Bentuknya yang bikonkaf, tidak berinti, serta mengandung hemoglobin memungkinkan eritrosit menjalankan fungsi utama sebagai pengangkut oksigen. Dominasi jumlah eritrosit tercermin pada nilai hematokrit, yaitu persentase volume sel terhadap volume darah total, dimana lebih dari 99% nilai hematokrit tersusun oleh eritrosit (Budi dkk., 2020).

Leukosit merupakan sel darah yang memiliki inti dan menunjukkan variasi bentuk inti maupun ukuran sitoplasma. Karakteristik ini membuat leukosit bersifat amuboid, sehingga tidak memiliki bentuk yang tetap dan mudah bergerak di antara jaringan (Englishiana dkk., 2023). Sel ini berperan penting dalam sistem kekebalan

tubuh dengan fungsi utama mengenali, menyerang, dan menghancurkan berbagai agen asing seperti bakteri, virus, serta mikroorganisme patogen lainnya (Firani, 2018).

Trombosit merupakan fragmen sel berukuran sangat kecil yang dikenal sebagai platelet. Komponen ini berfungsi mencegah kehilangan darah dengan berperan dalam proses hemostasis. Saat terjadi cedera pada pembuluh darah, trombosit akan menempel pada area yang rusak melalui mekanisme adhesi, kemudian melepaskan berbagai zat kimia melalui proses sekresi, dan selanjutnya berkumpul membentuk agregat untuk menutup luka dan menghentikan perdarahan (Amalia & Widuri, 2020).

Plasma merupakan bagian darah yang berupa cairan sebanyak 55% yang sebagian besar terdiri dari 95% air, 7% protein, dan 1% nutrient. Dalam plasma darah terdapat sel-sel darah dan lempengan darah, albumin, dan gamma globulin yang berguna untuk mempertahankan tekanan osmotik koloid dan gamma globulin juga mengandung antibodi seperti IgM, IgG, IgA, IgD, dan IgE untuk mempertahankan hidup mikroorganisme (Buliani & Mustakim, 2025). Plasma darah berperan sebagai medium cairan yang membawa berbagai zat penting, mencakup protein seperti albumin, globulin, dan faktor pembekuan, serta elektrolit seperti natrium, kalium, klorida, dan magnesium. Keberagaman kandungan plasma memungkinkan darah menjalankan berbagai fungsi penting, mulai dari transportasi nutrisi dan hormon, pengangkutan hasil metabolisme, menjaga keseimbangan elektrolit dan cairan, hingga mempertahankan stabilitas fisiologis tubuh secara keseluruhan (Firani, 2018).

### 2.1.1.3 Fungsi darah

Amalia dan Widuri (2020) menyebutkan bahwa darah memiliki sejumlah fungsi fisiologis yang esensial bagi keberlangsungan hidup manusia, diantaranya:

1. Berperan sebagai sistem transport nutrisi, yaitu mengantarkan zat gizi dan berbagai substansi kimia hasil penyerapan dari saluran pencernaan ke seluruh jaringan tubuh melalui komponen plasma darah.
2. Mengangkut produk sisa metabolisme dari sel-sel tubuh untuk kemudian dieliminasi melalui organ ekskresi, seperti pengeluaran karbon dioksida melalui paru-paru dan ekskresi urea oleh ginjal.
3. Mengedarkan hormon dan enzim dari organ endokrin maupun jaringan penghasil menuju organ atau jaringan target sehingga berbagai proses fisiologis tubuh dapat berlangsung dengan optimal.
4. Mengangkut oksigen ( $O_2$ ) dari paru-paru ke seluruh jaringan tubuh, yang merupakan fungsi utama eritrosit melalui keberadaan hemoglobin.
5. Membawa hasil buangan metabolik dan karbon dioksida kembali ke organ ekskresi, termasuk paru-paru dan ginjal, untuk diproses dan dikeluarkan dari tubuh.
6. Melaksanakan fungsi pertahanan tubuh, yaitu melawan dan menghancurkan patogen seperti bakteri, virus, dan mikroorganisme lain melalui aktivitas leukosit.
7. Memfasilitasi proses pembekuan darah (hemostasis) melalui kerja trombosit yang membentuk sumbatan primer untuk mencegah kehilangan darah saat terjadi luka.

8. Mengatur dan menstabilkan suhu tubuh, dengan kemampuan darah menyerap, menyimpan, dan mendistribusikan panas berkat panas spesifiknya yang tinggi.
9. Menjaga keseimbangan cairan tubuh (homeostasis) sehingga kadar air di dalam tubuh tetap berada dalam batas yang sesuai untuk fungsi fisiologis.
10. Mengatur keseimbangan asam–basa tubuh, terutama melalui pengaturan konsentrasi ion hidrogen untuk mempertahankan pH darah dalam rentang normal.
11. Menjadi media transport antarjaringan, termasuk mengangkut berbagai jenis lipoprotein seperti HDL dan LDL, serta hormon-hormon yang dibutuhkan oleh jaringan tertentu.

Secara umum, fungsi utama darah dalam tubuh manusia mencakup perannya sebagai sistem transportasi berbagai zat penting, sebagai pengatur kestabilan lingkungan internal atau homeostasis, serta sebagai komponen pertahanan tubuh. Melalui aliran darah, berbagai nutrisi, gas, hormon, dan produk metabolisme dapat dipindahkan ke jaringan yang membutuhkan. Darah juga dapat menjaga keseimbangan cairan, suhu, dan pH agar proses fisiologis berlangsung normal. Di sisi lain, sel-sel darah tertentu turut berperan dalam mekanisme perlindungan tubuh terhadap infeksi maupun cedera, sehingga integritas tubuh tetap terjaga (Amalia & Widuri, 2020).

## **2.1.2. Hemoglobin**

### **2.1.2.1 Pengertian hemoglobin**

Hemoglobin merupakan protein utama di dalam eritrosit yang berperan sebagai komponen penting dalam sistem transportasi gas tubuh. Molekul ini memiliki berat

yaitu 64.540 dan tersusun atas empat subunit polipeptida yang masing-masing berikatan dengan gugus heme yang mengandung atom besi. Hal ini memungkinkan hemoglobin mengikat dan melepaskan oksigen secara efektif. (Sungkawa & Wahdaniah, 2020). Hemoglobin bertugas membawa oksigen dari paru-paru ke jaringan, dan juga mengangkut karbondioksida serta ion hidrogen dari jaringan perifer menuju organ respirasi untuk proses ekskresi. Kadar hemoglobin yang menurun dapat menyebabkan kondisi anemia yang ditandai gejala seperti lemas, mudah lelah, pusing, nadi meningkat, gangguan irama jantung, serta kesulitan berkonsentrasi, karena jaringan tubuh tidak menerima oksigen dalam jumlah memadai (Saraswati, 2021).

Hemoglobin dipandang sebagai struktur esensial dalam eritrosit karena keberadaannya memungkinkan darah menjalankan fungsi transportasi gas secara optimal. Kandungan hemoglobin meliputi komponen protein, mineral besi, serta pigmen yang berperan memberi warna merah pada darah (Muchtar dkk., 2025). Mekanisme pengikatan dan pelepasan oksigen oleh hemoglobin mengikuti kebutuhan metabolik jaringan sehingga menjaga kestabilan suplai oksigen untuk proses respirasi seluler. Ketidakseimbangan kadar hemoglobin dapat menurunkan kapasitas oksigen darah dan mengganggu fungsi fisiologis tubuh, sehingga hemoglobin menjadi indikator klinis penting dalam menilai status kesehatan seseorang (Saraswati, 2021).

#### **2.1.2.2 Fungsi hemoglobin**

Hemoglobin berfungsi sebagai media transport oksigen yang berasal dari paru-paru keseluruh tubuh dan membawa karbondioksida dari jaringan tubuh ke paru-paru.

Hemoglobin memiliki kontribusi penting dalam menjaga kestabilan keseimbangan asam–basa tubuh. Peran ini dijalankan melalui kemampuan hemoglobin mengikat dan melepaskan ion hidrogen serta karbondioksida, yang selanjutnya berpengaruh terhadap regulasi pH darah. Mekanisme buffering tersebut memastikan perubahan pH yang terjadi selama proses metabolisme tidak menimbulkan gangguan pada fungsi fisiologis sel maupun jaringan tubuh (Deli & Wahyu, 2023).

Hemoglobin dapat dimanfaatkan sebagai indikator penting untuk menilai apakah seseorang mengalami kekurangan darah melalui pengukuran konsentrasinya di dalam tubuh. Penurunan kadar hemoglobin mencerminkan ketidakcukupan jumlah sel darah merah dalam mengangkut oksigen, sehingga keadaan tersebut mengarah pada kondisi anemia. Keadaan ini umumnya ditandai dengan berbagai gejala seperti mudah lelah, lemah, pucat, dan penurunan toleransi aktivitas. Oleh karena itu, pemeriksaan hemoglobin menjadi salah satu prosedur laboratorium yang esensial dalam mendeteksi anemia secara dini dan memantau perkembangan kondisi tersebut pada populasi rentan maupun pasien dengan penyakit tertentu (Atik dkk., 2022).

#### **2.1.2.3 Nilai rujukan normal hemoglobin**

Nilai rujukan merupakan parameter penting dalam interpretasi hasil pemeriksaan laboratorium karena berfungsi sebagai acuan bagi tenaga kesehatan untuk menilai kondisi pasien serta menentukan langkah klinis yang tepat. Setiap hasil uji laboratorium harus dibandingkan dengan nilai rujukan agar diagnosis dapat ditegakkan secara akurat. Hingga saat ini, masih banyak parameter hematologi di Indonesia yang

mengacu pada literatur luar negeri di mana kemungkinan tidak sepenuhnya sesuai dengan karakteristik populasi lokal, seperti perbedaan lingkungan, kebiasaan hidup, ataupun faktor genetik. Salah satu parameter hematologi yang sangat bergantung pada nilai rujukan adalah hemoglobin. Hal ini dikarenakan kadar hemoglobin digunakan sebagai dasar untuk menentukan status anemia. Anemia didefinisikan sebagai kondisi ketika kadar hemoglobin berada di bawah batas normal, sehingga nilai rujukan hemoglobin harus benar-benar sesuai dengan populasi yang diperiksa (Sungkawa & Wahdaniah, 2020).

Penentuan nilai normal hemoglobin tidak mudah dilakukan, mengingat kadar hemoglobin dapat bervariasi antar suku bangsa, usia, maupun jenis kelamin. Oleh sebab itu, WHO menetapkan rentang nilai hemoglobin berdasarkan kelompok umur dan jenis kelamin untuk membantu standarisasi pemeriksaan (Arisman dalam Sungkawa & Wahdaniah, 2020). Pada keadaan normal kadar hemoglobin dalam darah berkisar antara 13-18 g/dL untuk laki-laki dan untuk perempuan 12- 16 g/dL. Rentang ini dianggap mencerminkan kondisi fisiologis normal dan sering digunakan dalam praktik klinis untuk menilai ada tidaknya kondisi seperti anemia atau polisitemia (Arnanda dkk., 2019).

Pada ibu hamil, nilai rujukan hemoglobin berbeda dengan perempuan tidak hamil karena adanya perubahan fisiologis berupa peningkatan volume plasma yang menyebabkan terjadinya hemodilusi. WHO menetapkan bahwa kadar hemoglobin normal pada ibu hamil adalah  $\geq 11,0$  g/dL pada trimester pertama dan trimester ketiga,

serta  $\geq 10,5$  g/dL pada trimester kedua. Ibu hamil dinyatakan mengalami anemia apabila kadar hemoglobin berada di bawah nilai rujukan tersebut sesuai dengan usia kehamilan. Penetapan nilai rujukan hemoglobin berdasarkan trimester ini penting untuk meningkatkan ketepatan interpretasi hasil pemeriksaan laboratorium serta mendukung penatalaksanaan anemia pada ibu hamil secara tepat dan berkelanjutan (WHO, 2011).

#### **2.1.2.4 Faktor yang memengaruhi hemoglobin**

Faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan dalam memengaruhi kadar hemoglobin meliputi usia, jenis kelamin, serta proses metabolisme besi dalam tubuh. Terdapat pula sejumlah faktor yang dapat dikendalikan, seperti status kecukupan zat besi, kondisi penyakit sistemik, tingkat aktivitas fisik, pola asupan nutrisi, penyakit kronis, dan lingkungan tempat tinggal. Dalam menentukan nilai normal hemoglobin, salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan adalah kondisi geografis, khususnya ketinggian suatu wilayah dari permukaan laut (Atik dkk., 2022). Lingkungan dengan ketinggian tertentu dapat memicu hipoksia karena penurunan tekanan udara, tekanan parsial oksigen, serta perubahan suhu dan gaya gravitasi. Keadaan ini menyebabkan tubuh melakukan mekanisme kompensasi dengan meningkatkan kebutuhan serta pemanfaatan unsur besi untuk mempertahankan kecukupan oksigen yang dihantarkan ke jaringan tubuh. Dengan demikian, kadar Hb rendah yang terukur sebagian mencerminkan keadaan eksternal kesehatan seseorang (Arnanda dkk., 2019).

### **2.1.3 Pemeriksaan Kadar Hemoglobin**

#### **2.1.3.1 Tujuan pemeriksaan hemoglobin**

Pemeriksaan kadar hemoglobin merupakan komponen penting dalam evaluasi klinis. Hal ini dikarenakan pemeriksaan ini menjadi dasar dalam menegakkan diagnosis awal suatu gangguan kesehatan. Dalam praktiknya, pemeriksaan hemoglobin kerap digunakan sebagai bagian dari skrining darah lengkap untuk menilai kondisi pasien di fasilitas kesehatan seperti rumah sakit, puskesmas, maupun laboratorium klinis (Suryadi dkk., 2025). Nilai hemoglobin yang menurun menunjukkan adanya anemia, sedangkan kadar yang meningkat dapat mengarah pada kondisi polisitemia. Peran hemoglobin tidak hanya terbatas pada transportasi gas, tetapi juga membantu mempertahankan bentuk eritrosit yang bikonkaf sehingga sel darah dapat menjalankan fungsinya secara optimal (Zalfa dkk., 2024).

Pemeriksaan hemoglobin bertujuan untuk menilai kemampuan darah dalam mengangkut oksigen, mengevaluasi struktur serta fungsi eritrosit, dan memberikan gambaran mengenai berbagai kelainan pada sel darah merah. Pemeriksaan ini juga membantu memperkirakan ukuran rata-rata serta kandungan hemoglobin pada setiap eritrosit, sekaligus mengidentifikasi penyebab umum terjadinya hipoksia jaringan. Konsentrasi hemoglobin biasanya dinyatakan dalam satuan gram per 100 mililiter darah (g/100 mL) atau gram per desiliter (g/dL) (Nurjanah dkk., 2025).

Pemeriksaan hemoglobin dilakukan untuk menilai status fisiologis pasien serta memantau perkembangan penyakit yang berkaitan dengan kelainan kadar hemoglobin.

Pemeriksaan ini juga digunakan untuk mengevaluasi respons pasien terhadap terapi, terutama pada kondisi yang memerlukan pemantauan ketat terhadap perubahan kadar hemoglobin. Dalam pemeriksaan rutin, hasil hemoglobin memberikan informasi penting bagi tenaga kesehatan untuk menentukan langkah penatalaksanaan selanjutnya serta memastikan kondisi pasien tetap berada dalam batas normal fisiologis (Atik dkk., 2022).

### **2.1.3.2 Metode pemeriksaan hemoglobin**

Adapun beberapa metode yang dapat digunakan untuk melakukan pemeriksaan hemoglobin, yaitu sebagai berikut : (Nurjanah dkk., 2025).

#### **1. Metode Talquist**

Metode ini merupakan teknik pemeriksaan hemoglobin sederhana yang memiliki tingkat ketelitian rendah, dengan potensi kesalahan mencapai 25–50%, sehingga akurasinya terbatas dan umumnya hanya digunakan pada kondisi darurat ketika alat laboratorium tidak tersedia. Prinsip metode ini adalah membandingkan warna darah yang telah diserap pada kertas saring Talquist dengan skala warna standar yang tercantum dalam panduan Talquist. Setiap gradasi warna mewakili persentase kadar hemoglobin. Pada metode ini, kadar hemoglobin 100% setara dengan 15,8 g/dL. Nilai rujukan hemoglobin yang dianggap normal berdasarkan metode Talquist adalah minimal 80%.

## 2. Metode CuSO<sub>4</sub> (*Falling Drop*)

Metode CuSO<sub>4</sub> merupakan pemeriksaan sederhana yang secara khusus digunakan untuk menilai kelayakan kadar hemoglobin pada calon donor darah. Pemeriksaan ini hanya bertujuan menentukan apakah kadar hemoglobin donor telah memenuhi batas minimal yaitu sekitar 80%, agar aman untuk proses transfusi. Metode ini tidak direkomendasikan untuk pemeriksaan klinis karena tingkat akurasinya rendah dan hasilnya tidak dapat menggambarkan kadar hemoglobin secara tepat.

Prinsip kerja metode CuSO<sub>4</sub> didasarkan pada reaksi fisika antara tetesan darah dan larutan kupri sulfat dengan berat jenis 1.052. Tetesan darah dijatuhkan dari ketinggian 2–3 cm di atas permukaan larutan, kemudian diamati selama 15 detik. Pergerakan tetesan darah akan menunjukkan perkiraan kadar hemoglobin darah. Apabila tetesan darah tenggelam maka kadar hemoglobin diperkirakan lebih dari 12,5 g/dL. Jika tetesan darah melayang, kadar hemoglobin diasumsikan berada pada nilai 12,5 g/dL. Sebaliknya, apabila tetesan darah terapung, kadar hemoglobin diperkirakan lebih rendah dari 12,5 g/dL.

## 3. Metode Sahli

Metode ini tidak memberikan hasil yang sepenuhnya presisi karena memiliki sejumlah keterbatasan teknis. Pembacaan kadar hemoglobin dilakukan secara visual sehingga memungkinkan terjadinya deviasi sekitar 15–30%. Selain itu, tidak seluruh jenis hemoglobin dapat dikonversi menjadi hematin asam, dan standar warna pada alat sering kali sulit dikalibrasi sehingga memengaruhi konsistensi hasil. Kesalahan

pengukuran juga dapat mencapai 10%, terutama bila terjadi ketidaktepatan dalam pengisian larutan HCl 0,1 N ataupun saat melakukan pemipetan sampel darah. Temuan-temuan tersebut menyebabkan metode ini kurang direkomendasikan sebagai prosedur dengan tingkat akurasi tinggi.

Prinsip kerja metode Sahli didasarkan pada proses perubahan hemoglobin menjadi asam hematin. Sampel darah dicampurkan dengan larutan asam lemah (HCl 0,1 N), sehingga hemoglobin mengalami konversi menjadi hematin asam yang berwarna coklat tua. Selanjutnya larutan tersebut diencerkan dengan aquadest hingga intensitas warnanya menyerupai warna standar pada alat. Warna akhir kemudian dibandingkan secara visual untuk menentukan kadar hemoglobin sampel.

#### 4. Metode *Cyanmethemoglobin*

Metode *Cyanmethemoglobin* merupakan salah satu prosedur yang paling banyak direkomendasikan untuk penetapan kadar hemoglobin karena memiliki tingkat akurasi dan stabilitas hasil yang tinggi. Prinsip metode ini didasarkan pada reaksi kimia antara hemoglobin dalam sampel darah dengan reagen Drabkin. Reagen tersebut mengandung kalium ferrisianida dan kalium sianida yang bekerja secara berurutan dalam proses konversi hemoglobin. Kalium ferrisianida terlebih dahulu mengoksidasi ion besi hemoglobin dari bentuk ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) menjadi ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ), sehingga terbentuk methemoglobin. Selanjutnya, kalium sianida bereaksi dengan methemoglobin menghasilkan senyawa sianmethemoglobin yang memiliki warna stabil dan intens.

Senyawa *Cyanmethemoglobin* yang terbentuk kemudian diukur menggunakan fotometer atau spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm. Intensitas warna yang terbaca berbanding lurus dengan konsentrasi hemoglobin dalam sampel, sehingga memungkinkan penetapan kadar hemoglobin secara kuantitatif dan presisi. Keunggulan metode ini adalah kemampuannya mengukur hampir seluruh fraksi hemoglobin, kecuali sulfohemoglobin, serta hasil pengukurannya relatif tidak dipengaruhi oleh variasi visual atau subjektivitas pemeriksa.

#### 5. Metode POCT

Metode *Point of Care Testing* (POCT) merupakan metode pemeriksaan hemoglobin yang dilakukan secara cepat dan langsung dengan memanfaatkan pembacaan intensitas warna sampel darah pada alat portabel untuk memperoleh hasil secara instan. Pada metode ini, sampel darah diteteskan pada area aplikasi menggunakan mikropipet. Hemolisis dibantu oleh surfaktan sehingga menghasilkan perubahan warna yang kemudian diukur secara kolorimetrik. Intensitas warna merah yang terbentuk akan meningkat sejalan dengan konsentrasi hemoglobin dalam sampel, sehingga nilai hemoglobin dapat dihitung secara cepat. Metode POCT memiliki beberapa kekurangan, diantaranya akurasi dan presisi yang belum setara dengan pemeriksaan laboratorium klinik standar, proses pengendalian mutu yang belum optimal, serta penggunaan prosedur yang umumnya bersifat invasif (Nurjanah dkk., 2025).

## **2.1.4 Stabilitas Sampel Darah**

### **2.1.4.1 Pengaruh suhu terhadap stabilitas sampel darah**

Stabilitas sampel merupakan kemampuan sampel dalam mempertahankan nilai awal yang diukur secara kuantitatif pada suatu periode tertentu apabila disimpan dalam kondisi yang telah ditentukan (Puspitasari dkk., 2022). Pengambilan sampel darah yang ideal umumnya dilakukan melalui vena. Sampel darah vena kemudian ditambahkan antikoagulan untuk mencegah terjadinya pembekuan. Ethylenediaminetetraacetic Acid (EDTA) merupakan antikoagulan yang paling umum digunakan dalam pemeriksaan hematologi (Anjani dkk., 2025).

Stabilitas darah dengan EDTA perlu diperhatikan terutama jika terdapat jeda waktu antara proses pengambilan dan pemeriksaan laboratorium. Selama periode penyimpanan, dapat terjadi perubahan pada komponen darah yang berpengaruh terhadap nilai hemoglobin dan hematokrit, sehingga berpotensi memengaruhi interpretasi hasil pemeriksaan klinis. Suhu merupakan faktor utama yang memengaruhi stabilitas sampel darah. Pada suhu kamar (20–25°C), komponen seluler darah akan mengalami degradasi lebih cepat akibat proses metabolisme sel yang terus berlangsung. Hal ini dapat menyebabkan perubahan nilai hemoglobin, hematokrit, indeks eritrosit, serta morfologi sel. Penyimpanan darah pada suhu yang lebih rendah dapat memperlambat proses degradasi tersebut (Anjani dkk., 2025). Penyimpanan darah EDTA pada suhu kamar yang terlalu lama juga dapat mengakibatkan serangkaian perubahan pada eritrosit seperti pecahnya membran eritrosit (hemolisis) sehingga

hemoglobin bebas ke dalam medium sekelilingnya (plasma) yang menyebabkan kadar hemoglobin menurun (Fitri, 2023).

#### **2.1.4.2 Pengaruh waktu penyimpanan terhadap komponen darah**

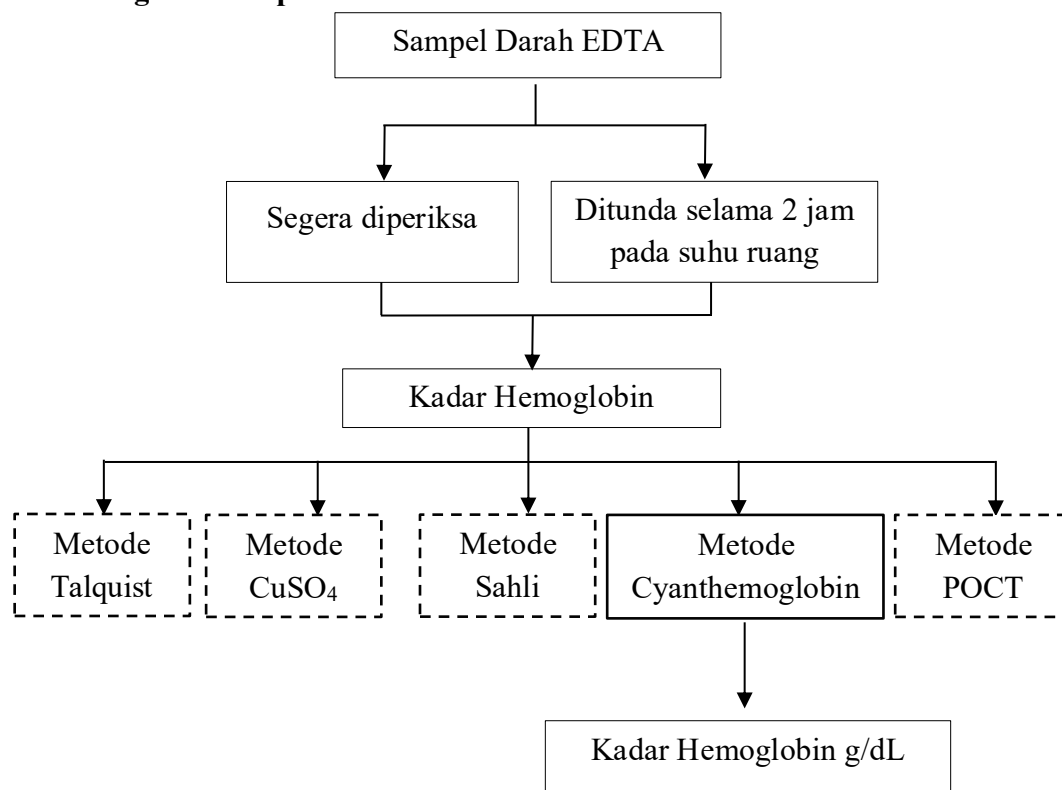
Durasi penyimpanan sampel darah sangat menentukan kualitas pemeriksaan laboratorium. Semakin lama sampel disimpan, semakin besar kemungkinan terjadinya perubahan pada komponen darah. Jika pemeriksaan harus ditunda, batas waktu penyimpanan perlu disesuaikan dengan jenis pemeriksaan. Penyimpanan darah berantikoagulan EDTA terlalu lama pada suhu ruang dapat menimbulkan perubahan morfologis dan fungsional pada eritrosit, termasuk kerusakan membran sel yang berujung pada hemolisis. Proses ini menyebabkan hemoglobin keluar ke plasma sehingga dapat mengganggu akurasi pengukuran parameter hematologi (Rahmatullah dkk., 2023).

Menurut Karlina dkk., (2023), penurunan kadar hemoglobin akibat keterlambatan pemeriksaan terjadi karena berkurangnya komponen penting dalam darah, seperti dekstrosa yang berfungsi sebagai sumber energi untuk mempertahankan kelangsungan hidup sel. Selama penyimpanan, kadar dekstrosa menurun sehingga eritrosit kehilangan energi dan mengalami lisis. Penurunan kadar hemoglobin pada sampel pemeriksaan yang ditunda dapat disebabkan karena terjadinya kelainan morfologi eritrosit yaitu berbentuk krenasi/echinocyte. Krenasi merupakan bentuk eritrosit yang mengerut. Kondisi ini dapat terjadi sebab sel darah terlalu lama terpapar dengan EDTA karena dibiarkan pada suhu ruang dalam waktu yang lama. Perubahan

bentuk ini dipengaruhi oleh faktor intrinsik seperti menurunnya adenosin trifosfat (ATP), serta faktor ekstrinsik seperti meningkatnya pH antikoagulan EDTA yang dapat menurunkan tegangan permukaan membran sel. EDTA akan menyebabkan penurunan tegangan permukaan membran eritrosit sehingga membran eritrosit menjadi lemah dan tidak stabil (Rinaldi dkk., 2023). Walaupun metode pemeriksaan otomatis dapat membantu proses identifikasi dan analisis, kualitas sampel tetap menjadi aspek utama karena sampel yang tidak stabil berpotensi menghasilkan data yang tidak valid (Anjani dkk., 2025).

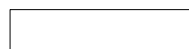
Keterlambatan dalam pemeriksaan kadar hemoglobin dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor operasional di laboratorium. Pergantian shift petugas, antrean pasien yang melebihi kapasitas, serta keterbatasan alat dan tenaga kerja sering menyebabkan proses analisis tidak dapat dilakukan segera setelah sampel diterima. Kondisi ini berpotensi menunda waktu pemeriksaan, sehingga sampel menunggu lebih lama sebelum dianalisis. Penundaan seperti ini perlu menjadi perhatian karena dapat memengaruhi stabilitas komponen darah, termasuk hemoglobin. Penundaan ini pada akhirnya berdampak pada keakuratan hasil pemeriksaan (Hartini dkk., 2024).

## 2.2 Kerangka Konsep

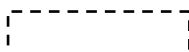


Gambar 2.1 Kerangka Konsep

Keterangan:



: Variabel diteliti



: Variabel tidak diteliti

### 2.3 Hipotesis

Hipotesis merupakan dugaan atau anggapan yang disusun secara logis untuk membantu peneliti menentukan arah pemikiran dalam memahami permasalahan yang diteliti, serta kebenarannya masih perlu dibuktikan melalui penelitian (Sutriyawan, 2021). Hipotesis dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

H<sub>0</sub> : Tidak terdapat perbedaan nilai hemoglobin pada sampel darah yang diperiksa segera dan setelah penyimpanan selama 2 jam pada suhu ruang.

H<sub>a</sub> : Terdapat perbedaan nilai hemoglobin pada sampel darah yang diperiksa segera dan setelah penyimpanan selama 2 jam pada suhu ruang.