BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pemeriksaan hemoglobin adalah salah satu parameter hematologi yang sangat krusial dalam diagnosis dan pemantauan berbagai kondisi medis, termasuk anemia, polisitemia, perdarahan, serta gangguan metabolik dan nutrisi (Wijaya dkk., 2024). Hemoglobin (Hb) merupakan protein yang terdapat dalam sel darah merah dan berfungsi untuk mengangkut oksigen ke seluruh jaringan tubuh. Heme adalah senyawa porfirin yang membutuhkan zat besi secara intensif, sedangkan globin adalah protein berbentuk tetramer yang bertugas mengikat molekul non-protein seperti heme. Akibatnya, kadar hemoglobin di dalam darah sangat ditentukan oleh kecukupan asupan zat besi dan protein harian. Hemoglobin akan berperan dalam pengangkutan oksigen di tubuh, apabila asupan zat besi dalam darah memadai. Adapun dua fungsi pengangkutan utama, diantaranya mendistribusikan oksigen ke seluruh jaringan tubuh serta mengembalikan karbon dioksida dan proton dari berbagai bagian tubuh ke sistem pernapasan untuk dikeluarkan melalui hidung (Proverawati, 2015). Jika kadar hemoglobin di dalam eritrosit rendah, hal ini akan mengurangi kemampuan eritrosit dalam menyalurkan oksigen ke seluruh jaringan tubuh, yang pada akhirnya memicu anemia (Gunadi dkk., 2016). Oleh karena itu pengukuran hemoglobin menjadi bagian yang esensial dalam pemeriksaan darah rutin (*Complete Blood Count/CBC*).

Berbagai teknik digunakan untuk mengukur kadar hemoglobin, seperti metode Talquist, Sahli, Copper Sulfate, cyanmethemoglobin (HbCN) yang diakui sebagai *gold standar*, hingga metode otomatis yang menggunakan alat *hematology*

analyzer. Di fasilitas kesehatan seperti laboratorium rumah sakit, pengukuran ini umumnya dilakukan dengan menggunakan alat *hematology analyzer*. Namun, di laboratorium puskesmas, biasanya diterapkan metode manual cyanmethemoglobin fotometer dan metode Sahli (Faatih dkk., 2017).

Menurut Siregar dkk., (dalam Dewi, 2025) menjelaskan bahwa metode manual cyanmethemoglobin yang dimana digunakan dalam pengujian kadar hemoglobin dianggap sebagai *gold standar* dan direkomendasikan oleh ICSH (*International Committee for Standardization in Hematology*). Metode ini disebut sebagai metode manual karena seluruh tahapan pemeriksaan, mulai dari pemipetan sampel darah dan reagen, proses homogenisasi, hingga proses inkubasi dilakukan secara manual oleh analis laboratorium. Prinsip metode ini didasarkan pada penggunaan reagen Drabkin yang terdiri dari kalium sianida dan kalium ferrisianida, yang dimana ketika dihomogenkan dengan darah akan menghasilkan reaksi kimia. Ferrisianida mengubah besi (Fe) dalam hemoglobin dari bentuk ferro (Fe^{2+}) menjadi ferri (Fe^{3+}), sehingga terbentuk methemoglobin. Selanjutnya, methemoglobin tersebut berikatan dengan kalium sianida untuk membentuk cyanmethemoglobin yang memiliki warna stabil. Warna yang dihasilkan proporsional dengan konsentrasi hemoglobin dalam darah dan diukur menggunakan fotometer pada panjang gelombang 540 nm. Spektrofotometer adalah salah satu instrumen yang bisa digunakan untuk menentukan kadar hemoglobin melalui pengukuran absorbansi, dengan cara melewatkan cahaya pada panjang gelombang spesifik melalui wadah kaca atau kuarsa yang disebut kuvet.

Meskipun metode cyanmethemoglobin memiliki tingkat akurasi yang baik, pelaksanaannya memerlukan ketelitian, waktu pemeriksaan yang relatif lebih lama,

serta ketepatan dalam proses pemipetan reagen dan sampel. Kesalahan kecil dalam tahapan manual, seperti ketidaktepatan volume pipet atau homogenisasi yang kurang optimal, berpotensi memengaruhi hasil pemeriksaan. Oleh karena itu, metode ini sangat bergantung pada keterampilan dan konsistensi pemeriksa.

Pemeriksaan kadar hemoglobin tidak hanya dapat dilakukan secara manual, tetapi juga menggunakan metode otomatis *hematology analyzer*. *Hematology analyzer* disebut sebagai metode otomatis dikarenakan pada proses pemeriksaan, mulai dari pengambilan volume sampel, pencampuran dengan reagen, pengukuran, hingga pengolahan dan penampilan hasil, dilakukan secara otomatis oleh sistem alat. Alat ini berfungsi untuk melakukan pemeriksaan darah lengkap dengan menerapkan prinsip impedansi elektrik, dimana setiap sel darah dihitung dan diukur berdasarkan perubahan hambatan listrik yang timbul akibat adanya partikel dalam aliran listrik (Hurunin, 2021). Adapun prinsip kerja alat ini didasarkan pada *flowcytometry*, yaitu teknik yang memanfaatkan difraksi cahaya, eksitasi cahaya, serta emisi molekul fluorokrom untuk menghasilkan data multiparameter yang spesifik dari partikel darah (Nareshwari, 2024).

Sebagai alat diagnostik otomatis, *hematology analyzer* memungkinkan pemeriksaan laboratorium dilakukan secara efisien dan cepat, terutama pada kondisi yang memerlukan hasil segera untuk mendukung keputusan klinis (Hartini dkk., 2024). Alat ini juga dilengkapi sistem kontrol mutu internal yang berperan dalam menjamin presisi dan akurasi hasil, sekaligus mendeteksi kemungkinan terjadinya kesalahan pengukuran (Arini dkk., 2024). Dalam penggunaannya, alat ini memerlukan larutan diluent sebagai buffer isotonik untuk mengencerkan sampel, membantu perhitungan eritrosit, serta menentukan kadar hemoglobin.

Namun demikian, pemeriksaan dengan *hematology analyzer* juga melibatkan bahan kimia yang bersifat toksik dan korosif, seperti lysing agent yang mengandung deterjen *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) yang dapat menyebabkan iritasi, serta cleaning agent dan washing solution yang digunakan untuk pembersih alat (Widiarumiarso, 2018).

Salah satu permasalahan yang kerap muncul dalam pemeriksaan kadar hemoglobin adalah terjadinya variasi hasil pengukuran antara metode manual dan metode otomatis. Meskipun metode manual cyanmethemoglobin telah dikenal memiliki tingkat akurasi yang tinggi, prosedur pemeriksaannya membutuhkan waktu yang relatif lebih lama serta memerlukan ketelitian dalam pemipetan reagen dan sampel. Sebaliknya, penggunaan *hematology analyzer* memberikan keunggulan dalam hal kecepatan dan efisiensi kerja, namun hasilnya dapat terpengaruh oleh berbagai faktor interferensi seperti lipemia, hemolisis, maupun kadar bilirubin yang tinggi, serta homogenisasi sampel yang kurang optimal. Perbedaan hasil yang timbul antara kedua metode tersebut sering kali menjadi tantangan bagi laboratorium klinik dalam upaya menjamin akurasi dan presisi hasil pemeriksaan hemoglobin (Purbasari dan Nugraheni, 2020).

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas tentang hasil pemeriksaan kadar hemoglobin menggunakan berbagai metode dan alat pemeriksaan. Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh Dameuli dkk., (2018) menunjukkan adanya perbedaan hasil pemeriksaan kadar hemoglobin antara pemeriksaan menggunakan Hb meter, spektrofotometer, dan *hematology analyzer*, kadar hemoglobin segera diperiksa berturut-turut 11,50 g/dL, 12,98 g/dL, dan 11,70 g/dL, dan yang ditunda 20 jam berturut-turut 12,63 g/dL, 12,03 g/dL, dan 12,13 g/dL. Di sisi lain, penelitian

yang dilakukan oleh Nareshwari (2024) melaporkan bahwa tidak ada perbandingan yang signifikan antara hasil pemeriksaan kadar hemoglobin menggunakan alat Sysmex XN-1000 yang didapatkan adalah 10,21 g/dL dan yang dihasilkan alat Sysmex XP-100 *hematology analyzer* adalah 10,25 g/dL.

Penelitian lain oleh Wulandari (2021) membandingkan hasil pemeriksaan hemoglobin antara *hematology anaylzer* dan *Point of Care Testing* (POCT), yang dimana hasil menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua metode tersebut dalam mengukur kadar hemoglobin, yaitu untuk nilai hemoglobin menggunakan *hematology analyzer* 11,2 g/dL dan alat POCT 12,2 g/dL. Sementara itu, penelitian oleh Chalisa (2021) juga melakukan penelitian serupa yang membandingkan hasil pemeriksaan kadar hemoglobin menggunakan metode Sahli dengan *Point of Care Testing* (POCT). Hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya perbedaan nilai kadar hemoglobin antara kedua metode pemeriksaan tersebut, dengan hasil kadar Hb metode Sahli 12,78 g/dL dan metode POCT 13,2 g/dL.

Selain itu penelitian oleh Hartini dkk., (2024) menunjukkan adanya variasi hasil pemeriksaan kadar hemoglobin antara pengukuran menggunakan photometer dan *hematology analyzer*. Pemeriksaan dengan photometer menghasilkan nilai rata-rata kadar hemoglobin sebesar 13,3 g/dL, sedangkan *hematology analyzer* menunjukkan nilai rata-rata sebesar 12,9 g/dL. Meskipun kedua metode masih berada dalam kisaran nilai normal secara klinis, hasil uji statistik menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kedua metode tersebut ($p < 0,001$). Temuan ini mengindikasikan bahwa perbedaan prinsip dan tahapan pemeriksaan antara metode manual dan metode otomatis dapat memengaruhi hasil pengukuran

kadar hemoglobin, sehingga diperlukan evaluasi lebih lanjut untuk menilai kesesuaian hasil pemeriksaan.

Berdasarkan berbagai penelitian sebelumnya yang membandingkan pemeriksaan kadar hemoglobin menggunakan berbagai metode dan jenis alat, diketahui bahwa terdapat perbedaan hasil pemeriksaan kadar hemoglobin antar metode. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan prinsip pengukuran dan tahapan pemeriksaan yang digunakan pada masing-masing metode. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk membandingkan hasil pemeriksaan kadar hemoglobin antara metode manual cyanmethemoglobin dan metode otomatis *hematology analyzer* guna memperoleh gambaran kesesuaian hasil pemeriksaan yang dihasilkan.

Topik penelitian ini didasari dari pengalaman penulis selama kegiatan praktikum, dimana sering ditemukan variasi hasil pemeriksaan kadar hemoglobin antara metode manual cyanmethemoglobin dan metode otomatis *hematology analyzer*. Pentingnya penelitian terhadap kedua metode ini juga didukung oleh temuan Siregar dkk., (2023) yang dimana melaporkan bahwa beberapa Puskesmas di Kota Serang dan Banten masih menggunakan metode cyanmethemoglobin untuk menganalisis kadar hemoglobin pada sampel darah vena ibu hamil trimester III. Sebagai calon tenaga Analis Kesehatan, penulis menyadari bahwa perbedaan hasil antara kedua metode tersebut dapat berpengaruh terhadap interpretasi klinis, diagnosis, dan penatalaksanaan pasien. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan signifikan antara hasil pemeriksaan hemoglobin menggunakan metode manual cyanmethemoglobin dan metode otomatis *hematology analyzer*. Selain itu, ketersediaan alat *hematology*

analyzer di laboratorium pendidikan memberikan peluang untuk melakukan validasi internal, yang berperan penting dalam memastikan bahwa hasil pemeriksaan dari alat otomatis tersebut sebanding dengan metode manual yang dijadikan standar referensi. Penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk memperdalam pemahaman penulis terhadap hasil pemeriksaan laboratorium, tetapi juga sebagai bagian dari pengembangan kompetensi calon tenaga laboratorium medis agar mampu menjamin hasil pemeriksaan yang akurat, presisi, dan dapat diandalkan, sehingga dapat memberikan kontribusi nyata terhadap keselamatan pasien.

Berdasarkan uraian tersebut dan dengan mempertimbangkan pentingnya hasil pemeriksaan laboratorium, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan kadar hemoglobin yang diperoleh dari dua metode pengukuran, yaitu metode manual cyanmethemoglobin dan metode otomatis menggunakan *hematology analyzer*. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kesesuaian serta perbedaan hasil pemeriksaan antara kedua metode tersebut dalam pemeriksaan rutin laboratorium, sehingga diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai tingkat konsistensi dan keandalan masing-masing metode serta memberikan rekomendasi bagi laboratorium klinik mengenai metode yang paling konsisten dan dapat diandalkan.

B. Rumusan Masalah Penelitian

Apakah terdapat perbedaan hasil pemeriksaan kadar hemoglobin antara metode manual cyanmethemoglobin dan metode otomatis menggunakan *hematology analyzer*?

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan umum

Untuk mengetahui perbedaan hasil pemeriksaan kadar hemoglobin antara metode manual cyanmethemoglobin dan metode otomatis menggunakan *hematology analyzer*.

2. Tujuan khusus

a. Mengukur kadar hemoglobin menggunakan metode manual cyanmethemoglobin.

b. Mengukur kadar hemoglobin menggunakan metode otomatis *hematology analyzer*.

c. Menganalisis perbedaan hasil pemeriksaan kadar hemoglobin antara metode manual cyanmethemoglobin dan metode otomatis *hematology analyzer*.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat teoritis

Hasil penelitian mengenai perbandingan pemeriksaan hemoglobin menggunakan metode manual cyanmethemoglobin dan metode otomatis *hematology analyzer* dapat dijadikan sebagai dasar untuk kajian lebih lanjut guna memperoleh hasil yang lebih optimal.

2. Manfaat praktis

a. Bagi mahasiswa

Penelitian ini diharapkan dapat menambah pemahaman mahasiswa mengenai perbedaan pemeriksaan hemoglobin dengan metode manual cyanmethemoglobin dan metode otomatis *hematology analyzer*.

b. Bagi Ahli Teknologi Laboratorium Medik (ATLM)

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi ATLM dalam memilih metode pemeriksaan hemoglobin yang sesuai untuk memperoleh hasil yang akurat.

c. Bagi pengelola laboratorium hematologi

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan dalam meningkatkan mutu pelayanan laboratorium melalui pemilihan metode pemeriksaan yang tepat.

d. Bagi peneliti selanjutnya

Penelitian ini diharapkan menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya dalam mengembangkan penelitian mengenai pemeriksaan hemoglobin dengan metode yang berbeda.