

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Pestisida**

##### **1. Pengertian Pestisida**

Pestisida adalah zat yang digunakan untuk memberantas atau mengendalikan hama. Serangga merupakan salah satu jenis hama yang paling umum, beberapa di antaranya sebagai penyebar penyakit. Pestisida merupakan kelompok bahan kimia yang sangat beragam yang digunakan untuk memberantas tanaman, serangga, dan hewan pengerat yang tidak diinginkan (Mutia dan Oktarlina, 2020).

Pengertian pestisida menurut Peraturan Pemerintah No. 7 tahun 1973 adalah semua zat kimia atau bahan lain serta jasad renik dan virus yang dipergunakan untuk :

- a. Memberantas atau mencegah hama dan penyakit yang dapat merusak tanaman atau hasil pertanian.
- b. Memberantas rerumputan.
- c. Mematikan daun dan mencegah adanya pertumbuhan tanaman atau bagian-bagian tanaman, tidak termasuk pupuk.
- d. Memberantas hama-hama luar yang terdapat pada hewan peliharaan dan ternak.
- e. Memberantas dan mencegah hama-hama air.
- f. Mencegah binatang-binatang dan jasad-jasad renik dalam rumah tangga, bangunan dan alat-alat pengangkutan.

- g. Memberantas atau membasmi hewan yang dapat menimbulkan penyakit pada manusia atau hewan yang memerlukan perlindungan melalui pemanfaatannya pada tanaman, tanah dan air.

## 2. Penggolongan Pestisida

Penggolongan pestisida terbagi menjadi beberapa kelompok yaitu berdasarkan organisme pengganggu tanaman sarasannya, berdasarkan bahan kimianya, dan berdasarkan formulasinya (Harahap, 2022).

Menurut Harahap (2022), Penggolongan pestisida berdasarkan organisme pengganggu tanaman (OPT), dikelompokkan menjadi beberapa jenis antara lain :

- a. *Insektisida* : Pestisida yang termasuk golongan insektisida mempunyai fungsi untuk membunuh serangga. Contoh insektisida yaitu organoklorin, organofosfat, dan karbamat.
- b. *Akarisida* : Pestisida yang berperan untuk mengendalikan akarina yaitu tungau atau mites.
- c. *Moluskisida* : Pestisida yang berperan untuk mengendalikan hama dari bangsa siput (moluska).
- d. *Rodentia* : Pestisida yang berperan untuk mengatasi hewan pengerat.
- e. *Nematisida* : Pestisida yang berperan untuk mengatasi nematoda.
- f. *Bakterisida* : Pestisida yang berperan untuk mengatasi bakteri pada tanaman.
- g. *Herbisida* : Pestisida yang digunakan untuk mengendalikan gulma (tumbuhan pengganggu), Algasida untuk mengatasi ganggang (algae).
- h. *Piskisida* : Pestisida yang digunakan untuk mengendalikan ikan buas.
- i. *Avisida* : Pestisida yang digunakan untuk meracuni burung perusak pertanian.
- j. *Repelen* : Pestisida yang digunakan untuk mengusir hama.

k. *Atraktan* : Pestisida yang digunakan untuk menarik atau mengumpulkan serangga.

l. Zat Pengatur Tumbuhan (ZPT) : Pestisida untuk mengatur pertumbuhan tanaman.

m. *Plant activator* : digunakan untuk kekebalan tumbuhan terhadap penyakit tertentu.

Selanjutnya, penggolongan pestisida berdasarkan struktur kimia yang dikelompokkan menjadi beberapa jenis antara lain :

#### 1) Organoklorin

Organoklorin adalah pestisida sintetik tertua dan sering disebut sebagai hidrokarbon terklorinasi. Keracunan pada serangga umumnya diketahui dengan adanya gangguan pada sistem saraf pusat menyebabkan hiperaktivitas, tremor, kejang, dan akhirnya terjadi kerusakan saraf serta otot yang mengakibatkan kematian. Klorin organik memiliki sifat stabil dan residunya tidak mudah terurai.

#### 2) Organofosfat

Organofosfat merupakan pestisida yang dapat menghentikan kerja enzim asetilkolinesterase sehingga menyebabkan peningkatan kadar asetilkolin dan dapat merusak sel-sel dalam sistem saraf yang mengirim pesan ke otot. Hal ini dapat menyebabkan gerakan otot yang tidak terkendali, kelumpuhan, dan akhirnya kematian pada serangga.

#### 3) Karbamat

Karbamat merupakan insektisida yang memiliki spektrum luas. Karbamat bekerja dengan menghambat aktivitas enzim asetilkolinesterase dalam sistem saraf, mirip dengan insektisida organofosfat. Perbedaannya adalah bahwa

karbamat menghambat enzim secara reversibel. Dengan demikian, penghambatan enzim dapat dibalik. Karbamat memiliki sifat cepat terurai.

#### 4) Piretroid

Piretroid adalah piretrum sintesis yang aman digunakan dan efektif melawan sebagian besar hama. Piretroid relatif murah dan dapat digunakan sebagai racun kontak yang mempengaruhi saraf serangga.

### **3. Dampak Penggunaan Pestisida**

Pestisida merupakan zat yang mempunyai sifat beracun. Sementara itu, petani membutuhkan pestisida untuk melindungi tanaman mereka. Penggunaan pestisida yang sesuai dapat membahayakan kesehatan petani, konsumen, mikroba non target, serta berdampak pada lingkungan khususnya pencemaran tanah dan air (Yuantari dkk., 2018) .

Berikut dampak negatif dari penggunaan pestisida menurut Djojoseumarto (2008) :

#### a. Dampak bagi pengguna

Pestisida yang digunakan secara langsung dapat mencemari pengguna sehingga mengakibatkan keracunan. Keracunan pestisida terbagi menjadi tiga kelompok, yaitu keracunan ringan, keracunan akut berat, dan keracunan kronis. Keracunan akut ringan ditandai dengan pusing, sakit kepala, iritasi kulit, nyeri tubuh, dan diare. Pada kejadian keracunan akut yang parah dapat menyebabkan mual, menggigil, kram perut, sulit bernapas, mengeluarkan air liur, pupil menyempit, dan detak jantung meningkat. Keracunan kronis bisa menyebabkan pingsan, kejang, bahkan kematian. Karena tidak segera dirasakan atau menimbulkan tanda atau gejala tertentu menyebabkan keracunan kronis tidak

dapat dideteksi. Namun, keracunan kronis dapat menyebabkan masalah kesehatan jangka panjang.

b. Dampak bagi konsumen

Dampak pestisida pada konsumen seringkali dalam bentuk keracunan kronis yang tidak terlihat. Dalam jangka waktu yang panjang pestisida dapat mengakibatkan gangguan kesehatan. Walaupun jarang terjadi, keracunan akut juga dapat disebabkan oleh pestisida. Misalnya, ketika seorang konsumen mengonsumsi produk yang memiliki kandungan pestisida dalam jumlah yang cukup besar.

c. Dampak bagi lingkungan

Dampak penggunaan pestisida terhadap lingkungan dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu.:

1) Bagi lingkungan umum

- a. Pencemaran lingkungan
- b. Membunuh organisme non-target dengan paparan langsung.
- c. Secara tidak langsung memberikan dampak negatif pada manusia melalui rantai makanan

2) Terhadap lingkungan pertanian (agroekosistem)

- a. OPT menjadi resisten terhadap pestisida
- b. Peningkatan populasi hama setelah penggunaan pestisida.
- c. Munculnya hama baru.

d. Dampak ekonomi sosial

- 1) Pestisida yang digunakan secara tidak terkendali menyebabkan tingginya biaya produksi.

2) Mengakibatkan terjadinya hambatan dalam perdagangan. Contohnya, larangan untuk ekspor karena residu pestisida yang tinggi.

3) Biaya sosial seperti biaya pengobatan karena keracunan.

e. Dampak Pestisida Pada Manusia

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

2) Organoklorin dapat menyebabkan penurunan daya ingat dan defisiensi kalsium dalam tulang.

3) Efek teratogenik herbisida dan teratogen organoklorin.

4) Penyakit sistem saraf yang disebabkan oleh rodentisida dan nematisida (Djojsumarto, 2008).

## **B. Darah**

### **1. Pengertian Darah**

Salah satu cairan penunjang kehidupan yang mengalir melalui jantung dan pembuluh darah adalah darah. Semua sel tubuh menerima oksigen dan nutrisi dari darah. Selain itu, darah juga berperan dalam mengangkut produk hasil metabolisme. Darah mengandung berbagai komponen seperti plasma, eritrosit, leukosit, dan trombosit yang memiliki fungsi tersendiri. Plasma darah mengandung berbagai nutrisi dan zat penting lainnya yang dibutuhkan oleh tubuh. Eritrosit berperan dalam membawa hemoglobin dan membawa oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh. Leukosit berperan untuk menjaga imunitas tubuh dan sebagai pertahanan tubuh terhadap zat asing dan mikroorganisme penyebab infeksi. Trombosit membantu dalam proses pembekuan darah dari sistem

hemostasis. Darah terbentuk melalui proses hematopoiesis, yang terjadi terus menerus sepanjang hidup (Firani, 2018).

Menurut Kesrianti (2021) darah memiliki banyak fungsi dalam tubuh. Secara umum, darah memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. Darah berperan dalam pengangkutan makanan, makanan yang diserap dari saluran pencernaan kemudian akan diedarkan ke seluruh tubuh.
- b. Darah berperan dalam pengangkutan oksigen, oksigen yang diambil dari paru-paru akan diangkut ke seluruh tubuh.
- c. Darah berperan dalam pengangkutan limbah buangan dari jaringan ke organ ekskresi.
- d. Darah berperan dalam proses pengangkutan antar organisasi zat yang dibutuhkan oleh organisasi lain.
- e. Darah berperan untuk menjaga keseimbangan (homeostasis) dalam tubuh, termasuk menjaga suhu tubuh dan menjaga keseimbangan asam-basa dalam tubuh.

## **2. Eritrosit**

Eritrosit atau sel darah merah adalah sel darah yang memiliki bentuk bikonkaf dengan diameter  $\pm 7$  mikron. Ketebalan pada bagian paling tebal 2,5 mikron. Eritrosit tidak memiliki nukleus, mitokondria atau ribosom dan tidak dapat bergerak. Eritrosit tidak mampu melakukan mitosis, fosforilasi, atau memproduksi protein. Permukaan yang berbentuk bikonkaf dapat memperpendek jarak antara membran dan nukleus, sehingga memungkinkan pergerakan cepat oksigen masuk dan keluar sel. Eritrosit berwarna kuning kemerahan hal ini disebabkan eritrosit mengandung hemoglobin (Kesrianti, 2021).

Eritrosit matang mengandung 200-300 juta hemoglobin (heme yang merupakan kombinasi protoporfirin dengan besi dan globin adalah bagian dari protein yang terdiri dari dua rantai alfa dan satu beta) dan enzim G6PD (glukosa-6-fosfat-dehidrogenase). Hemoglobin mengandung sekitar 95% dan bertanggung jawab untuk mengangkut oksigen dengan membatasi oksigen (oksihemoglobin) dan mengalirkannya ke seluruh tubuh untuk kebutuhan metabolisme. Usia dan jenis kelamin mempengaruhi kadar hemoglobin normal (Hasanan, 2018).

## **C. Hemoglobin**

### **1. Pengertian Hemoglobin**

Hemoglobin (Hb) merupakan sekumpulan protein yang terdapat dalam eritrosit yang memiliki peran penting dalam kekuatan fisik, karena hemoglobin mengandung zat besi dan melakukan fungsi transportasi oksigen dari paru-paru ke seluruh jaringan tubuh. Zat besi yang diperlukan untuk mengikat oksigen dan beredar ke seluruh tubuh terdapat dalam hemoglobin (Debbian dkk., 2016).

Hemoglobin adalah protein tetrametrik yang berikatan dengan heme, senyawa besi-porfirin yang bukan protein. Dalam tubuh manusia, hemoglobin bertanggung jawab atas dua fungsi transportasi penting: mengangkut karbon dioksida dan proton dari jaringan perifer ke saluran pernapasan dan oksigen ke jaringan (Gunadi dkk., 2016).

### **2. Struktur Hemoglobin**

Hemoglobin terdiri atas molekul globin, apoprotein, dan empat kelompok heme yaitu molekul organik yang mengandung atom besi. Gen protein hemoglobin yang bermutasi menyebabkan kelainan bawaan yaitu



hemoglobinopati. Anemia sel sabit dan talasemia merupakan kelainan yang paling umum (Hasanan, 2018).

Porfirin merupakan heterosiklik yang mengandung atom besi berikatan dengan oksigen membentuk inti molekul hemoglobin. Heme adalah porfirin yang mengandung besi. Karena ada heme di setiap subunit hemoglobin, semua hemoglobin dapat menampung molekul oksigen. Besi mengangkut oksigen dan karbon dioksida ke seluruh darah dengan mengikat molekul heme. Warna merah darah berasal dari golongan heme. Komponen anorganik dan atom besi pusat membentuk kelompok heme. Sebuah cincin tetrapirrol kemudian dihubungkan oleh jembatan matenil untuk membentuk bagian organik yang disebut protoporfirin, yang terbuat dari empat cincin pirol. Empat gugus mitral, satu gugus vinil, dan dua rantai samping propionil melekat pada cincin ini. (Maretdiyani, 2013).

Ada dua rantai alfa dan dua rantai beta di masing-masing dari empat rantai protein atau subunit yang membentuk hemoglobin. Rantai beta memiliki 146 asam amino, sedangkan rantai alfa memiliki 141 asam amino. Meskipun setiap rantai memiliki urutan asam amino yang unik, semuanya serupa. Di permukaan terdapat asam amino hidrofobik dan hidrofilik internal dari molekul hemoglobin dan sub unitnya (Kesrianti, 2021).

### **3. Derivat Hemoglobin**

Derivat adalah turunan atau beberapa jenis hemoglobin berdasarkan ciri ikatan molekul atau susunan komponen di dalamnya. Tiap derivat mempunyai sifat dan karakter tertentu. Beberapa derivat hemoglobin menurut Maharani (2021) adalah sebagai berikut.

a. Oksihemoglobin

Oksihemoglobin adalah oksigen yang terikat pada hemoglobin. Di paru-paru, konsentrasi oksigen lebih tinggi sehingga konsentrasi oksihemoglobin juga lebih tinggi. Hemoglobin dapat membentuk oksihemoglobin (HbO) karena afinitasnya terhadap O<sub>2</sub>. Fungsi ini memungkinkan O<sub>2</sub> diangkut dari paru-paru ke jaringan. Hemoglobin sepenuhnya teroksidasi dan setiap pasangan heme dan globin memiliki 2 atom oksigen; Gram uap hemoglobin membawa 1,34 ml oksigen.

b. Karboksihemoglobin

O<sub>2</sub> dan hemoglobin sama-sama memiliki kemampuan untuk mengikat CO, tetapi afinitasnya berbeda. Kurangnya oksigen dapat mengakibatkan hipoksia yang berbahaya karena ikatan 210 kali lipat lebih kuat antara Hb dan CO daripada HbO. Di dalam tubuh masih terdapat HbCO meskipun berbahaya. Tubuh manusia dapat membawa satu hingga tiga persen HbCO, yang dapat mencapai lima persen pada perokok. Sel darah merah tidak dapat mengangkut oksigen ke seluruh tubuh karena pemecahan HbCO yang relatif lambat. Kondisi ini dapat mengganggu metabolisme otot dan aktivitas enzim intraseluler serta menyebabkan keracunan, kondisi ini dapat berakibat serius, atau bahkan fatal.

c. Methemoglobin

Hemoglobin yang tidak memiliki unsur besi (Fe<sup>2+</sup>) melainkan unsur besi (Fe<sup>3+</sup>) adalah methemoglobin. Hal ini menyebabkan hemoglobin tidak dapat mengikat O sehingga tidak dapat membawa oksigen untuk respirasi. Methemoglobin terjadi sebagai akibat dari gangguan metabolisme atau kelainan genetik. Biasanya, tubuh mengandung sekitar 2% methemoglobin. Pada level ini,

tubuh masih bisa mentolerirnya, sehingga tidak muncul kondisi patologis. Ketika levelnya naik menjadi 10 persen, sianosis terjadi; jika mencapai 60%, hipoksia dapat terjadi.

d. Sulfhemoglobin

Jenis hemoglobin ini merupakan hasil reaksi antara hemoglobin dan hidrogen sulfida. Sulfhemoglobin dapat menyebabkan perubahan ireversibel pada rantai polipeptida. Sulfhemoglobin dapat berikatan dengan CO dan membentuk karboksisulfhemoglobin tetapi tidak dapat berikatan dengan O. Tingkat sulfhemoglobin darah normal di bawah 1%. Ketika meningkat, dapat menyebabkan asidosis asimtomatik.

e. Hemoglobin terglukosilasi

Hemoglobin ini merupakan jenis hemoglobin yang berikatan dengan glukosa membentuk turunan yang stabil selama siklus hidup eritrosit. Konsentrasi hemoglobin A1c mencerminkan konsentrasi terintegrasi glukosa yang telah terpapar sel darah merah selama dua bulan terakhir atau lebih. Pada orang yang sehat, darahnya mengandung tidak lebih dari 8,5% dari jumlah total hemoglobin. Konsentrasi hemoglobin terglukasi, terutama HbA1c, meningkat pada diabetes melitus. Ini diwakili oleh nilai di atas 10% dan merupakan pemeriksaan yang berguna untuk kontrol metabolisme yang buruk dalam jangka panjang.

f. Mioglobin

Hemoglobin yang telah disederhanakan ini terdiri dari heme dan globin (tidak seperti hemoglobin) yang mengandung atom Fe<sup>11</sup>, dengan berat molekul sekitar 17.000. Umumnya hemoglobin ini ditemukan di otot rangka dan jantung, di mana ia bertindak sebagai penyimpan oksigen kecil dan dilepaskan setelah

trauma atau iskemia. Karena berat molekulnya yang rendah, mioglobin dapat dikeluarkan dari plasma lebih cepat daripada protein *Bence Jones*. Myoglobin muncul sebagai myoglobinuria, yang merupakan indeks sensitif kerusakan sel otot, dan sebagai tanda aktivitas fisik yang intens, menyebabkan warna merah. Mioglobin urin tidak merespon tes hemoglobin kimiawi, diagnosis dapat dipastikan dengan spektroskopi. Myoglobinuria berat dapat menyebabkan gagal ginjal akut. Myoglobinemia dapat dideteksi dengan analisis imunologi dalam beberapa jam setelah infark miokard.

#### g. Haptoglobin

Haptoglobin merupakan  $\alpha_2$ , globulin spesifik yang mengikat hemoglobin pada globin. Ada beberapa haptoglobin disertai pola perbedaan genetik yang rumit. Batas nilai rujukan bagi haptoglobin plasma total adalah 0,3-1,8 g/L. Haptoglobin berfungsi untuk mengonservasi besi setelah hemolisis intravaskula. Haptoglobin mengikat hemoglobin hingga sekitar 1,25 g/L plasma, dan atas konsentrasi itu terdapat hemoglobin bebas yang hilang ke dalam urine atau terikat ke hemopeksin. Karena itu, haptoglobin bertanggung jawab terhadap ambang batas hemoglobin di ginjal.

Haptoglobin yang terikat dengan hemoglobin dengan hemoglobin terutama dibawa ke hepar. Di sini haptoglobin perlahan-lahan disintesis ulang, dan besi di resirkulasi dari hemoglobin yang kemudian dilepaskan. Dengan demikian, konsentrasi haptoglobin plasma yang rendah ditemukan setelah hemolisis intravaskular yang berulang atau hebat. Konsentrasi haptoglobin plasma yang tinggi tidak spesifik menunjukkan keganasan, infeksi kronik, atau reaksi fase akut.

#### h. Hemopeksin

Hemopeksin merupakan  $\beta_1$ -glikoprotein yang terikat dengan sisa hemoglobin Konsentrasi normalnya di dalam plasma sekitar 0,5 g/L

i. Methemalbumin

Komponen ini merupakan penggabungan hematin + albumin. Methemalbumin berwarna cokelat, dan keberadaannya di dalam plasma selalu menunjukkan kondisi abnormal. Methemalbumin dibentuk setelah hemolisis intravaskular yang hebat apabila haptoglobin dan hemopeksin telah disaturast. Penyebab methemalbuminemia lain adalah perdarahan di rongga abdomen atau pankreatitis hemoragik akut (Maharani, 2021).

#### **4. Pembentukan Hemoglobin**

Selama fase pematangan, sumsum tulang menghasilkan hemoglobin. Retikulosit adalah bagaimana eritrosit memasuki aliran darah dari sumsum tulang. Retikulosit adalah tahap akhir perkembangan eritrosit matang dan mengandung jaringan retikulofiber. Selama 24-48 jam pematangan, sejumlah kecil hemoglobin diproduksi. Setelah itu, eritrosit matang terbentuk saat retikulum dipecah. Sel darah menjadi lebih rapuh, lebih kaku, dan akhirnya pecah seiring bertambahnya usia. Di limpa, hati, dan sumsum tulang, hemoglobin akan dipecah menjadi heme dan globin melalui proses fagositosis. Globin kembali ke sumber asam amino. Heme melepaskan zat besi dan sebagian besar dibawa ke sumsum tulang oleh transferin plasma yang digunakan untuk membuat sel darah merah baru (Kesrianti, 2021).

Pembentukan heme dilakukan di mitokondria melalui reaksi antara glisin dan *succinyl-CoA* yang menghasilkan senyawa *aminolevulinic acid dehydratase* (ALAD). Setelah terbentuknya enzim ALAD, enzim ini kemudian akan keluar ke

sitosol dengan perantara enzim ALAD membentuk porphobilinogen yaitu prazat pertama pirol (Adiwijayanti, 2015).

Enzim porfobilinogen deaminase mengkatalisis kondensasi empat porfobilinogen untuk membuat hidroksimetil bilana. Dalam keadaan normal, hidroksimetil biasanya mengalami siklisasi secara spontan untuk menghasilkan uroporfirinogen I simetris atau diubah menjadi uroporfirinogen III asimetris, yang membutuhkan enzim tambahan yang disebut uroporfirinogen III kosintase. Enzim uroporfirinogen decarboxylase kemudian mengkatalisis dekarboksilasi uroporfirinogen III untuk menghasilkan *corprotophyrin* (Adiwijayanti, 2015).

*Corprotophyrin* memasuki mitokondria yang akan dioksidasi dan didekarboksilasi. Protoporfirinogen dibentuk selama reaksi ini, yang dikatalisis oleh *corprotophyrin oksidase*. Protoporfirinogen berikut mengalami reaksi yang dikatalisis oleh *ferrochelatase* untuk bersatu dengan  $Fe^{++}$  untuk membuat heme. Hemoglobin dibuat ketika globin dan heme bereaksi (Adiwijayanti, 2015).

## **5. Kadar Hemoglobin**

Ukuran pigmen pernapasan dalam butiran eritrosit disebut kadar hemoglobin. Dalam darah yang normal, jumlah hemoglobin sekitar 15 gram per 100 ml darah. Kadar hemoglobin bervariasi antar kelompok etnis, sehingga sulit untuk menentukan kisaran normal kadar hemoglobin seseorang. Alat pemeriksaan yang digunakan dapat mempengaruhi hasil kadar hemoglobin (Hasanan, 2018).

**Tabel 1**  
**Kadar Hemoglobin Berdasarkan Usia**

Usia	Nilai Normal
Balita 6-59 bulan	11 g/dL
Anak 5-11 Tahun	11,5 g/dL
Anak 12-14 tahun	12 g/dL
Perempuan tidak hamil ( $\geq 15$ tahun)	12 g/dL
Ibu hamil	11 g/dL
Laki-laki $\geq 15$ tahun	13 g/dL

(Sumber : Astuti, R.Y. dan Ertiana, D. Anemia Dalam Kehamilan. Jawa Timur: Pustaka Abadi, 2018)

#### **D. Hubungan Penggunaan Pestisida Dengan Hemoglobin**

Pestisida merupakan bahan aktif yang terbuat dari senyawa sintesis. Hal ini menyebabkan pestisida disebut pestisida kimia sintetik. Pestisida disintesis dengan meniru struktur dasar bahan kimia yang dihasilkan oleh alam. Di laboratorium, pestisida dibuat secara kimia kemudian diproduksi oleh pabrik (Djojsumarto, 2008).

Struktur molekul senyawa kimia sintetik anorganik tidak memiliki komponen karbon. Contoh pestisida kimia sintetik anorganik yang digunakan untuk insektisida yaitu fosfilin ( $\text{PH}_3$ ), fungisida belerang (S,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{F}_2$ ), tembaga ( $\text{CuOH}_2$ ,  $3\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCl}_2$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $3\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuSO}_4$ ), dan arsen (arsenious oxide) yang digunakan sebagai fungisida dan alumunium fosfida yang dipakai sebagai fumigan (Djojsumarto, 2008).

Molekul hemoglobin membentuk ikatan dengan molekul oksigen di udara. Difusi oksigen yang cepat di seluruh jaringan kapiler paru adalah penyebab tingginya afinitas hemoglobin terhadap oksigen di udara. Hemoglobin yang

dikenal sebagai deoksihemoglobin adalah molekul pengangkut yang dapat mengangkut oksigen ke jaringan dengan daerah afinitas oksigen rendah. Keracunan organofosfat dapat disebabkan oleh eritrosit yang membentuk gugus sulfhemoglobin dan methemoglobin. Keracunan organofosfat disebabkan oleh pestisida yang mengikat sulfhemoglobin karena kandungan belerangnya yang tinggi. Akibatnya, hemoglobin mengalami kelainan dan tidak dapat memenuhi fungsinya sebagai penghantar oksigen. Methemoglobin dan sulfhemoglobin dapat menurunkan kadar hemoglobin dalam eritrosit yang mengakibatkan anemia hemolitik (Kurniasih dkk., 2013).

## **E. Anemia**

### **1. Pengertian Anemia**

Anemia adalah ketidakmampuan eritrosit atau hemoglobin yang bersirkulasi untuk membawa oksigen ke jaringan tubuh. Anemia secara laboratoris digambarkan sebagai kadar hemoglobin yang rendah dan kadar sel darah merah dan hematokrit di bawah normal (Hendrayana dkk., 2020).

Pada umumnya standar yang digunakan untuk menentukan anemia menggunakan standar WHO tahun 2011, yang menetapkan nilai rujukan kadar hemoglobin untuk mendiagnosis anemia berdasarkan usia dan jenis kelamin (Astuti, 2018).



**Tabel 2**  
**Nilai Rujukan Kadar Hemoglobin g/dL untuk Diagnosis Anemia**  
**Berdasarkan Usia dan Jenis Kelamin**

Populasi	Normal (g/dL)	Anemia		
		Ringan	Sedang	Berat
Anak 6-59 bulan	11	10.0-10.9	7.0-9.9	< 7.0
Anak 5-11 Tahun	11,5	11.0-11.4	8.0-10.9	< 8.0
Anak 12-14 tahun	12	11.0-11.9	8.0-10.9	< 8.0
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	< 7.0

(Sumber : WHO, 2011)

## 2. Gejala dan Tanda Anemia

Berikut gejala anemia menurut Handayani dan Hariwibowo (2008) yang terbagi menjadi 3, yaitu :

### 1) Gejala umum anemia

Gejala anemia merupakan gejala yang terjadi pada seluruh jenis anemia saat penurunan kadar hemoglobin. Gejala ini disebabkan oleh kekurangan oksigen pada organ target dan reaksi tubuh terhadap rendahnya kadar hemoglobin yang terjadi melalui mekanisme kompensasi. Gejala-gejala tersebut dapat diklasifikasi menurut organ yang terserang sebagai berikut:

- a. Sistem kardiovaskular : lesu, cepat lelah, palpitasi, detak jantung cepat, kesulitan bernapas saat melakukan aktivitas, dan gagal jantung.
- b. Sistem saraf : sakit kepala, pusing, telinga mendenging, mata berkunang-kunang, otot menjadi lemah, iritabilitas, lesu, serta menggigil pada ekstremitas.

- c. Sistem urogenital : menstruasi terganggu dan libido menurun.
- d. Epitel : kulit dan mukosa menjadi pucat, turunnya elastisitas kulit, serta rambut tipis dan halus.

## 2) Gejala khas masing-masing anemia

Adapun beberapa gejala khas dari masing-masing anemia, antara lain:

- a. Anemia defisiensi besi : kesulitan menelan, atrofi papil lidah, stomatitis angularis.
- b. Anemia defisiensi asam folat : lidah berwarna merah.
- c. Anemia hemolitik : ikterus dan pembengkakan pada hati dan limpa.
- d. Anemia aplastik : perdarahan pada kulit atau mukosa.

## 3) Gejala penyakit dasar

Gejala penyakit akibat anemia disebabkan oleh penyakit yang menjadi dasar anemia tersebut. Misalnya, anemia defisiensi besi dengan gejala seperti parotitis dan telapak tangan berwarna jerami akibat infeksi cacing tambang yang parah (Karmila, 2019).

## **F. Faktor Yang Mempengaruhi Kadar Hemoglobin**

### **1. Faktor Usia**

Usia adalah waktu sejak dilahirkan sampai dilaksanakannya penelitian. Kadar hemoglobin dapat menurun seiring bertambahnya usia. Penurunan kadar hemoglobin akan mulai tampak pada usia 50 tahun ke atas, namun beberapa kondisi kadar hemoglobin pada anak-anak mengalami penurunan drastis karena kebutuhan zat besi yang lebih besar untuk pertumbuhannya (Estridge dan Reynold, 2012).

## **2. Jenis Kelamin**

Pria seringkali memiliki kadar hemoglobin yang lebih tinggi daripada wanita. Proses fisiologis dan metabolisme pria yang lebih aktif daripada wanita berdampak pada tingginya kadar hemoglobin. Karena siklus menstruasi bulanan wanita, kadar hemoglobinnya bisa lebih mudah menurun. Wanita kehilangan lebih banyak zat besi saat menstruasi mereka lebih lama (Estridge dan Reynold, 2012).

## **3. Frekuensi Penyemprotan**

Dalam satu minggu, frekuensi penyemprotan yang dianjurkan adalah maksimal dua kali. Frekuensi penyemprotan yang tinggi dapat menyebabkan semakin banyak dosis yang terkumpul dalam darah, sehingga mempercepat paparan yang menyebabkan toksisitas kronis (Hendrayana dkk., 2020).

## **4. Penggunaan APD**

Penggunaan APD saat penyemprotan berdampak signifikan terhadap jumlah partikel pestisida yang masuk ke tubuh petani. Salah satu sumber utama paparan pestisida pada petani yaitu penggunaan APD. Racun kontak merupakan hal yang sering dilupakan oleh petani di negara tropis. Oleh karena itu, rute masuk kulit sangat efektif. Terlebih lagi jika memiliki masalah kulit atau berkeringat, penyerapan pestisida melalui kulit lebih efektif. Keracunan oleh partikel pestisida hidung atau tetesan semprotan adalah kasus kedua yang paling umum setelah kontaminasi kulit. Jenis perlindungan yang dapat digunakan pada saat penyemprotan yaitu masker, topi, pakaian lengan panjang, sarung tangan dan sepatu boot (Kurniasih dkk., 2013).

## **5. Teknik Penyemprotan**

Salah satu penyebab petani terpapar pestisida adalah melalui teknik penyemprotan. Penyemprotan yang baik jika petani mengikuti arah angin saat menyemprot. Penyemprotan melawan angin adalah tindakan petani yang tidak sesuai saat menyemprot tanaman dengan pestisida. Petani yang menyemprot melawan arah angin lebih rentan terhadap pestisida dan karena itu dapat dengan mudah terpapar pestisida, terutama saat menyemprot tanaman di tempat yang tinggi (Mawaddah dkk., 2022).

Pestisida yang masuk ke dalam tubuh seseorang dapat membahayakan kesehatan jika disemprot menggunakan cara yang tidak dianjurkan untuk menyemprotkan pestisida. Pestisida dapat disemprotkan dengan cara sebagai berikut: 1) Arah penyemprotan dan arah angin harus searah. 2) Ketika petani menyemprotkan pestisida, mereka berjalan mengikuti arah angin dan berusaha menghindari area penyemprotan. 3) Penyemprotan harus sesuai dengan arah dan ketinggian angin; 4) Semakin lama petani bersentuhan dengan pestisida, semakin besar kemungkinan mereka terpapar zat beracun (Mawaddah dkk., 2022).

## **G. Metode Pemeriksaan Hemoglobin**

### **1. Metode Sahli**

Dasar metode hemoglobin Sahli adalah pada pembentukan asam hematin setelah darah dicampur dengan larutan HCl 0,1 N kemudian diencerkan dengan air suling. Pengukuran visual dilakukan dengan mencocokkan warna larutan sampel dengan warna batang gelas standar. Metode ini memiliki kesalahan 10-15%, sehingga indeks eritrosit tidak dapat dihitung (Hasri, 2018).

Metode Hb-Sahli tidak direkomendasikan karena memiliki tingkat kesalahan yang tinggi, alat tidak dapat distandarisasi, dan tidak mengubah semua jenis hemoglobin menjadi asam hematin, seperti:  $\beta$  keroxyhemoglobin, methemoglobin dan sulfhemoglobin (Faatih, 2018).

## **2. Metode Cyanmethemoglobin**

Menurut *International Committee for Standardization in Hematology* (ICSH), kadar hemoglobin memiliki *gold standar* pemeriksaan yaitu dengan metode spektrofotometri cyanmethemoglobin. Dalam metode ini, larutan yang mengandung kalium sianida dan kalium ferisianida digunakan untuk mengencerkan darah. Methemoglobin diubah menjadi cyanmethemoglobin oleh reaksi kalium sianida setelah besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) di heme dioksidasi oleh kalium ferisianida. Spektrofotometer dapat mengukur cyanmethemoglobin dimana produk berwarna stabil pada panjang gelombang 540 nm. Cara menentukan konsentrasi didasarkan pada hukum *Beer-Lambert*. Dimana absorbansi sampel setara dengan konsentrasi hemoglobin (Ardina dan Putri, 2019).

## **3. Metode POCT**

*Point Of Care Testing* (POCT) adalah metode pemeriksaan yang dilakukan di dekat atau di samping tempat tidur pasien dengan menggunakan sampel darah dengan jumlah sedikit. Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk memberikan hasil yang cepat sehingga keputusan manajemen pasien yang lebih baik dapat segera dibuat (Maharani, 2021).

Metode POCT bekerja dengan elektroda strip reaksi yang digunakan untuk mengukur perubahan potensial listrik yang terjadi dengan cepat dan dipengaruhi oleh interaksi kimia antar sampel untuk menentukan kadar hemoglobin sampel.

Instrumen pemeriksaan kadar hemoglobin dengan metode POCT adalah alat POCT Hb. Hasil yang didapatkan dengan cepat dan mudah menggunakan alat ini (Puspitasari dkk., 2020).

#### **4. Metode Cupri Sulfat**

Pada prinsipnya metode ini mengukur kadar hemoglobin berdasarkan perbedaan berat jenis darah dengan berat jenis suatu cupri sulfat. Dasar pemeriksaan ini adalah tetesan darah dimasukkan dalam larutan cupri sulfat yang memiliki berat jenis 1,053. Penilaian dilakukan dengan melihat posisi darah dalam larutan (terapung, melayang atau tenggelam). Metode ini hanya dapat digunakan untuk melihat kadar hemoglobin dari donor untuk transfusi darah dan tidak dapat digunakan dalam pemeriksaan klinis karena hasilnya yang tidak akurat (Maharani, 2021).