

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hemoglobin

1. Definisi hemoglobin

Hemoglobin merupakan protein kaya akan zat besi yang memiliki afinitas atau daya gabung terhadap oksigen (O_2) dan membentuk senyawa *oxihemoglobin* di dalam sel darah merah, yang berfungsi membawa oksigen (O_2) dari paru – paru ke berbagai jaringan tubuh (Hasanan, 2018). Hemoglobin merupakan protein yang membantu di dalam darah bertugas sebagai pengangkut oksigen di dalam tubuh. Hemoglobin terdiri dari kandungan Fe (Besi) dan alfa, beta, gama, serta delta (*polipeptida globin*). Hemoglobin berasal dari kata gabungan *heme*, merupakan gugus prostetik yang terdiri dari atom besi dan *globin*, merupakan protein yang dipecah menjadi asam amino. Jika kadar hemoglobin dalam tubuh turun, maka kondisi tersebut sangat berisiko yang menyebabkan terjadinya anemia karena hemoglobin dalam darah berkurang (Kiswari, 2014) .

Kekurangan hemoglobin dapat menyebabkan terjadinya anemia, yang ditandai dengan beberapa gejala seperti kelelahan, sesak nafas, pucat, dan pusing. Sedangkan, kelebihan hemoglobin akan menyebabkan terjadinya kekentalan darah jika kadarnya sekitar 18 g/dl – 19 g/dl, yang dapat mengakibatkan stroke. Kadar Hemoglobin dapat dipengaruhi oleh ketersediaan oksigen pada tempat tinggal, misalnya Hb meningkat pada orang yang tinggal di tempat lebih tinggi dari permukaan laut. Selain itu, Hb juga dapat dipengaruhi oleh posisi pasien (berdiri dan berbaring) dan variasi diurnal (tertinggi pagi hari) (Hasanan, 2018).

2. Kadar hemoglobin

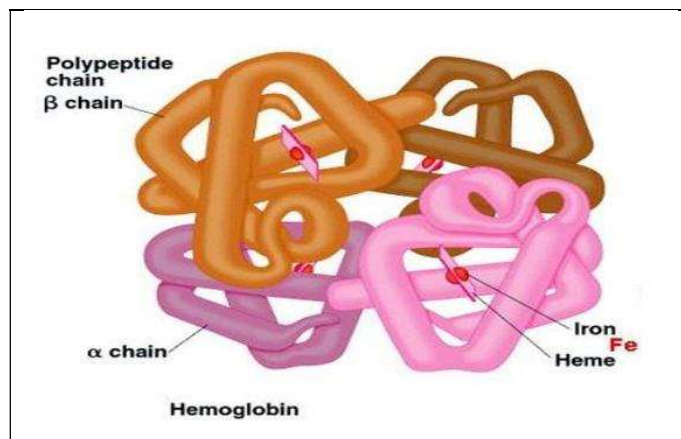
Kadar hemoglobin merupakan ukuran pigmen respiratorik dalam butiran – butiran darah merah. Jumlah hemoglobin dalam darah normal sekitar 15 gram per 100 ml darah, jumlah ini biasanya disebut “100 persen”. Namun, batas normal kadar hemoglobin sulit ditentukan karena kadar hemoglobin berbeda – beda setiap suku bangsa. Hasil pemeriksaan kadar hemoglobin juga dapat dipengaruhi oleh alat yang digunakan (Hasanan, 2018). Nilai normal kadar hemoglobin adalah sebagai berikut:

Tabel 1
Nilai Normal Kadar Hemoglobin

Populasi	Nilai Normal
Wanita Dewasa	12,0 – 16,0 g/dL
Pria Dewasa	13,0 – 18,0 g/dL

(Sumber : Kemenkes RI, 2025)

3. Struktur hemoglobin



Gambar 1. Struktur Hemoglobin

(Sumber : Kiswari, 2014)

Hemoglobin terdiri atas dua struktur utama, yaitu heme dan globin, serta struktur tambahan. Heme, terdiri dari atom besi (Fe^{2+}) yang terikat pada cincin protoporfirin IX, karena zat besi dalam bentuk Fe^{2+} tidak dapat mengikat oksigen. Protoporfirin terbentuk melalui sintesis heme yang dimulai dari interaksi suksinil

koenzim A dan asam delta – aminolevulinat di dalam mitokondria dari eritrosit berinti. Proses ini menghasilkan beberapa produk, yaitu porfobilinogen, uroporobilinogen, dan coproporfin. Globin terdiri dari asam amino yang dihubungkan untuk membentuk rantai polipeptida. Polipeptida terdiri atas dua rantai yaitu rantai alfa dan rantai beta. Setiap rantai alfa memiliki 141 asam amino, sedangkan setiap rantai beta memiliki 146 asam amino. Heme dan globin berikatan secara kimia membentuk hemoglobin. Struktur tambahan yang mempengaruhi fungsi hemoglobin adalah 2,3 – difosfoglisarat (2,3 – DPG), merupakan suatu zat yang dihasilkan melalui jalur Embden – Mayerhof yang anaerob selama proses glikolisis. Struktur ini erat hubungannya dengan afinitas oksigen dari hemoglobin (Kiswari, 2014).

Setiap molekul heme terdiri atas empat struktur heme dengan besi di pusat dan dua pasang rantai globin. Sintesis hemoglobin dimulai dari tahap normoblast polikromatik dalam eritropoiesis, ditandai dengan perubahan warna sitoplasma dari biru tua menjadi ungu. Sekitar 65% dari hemoglobin disintesis sebelum inti eritrosit menghilang, dan 35% dari hemoglobin disintesis pada tahap retikulosit. Eritrosit matang normal mengandung hemoglobin yang lengkap.

4. Pembentukan hemoglobin

Bagian dalam sel darah merah terdiri dari hemoglobin, yaitu sebuah biomolekul yang mampu menyerap oksigen. Pada manusia, sel darah merah dibuat di sumsum tulang belakang, yang membentuk kepingan bikonkaf. Sintesis heme atau yang merupakan tahap awal pembentukan hemoglobin, terjadi di mitokondria melalui serangkaian reaksi biokimia. Proses ini dimulai dengan kondensasi glisin dan suknil koenzim A, yang dikatalisis oleh enzim utama dengan membatasi laju

reaksi. Piridoksal fosfat yaitu (Vitamin B6) adalah suatu koenzim untuk reaksi ini. Yang sudah dirangsang oleh eritroprotein, dan akhirnya terjadi protoporfirin bergabung dengan rantai globin yang dibuat pada poliribosom. Setiap molekul hemoglobin terdiri dari empat rantai globin, masing – masing memiliki gugus hema yang berbeda. Keempat rantai globin ini menyusun menjadi satu molekul hemoglobin di dalam sel. Eritroblas merupakan tahap awal pembentukan hemoglobin. Setelah itu, pada tahap retikulosit, sel ini meninggalkan sumsum tulang belakang dan masuk ke dalam aliran darah. Pembentukan heme terjadi secara bertahap, dan jika kadar besi (Fe) berkurang, cadangan besi akan dilepaskan. Apabila kadar hemoglobin dalam darah menurun, maka akan terjadi kondisi yang disebut anemia (Lestari, 2019).

5. Faktor – faktor yang mempengaruhi hemoglobin

Kadar hemoglobin dalam tubuh dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik internal maupun eksternal, yang berperan dalam proses pembentukan dan pemeliharaan sel darah merah. Salah satu faktor yang berkaitan secara fisiologis dengan kadar hemoglobin yaitu aktivitas enzim *cholinesterase*. Penurunan *cholinesterase* sebesar 30% dari level normal dikatakan sebagai keracunan pestisida (Armah dkk., 2024).

Adapun beberapa faktor – faktor yang dapat mempengaruhi kadar hemoglobin antara lain :

a. Usia

Usia merupakan fenomena alam, semakin lama hidup seseorang maka usia akan terus bertambah. Seiring dengan bertambahnya usia maka fungsi metabolisme tubuh juga akan menurun dan rata – rata kolinesterase darah semakin rendah,

sehingga akan mempermudah terjadinya keracunan pestisida. Aktivitas kolinesterase pada anak – anak dan orang dewasa memiliki perbedaan, baik tidak dalam keadaan bekerja dengan organofosfat maupun bekerja dengan organofosfat. Pada usia muda atau di bawah 18 tahun, merupakan kontra indikasi bagi tenaga kerja dengan organofosfat, karena dapat memperberat terjadinya penurunan aktivitas kolinesterase (Berliana, 2022).

b. Jenis kelamin

Jenis kelamin sangat mempengaruhi aktivitas kolinesterase dalam darah. Dalam keadaan normal, jenis kelamin laki – laki bisa memiliki kadar hemoglobin yang lebih tinggi dari pada perempuan. Hal ini dipengaruhi oleh fungsi metabolisme serta fisiologis laki – laki yang berperan lebih aktif dari pada perempuan. Pada perempuan kadar hemoglobin lebih mudah rendah, karena perempuan akan mengalami siklus menstruasi yang rutin setiap bulannya. Perempuan ketika mengalami menstruasi akan banyak kehilangan zat besi, hal ini ditimbulkan pada kebutuhan zat besi pada wanita lebih banyak dari pada laki – laki (Wardani, 2017).

c. Masa kerja

Semakin lama seseorang bekerja sebagai petani, semakin tinggi kemungkinan mereka terpapar pestisida secara langsung. Karena itu, semakin lama seseorang bekerja sebagai petani, semakin rendah kadar kolinesterasenya. Paparan pestisida pada petani yang bekerja selama lebih dari atau sama dengan 5 tahun bisa menyebabkan gangguan pada hemoglobin. Petani yang bekerja lebih dari 5 tahun biasanya sudah mengalami toksisitas kronis. Jadi, semakin lama melakukan penyemprotan, semakin banyak zat kimia yang terkumpul dalam darah. Masa kerja

petani dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok lama jika sudah menjadi petani selama ≥ 5 tahun dan kelompok baru jika < 5 tahun (Nurhikmah dkk., 2018).

d. Frekuensi penyemprotan

Semakin lama seseorang bekerja sebagai petani, semakin sering terpapar pestisida, sehingga risiko terkena keracunan pestisida juga semakin besar. Penurunan kadar enzim kolinesterase dalam darah karena keracunan pestisida bisa terjadi mulai saat seseorang terpapar hingga dua minggu setelah melakukan penyemprotan. Frekuensi penyemprotan yang disarankan adalah maksimal dua kali dalam sepekan. Semakin sering penyemprotan dilakukan, maka jumlah pestisida yang menumpuk dalam darah akan semakin banyak, sehingga mempercepat proses paparan yang bisa menyebabkan keracunan berkepanjangan (Dwi Hendrayana dkk., 2020).

e. Kecukupan zat besi dalam tubuh

Zat besi diperlukan untuk mempengaruhi produksi hemoglobin, terjadinya anemia defisiensi besi dapat menyebabkan terbentuknya sel darah merah yang lebih kecil dan kandungan hemoglobin dalam tubuh rendah. Zat besi merupakan mikronutrien penting dalam memproduksi hemoglobin yang berfungsi sebagai penghantar oksigen dari paru – paru ke jaringan tubuh, yang kemudian diekskresikan ke dalam udara pernafasan, sitokrom, dan komponen lain dari sistem enzim pernafasan, seperti sitokrom oksidase, katalase, dan peroksidase. Zat besi berperan dalam sintesis hemoglobin dalam sel darah merah dan mioglobin dalam sel otot (Wardani, 2017).

f. Penggunaan APD

Aktivitas kolinesterase yang menurun hingga di bawah 75% menjadi tanda biologis (biomarker) adanya keracunan dari senyawa organofosfat. Hasil pengukuran aktivitas kolinesterase dalam darah bisa digunakan sebagai patokan tingginya kemungkinan seseorang terpapar keracunan serta bisa menjadi indikator adanya kontak dengan pestisida organofosfat yang dialami oleh petani. Organofosfat masuk ke dalam tubuh melalui berbagai cara, seperti kulit, pernapasan, dan pencernaan. Setelah masuk, senyawa ini menyebar di dalam tubuh dan menghentikan fungsi enzim kolinesterase, khususnya enzim *acetylcholinesterase* (AChE), yang bertugas untuk menghancurkan dan menghentikan aktivitas biologis dari *neurotransmitter acetylcholine* (Berliana, 2022).

APD digunakan untuk melindungi pekerja dari bahaya fisik maupun kimia. Pekerja yang mengelola pestisida harus mengenakan APD yang mencakup pakaian kerja, sarung tangan, dan kaca mata pelindung. Khusus untuk pekerja yang bertugas menyemprotkan pestisida, seperti petani, harus mengikuti prosedur kerja yang baku dan memakai APD. Tujuannya adalah untuk memastikan risiko bahaya yang seharusnya tidak terjadi dapat dihindari. Petani yang tidak menggunakan alat pelindung diri dapat menyebabkan pestisida masuk ke dalam tubuh melalui kulit atau hidung. Jika masuk melalui kulit, pestisida bisa menyerap ke dalam tubuh dan menyebabkan keracunan. Jika masuk melalui hidung, pestisida akan terhirup ke paru – paru dan berdampak pada fungsi paru – paru. Pestisida yang mengandung sulfur tinggi dapat menciptakan ikatan sulfhemoglobin, yaitu bentuk hemoglobin

yang terikat dengan atom sulfur, sehingga menyebabkan hemoglobin tidak normal. Hal ini membuat responden mengalami anemia (Wardani, 2017).

B. Pestisida

1. Definisi pestisida

Pestisida merupakan zat kimia yang digunakan untuk memberantas atau mengendalikan hama atau *pest*. Hama atau *pest* sebagai sasaran pestisida meliputi insekta, jamur, tikus, mites, dan larva serangga. Pestisida digunakan luas dalam pertanian dan perkebunan untuk meningkatkan hasil panen serta mengurangi penyebab penyakit. Penggunaan pestisida terutama sintetis sangat dibutuhkan dalam meningkatkan produksi pangan untuk menunjang kebutuhan yang semakin meningkat. Namun, telah diketahui bahwa penggunaan pestisida juga memiliki dampak negatif terhadap manusia (Laila dkk., 2024).

Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2019 dalam pasal 75 mengatakan bahwa pestisida merupakan semua zat kimia atau bahan lain serta jasad renik dan virus yang dapat dipergunakan untuk :

- a) Memberantas atau mencegah hama yang dapat merusak tanaman atau hasil pertanian.
- b) Memberantas rerumputan dan/atau tanaman yang tidak diinginkan.
- c) Mematikan dan mencegah pertumbuhan bagian tanaman yang tidak diinginkan.
- d) Mengatur atau merangsang pertumbuhan tanaman atau bagian tanaman yang tidak termasuk pupuk.

2. Klasifikasi pestisida

Setiap pestisida memiliki ciri atau identitas yang berbeda – beda, seperti sifat fisik dan kimia. Menurut Abubakar (2019), pestisida dapat diklasifikasikan

secara luas berdasarkan asalnya, berdasarkan sasaran spesies hama, dan berdasarkan fungsinya.

Tabel 2
Klasifikasi Pestisida Berdasarkan Asalnya

Asalnya	Sumber dan Contoh
Organik	Alami – Fitokimia tanaman (minyak esensial, ekstrak tanaman, ampas biji miyak. Sintesis – diproduksi melalui sintesis kimia, misalnya piretroid, organofosfat, karbamat, dan organoklorin.
Anorganik	Anorganik – campuran garam anorganik. Campuran Bordeaux $\text{Cu}(\text{OH})_2$, CaSO_4 , Malachite $\text{Cu}(\text{OH})_2$, CuCO_3 dan Sulfur.
Biologis	Biologis : pestisida mikroba (bakteri, virus, dan jamur)

(Sumber : Abubakar dkk., 2019)

3. Penggolongan pestisida

Berdasarkan struktur kimia, pestisida dibagi menjadi beberapa golongan sebagai berikut (Salim, 2020):

a. Organoklorin

Organoklorin adalah senyawa insektisida yang terdiri dari karbon, klor, dan hidrogen, serta dapat mengandung oksigen. Senyawa ini dikenal juga sebagai hidrokarbon terklorinasi dan memiliki daya tahan tinggi terhadap pengaruh lingkungan seperti udara, cahaya, dan karbondioksida. Meskipun toksisitasnya tidak terlalu tinggi, organoklorin sulit terurai sehingga dapat mencemari lingkungan dalam jangka panjang. Racunnya bekerja dengan mengganggu sistem saraf pusat dan mudah larut dalam lemak, sehingga dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh. Paparan dapat terjadi melalui kulit, udara, atau saluran pencernaan. Gejala keracunan ringan meliputi pusing, mual, dan gangguan konsentrasi, sedangkan dosis tinggi dapat menyebabkan kejang dan gangguan pernapasan. Contoh

senyawanya adalah *Dikloro Difenil Trichloroethane* (DDT) yang ditemukan oleh Zeidler pada tahun 1874.

b. Organofosfat

Senyawa organofosfat merupakan senyawa yang memiliki banyak anggota dan terbagi menjadi beberapa kelompok. Senyawa ini pertama kali ditemukan oleh Dr. Gerhard Shrader yang berasal dari Jerman. Dari segi lingkungan, senyawa organofosfat lebih baik dibandingkan senyawa organoklorin karena senyawa organofosfat merupakan senyawa yang tidak stabil. Namun, senyawa organofosfat memiliki sifat yang lebih toksik terhadap hewan – hewan yang bertulang belakang dibandingkan senyawa organoklorin. Senyawa organofosfat ini dapat memengaruhi sistem saraf dan bekerja dengan cara menghambat enzim *cholinesterase*.

c. Karbamat

Karbamat merupakan pestisida yang juga banyak digunakan dan memiliki karakteristik mirip dengan organofosfat. Senyawa ini merupakan turunan dari asam karbamat ($\text{HO CO} - \text{NH}_2$) dan ditemukan pertama kali oleh Ciba Geigy dari Swiss pada tahun 1951. Karbamat bekerja dengan cara menghambat enzim kolinesterase, namun efek toksiknya bersifat *reversible* (dapat pulih kembali) dalam waktu singkat. Residu karbamat tidak bertahan lama di alam sehingga lebih ramah lingkungan dibanding organoklorin. Contoh pestisidanya antara lain Baygon, Karbaril, Bayrusil, Karbofuran, dan Tiodikarb. Paparan dapat terjadi melalui kulit, udara, atau oral, dengan gejala mirip keracunan organofosfat tetapi lebih cepat pulih.

d. Piretroid

Secara alamiah senyawa piretroid diperoleh dari ekstrak Bunga *chrysanthemum*. Piretroid memiliki senyawa aktif yaitu *piretrin* I dan II, *cinerin* I dan II, dan *jasmolin* I dan II, yang merupakan ester dari tiga alkohol (*pyrethrolone*, *cinerolone*, *jasmolone*) dengan asam *chrysanthemic* dan *pyrethric*. Senyawa ini memiliki toksisitas rendah terhadap mamalia namun efektif sebagai insektisida. Piretroid bekerja dengan mengganggu permeabilitas membran saraf terhadap ion, sehingga mengacaukan transmisi impuls saraf pada serangga. Dalam tubuh mamalia, piretroid mengalami metabolisme melalui proses hidrolisis, oksidasi, dan konjugasi. Contohnya antara lain Deltametrin, Permetrin, Difetrin, Fluvalinate, Sipermetrin, Siflutrin, Flusitrate, Fenpropatrin, Tralometrin, Alletrin, Sihalometrin, dan Bioresmetrin.

4. Dampak pestisida

Pestisida merupakan campuran bahan kimia yang memiliki sifat aktif biologis. Pada dasarnya, pestisida itu bersifat beracun. Oleh karena sifat beracun ini, pestisida dibuat, dijual, dan digunakan untuk meracuni OPT (Organisme Pengganggu Tanaman). Setiap racun memiliki potensi bahaya. Karena itu, penggunaan pestisida secara tidak bijak dapat menyebabkan dampak negatif (Djojosumarto, 2020). Berikut beberapa dampak negatif dari penggunaan pestisida:

a. Dampak terhadap keselamatan pengguna

Penggunaan pestisida dapat mengkontaminasi pengguna secara langsung, sehingga menyebabkan keracunan. Keracunan ini bisa dibagi menjadi tiga jenis, yaitu keracunan ringan, berat, dan kronis. Keracunan ringan dapat menyebabkan pusing, sakit kepala, iritasi kulit ringan, badan lemas, dan diare. Keracunan berat

bisa menyebabkan mual, gemetar, kram perut, kesulitan bernapas, keluar air liur, pupil mata menyempit, dan detak jantung meningkat. Sementara itu, keracunan yang sangat parah bisa menyebabkan pingsan, kejang, bahkan kematian.

Keracunan kronis lebih sulit dideteksi karena tidak langsung terasa dan tidak memberikan gejala atau tanda khusus. Namun, dalam jangka waktu lama, keracunan kronis dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Beberapa gangguan kesehatan yang sering terjadi akibat penggunaan pestisida antara lain iritasi pada mata dan kulit.

b. Dampak bagi konsumen

Biasanya, dampak pestisida bagi konsumen berupa keracunan yang tidak terasa segera. Namun, jika terus – menerus terpapar, bisa menyebabkan gangguan kesehatan. Meskipun jarang terjadi, pestisida juga bisa menyebabkan keracunan berat, terutama jika seseorang memakan produk pertanian yang masih mengandung sisa pestisida dalam jumlah banyak.

c. Dampak bagi kelestarian lingkungan

Dampak penggunaan pestisida bagi lingkungan bisa dibagi menjadi dua kelompok, yaitu :

1) Bagi lingkungan umum

- a) Mencemari air, tanah, dan udara.
- b) Membunuh organisme yang bukan target karena terpapar langsung.
- c) Menyebabkan dampak negatif pada manusia melalui rantai makanan.

2) Bagi lingkungan pertanian (Agro-ekosistem)

- a) Hama pertanian menjadi tahan terhadap pestisida (munculnya resistensi).
- b) Populasi hama meningkat setelah penggunaan pestisida.

c) Munculnya hama baru, bisa hama yang sebelumnya dianggap tidak penting atau hama yang baru saja muncul.

d. Dampak sosial ekonomi

Penggunaan pestisida secara berlebihan menyebabkan biaya produksi meningkat.

1) Menghambat perdagangan, contohnya tidak bisa ekspor karena residu pestisida tinggi.

2) Meningkatkan biaya sosial, misalnya biaya pengobatan dan hilangnya pendapatan karena keracunan.

e. Efek pestisida pada manusia bisa menyebabkan beberapa dampak kesehatan, antara lain :

1) Efek karsinogenik pada hati dan darah karena organoklorin, serta pada hati dan tiroid karena fungisida yang mengandung merkuri.

2) Penurunan daya ingat dan kekurangan kalsium dalam tulang karena organoklorin.

3) Dampak teratogenik pada organoklorin atau herbisida.

4) Gangguan sistem saraf akibat rodentisida dan nematisida.

C. Hubungan Hemoglobin Dengan Pestisida

Pestisida merupakan senyawa kimia yang digunakan untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman, dan sebagian besar disintesis secara kimiawi di laboratorium yang diproduksi besar – besaran (Djojsumarto, 2020). Paparan pestisida dapat terjadi melalui inhalasi, kontak kulit, atau konsumsi bahan pangan yang terkontaminasi. Dampak kesehatan akibat paparan ini dapat bersifat akut maupun kronis. Keracunan akut biasanya muncul akibat kelalaian dalam penggunaan alat pelindung diri (APD), sedangkan paparan kronis jangka panjang

dapat menyebabkan berbagai gangguan fisiologis, termasuk kelainan pada sistem hematologi, saraf, endokrin, serta pencernaan (Yushananta dkk., 2021).

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa paparan kronis pestisida, khususnya golongan organofosfat dan karbamat, dapat menyebabkan penurunan kadar hemoglobin, hematokrit, dan perubahan jumlah leukosit. Mekanisme gangguan ini berkaitan dengan efek toksik pestisida terhadap sumsum tulang dan oksidasi hemoglobin menjadi bentuk abnormal seperti methemoglobin dan sulfhemoglobin. Hemoglobin berfungsi mengikat dan mengangkut oksigen ke seluruh jaringan tubuh. Dalam kondisi normal, molekul hemoglobin memiliki afinitas tinggi terhadap oksigen di paru – paru dan melepaskannya di jaringan yang membutuhkan. Namun, beberapa senyawa kimia dalam pestisida dapat mengoksidasi ion besi pada hemoglobin dari bentuk ferrous (Fe^{2+}) menjadi ferric (Fe^{3+}), membentuk methemoglobin, yang tidak mampu membawa oksigen. Selain itu, senyawa sulfur dalam beberapa pestisida juga dapat menyebabkan terbentuknya sulfhemoglobin, yaitu bentuk hemoglobin yang terikat secara permanen dengan atom sulfur sehingga kehilangan kemampuan mengikat oksigen (Docherty dkk., 2020; Nuryati dkk., 2022).

Akumulasi methemoglobin dan sulfhemoglobin dalam darah dapat menurunkan kapasitas pengangkutan oksigen, sehingga kadar hemoglobin fungsional menurun. Kondisi ini berpotensi menimbulkan anemia serta gejala hipoksia jaringan pada individu yang terpapar pestisida secara berulang (Nuryati dkk., 2022). Anemia yang disebabkan oleh keracunan pestisida memiliki patofisiologi yang sama dengan anemia yang terjadi karena kurangnya *enzim glucose 6 phosphate dehydrogenase* (G6PD). Kedua jenis anemia ini termasuk dalam

kelompok anemia normositik – normositer, yang diakibatkan oleh perusakan sel darah merah (hemolisis). Hemolisis pada kedua jenis anemia ini terjadi karena faktor – faktor yang ada di dalam sel darah merah itu sendiri (Bubp dkk., 2015).

D. Anemia

1. Definisi anemia

Anemia merupakan kondisi seseorang yang tidak memiliki cukup sel darah merah untuk membawa oksigen ke jaringan tubuh. Anemia merupakan suatu kondisi yang mengakibatkan konsentrasi hemoglobin lebih rendah dari biasanya, kondisi ini disebabkan oleh kurangnya jumlah normal eritrosit dalam sirkulasi. Akibatnya, jumlah oksigen yang dikirim ke jaringan tubuh juga berkurang (Nurhayati dkk., 2024). Sejalan dengan Permenkes Nomor 37 tahun 2012 tentang Penyelenggaraan Laboratorium Pusat Kesehatan Masyarakat, WHO menetapkan batas kadar hemoglobin untuk mengklasifikasikan anemia berdasarkan umur dan jenis kelamin (Kemenkes, 2016).

Tabel 3
Klasifikasi Anemia Berdasarkan Umur dan Jenis Kelamin

Populasi	Non Anemia (g/dL)	Anemia (g/dL)		
		Ringan	Sedang	Berat
Perempuan tidak hamil (≥ 15 Tahun)	12	11.0 – 11.9	8.0 – 10.9	< 8.0
Ibu hamil	11	10.0 – 10.9	7.0 – 9.9	< 7.0
Laki – laki ≥ 15 Tahun	13	11.0 – 12.9	8.0 – 10.9	< 8.0

(Sumber : Kemenkes, 2016)

2. Gejala dan tanda anemia

Gejala yang sering ditemui pada penderita anemia adalah Lesu, Letih, Lemah, Lelah, Lalai (5L), disertai sakit kepala dan pusing, mata berkunang –

kunang , mudah mengantuk, serta sulit konsentrasi (Kemenkes, 2016). Umumnya penderita anemia ditandai dengan pucat pada muka, kelopak mata, bibir, kulit, kuku dan telapak tangan. Selain itu terdapat beberapa gejala yang umum ditemukan pada penderita anemia yaitu sebagai berikut :

a. Gejala umum

Gejala anemia juga dikenal sebagai sindrom anemia atau *Anemic syndrome*. Gejala umum dari sindrom anemia adalah gejala yang terjadi pada semua jenis anemia ketika kadar hemoglobin di bawah batas normal. Gejala ini muncul karena anoksia pada organ tertentu dan cara tubuh mengompensasi penurunan hemoglobin. Gejala – gejala ini dapat diklasifikasikan menurut organ yang terkena sebagai berikut:

- 1) Sistem Kardiovaskuler: lesu, cepat lelah, palpitasi, takikardi, sesak napas saat beraktivitas, angina pektoris, dan gagal jantung.
- 2) Sistem Saraf: sakit kepala, pusing, telinga mendenging, kelemahan otot, mata berkunang – kunang, iritabilitas, lesu, serta perasaan dingin pada ekstremitas.
- 3) Sistem Urogenital: gangguan haid dan libido menurun.
- 4) Epitel: warna pucat pada kulit dan mukosa, elastisitas kulit menurun, serta rambut tipis dan halus.

b. Gejala khas masing – masing anemia

Gejala khas dari masing – masing jenis anemia adalah sebagai berikut:

- 1) Anemia defisiensi besi: disfagia, atrofi papil lidah, stomatitis angularis.
- 2) Anemia defisiensi asam folat: lidah merah (*buffy tongue*).
- 3) Anemia hemolitik: ikterus dan hepatosplenomegali.
- 4) Anemia aplastik: perdarahan kulit atau mukosa dan tanda – tanda infeksi.

c. Gejala akibat penyakit dasar

Gejala akibat penyakit dasar dapat menyebabkan anemia timbul karena penyakit – penyakit yang mendasari anemia tersebut. Misalnya, anemia defisiensi besi yang disebabkan oleh infeksi cacing tambang dengan gejala seperti pembesaran kelenjar parotis dan telapak tangan berwarna kuning seperti jerami (Berliana S, 2022).

E. Metode Pemeriksaan Hemoglobin

1. Metode sahli

Metode Sahli merupakan satu cara penetapan hemoglobin secara visual. Darah diencerkan dengan larutan HCl sehingga hemoglobin berubah menjadi asam hematin. Untuk dapat menentukan kadar hemoglobin, dilakukan dengan mengencerkan campuran larutan tersebut dengan aquades sampai warnanya sama dengan warna standar di tabung gelas. Pada metode ini, tidak semua hemoglobin berubah menjadi hematin asam seperti karboksihemoglobin, methemoglobin, dan sulfhemoglobin. Penyimpangan hasil pemeriksaan cara visual ini adalah 15 – 30%, sehingga tidak dapat untuk menghitung indeks eritrosit. Selain metode Sahli, ada juga metode lain yang menggunakan prinsip kolorimetri berdasarkan asam hematin. Di Indonesia, metode Sahli masih banyak digunakan di laboratorium kecil yang tidak memiliki alat fotokolorimeter. (Kiswari, 2014).

2. Metode *cyanmethemoglobin*

Metode *cyanmethemoglobin* (hemoglobinsianida; HiCN) memiliki keuntungan, yaitu kemudahan dalam penggunaan dan standar, di mana larutan yang digunakan mudah ditemukan dan cukup stabil. Prinsip kerja metode ini adalah darah dimasukkan ke dalam larutan kalium sianida dan kalium ferisianida. Kalium

ferisianida berfungsi mengoksidasi hemoglobin (Hb) menjadi methemoglobin (Hi), sedangkan kalium sianida memberikan ion sianida (CN-) yang bergabung dengan Hi membentuk HiCN. Senyawa HiCN memiliki kemampuan menyerap cahaya maksimal pada panjang gelombang 540 nm. Absorbansi dari larutan tersebut diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm, kemudian dibandingkan dengan larutan standar HiCN (Kiswari, 2014).

3. Metode POCT

Metode POCT memiliki prinsip kerja yaitu menghitung kadar hemoglobin pada sampel berdasarkan perubahan potensial listrik yang terbentuk secara singkat yang dipengaruhi oleh interaksi kimia antara sampel yang diukur dengan elektroda pada reagen strip. Alat yang digunakan untuk mengukur kadar hemoglobin metode POCT yaitu *Easy Touch GCHb*. Alat ini cukup mudah dalam penggunaannya dan hasilnya cukup cepat. Hasil pemeriksaan hemoglobin dengan menggunakan alat ini mendekati hasil yang sebenarnya apabila dibandingkan dengan alat lainnya. Alat ini dapat dengan mudah dibawa, dan dinilai sangat sesuai untuk penelitian yang melibatkan subjek di lapangan. Hal ini dikarenakan dengan metode ini, pengambilan sampel darah dapat dilakukan dengan mudah serta cepat karena menggunakan pengambilan darah metode kapiler (Dewi, 2025).

4. Metode cupri Sulfat

Metode ini didasarkan pada berat jenis. Larutan CuSO₄ yang digunakan memiliki berat jenis 1,053. Untuk menentukan kadar hemoglobin, darah ditetaskan ke dalam wadah atau gelas yang berisi larutan CuSO₄ dengan berat jenis 1,053. Darah tersebut akan terbungkus oleh proteinase tembaga, sehingga mencegah perubahan berat jenis dalam 15 menit. Jika darah tenggelam dalam waktu 15 detik,

maka kadar hemoglobin lebih dari 12,5 g/dL. Jika darah berada di tengah – tengah atau muncul kembali ke permukaan, kadar hemoglobin kurang dari 12,5 g/dL. Jika tetesan darah tenggelam secara perlahan, hasilnya tidak pasti dan perlu dilakukan pemeriksaan ulang atau dikonfirmasi dengan metode lain yang lebih baik. Metode ini bersifat kualitatif, sehingga biasanya hanya digunakan untuk menentukan kadar hemoglobin pada pendonor (Pratama, 2023).

5. *Hematology analyzer*

Hematologi Analyzer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur sampel darah. Alat ini sering digunakan di bidang kesehatan dan bisa membantu mendiagnosis penyakit yang diderita pasien, seperti kanker, diabetes, dan lainnya. *Hematology Analyzer* bekerja dengan cara menghitung dan mengukur sel darah secara otomatis, berdasarkan perubahan impedansi aliran listrik atau pengaruh cahaya terhadap sel – sel yang melewatinya. Pemeriksaan hematologi rutin mencakup pengukuran hemoglobin, jumlah sel leukosit, dan jumlah trombosit. Pengukuran dan penyerapan sinar akibat terkena sinar yang mempunyai panjang gelombang tertentu dengan larutan atau sampel yang dilewatinya. Alat ini berkerja berdasarkan prinsip *Flow Cytometer*, yaitu merupakan metode pengukuran (metri) jumlah dan sifat – sifat sel (*cyto*) yang dibungkus oleh aliran cairan (*flow*) melalui celah sempit, ribuan sel dialirkan melalui celah tersebut secara satu persatu, kemudian dilakukan penghitungan jumlah sel dan ukurannya. Alat *Hematology Analyzer* ini juga dapat memberikan informasi mengenai bagian dalam sel, termasuk intinya (Wardani, 2017).

Prinsip kerja berdasarkan impedansi listrik bekerja dengan mengukur perubahan resistensi listrik yang terjadi ketika sel darah melewati mikrooperture

(celah chamber mikro). Sampel darah yang diencerkan dengan elektrolit diluents/sys akan melalui mikroaperture yang dipasang dua elektroda pada kedua sisinya (sisi sekum dan konstan) dengan masing – masing arus listrik berjalan secara continue, maka akan terjadi peningkatan resistensi listrik (impedansi) pada kedua elektroda sesuai dengan volume sel (ukuran sel) yang melewati impust/voltage yang dihasilkan oleh amplifier circuit ditingkatkan dan dianalisa oleh helektonik system lalu hemoglobin diukur dengan melisiskan *Red Blood Cells* (RBC) dengan sys. LYSE membentuk methemoglobin, *cyanmethemoglobin* dan diukur secara spektrofotometri pada panjang gelombang 550 nm pada chamber. Prinsip *light scattering* adalah metode dimana sel dalam aliran melewati celah yang berisi cahaya yang difokuskan pada area sensor. Ketika cahaya tersebut menyentuh sel, dan diarahkan pada sudut tertentu, cahaya yang tidak terhitung akan terdeteksi karena bentuk sel yang tidak normal (Wardani, 2017).