

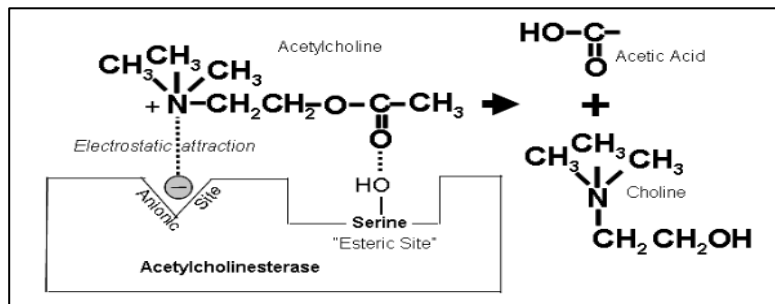
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kadar Enzim Kolinesterase

1. Pengertian Kolinesterase

Cholinesterase merupakan suatu enzim yang terdapat dalam cairan seluler, berfungsi untuk menghentikan enzim acetylCholinesterase dengan menguraikannya melalui hidrolisis menjadi kolin dan asam asetat. Asetilkolin, sebuah neurohormon yang terdapat di antara ujung saraf dan otot, bertindak sebagai zat kimia yang mentransmisikan rangsangan syaraf atau impuls ke reseptor sel-sel otot dan kelenjar. Pemeliharaan rangsangan yang berkelanjutan dapat menyebabkan gangguan pada tubuh. Oleh karena itu, penting untuk menghentikan rangsangan yang dihasilkan oleh asetilkolin dengan cara menghidrolisisnya menjadi kolin dan asam asetat. Cholinesterase dalam darah berperan dalam mengikat pestisida dari golongan organofosfat tersebut (Devi, 2019).



Gambar 1. Mekanisme pembentukan kolin dan asam asetat dari asetilkolin yang dikatalisis oleh asetilkolinesterase (Lestari et al., 2019).

Enzim cholinesterase terdapat dalam jaringan tubuh dan bertugas menjaga agar sel-sel saraf, otot, dan kelenjar dapat berfungsi dengan optimal. Fungsi enzim asetil cholinesterase adalah sebagai katalisator dalam proses hidrolisis asetil cholinesterase

menjadi kolin dan asetat (Saragih, 2019). Proses reaksi antara organofosfat dan kolinesterase dikenal sebagai fosforilase. Fosforilase menghasilkan senyawa "*Phosphorylated Cholinesterase*," yang merupakan ikatan antara organofosfat dan kolinesterase yang hampir tidak dapat dibalik. Ini merupakan alasan mengapa organofosfat dianggap sangat berbahaya, karena senyawa *phosphorylated* tidak dapat lagi menghidrolisir AchE, menyebabkan AchE terakumulasi pada tempat-tempat reseptor (Pasaribu, 2020)

2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kadar Kolinesterase

a. Umur

Seiring dengan bertambahnya usia seseorang, ia mengalami peningkatan paparan lingkungan. Proses penuaan menyebabkan penurunan fungsi metabolisme, yang juga dapat mengakibatkan penurunan aktivitas *cholinesterase* dalam darahnya. Hal ini dapat memudahkan terjadinya keracunan pestisida. Selain itu, usia juga berpengaruh pada kemampuan sistem kekebalan tubuh untuk mengatasi tingkat toksisitas suatu zat; semakin tua seseorang, efektivitas sistem kekebalan tubuhnya cenderung berkurang (Zein, 2020).

b. Gizi

Semakin buruk kondisi gizi seseorang, semakin rentan terhadap keracunan. Dengan kata lain, petani yang memiliki kondisi gizi yang baik cenderung memiliki aktivitas *cholinesterase* yang lebih optimal. Kondisi gizi yang buruk juga dapat menyebabkan penurunan daya tahan tubuh dan peningkatan kepekaan terhadap infeksi. Ketidacukupan protein dalam tubuh akibat

kondisi gizi yang buruk dapat menghambat pembentukan enzim cholinesterase (Saputra et al., 2021).

c. Status Kesehatan

Beberapa pestisida yang umum digunakan memiliki efek menekan aktivitas *cholinesterase* dalam plasma, yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi paparan berlebih terhadap pestisida tersebut. Pada individu yang terus-menerus terpapar pestisida, dapat terjadi peningkatan tekanan darah dan kolesterol (Devi, 2019).

d. Tingkat Pendidikan

Semakin tinggi tingkat pendidikan seseorang, semakin kecil kemungkinan terjadinya keracunan karena pengetahuannya tentang racun, termasuk cara penggunaan dan penanganan yang aman dan tepat sasaran, menjadi lebih tinggi. Oleh karena itu, risiko terkena keracunan dapat diminimalkan (Sitoresmi et al., 2022).

B. Pestisida

1. Pengertian Pestisida

Pestisida merupakan suatu substansi kimia yang dimanfaatkan untuk memusnahkan hama atau organisme pengganggu (pest). Rentang target yang dapat diatasi oleh pestisida mencakup insekta, jamur, tikus, mites, dan larva serangga. Penggunaan pestisida di sektor pertanian telah meluas guna meningkatkan produksi dalam pertanian dan perkebunan, serta untuk mengendalikan vektor penyakit. Ketergantungan pada pestisida, terutama jenis sintetik, menjadi penting dalam upaya meningkatkan produksi pangan untuk mengakomodasi pertumbuhan populasi yang

terus meningkat. Namun, di sisi lain, telah terungkap bahwa penggunaan pestisida juga membawa dampak negatif terhadap kesehatan manusia (Zein, 2020).

The United States Environmental Control Act mendefinisikan pestisida sebagai segala substansi atau kombinasi substansi yang secara khusus dipakai untuk mengontrol, mencegah, atau membasmi gangguan yang disebabkan oleh serangga, hewan pengerat, nematoda, gulma, virus, bakteri, atau organisme mikroskopis yang dianggap sebagai hama, kecuali virus, bakteri, atau organisme mikroskopis lain yang ditemukan pada hewan dan manusia (Pasaribu, 2020).

Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian RI Nomor 107/Permentan/SR.140/9/2014 dalam pasal 1 tahun 2014 tentang Pengawasan Pestisida (Pasaribu,2020), pestisida didefinisikan sebagai segala zat kimia, bahan lain, jasad renik, dan virus yang digunakan untuk:

- a. Menanggulangi atau mencegah kerusakan oleh hama atau penyakit pada tanaman, bagian tanaman, atau hasil pertanian;
- b. Mengendalikan pertumbuhan rumput liar;
- c. Membunuh daun dan mencegah pertumbuhan yang tidak diinginkan;
- d. Mengatur atau merangsang pertumbuhan tanaman atau bagian tanaman, kecuali pupuk;
- e. Menanggulangi atau mencegah hama luar pada hewan ternak dan piaraan;
- f. Menanggulangi atau mencegah hama di lingkungan air;
- g. Menanggulangi atau mencegah binatang dan mikroorganisme di rumah, bangunan, dan kendaraan; dan/atau
- h. Menanggulangi atau mencegah binatang yang dapat menyebabkan penyakit

pada manusia atau hewan yang perlu dilindungi, dengan penggunaan pada tanaman, tanah, dan air.

2. Jenis-Jenis Pestisida

Menurut Sembel (2015), pestisida dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok berdasarkan sasaran penggunaannya, antara lain:

- a. Insektisida: Zat racun yang digunakan untuk mengontrol hama serangga, seperti belalang.
- b. Fungisida: Racun yang digunakan untuk mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh jamur, contohnya penyakit busuk akar.
- c. Bakterisida: Racun yang digunakan untuk membasmi penyakit yang diakibatkan oleh bakteri, seperti penyakit kresek pada tanaman padi.
- d. Virusida: Zat racun yang digunakan untuk mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh virus.
- e. Akarisida: Racun yang digunakan untuk mengendalikan hama yang disebabkan oleh tungau.
- f. Nematosida: Racun yang digunakan untuk mengendalikan hama yang disebabkan oleh cacing nematoda.
- g. Rodentisida: Zat racun yang digunakan untuk mengendalikan hama tikus.
- h. Herbisida: Racun yang digunakan untuk mengendalikan pertumbuhan gulma.
- i. Algisida: Zat racun yang digunakan untuk mengontrol pertumbuhan ganggang.
- j. Predisida: Racun yang digunakan untuk mengendalikan predator.
- k. Termisida: Zat racun yang digunakan untuk mengendalikan populasi rayap.

Pengelompokan Pestisida berdasarkan bahan kimia yang terkandung di dalamnya menggolongkan insektisida organik sintetik menjadi tiga kategori, yaitu:

- a. Klor Hidrokarbon (Organochlorine) atau dikenal juga sebagai hidrokarbon terklorinasi (chlorinated hydrocarbon). Karakteristik umum dari insektisida klor hidrokarbon meliputi adanya unsur karbon, klor, hidrogen, dan kadang-kadang unsur oksigen; memiliki rantai karbon siklik; tidak memiliki bagian inti molekuler yang aktif; bersifat apolar dan lipofilik; serta memiliki senyawa kimia yang tidak reaktif, sehingga insektisida ini memiliki daya tahan yang tinggi dalam lingkungan, yang disebut sebagai persistensi tinggi. Salah satu contoh yang paling dikenal dan pertama kali disintesis adalah dikloro difenil trikloroetan atau DDT (Hasibuan, 2015).
- b. Organofosfat, merupakan jenis pestisida yang paling banyak digunakan di Indonesia. Organofosfat adalah ester dari asam fosfat. Insektisida organofosfat dihasilkan dari asam fosforik dan dikenal sebagai insektisida yang sangat beracun terhadap mamalia (Hasibuan, 2015).
- c. Karbamat adalah insektisida antikolinesterase yang ditemukan setelah organofosfat. Insektisida ini berasal dari derivatif fisostigmin, yang merupakan alkaloid kolinergik. Pestisida dari kelompok karbamat cenderung mudah diuraikan di lingkungan (non-persisten) dan tidak terakumulasi dalam jaringan lemak hewan. Contoh dari kelompok ini termasuk propoxur (baygon), bux, carbaryl (sevin), mexa carbamate (zectran) (Zein, 2020).

3. Dampak Pestisida

Menurut Wulandari dan Ragil pada tahun (2020) Beberapa dampak negatif

dari penggunaan pestisida mencakup berbagai aspek, seperti berikut:

a. Dampak bagi Keselamatan Pengguna

Penggunaan pestisida dapat mengkontaminasi pengguna secara langsung, menyebabkan keracunan. Jenis keracunan dapat dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu keracunan akut ringan, akut berat, dan kronis.

4. Dampak bagi Kelestarian Lingkungan:

Dampak penggunaan pestisida terhadap lingkungan dapat dikelompokkan ke dalam dua kategori utama, yaitu bagi Lingkungan Umum dan Lingkungan Pertanian:

a. Bagi Lingkungan Umum:

- 1) Pencemaran lingkungan (air, tanah, dan udara).
- 2) Kematian organisme non-target akibat paparan langsung.
- 3) Kematian organisme non-target karena pestisida masuk ke dalam rantai makanan.
- 4) Bioakumulasi pestisida dalam jaringan tubuh organisme melalui rantai makanan.
- 5) Biomagnifikasi pestisida, di mana konsentrasi pestisida meningkat seiring dengan naiknya tingkat trofik dalam rantai makanan, dengan dampak negatif pada manusia melalui rantai makanan

b. Bagi Lingkungan Pertanian:

- 1) Optimum Pest Threshold (OPT) yang menjadi kebal terhadap pestisida (resistensi).
- 2) Peningkatan populasi hama setelah penggunaan pestisida.
- 3) Kematian musuh alami hama.

4) Toksisitas terhadap tanaman (fitotoksik).

5. Dampak Sosial Ekonomi:

- a. Penggunaan pestisida yang tidak terkontrol dapat meningkatkan biaya produksi.
- b. Hambatan perdagangan karena tingginya residu pestisida pada bahan ekspor.
- c. Biaya sosial, termasuk biaya pengobatan dan kehilangan hari kerja akibat keracunan pestisida. Penderita keracunan pestisida dibedakan menjadi dua golongan, yaitu mereka yang terpapar pestisida secara langsung dalam pekerjaan sehari-hari (seperti pekerja dalam pembuatan, penyimpanan, dan penggunaan pestisida) dan mereka yang terpapar secara tidak sengaja (misalnya, melalui konsumsi buah-buahan atau sayuran yang tercemar pestisida, atau karena masuk ke daerah yang disemprot pestisida, serta akibat penyimpanan pestisida yang kurang baik) (Mansur, 2013).

6. Mekanisme Efek Toksisitas dari Pestisida

Toksisitas adalah kemampuan suatu zat untuk menyebabkan kerusakan pada sistem biologis. Efek toksik dari pestisida sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, dan dosis menjadi faktor terpenting. Dosis mengindikasikan seberapa banyak dan seberapa sering suatu zat masuk ke dalam tubuh (Zein, 2020).

Menurut Shinta dan Sonata (2018) , jumlah dan frekuensi paparan suatu zat ke dalam tubuh dapat menghasilkan dua jenis toksisitas, yaitu akut dan kronis. Toksisitas akut mencerminkan efek yang muncul segera setelah paparan atau dalam 24 jam setelah paparan maksimal. Pestisida dengan toksisitas akut yang tinggi dapat menyebabkan kematian dengan cepat, bahkan jika hanya sedikit yang terabsorpsi. Sementara itu, toksisitas kronik terkait dengan paparan yang terjadi secara berulang.

Mekanisme kerja organofosfat dan karbamat, dua kelompok pestisida utama, sama. Kedua kelompok ini bekerja dengan mengikat asetilkolinesterase atau berperan sebagai penghambat *asetilkolinesterase*. *Asetilkolinesterase* adalah enzim yang penting untuk menjaga fungsi sistem saraf pada manusia, vertebrata lainnya, dan insekta. Fungsinya adalah untuk menguraikan asetilkolin (Ach) menjadi asetat dan kolin, menjaga keseimbangan produksi dan degradasi Ach. Ach merupakan neurotransmitter pada sistem saraf otonom (parasimpatis) dan somatik (otot rangka) dengan reseptor nikotinik dan muskarinik. Kelebihan atau kekurangan Ach dapat menyebabkan perangsangan atau depresi parasimpatis, yang dapat membahayakan (Zein,2020).

Tanda-tanda keracunan akut dari pestisida jenis ini muncul setelah 1-12 jam melalui inhalasi, absorpsi kulit, atau ingest. Gejala ringan termasuk kelelahan, kelemahan, pusing, mual, dan penglihatan kabur. Gejala sedang melibatkan sakit kepala, berkeringat, air mata berlebihan, mual, dan pandangan terbatas. Gejala berat termasuk kram perut, buang air kecil, diare, tremor, kesulitan berjalan, pupil mengecil (miosis), tekanan darah rendah parah, pernafasan melambat, dan dapat menyebabkan kematian jika tidak segera ditangani. Secara umum, organofosfat dianggap lebih berbahaya dibandingkan karbamat karena ikatan organofosfat dengan asetilkolinesterase lebih kuat atau lebih tahan lama, memerlukan waktu yang lebih lama untuk pulih ke tingkat normal, yakni beberapa hari hingga beberapa minggu (Pasaribu, 2020).

7. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keracunan Pestisida

Menurut Afriyanto (2008) terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi

kejadian keracunan pestisida, termasuk:

a. Usia

Aktivitas kolinesterase berbeda antara anak-anak dan orang dewasa yang berusia di atas 20 tahun, baik dalam kondisi terpapar pestisida organofosfat maupun saat bekerja dengan organofosfat. Usia di bawah 20 tahun dapat menjadi kontraindikasi bagi pekerja yang berurusan dengan organofosfat karena dapat menurunkan aktivitas kolinesterase, sehingga memperberat keracunan yang terjadi. Seiring dengan bertambahnya usia seseorang, terjadi peningkatan paparan dan penurunan fungsi metabolisme, yang mengakibatkan penurunan aktivitas kolinesterase dan mempermudah terjadinya keracunan pestisida. Usia juga berhubungan dengan kekebalan tubuh dalam mengatasi tingkat toksisitas suatu zat; semakin tua usia seseorang, semakin berkurang efektivitas sistem kekebalan tubuh. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 1999 mengenai Konvensi ILO tentang usia minimum untuk bekerja menegaskan bahwa untuk pekerjaan-pekerjaan yang membahayakan kesehatan dan keselamatan, usia minimum yang diizinkan adalah 18 tahun. Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia Nomor PER-03/MEN/1986 juga menyatakan bahwa tenaga kerja yang terlibat dalam pengelolaan pestisida harus berusia 18 tahun ke atas.

b. Jenis Kelamin

Aktivitas kolinesterase memiliki perbedaan angka normal antara jenis kelamin laki-laki dan wanita. Rata-rata kadar kolin bebas dalam plasma laki-laki dewasa adalah sekitar 4,4µg/ml. Wanita, dalam kelompok umur yang sama, memiliki

aktivitas kolinesterase darah yang cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan laki-laki. Meskipun demikian, tidak disarankan bagi wanita untuk melakukan penyemprotan pestisida, terutama saat hamil, karena pada masa kehamilan terdapat kecenderungan penurunan rata-rata kadar kolinesterase. Menurut diagnosa dari Merck, pekerja wanita yang berhubungan dengan pestisida, terutama saat hamil, dapat mengalami penurunan aktivitas kolinesterase.

c. Tingkat Pendidikan

Pendidikan adalah suatu upaya manusia untuk mengembangkan kepribadian dengan cara menggali potensi pribadi, baik itu secara rohani (cipta, rasa, dan karsa) maupun jasmani (panca indra dan keterampilan). Prestasi dalam perkembangan manusia merupakan hasil dari usaha dan kegiatan lembaga-lembaga pendidikan dalam mencapai tujuan mereka. Pendidikan dapat diwujudkan melalui jalur formal maupun nonformal untuk memberikan pemahaman dan membentuk perilaku. Pendidikan formal memiliki dampak signifikan dalam membuka wawasan dan memahami nilai-nilai baru di lingkungan sekitarnya. Seseorang dengan tingkat pendidikan yang tinggi cenderung lebih mudah memahami perubahan di sekitarnya, dan ia akan lebih menerima perubahan tersebut jika dianggap bermanfaat. Menurut Achmadi Dalam Purba, pengetahuan yang baik dapat mendorong seseorang untuk mengambil tindakan sesuai dengan aturan kesehatan, sehingga risiko keracunan pestisida dapat dicegah atau dikurangi.

d. Masa kerja dan Volume Kerja

Pekerja yang terpapar pestisida dalam jangka waktu yang lama akan mengalami

keracunan kronis, yang berarti semakin lama bekerja, semakin banyak jumlah pestisida yang diserap dan menyebabkan penurunan aktivitas cholinesterase. Sesuai dengan Peraturan Menteri Tenaga Kerja RI Nomor: PER-03/MEN/1986, pekerja yang terlibat dalam pengelolaan pestisida tidak seharusnya terpapar selama 5 jam sehari dan 30 jam seminggu.

e. Cara penyemprotan berdasarkan arah mata angin

Saat proses penyemprotan terjadi, petani memiliki risiko tinggi terpapar bahan kimia yang terkandung dalam pestisida yang sedang digunakan. Potensi bahaya yang dapat timbul selama proses penyemprotan tersebut dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Ada dua jenis penyemprotan pestisida berdasarkan arah penyemprotannya, yaitu searah dan tidak searah dengan arah mata angin. Menurut Badan Penelitian & Pengembangan Pertanian, penting untuk memperhatikan arah mata angin saat melakukan penyemprotan guna menjamin keselamatan pekerja. Achmadi Dalam Purba menyatakan bahwa penyemprotan yang ideal adalah searah dengan arah mata angin. Jika penyemprotan dilakukan tidak searah dengan mata angin, pestisida dapat mencapai tubuh atau terhirup oleh penyemprot, meningkatkan risiko terjadinya keracunan pestisida. Oleh karena itu, disarankan untuk melakukan penyemprotan sesuai arah angin untuk menghindari dampak negatif tersebut.

f. Waktu Terakhir Penyemprotan

Aktivitas *cholinesterase* dapat pulih secara bertahap seiring berjalannya waktu setelah penyemprotan. Simbolon dalam Rustia menyatakan bahwa waktu kontak terakhir dengan pestisida memiliki pengaruh signifikan terhadap penurunan

aktivitas cholinesterase. Penelitian lain, seperti yang dilakukan oleh Suryamah dalam Rustia, menunjukkan bahwa petani yang melakukan penyemprotan dalam rentang waktu ≤ 2 minggu memiliki risiko 5,8 kali lebih tinggi mengalami keracunan dibandingkan dengan petani yang melakukan penyemprotan dalam rentang waktu > 2 minggu. Dapat disimpulkan bahwa pestisida dapat langsung memengaruhi kadar cholinesterase seseorang, dan pemulihan aktivitas cholinesterase dapat terjadi seiring berjalannya waktu setelah eksposur pestisida.

g. Alat Pelindung Diri (APD)

Alat Pelindung Diri (APD) merupakan perlengkapan yang wajib dipakai sesuai dengan jenis bahaya dan risiko kerja untuk menjaga keselamatan pekerja dan orang di sekitarnya (20). Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia No PER.08/MEN/VII/2010 mengenai Alat Pelindung Diri, APD melibatkan perlengkapan untuk melindungi kepala, mata, telinga, pernapasan, tangan, dan kaki. Pemakaian APD oleh aplikator atau penyemprot pestisida dapat mengurangi risiko terpajan pestisida, sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 258/MENKES/PER/III/1992 mengenai Persyaratan Penggunaan Pestisida. Jenis APD yang minimal harus digunakan sesuai dengan jenis pekerjaan dan klasifikasi pestisida untuk penyemprotan di luar gedung, antara lain:

- 1) Pestisida yang sangat berbahaya sekali: sepatu boot, baju terusan lengan panjang dan celana panjang, topi, pelindung muka, masker, dan sarung tangan.
- 2) Pestisida yang sangat berbahaya: sepatu kanvas, baju terusan lengan

panjang dan celana panjang, topi, masker.

3) Pestisida yang berbahaya: sepatu kanvas, baju terusan lengan panjang dan celana panjang, topi, masker.

4) Pestisida yang cukup berbahaya: sepatu kanvas, baju terusan lengan panjang dan celana panjang, topi.