

TESIS

**DETERMINAN KADAR KOLINESTERASE DARAH PADA
KARYAWAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT**

***DETERMINANT OF BLOOD CHOLINESTERASE LEVELS IN OIL
PALM PLANTATION EMPLOYEES***

DARFIKAL

K012191060



**SEKOLAH PASCASARJANA
DEPARTEMEN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

**DETERMINAN KADAR KOLINESTERASE DARAH PADA
KARYAWAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Kesehatan Masyarakat

Disusun dan diajukan oleh

Darfikal

kepada

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**DETERMINAN KADAR KOLINESTERASE DARAH PADA KARYAWAN
PERKEBUNAN KELAPA SAWIT**

Disusun dan diajukan oleh

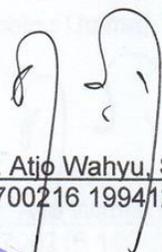
**DARFIKAL
K012191060**

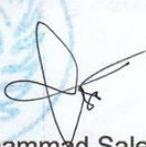
Telah dipertahankan di hadapan Panitia ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin pada tanggal 23 Agustus 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Prof. Dr. Atjo Wahyu, S.KM., M.Kes.
NIP. 19700216 199412 1 001


Dr. Lalu Muhammad Saleh, S.KM., M.Kes.
NIP. 19790816 200501 1 005


Dekan Fakultas
Kesehatan Masyarakat


Ketua Program Studi S2
Kesehatan Masyarakat


Dr. Aminuddin Syam, S.KM., M.Kes., M.Med.Ed
NIP. 19670617 199903 1 001


Prof. Dr. Masni, Apt., MSPH.
NIP. 19590605 198601 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Darfikal
NIM : K012191060
Program studi : Kesehatan Masyarakat
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahawa karya tulissan saya berjudul :

DETERMINAN KADAR KOLINESTERASE DARAH PADA KARYAWAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 5 Oktober 2021

Yang menyatakan



Darfikal

PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, puji syukur kehadiran-Nya atas segala nikmat dan karunia-Nya, serta senantiasa memberikan kepada hamba-hamba-Nya limpahan nikmat iman, kesehatan dan kekuatan sehingga dapat menyelesaikan penulisan tesis ini. Salawat dan salam terkirim kepada Nabi kita Rasulullah Muhammad Saw. Dia adalah hamba Allah yang sempurna. Semoga kita selalu mengikuti jalannya. Perkenankan penulis untuk menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Bapak Prof. Dr. Atjo Wahyu, SKM., M.Kes. sebagai Ketua Komisi Penasihat dan Bapak Dr. Lalu Muhammad Saleh, SKM., M.Kes. sebagai Sekretaris Penasihat, beliau tidak lelah dengan kesibukannya, dan dengan sabar memberikan bimbingan, perhatian, motivasi, dan dukungan moril yang penting untuk penyusunan dan penyelesaian tesis ini.

Rasa hormat dan terima kasih penulis sampaikan pula kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Palubuhu, MA. selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Dr. Aminuddin Syam, S.KM., M.Kes., M.Med.Ed. selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Hasanuddin.
3. Prof. Dr. Masni, Apt., M.SPH. selaku Ketua Program Studi Magister Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Hasanuddin.
4. Dr. dr. Masyitha Muis, M.S., Prof. Anwar Mallongi, S.KM., M.Sc, Ph.D., dan Prof. Dr. Masni, Apt., M.SPH. selaku tim penguji tesis.
5. dr. Aminah AS, M.Kes. selaku Kepala Balai Besar Pengembangan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (BBPK3) yang telah memberikan ijin belajar dan motivasi untuk melanjutkan pendidikan.

6. Seluruh dosen Magister Kesehatan Masyarakat, khususnya dosen Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang telah banyak memberikan ilmunya.
7. Teman-teman seperjuangan Jurusan Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan Kelas B Program Studi Kesehatan Masyarakat Angkatan 2019 yang senantiasa memberikan semangat, motivasi, kerjasama, kebersamaan, dan kenangan indah selama pendidikan dan dalam penyusunan tesis ini.
8. Keluarga tercinta Ayah Asdar, Ibu Alm. Nuraeni, Kakak Darwis, Alm. Darfin dan Darling, Adik Darfiani, Istri Afrisusnawati Rauf dan Anak Muhammad Akif Mariolo, yang telah memberikan doa, dukungan serta sumber motivasi dalam penyelesaian tesis ini.

Penulis sadar bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan oleh karena itu, besar harapan penulis kepada pembaca atas kontribusinya baik berupa saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaan tesis ini. Akhirnya semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua dan apa yang disajikan dalam tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua, Aamiin.

Makassar, Oktober 2021

Darfikal

ABSTRAK

DARFIKAL. *Determinan Kadar Kolinesterase Darah pada Karyawan Perkebunan Kelapa Sawit* (dibimbing oleh **Atjo Wahyu** dan **Lalu Muhammad Saleh**)

Gangguan hama pada tanaman umumnya diatasi dengan penggunaan pestisida oleh petani. Namun, penggunaan pestisida memiliki efek buruk terhadap kesehatan. Masuknya zat pestisida ke dalam tubuh dapat menimbulkan terjadinya keracunan. Pestisida golongan organofosfat memiliki kemampuan menghambat kerja enzim kolinesterase di dalam tubuh.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis faktor determinan yang memengaruhi kadar kolinesterase darah pada karyawan perkebunan kelapa sawit. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan desain *cross-sectional*. Populasi adalah seluruh karyawan yang bekerja pada bagian penyemprotan, pemupukan, dan bagian gudang pestisida dan pupuk yang bekerja pada perkebunan kelapa sawit di PT. X yang berjumlah 570 karyawan. Sampel penelitian sebanyak 230 karyawan yang ditentukan dengan cara simple random sampling. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan Instrumen berupa kuesioner dan wawancara langsung mengenai umur, masa kerja, status gizi, dan penggunaan APD. Pengukuran kadar kolinesterase dalam darah responden menggunakan Tintometer Kit. Analisis data menggunakan uji Multiple Logistic Regression.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat dua variabel sebagai determinan/faktor risiko terhadap kadar kolinesterase darah, yaitu umur ($p=0,005$) dan penggunaan APD ($p=0,013$), dan terdapat dua variabel yang bukan sebagai determinan/faktor risiko terhadap kadar kolinesterase darah, yaitu masa kerja ($p=0,424$) dan status gizi ($p=1,0$). Penelitian ini menunjukkan pentingnya kebiasaan menggunakan APD saat melakukan aktivitas yang berkaitan dengan pestisida di tempat kerja.

Kata kunci: Alat Pelindung Diri; Kadar Kolinesterase; Masa Kerja; Status Gizi; Umur



ABSTRACT

DARFIKAL. *Determinant of Blood Cholinesterase Levels in Oil Palm Plantation Employees.* (Supervised by **Atjo Wahyu** and **Lalu Muhammad Saleh**)

Pest disturbance in plants are generally overcome by the use of pesticides by the farmers. However, the use of pesticide has an adverse effect on health. The entry of pesticide into the body can cause poisoning. Organophosphate pesticide group have the ability to inhibit the work of the cholinesterase enzyme in the body.

This study aims to analyze the determinants that affect blood cholinesterase levels in oil palm plantation employees. This research was conducted in October 2020 with a cross-sectional research design. The population in this study were all employees who worked in the spraying, fertilizing, and pesticide and fertilizer warehouse sections worked on oil palm plantations at PT. X, which numbered 570 employees. The study sample consisted of 230 employees were selected by simple random sampling. Data collection was carried out using instruments in the form of questionnaires and direct interviews regarding age, years of service, nutritional status, and use of personal protective equipment. Blood cholinesterase level was measured using the Tintometer Kit. Data analysis used Multiple Logistic Regression.

The results showed that there were two variables as a determinant/risk factor for blood cholinesterase levels, age ($p = 0.005$) and the use of personal protective equipment ($p = 0.013$), and there were two variables that were not a determinant/risk factor for blood cholinesterase levels, years of service ($p = 0.424$) and nutritional status ($p = 1.0$).

Key words: Cholinesterase, Age, Personal Protective Equipment, Years Of Service, Nutritional Status



DAFTAR ISI

SAMPUL	5
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	Error! Bookmark not defined. viii
DAFTAR ISI	ixx
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xivv
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian.....	6
D. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Tinjauan Umum Pestisida.....	8
1. Pengertian Pestisida	8
2. Bentuk Formulasi Pestisida	12
3. Jalur Masuk Pestisida ke Dalam Tubuh Manusia	20
4. Mekanisme Keracunan Pestisida.....	22
5. Pengertian dan Jenis - Jenis Insektisida.....	25
B. Tinjauan Umum Organofosfat	26
1. Definisi dan Jenis Organofosfat	26
2. Toksisitas Organofosfat	31

3.	Metabolisme Organofosfat.....	34
C.	Tinjauan Umum Enzim Kolinesterase	35
D.	Tinjauan Umum Alat Pelindung Diri	38
1.	Definisi Alat Pelindung Diri.....	38
2.	Fungsi dan Jenis Alat Pelindung Diri (Permenakertrans, 2010)...	38
3.	Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD).....	42
E.	Tinjauan Umum Status Gizi.....	42
F.	Kerangka Teori.....	46
G.	Kerangka Konsep.....	47
H.	Hipotesis.....	48
I.	Definisi Operasional dan Kriteria Objektif	48
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		51
A.	Jenis Penelitian	51
B.	Lokasi dan Waktu Penelitian	51
1.	Lokasi Penelitian.....	51
2.	Waktu Penelitian	51
C.	Populasi dan Sampel	51
1.	Populasi	51
2.	Sampel.....	52
D.	Pengumpulan Data.....	53
E.	Pengolahan dan Analisis Data	54
1.	Variabel Penelitian	54
2.	Teknik Analisis Data	54
F.	Penyajian Data	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		56
A.	Hasil	56
1.	Gambaran Umum Tempat dan Subjek Penelitian.....	56
2.	Analisis Univariat	56
3.	Analisis Bivariat.....	59
4.	Analisis Multivariat	61

B. Pembahasan	64
1. Variabel yang Terbukti sebagai Determinan Kadar Kolinesterasi Darah	65
2. Variabel yang Terbukti Bukan Sebagai Determinan terhadap Kadar Kolinesterasi Darah	69
C. Keterbatasan Penelitian	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	74
A. Kesimpulan.....	74
B. Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA.....	76
LAMPIRAN.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.1	Gejala Toksisitas Senyawa Fosfat Organik.....	32
4.1	Distribusi Karyawan Berdasarkan Umur pada Perkebunan Kelapa Sawit di PT “X” Tahun 2020	55
4.2	Distribusi Karyawan Berdasarkan Masa Kerja pada Perkebunan Kelapa Sawit di PT “X” Tahun 2020	56
4.3	Distribusi Karyawan Berdasarkan Status Gizi (IMT) pada Perkebunan Kelapa Sawit di PT “X” Tahun 2020.....	56
4.4	Distribusi Karyawan Berdasarkan Penggunaan APD pada Perkebunan Kelapa Sawit di PT “X” Tahun 2020.....	57
4.5	Distribusi Karyawan Berdasarkan Status Gizi (IMT) pada Perkebunan Kelapa Sawit di PT “X” Tahun 2020	57
4.6	Hubungan Umur dengan Kadar Kolinesterase Darah pada Karyawan Perkebunan Kelapa Sawit di PT “X” Tahun 2020	58
4.7	Hubungan Masa Kerja dengan Kadar Kolinesterase Darah pada Karyawan Perkebunan Kelapa Sawit di PT “X” Tahun 2020	59
4.8	Hubungan Status Gizi terhadap Kejadian Kolinesterase pada Karyawan Perkebunan Kelapa Sawit di PT “X” Tahun 2020	59
4.9	Hubungan Penggunaan APD dengan Kadar Kolinesterase Darah pada Karyawan Perkebunan Kelapa Sawit di PT “X” Tahun 2020	60
4.10	Variabel Kandidat untuk Analisis Multivariat Menggunakan Uji <i>multiple logistic regression</i>	61
4.11	Hasil Analisis Multivariat Model Akhir Uji <i>Multiple Logistic Regression</i> Determinan Kadar Kolinesterase Darah pada Karyawan Perkebunan Kelapa Sawit di PT “X” Tahun 2020	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Kerangka Teori.....	45
2.2 Kerangka Konsep.....	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Form responden	84
2. Cara Pengujian kolinesterase.....	85
3. <i>Output</i> data analisis data	87

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Daftar singkatan

APD	=	Alat Pelindung Diri
DDT	=	<i>Dichlorodiphenyltrichloroethane</i>
LD	=	<i>Lethal Dose</i>
AchE	=	<i>Acetylcholinesterase</i>
Ach	=	<i>Acetylcholine</i>
ChE	=	<i>Cholinesterase</i>
GABA	=	<i>Gamma Amino Butiric Acid</i>
CYP	=	<i>Cytochrome</i>
RBC	=	<i>Red Blood Cell</i>

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Pertanian merupakan salah satu sektor ketenagakerjaan Indonesia. Meskipun trennya menurun, angkatan kerja di sektor pertanian masih mewakili kurang lebih 40.000 tenaga kerja. Sebagian besar daerah di Indonesia masih bergantung pada pertanian, dimana perkebunan merupakan sektor pertama untuk Pendapatan Asli Daerah (PAD). Pertanian merupakan salah satu tumpuan ekonomi massal Indonesia. Pertanian juga merupakan penentu ketahanan pangan dan bahkan kedaulatan pangan, tetapi mereka masih belum dapat meningkatkan taraf hidup yang lebih sejahtera di sebagian besar tanah subur yang bergantung pada mata pencaharian pertanian (Priyanto, 2009). Sektor tersebut tidak terlepas dari berbagai kegiatan pertanian, diantaranya adalah penggunaan pestisida yang bertujuan untuk membasmi hama dan meningkatkan hasil panen.

Jenis pestisida yang banyak direkomendasikan dalam bidang pertanian yaitu fosfat organik karena lebih gampang terdegradasi di alam (Dhamayanti, 2018). Di Indonesia, penggunaan pestisida organofosfat untuk mengusir atau membasmi hama di bidang pertanian masih sangat umum. Penggunaan pestisida organofosfat sangat mengkhawatirkan, karena selain untuk mengusir hama, pestisida ini juga dapat secara langsung meracuni petani dan

konsumen hasil pertanian yang telah difumigasi dengan pestisida organofosfor (Prasasti, 2017). Keracunan pestisida menyumbang sepertiga dari semua kematian di dunia, dan prevalensi global keracunan pestisida organofosfat mencapai 1 juta kasus per tahun (Wang, 2019); (Chen, 2012). Diperkirakan ada 385 juta insiden keracunan pestisida yang tidak disengaja setiap tahun di seluruh dunia, dengan total sekitar 11.000 kematian. Berdasarkan populasi pertanian global sekitar 860 juta, ini berarti bahwa sekitar 44% petani diracuni oleh pestisida setiap tahun. Estimasi kasus terbesar terjadi di Asia Selatan, diikuti Asia Tenggara dan Afrika Timur terkait dengan keracunan pestisida non-fatal yang tidak disengaja (Boedeker, 2020).

Terdapat temuan kasus di Indonesia diantaranya adalah di Daerah Sleman 30 anggota staf pengendalian hama mengalami insiden keracunan pestisida, dan 14 orang (46,66 persen) mengalami gejala keracunan. Di Kulon Progo, 210 kasus keracunan menjalani pemeriksaan fisik dan pemeriksaan klinis, 50 kasus di antaranya menjalani pemeriksaan laboratorium dan 15 orang (30 persen) positif keracunan. Berdasarkan data uji aktivitas kolinesterase yang dilakukan oleh Unit Pelaksana Teknis Balai Hiperkes dan KK Bali tahun 2013, jumlah keracunan pestisida pada petani di Provinsi Bali sebesar 41 persen (Samosir, 2017).

Pestisida dapat menyebabkan keracunan dengan cara terserap ke dalam tubuh melalui berbagai rute, baik melalui permukaan

kulit terhirup atau mulut kemudian mengalami penyerapan dan metabolisme ke dalam tubuh. Pestisida yang terserap dalam tubuh akan menghambat neurotransmittersterase, suatu akselerator yang terdapat di dalam sistem saraf. Asetilkolinesterase berperan dalam reaksi kimia neurokimiawi asetilkolin menjadi senyawa asetat dan senyawa kolin sehingga setelah dihambat, senyawa asetilkolin akan terakumulasi pada reseptornya. ini dapat memperpanjang hasil rangsang saraf kolinergik sebelum dan sesudah struktur saraf (Eko, 2018). Akumulasi neurotransmitter akibatnya, akan memicu kelainan kinerja kolinergik pada sistem saraf. Pada kasus keracunan akut, gejala yang tampak dapat berupa sakit kepala, air liur, lakrimasi, diare, mual, muntah, takikardia/bradikardia, depresi proses metabolisme, bronkospasme, kehilangan kesadaran, kejang, miosis dan gangguan otot (Roberts, 2013).

Sejumlah faktor yang berpengaruh terhadap derajat toksisitas dari pestisida antara lain: lama penyemprotan, kegiatan penyemprotan dan kebersihan dari individu dengan gejala keracunan pestisida (Herdianti, 2018) (Ulva, 2019), dosis pestisida (Isnawan, 2013), dosis pestisida, waktu penyemprotan (Suparti, 2016), tingkat pengetahuan, penggunaan APD dan metode penyemprotan (Rahmawati, 2014), (Ulva, 2019), (Santaweasuk, 2020).

Telah diketahui bahwa menggunakan APD dengan tepat dapat mengurangi terjadinya kasus keracunan akibat penggunaan

pestisida. Seperti di salah satu penelitian (Mirrezaei, 2018) penggunaan APD yang tepat berperan penting dalam menurunkan kadar pestisida. Laporan (Andarini, 2018) tidak ada hubungan yang bermakna antara masa kerja dengan kadar kolinesterase. Diketahui bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara usia dan kadar enzim kolinesterase, dan petani yang lebih tua memiliki kadar kolinesterase yang lebih rendah (Pradananingrum, 2019). (Handayani, 2020) melakukan penelitian yang menunjukkan bahwa status gizi tidak memiliki pengaruh pada timbulnya keracunan akibat pestisida. Peraturan Menteri Tenaga Kerja No.Per-03/Men/1986 P. 2 (2a), menetapkan: dalam rangka pencegahan dampak yang merugikan, pestisida dilarang penggunaannya lebih dari 4 jam sehari selama seminggu. Pekerja yang menangani pestisida dilarang terpapar pestisida >5 jam setiap hari dan 30 jam/minggu. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia, waktu penyemprotan pestisida di tempat kerja adalah 56 jam sehari dan mereka harus menjalani pemeriksaan kesehatan mingguan, yang meliputi Kolin dalam kadar esterase darah (WHO, 1996).

Waktu pemaparan dapat dihitung dengan mengalikan waktu kerja dengan jumlah semprotan. Waktu kerja didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk penyemprotan bahan pestisida dan frekuensi penyemprotan adalah kekerapan menyemprot menggunakan pestisida. Semakin lama jam kerja dan semakin sering penyemprotan,

semakin besar kemungkinan terpapar pestisida. Petani yang melakukan pekerjaan dengan pestisida untuk waktu yang lama akan mengalami toksisitas kronis. Ini berarti bahwa semakin keras petani bekerja, semakin besar jumlah pestisida yang akan diserap, sehingga aktivitas cholinesterase semakin rendah. Waktu kerja dapat dijelaskan secara rinci berdasarkan waktu kontak. Waktu kerja didefinisikan sebagai lama seseorang berprofesi sebagai petani. Orang yang melakukan pekerjaan di daerah yang berpestisida lebih mungkin terpapar pestisida sehingga memiliki risiko keracunan yang lebih tinggi karena banyaknya paparan dan penghirupan.

PT X adalah perusahaan yang didedikasikan untuk penanaman dan industri pengolahan CPO (minyak sawit mentah), didirikan pada tahun 2006. Melaksanakan amanat UU No. 23 Tahun 1992, yaitu setiap tempat kerja wajib menjalankan pekerjaan yang berhubungan dengan kesehatan kerja, agar pekerja, keluarga, masyarakat dan lingkungan sekitar tidak mengalami gangguan kesehatan, dan mengidentifikasi dampak negatif yang ditimbulkan di tempat kerja. PT. X melacak kesehatan karyawan dengan memeriksa kesehatan karyawan dan memantau kadar kolinesterase darah untuk menentukan sejauh mana lingkungan kerja mempengaruhi kesehatan karyawan. PT. X juga menyediakan alat pelindung diri bagi pekerja. Namun pada kenyataannya, pekerja tidak selalu memakai APD dan masih banyak pekerja di lokasi yang tidak memakai APD. Pada tahun

2018, 50 insiden keracunan pestisida organofosfor terjadi saat petani melakukan penyemprotan pestisida (BBPK3 Makassar).

Berdasarkan uraian di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh umur, masa kerja, status gizi, dan penggunaan APD terhadap kadar kolinesterase darah karyawan perkebunan kelapa sawit.

B. Rumusan Masalah

Bagaimanakah faktor determinan kadar kolinesterase darah pada karyawan perkebunan kelapa sawit di PT "X"?

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Untuk menganalisis faktor determinan kadar kolinesterase darah pada karyawan perkebunan kelapa sawit di PT "X".

2. Tujuan Khusus

- a. Mengetahui pengaruh umur terhadap kadar kolinesterase darah pada karyawan perkebunan kelapa sawit di PT "X".
- b. Mengetahui pengaruh masa kerja terhadap kadar kolinesterase darah pada karyawan perkebunan kelapa sawit di PT "X".
- c. Mengetahui pengaruh status gizi terhadap kadar kolinesterase darah pada karyawan perkebunan kelapa sawit di PT "X".

- d. Mengetahui pengaruh APD terhadap kadar kolinesterase darah pada karyawan perkebunan kelapa sawit di PT “X”.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Terapan

- a. Dapat diketahui faktor-faktor yang berhubungan dengan kadar kolinesterase darah pada karyawan penyemprot pestisida sehingga dapat dilakukan upaya-upaya pencegahan terhadap kejadian keracunan pestisida.
- b. Dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi perusahaan untuk membuat kebijakan dan pengembangan upaya keselamatan dan kesehatan kerja pada karyawan yang berhubungan dengan pestisida.

2. Manfaat Keilmuan

Penelitian ini diharapkan memberikan tambahan literatur dan memperkuat teori yang sudah ada.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Pestisida

1. Pengertian Pestisida

Menurut definisi, pestisida adalah suatu bahan kimia maupun bahan lain yang dimanfaatkan untuk mematikan hama, baik hama tanaman, serangga atau hewan lain yang terdapat di lingkungan kita. Efek lain dari pestisida antara lain:

(Kemenkes, 2016).

- a. Pencegah hama dan pemberantas penyakit yang merusak bagian-bagian tanaman dan hasil-hasil pertanian.
- b. Pembasmi rumput.
- c. Pencegah dan mematikan pertumbuhan daun yang tidak dikehendaki.
- d. Pengatur/perangsang pertumbuhan tanaman atau bagian-bagian tanaman tidak termasuk pupuk.
- e. Pencegah dan pemberantas hama pengganggu ternak termasuk hama dalam air.
- f. Menghilangkan atau mencegah mikroorganisme dan hewan di gedung, rumah dan kendaraan.
- g. Pencegahan dan pemberantasan organisme penyebab penyakit tanaman, hewan dan manusia

Berdasarkan jenis organisme sasaran penggunaan pestisida, penggolongan pestisida dapat dibagi kedalam beberapa jenis yaitu: (Kementan, 2019).

- a. Insektisida: mengandung senyawa yang dapat membunuh berbagai serangga.
- b. Fungisida: mengandung senyawa beracun yang berguna untuk membasmi dan pencegahan pertumbuhan jamur.
- c. Molluscisida: digunakan sebagai pembasmi kerang yaitu keong dan tripisan yang sering ditemui di area pertambakan
- d. Bakterisida: digunakan untuk membunuh bakteri.
- e. Nematicides: digunakan sebagai pengendali nematoda.
- f. Rodenticides: digunakan untuk membasmi beragam jenis hewan pengerat, seperti tikus.
- g. Herbicides: digunakan untuk mematikan tumbuhan pengganggu (gulma).
- h. Ovicides: digunakan untuk menghancurkan telur. Pedukulusida adalah senyawa yang digunakan untuk membunuh kutu.
- i. Acaricide: mengandung senyawa yang dapat digunakan untuk membunuh tungau, kutu, dan laba-laba.
- j. Piscisida: digunakan untuk mematikan ikan.
- k. Termisida: digunakan untuk mematikan rayap.

Berdasarkan mekanisme kerja racun dan sifat pestisida:

- a. Racun Kontak: masuk ke dalam jaringan tubuh serangga target dan menyebabkan gangguan fungsi fisiologis pada serangga target.
- b. Racun Pernafasan (Fumigan): membunuh serangga dengan bekerja lewat sistem pernapasan.
- c. Racun Lambung: mematikan serangga sasaran jika termakan dan masuk ke dalam organ pencernaan.
- d. Racun Sistemik: serangga dibunuh setelah makan atau menelan cairan tanaman yang disemprotkan racun tersebut.
- e. Racun Metabolisme: membunuh serangga dengan cara ikut serta dalam proses metabolismenya.
- f. Racun Protoplasma: mengganggu fungsi sel dengan menghancurkan protoplasma sel.

Penggolongan pestisida berdasarkan bentuk fisiknya:

- a. Cairan
- b. Padatan
- c. Aerosol

Penggolongan pestisida menurut sumber bahan aktif:

- a. Pestisida jenis anorganik sintetik: arsenat, flourida, tembaga sulfat dan garam merkuri
- b. Pestisida jenis organo khlorin organik: DDT, SHC, endrin, dieldrin, dll.
- c. Pestisida jenis heterosiklik: Kepone, mirex. Organofosfat: klorpirifos, prefonofos, dll.

- d. Pestiida jenis karbamat: karbofuran, SPMC, dll. Dinitrofenol: Dinex, dll.

Penggolongan pestisida berdasarkan toksisitasnya: (Priyanto, 2010)

- a. Menurut toksisitas melalui mulut
- 1) aktifitas beracun tinggi, jika $LD_{50} < 50$ mg/kg bb
 - 2) toksisitas tinggi, jika LD_{50} 50-200 mg/kg bb
 - 3) toksisitas moderat, jika LD_{50} 200-1000 mg/kg bb, dan
 - 4) toksisitas ringan, jika $LD_{50} > 1000$ mg/kg bb
- b. Menurut toksisitas melalui kulit
- 1) Toksisitas tinggi, jika $LD_{50} < 300$ mg/kg bb
 - 2) toksik, jika LD_{50} 300-1000 mg/kg bb, dan
 - 3) toksisitas ringan, jika $LD_{50} > 1000$ mg/kg bb
- c. Menurut toksisitas melalui kemampuannya untuk terhirup
- 1) Sangat berbahaya: konsentrasi saturasi $>$ konsentrasi toksik
 - 2) Berbahaya: konsentrasi saturasi $>$ konsentrasi ambang; dan
 - 3) Sedikit berbahaya: konsentrasi saturasinya tidak menimbulkan efek beracun
- d. Menurut stabilitasnya
- 1) Dekomposisi menjadi senyawa non toksik $>$ 2 tahun: Sangat stabil
 - 2) Dekomposisi menjadi senyawa non toksik 6 bulan-2 tahun: Stabil
 - 3) Dekomposisi menjadi senyawa non 1- 6 bulan: Moderat stabil
 - 4) Dekomposisi menjadi senyawa non toksik $<$ 1 bulan: Rendah

2. Bentuk Formulasi Pestisida

Bahan paling penting yang terdapat pada pestisida yang berpengaruh positif terhadap hama target dinamakan bahan aktif (*Active ingredient*). Bahan aktif adalah senyawa buatan atau natural yang terdapat di dalam bahan teknis atau sediaan pestisida yang mempunyai efek toksik terhadap organisme sasaran. Sebelum bentuk dan sifat fisik bahan diubah dan dicampur dengan bahan lain, bahan aktif tingkat tinggi tidak dapat digunakan. Tujuan pencampuran bahan aktif adalah untuk memudahkan penyimpanan, pengangkutan dan penggunaan dengan cara yang aman, efektif dan ekonomis. Formulasi adalah produk jadi, yaitu campuran fisik dari bahan aktif dan bahan tambahan. Bagaimana formulasi dan bahan suatu pestisida diaplikasikan, besar dosis/takaran yang harus diaplikasikan, kekerapan pemakaian, juga tujuan penggunaan pestisida yang efektif sangat bergantung pada formulasi pestisida tersebut.

Penggolongan pestisida berdasarkan bahan aktif:

- a. Pestisida buatan; dan
- b. Pestisida alami.

Pestisida buatan memiliki satu atau beberapa bahan aktif bahan sintetik. Pestisida alami memiliki bahan aktif berupa bahan-bahan alami yang diperoleh baik dari makhluk hidup maupun mineral, terdiri atas: pestisida biologi, pestisida metabolit, dan pestisida mineral (Mentan, 2015).

Beberapa jenis formulasi pestisida yang beredar di Indonesia antara lain (Dripp, 2019).

a. Bentuk Padatan/tepung:

1) *Serbuk Basah*

Beberapa bahan kimia aktif memiliki efek fitotoksik (beracun bagi tanaman) dan dapat diserap oleh jaringan tanaman. Untuk meracuni patogen tanpa meracuni tanaman, formula yang tidak diserap oleh tanaman (atau diserap perlahan) tidak larut dalam air. Formula ini disebut bubuk yang dapat dibasahi, yang berarti tepung yang dapat dibasahi. Karena terbuat dari tepung yang tidak larut, pestisida ini tidak dapat mengendap dengan cepat, sehingga komposisinya mengandung zat pendispersi dan pensuspensi. Partikel debu halus didistribusikan secara merata di dalam air, mengapung terus menerus, dan tidak mudah mengendap atau tertahan. Semakin halus dan ringan partikel tepung, semakin bagus, karena tidak akan mengendap dengan cepat di tangki selama aplikasi. Begitu kemasan pestisida ini dibuka, harus berhati-hati, karena zat ini menyebar dengan baik di udara dan terhirup saat bernapas.

2) *Serbuk Larut*

Bentuknya berupa bubuk kristal yang memiliki kemampuan untuk larut dalam air. Penggunaannya juga relatif lebih gampang karena hanya perlu menggabungkan bahan

kimia dengan udara. Terkadang konsentrasi bahan aktif sangat tinggi. Beberapa bersifat sistemik, yang lain bersifat racun kontak dan racun perut.

3) *Granul Larut*

Berbentuk granul yang dapat larut di dalam air. Jenis ini merupakan penyempurnaan dari formula serbuk larut, dimana partikel halus jenis serbuk larut dikhawatirkan menimbulkan bahaya terhirup melalui hidung

4) Tepung Hembus

Tepung halus ini mirip dengan bubuk yang terdiri dari bahan aktif dan pembawa, kadang-kadang mirip dengan bubuk, mineral profit dan bentonit. Senyawa aktif biasanya antara 2-10%. Cara pemakaiannya adalah penyemprotan atau peniupan dengan pengering rambut bebas air. Pestisida ini digunakan untuk membunuh hama, rodentisida atau membunuh semut. Misalnya, Sevin 5 D dan Manzate D.

5) Granular

Partikel padat dengan berbagai ukuran. Ada yang berupa pelapis, khususnya pasir kuarsa, yang dilapisi dengan bahan aktif dan pembawa. Aplikasinya adalah dengan menyemprotkan material ke tanah. Bahan aktif kimia ini dapat larut dalam tanah sedikit demi sedikit (slow release), sehingga efeknya bertahan lama. Kandungan aktifnya rendah, kurang

dari 10%. Pestisida jenis ini biasa digunakan untuk membunuh hama penggerek daun dan ulat, atau untuk membunuh gulma. Sebagai bubuk serangga karbofuran 3G, bupati 0.3G dan herbisida kontak Goal 2G

6) *Butiran yang Terdispersi dalam Air (WDG)*

Berbentuk partikel, setelah dicampur dengan air akan terdispersi/pecah dan terdispersi membentuk suspensi atau partikel halus yang mengapung di air tetapi tidak larut. Disebut juga cairan kering. Penggunaannya adalah penyemprotan atau pencampuran dengan pupuk. Tujuan dari pembentukan WDG jenis ini adalah agar aman bagi pengguna ketika ada celah pada kemasan atau ukuran, agar tidak menimbulkan kotoran yang dapat diseret pengguna. Misalnya, agen antijamur KOCIDE Fifty Four (54) WDG, Killer Twenty (20) ALLY 20 WDG

7) *Konsentrat Tepung*

Pada variasi bentuk tepung, teknik pengaplikasiannya tidak harus disemprotkan melainkan dicampur dengan bahan yang berbeda, misalnya dengan mencampurkan dengan umpan. Sebagai contoh adalah racun untuk babi hutan.

8) *Campuran Siap Pakai*

Artinya umpan sudah siap (Ready Mix Bait). Terdapat dalam bentuk blok atau pelet dan mengandung sejumlah kecil bahan aktif (0,0030.005%). Ini adalah bahan pakan yang paling

disukai untuk hewan target. Jenis ini khusus digunakan untuk umpan rodentisida (rodentisida) siap pakai yang mengandung antikoagulan.

9) *Seed Treatment* atau *Seed Dressing*

Dalam bentuk bubuk, digunakan dalam biji untuk mencegah hama dan jamur parasit. Benih yang akan dirawat terlebih dahulu dibasahi dengan air kontak, kemudian dibasahi dengan bahan kimia ini dan dikocok sampai semua benih tertutup pestisida. Contohnya termasuk insektisida Marshal 25 ST dan produk farmasi Saromyl.

b. Bentuk cairan:

1) *Konsentrat yang dapat Diemulsikan (EC/E)*

Emulsi adalah pencampuran 2 cairan dengan sifat yang sama sekali berbeda. Misalnya, air dengan derajat asosiasi minyak digabungkan dengan kain yang disebut zat pembasah. Bahan aktif pestisida murni organisasi internasional teknis tidak dapat dicampur dengan air karena mereka membutuhkan sifat hidrofobik seperti minyak. Untuk dicampur/didispersikan ke dalam air setelah diterapkan, pengemulsi ditambahkan ke formulasi agar campuran akhirnya disebut emulsi. Emulsi adalah tetesan kecil bahan aktif yang terdispersi dalam air. Setelah mengenai target, air yang menyebarkan bahan aktif akan menguap, dan bahan aktif dapat tersebar dan mengenai

target. Insektisida EC memiliki kemampuan penetrasi yang sangat baik ke dalam jaringan kulit hama sasaran, dilapisi dengan polisakarida dan sulit untuk menginduksi pembasahan kitin dengan air ledeng. Kandungan bahan pembawa berbahaya jika terjadi kontak dengan mata. Formulasi EC ini mau tidak mau akan rusak oleh suhu yang terlalu tinggi, dan akan menjadi tidak aktif ketika suhunya terlalu rendah (dingin).

2) *Konsentrat Mengalir (F)*

Jika WP jenis ini berisiko terhirup melalui pernapasan karena partikelnya sangat halus dan tersebar di udara, formula F dapat meningkatkan WP. Tipe fisik F adalah cairan kental khusus. Sifat dan efeknya sama dengan bedak yang dapat dibasahi, tetapi lebih rentan terhadap air. Selain itu, tidak ada debu yang dihasilkan setelah kemasan dibuka atau diukur, sehingga lebih aman bagi pengguna. Konsentrasi bahan aktif F lebih rendah dari WP. Tujuannya adalah untuk menyebar. Sayangnya, formula ini kurang dikenal petani.

3) *Konsentrat Larut Air (WSC)*

Bentuknya berupa cairan kental. Setelah diencerkan dalam air, itu akan membentuk suatu larutan nyata.

4) *Larutan Berair*

Berupa cairan kental, larut dalam air. Bahan yang digunakan untuk melarutkan jenis ini adalah air demineral.

Formulasi larutan berair ini terkadang digunakan untuk insektisida sistemik cair, terutama bahan kimia yang perlu menembus jaringan. Untuk memperpanjang daya tembus, bentuk larutan berair dilengkapi dengan zat penembus atau kimia, yang bertindak sebagai aktivator biologis. Misalnya herbisida Roundup.

5) *Konsentrat Suspensi*

Bentuknya menyerupai cairan yang sangat kental seperti susu, setelah dicampur air akan terbentuk suspensi atau partikel halus yang mengapung di atas air.

6) *Suspensi Berkapsul (CS)*

Berupa sediaan mikrokapsul yang dapat disuspensikan setelah dicampur dengan air. Mikrokapsul tidak larut dalam air, tetapi partikelnya yang berukuran mikron dapat menempel pada tubuh serangga dan memiliki toksisitas yang tahan lama. Contohnya adalah DEMAND 100 CS, yang mengandung lambda cyhalothrin, yang digunakan untuk membunuh lalat dan kumbang di kandang.

7) *Volume Ultra Rendah (ULV)*

Adalah bahan kimia berbasis minyak yang hanya membutuhkan volume kecil dalam ruang yang sangat terbatas, antara 15 liter per hektar. Biasanya digunakan untuk mengendalikan hama di area yang sangat luas, seperti

perkebunan kapas, atau secara teratur menyemprot area yang sulit dijangkau, semak-semak tinggi atau lebat. Ini jarang digunakan dalam pertanian di Indonesia. Karena kecepatan pembukaannya yang cepat dan respons yang baik, formula ini juga cocok untuk mengendalikan serangga yang bergerak cepat. Aplikasinya membutuhkan alat seperti sprayer (jika dicampur dengan air), alat semprot (jika dicampur dengan minyak), exhaust sprayer, dan alat lainnya.

8) *Emulsi dalam Air*

Adalah emulsi hidrofobik. Seperti EC, telah dicampur dengan air dalam wadah untuk mengubahnya menjadi cairan kental berwarna putih susu. Formulanya lebih stabil setelah bertahan pada suhu rendah. Kocok dengan baik sebelum digunakan.

9) *Dispersi Minyak (OD)*

Adalah bahan aktif dalam serbuk yang tidak larut dalam air yang didistribusikan dalam minyak. Jenis minyak berkisar dari parafin hingga berbagai pelarut aromatik dan minyak atau minyak nabati atau biji alkil. Idealnya, bahan aktif tersuspensi secara merata dalam fase minyak. Tujuannya adalah untuk mempertahankan bentuk stabil dari bahan aktif yang sensitif terhadap air dan hanya bereaksi dengan larutan. Selain itu, ganti pestisida dengan formulasi WSC/WDG berkinerja lebih

tinggi. Contohnya adalah Indosat 210 OD (bahan aktif indoxacarb).

Saat ini, banyak formulasi baru yang dikembangkan oleh industri agrokimia. Tujuannya adalah untuk mendongkrak kinerja, efektivitas terkait aspek keamanan tingkat bagi penggunaannya. Selain itu, juga meningkatkan kompatibilitas antara satu formula dengan formula lainnya, yang selama ini menjadi kusut dalam penerapan di lapangan. Beberapa produk kimia baru yang memiliki beberapa bahan aktif bahkan memiliki kode rumus sendiri, bukan singkatan, misalnya:

- a. ZC yang adalah kombinasi dari unsur logam dan pestisida SC
- b. ZE yang merupakan kombinasi dari unsur logam dan pestisida SE

3. Jalur Masuk Pestisida ke Dalam Tubuh Manusia

Masuknya pestisida melewati kulit merupakan jalur masuk yang paling umum, namun tidak semua jalur dapat menyebabkan toksisitas akut. Lebih dari 90 persen kasus toksisitas pestisida di dunia disebabkan oleh paparan melalui kulit. (Djojsumarto, 2008). Faktor yang berisiko terhadap kontaminasi kulit dipengaruhi oleh formulasi, toksisitas kulit, area dan tingkat paparan kulit, konsentrasi dan kondisi fisik orang yang terpapar. Semakin rendah dosis mematikan 50 (LD50), semakin besar risiko toksik yang terjadi. Semakin padat

konsentrasi pestisida yang menempel pada kulit akan semakin mudah pula diserap oleh kulit yang terpapar, seperti punggung tangan jika kekebalan seseorang lemah.

Pekerjaan yang berisiko kontaminasi kulit biasanya proses penyemprotan, pencampuran pestisida, dan pembersihan kontak dengan pestisida. Keracunan pestisida yang disebabkan oleh menghirup partikel pestisida melalui hidung adalah masalah paling umum kedua setelah kontaminasi kulit. Gas dan partikel semprotan yang sangat kecil (seperti asap berbentuk kabut) dapat masuk ke paru-paru, sedangkan partikel yang lebih besar dapat menempel pada mukosa hidung maupun tenggorokan. Risiko menghirup pestisida melalui saluran pernapasan juga dipengaruhi oleh LD 50 pestisida yang dihirup dan ukuran partikel serta bentuk fisik pestisida (Bambang Wispriyono, 2013).

Pestisida adalah gas yang masuk ke paru-paru dan sangat berbahaya. Partikel atau tetesan yang lebih kecil dari 10 mikron dapat mencapai paru-paru, tetapi tetesan yang lebih besar dari 50 mikron mungkin tidak mencapai paru-paru, tetapi dapat mengiritasi selaput lendir hidung dan tenggorokan. Toksisitas gas/tetesan insektisida yang terhirup tergantung pada konsentrasi di dalam ruangan atau udara, waktu kontak, dan kondisi fisik kontak (Juliana Oliveira Pasiani, 2012).

Pekerjaan yang menyebabkan kontaminasi pada saluran pernapasan biasanya adalah pekerjaan yang melibatkan penyemprotan lahan pertanian, penyemprotan, atau pengusir serangga rumah tangga. Insiden keracunan oral sebenarnya lebih sedikit daripada kontaminasi kulit atau keracunan inhalasi. Contohnya: menyeka keringat dengan sarung tangan atau bahan lain yang terkontaminasi oleh pestisida, meniup benda atau partikel pestisida yang mengambang ke dalam mulut, meniup nozel yang tersumbat, makanan dan minuman yang terkontaminasi pestisida (Rengam, 2001).

4. Mekanisme Keracunan Pestisida

Toksisitas adalah kemampuan suatu zat untuk menyebabkan kerusakan pada sistem biologis.

a. Farmakokinetik

Farmakokinetik adalah sebuah ilmu yang mempelajari pergerakan zat toksik pada organisme, dimulai dari pintu masuk (release), absorpsi, distribusi, metabolisme dan ekskresi. Jumlah zat yang benar-benar masuk ke dalam tubuh disebut dosis. Beberapa jalur masuk yaitu melalui mulut, pernapasan, kulit, dan parenteral.

Penyerapan sangat tergantung pada jalur masuk, kelarutan, sifat kimia dan fisik zat, konsentrasi, daerah kontak, dan kondisi sirkulasi dalam tubuh. Penyerapan dapat terjadi karena berbagai

mekanisme dalam tubuh yang memungkinkan toksin diangkut dari suatu tempat ke tempat lain, yaitu difusi pasif, difusi katalitik, dan transpor aktif. Setelah penyerapan, langkah selanjutnya adalah mendistribusikan xenobiotik ke berbagai organ tubuh. Distribusi ditentukan oleh pengikatan dan kecocokannya pada organ. Jika xenobiotik dapat masuk ke aliran darah, maka distribusinya akan cepat. Distribusi racun ke organ target atau ke seluruh tubuh, bergantung pada sifat kimia fisika racun dan bagaimana respons tubuh terhadap bahan tersebut (Soemirat, 2005).

Semua racun yang masuk ke dalam tubuh akan menjalani proses metabolisme. Metabolisme adalah konversi xenobiotik karena proses seluler. Metabolisme zat-zat tersebut di dalam tubuh meliputi berbagai proses seperti detoksifikasi, hidrolisis, reduksi, oksidasi, dan kombinasi. Hasil dari proses metabolisme adalah penimbunan/penyimpanan dan pengeluaran zat-zat tersebut, dengan atau tanpa transformasi atau perubahan biokimiawi. Racun akan dikeluarkan cepat atau lambat. Mereka diekskresikan dalam bentuk metabolit asli atau konjugat. Rute utama eliminasi melalui urin, tetapi hati dan paru-paru juga merupakan rute eliminasi penting untuk jenis bahan kimia tertentu. (WHO, 2006).

b. Farmakodinamik

Farmakodinamik adalah ilmu yang mempelajari pengaruh zat-zat eksogen yang masuk ke dalam tubuh dan bagaimana zat-zat tersebut bekerja di dalam tubuh. Efek biologis adalah hasil akhir dari banyak proses yang sangat kompleks, yaitu interaksi antara kondisi fungsional normal dan zat eksogen. (Soemirat, 2015).

Efek racun dari senyawa pestisida tergantung pada banyak faktor, yang paling penting adalah dosisnya. Menurut Paracelsus, perbedaan zat beracun dan tidak beracun adalah takaran yang masuk ke dalam tubuh manusia. Dosis menunjukkan seberapa banyak dan seberapa sering suatu zat masuk ke dalam tubuh (Priyanto, 2010).

Frekuensi masuknya suatu zat ke dalam tubuh manusia dapat menyebabkan dua macam toksisitas, yaitu toksisitas akut dan toksisitas kronis. Toksisitas akut mengacu pada efek yang terjadi segera setelah terpapar atau paling parah dalam 24 jam setelah terpapar. Pestisida dengan toksisitas akut yang sangat tinggi dapat menyebabkan kematian langsung meskipun hanya sedikit yang diserap. Tingkat toksisitas akut digunakan untuk mengevaluasi atau membandingkan toksisitas pestisida. Toksisitas kronis mengacu pada paparan berulang. Dalam penelitian hewan laboratorium, paparan berlangsung lebih dari 3

bulan. Toksisitas kronis lebih mungkin terjadi pada sistem biologis di mana pestisida sulit terurai di lingkungan (Priyanto, 2010).

5. Pengertian dan Jenis - Jenis Insektisida

Menurut cara kerjanya, pestisida dibedakan menjadi 4 golongan : (Abdi Hudayya, 2012)

- a. Organoklorin adalah pestisida sintetis tertua dan disebut juga sebagai hidrokarbon terklorinasi. Secara umum, diketahui bahwa toksisitas pada serangga dapat diketahui dengan adanya perubahan sistem saraf pusat, menyebabkan hiperaktif, tremor, dan kejang, kemudian terjadi kerusakan pada sistem persarafan dan otot yang dapat menyebabkan kematian.
- b. Organofosfat adalah insektisida yang bekerja dengan cara menghambat asetilkolinesterase, yang menyebabkan akumulasi asetilkolin sehingga menyebabkan kebingungan dalam sistem transmisi impuls saraf ke sel otot. Kondisi ini menyebabkan impuls gagal, kram otot dan akhirnya kelumpuhan, dan akhirnya serangga mati.
- c. Karbamat adalah insektisida spektrum luas. Karbamat membunuh serangga dengan cara yang sama seperti insektisida organofosfat, yaitu dengan menghambat aktivitas asetilkolinesterase pada sistem saraf. Perbedaannya adalah pada karbamat, penghambatan enzim bersifat reversibel. Karbamat akan terurai dengan cepat.

d. Piretroid adalah piretrin sintetik yang memiliki sifat stabil bila terkena sinar matahari, relatif murah dan dapat secara efektif mengendalikan sebagian besar hama. Piretroid memiliki efek kontak yang kuat, mempengaruhi sistem saraf perifer dan sistem saraf pusat pada serangga.

B. Tinjauan Umum Organofosfat

1. Definisi dan Jenis Organofosfat

Kelompok organofosfat biasa disebut sebagai fosfat organik, insektisida fosfor, fosfat, insektisida fosfat, dan ester fosfat atau ester fosfat. Mereka adalah turunan dari asam fosfat dan biasanya sangat beracun bagi vertebrata. Gugus fosfat organik, susunan kimia dan aksinya mirip dengan gas saraf (Sudarmo, 1991).

Pestisida golongan fosfat organik dipakai secara luas oleh karena memiliki sifat-sifat yang menguntungkan. Bekerja dengan selektif, tidak terus-menerus berada di dalam tanah dan tidak menimbulkan resistensi terhadap serangga. Bekerja sebagai racun kontak, racun perut, dan racun pernafasan. Dosis lebih sedikit, efek memuaskan, efek cepat dan terdekomposisi dengan mudah (Sartono, 2001).

Pestisida organofosfat adalah yang paling beracun dari semua pestisida dan sering menyebabkan keracunan tubuh manusia. Jika pestisida ini tertelan, meskipun sedikit, bisa berakibat fatal. Sebagian besar organofosfat, seperti diazinon, fenthion, fenitoteion, fentoate,

chlorpyrifos, quinalphos, dan malathion, dilarang diedarkan di Indonesia, namun masih diperbolehkan. Bahan aktif dalam kelompok ini banyak digunakan dalam pestisida. Pestisida organofosfat mudah larut dalam air dan jaringan tanaman, dan pestisida organofosfor dimetabolisme dengan cara yang sama seperti metabolisme hewan, cenderung hanya menyimpan metabolit tanaman dan cepat diekskresikan pada hewan (Hartini, 2014).

Fosfat organik adalah kelompok pestisida yang sangat berbahaya karena pengikatan fosfat organik dan insektisida kolinesterase hampir tidak dapat diubah. Keracunan dapat disebabkan oleh penyerapan dari bagian tubuh tertentu, termasuk saluran pernapasan dan kulit. Petani pengguna pestisida golongan ini dapat menyerap pestisida tersebut dalam jumlah yang banyak. Penghambatan aktivitas kolinesterase oleh penyerapan insektisida ini umumnya besar, tetapi tidak menunjukkan gejala yang nyata. Pengurangan aktivitas kolinesterase hingga 60% menyebabkan gejala nonspesifik seperti pusing, mual, lemas, dan nyeri dada. Biasanya, gejala dan kelainan neurologis terjadi ketika aktivitas kolinesterase dihambat hingga 50% atau lebih. Penggunaan pestisida dalam jumlah yang cukup dapat menyebabkan banyak efek kesehatan, termasuk munculnya gejala neurotoksisitas atau neurobakteriosis. (Jett, 2011) (Raini, 2007).

Mekanisme kerja organofosfat adalah menghambat enzim hidrosiasetilkinesterase (AChE) (Jett, 2011). Acetylcholinesterase adalah enzim yang ditemukan di sistem saraf pusat dan perifer yang menghidrolisis neurotransmitter asetilkolin. Asetilkolin adalah transmitter saraf yang terletak di persambungan saraf dan otot dan bertanggung jawab untuk mentransmisikan rangsangan saraf. (Raini, 2007).

Efek agen organofosfor berikut telah dibuktikan pada hewan dan secara teori efek yang mungkin terjadi pada manusia: (Kamanyire, 2004)

- a. Inaktivasi oleh fosforilasi beta esterase lainnya.
- b. Mengubah pelepasan neurotransmitter, misalnya. Asam γ -aminobutyric (GABA) dan glutamate.
- c. Meningkatkan jumlah GABA dan reseptor dopamine.
- d. Bertindak sebagai agonis pada reseptor muskarinik M2/M4.
- e. Penghambatan enzim mitokondria, respirasi dan generasi ATP.
- f. Induksi degranulasi sel mast, mungkin menyebabkan pelepasan histamin atau senyawa mirip histamin.
- g. Penghambatan oksida nitrat.
- h. Mengganggu surfaktan di paru-paru.
- i. Penghambatan fosfolipase A2.
- j. Gangguan imunitas humoral dan seluler, misalnya fungsi limfosit T.

Pestisida yang merupakan golongan organofosfat yaitu:
(Djojsumarto, 2008)

- a. Acefate diperkenalkan pada tahun 1972. Acefate adalah kontrol spektrum luas dari mengunyah dan merokok hama, seperti kutu daun, larva lepidopteran, pengorok daun, dan wereng.
- b. Kadusafos, merupakan insecticide dan nematocide, bekerja sebagai racun kontak dan racun perut.
- c. Chlorfenvinphos. Insektisida ini tidak sistemik dan dapat digunakan sebagai racun kontak dan racun lambung, dengan efek residu jangka panjang.
- d. Klorpirifos adalah insektisida non-sistemik yang diperkenalkan pada tahun 1965 sebagai racun kontak, lambung dan inhalasi.
- e. Kumafos. Insektisida ini tidak dapat mengendalikan hama dipteran secara sistemik.
- f. Diazinon. Insektisida dan akarisida non-sistemik yang bekerja sebagai racun kontak, racun perut, dan efek inhalasi. Diazinon juga digunakan sebagai agen perawatan benih.
- g. Dichlorvos. Insektisida dan akarisida ini tidak bersifat sistemik, dapat digunakan sebagai racun kontak, racun perut dan racun inhalasi. Dichlorvos memiliki efek knockdown yang sangat cepat. Digunakan dalam pertanian, kesehatan masyarakat, dan pestisida rumah tangga.

- h. Malation. Insektisida yang dapat diubah menjadi senyawa lain yang bersifat racun bagi serangga selama metabolisme serangga. Insektisida dan akarisida non-sistemik ini bertindak sebagai racun perut dan racun kontak, serta memiliki efek inhalasi. Asam malat juga digunakan dalam kesehatan masyarakat untuk mengendalikan vektor penyakit.
- i. Parathion adalah pestisida pertama yang digunakan dalam pertanian dan ditemukan pada tahun 1946. Ini disintesis oleh struktur utama yang diusulkan oleh G. Schrader. Parathion adalah insektisida dan akarisida. Mekanisme kerjanya adalah neurotoksin penghambat kolinesterase. Tidak memiliki efek sistemik. Dapat digunakan sebagai racun kontak, racun perut dan darah, dan racun pernapasan.
- j. Profenofos, adalah Insektisida dan akarisida bukan sistemik memiliki sifat tembus cahaya dan bersifat bakterisida. Profenophos digunakan untuk menghalau bermacam jenis parasit (khususnya tungau).
- k. Triazophos, adalah insektisida, mitisida, dan nematoda spektrum luas yang dapat digunakan sebagai racun kontak dan racun perut. Triazophos tidak memiliki efek sistemik, tetapi dapat menembus jauh ke dalam jaringan tanaman (transparan) dan digunakan untuk mengendalikan berbagai hama, seperti ulat dan tungau.

2. Toksisitas Organofosfat

Organofosfat disebut pestisida yang sangat beracun (virulen). Toksisitas atau toksisitas berkisar dari toksisitas rendah (LD50 pada tikus lebih besar dari 4000 mg / kg berat badan) hingga sangat beracun (LD50 pada tikus lebih besar dari 2 mg / kg berat badan) (Djojsumarto, 2008). Pestisida organofosfat bergabung dengan kolinesterase, yang merupakan enzim yang mengatur aktivitas saraf. Kolinesterase adalah enzim dalam darah dan saraf yang perlu berfungsi secara normal. Ketika seseorang mengalami keracunan organofosfat, tingkat aktivitas kolinesterase akan menurun.

Terdapat 2 jenis enzim kolinesterase yang ditemukan di dalam darah, pertama adalah kolinesterase yang masih ada di sel darah merah yang kedua adalah kolinesterase yang masih ada di plasma. Jika kolinesterase digabungkan dengan kolinesterase, enzim ini dapat berperan dalam tubuh, terutama dengan mengirimkan perintah secara langsung ke otot di dalam tubuh, sehingga otot selalu berfungsi secara tidak terkendali. (Sudarmo, 1991). Selama paparan dosis rendah, gejala sering berhubungan dengan stimulasi reseptor muskarinik perifer.

Dosis tinggi juga dapat berpengaruh pada reseptor nikotinik dan muskarinik pusat. Aktivitas plasma ini menurun dalam waktu 14 hari, dan aktivitas sel darah merah menurun dari minggu ke bulan (Dou, 1990).

Pada orang yang terpapar pestisida organofosfat, tanda dan gejala keracunan termasuk beberapa gerakan otot, penglihatan kabur, robek, mulut berbusa, hipersalivasi, sakit kepala, pusing, berkeringat banyak, dan kram. Pupil atau iris menyebabkan mual, muntah, kram perut, diare, sesak napas, imobilitas atau kelumpuhan, dan pingsan. (Sudarmo, 1991). Menurut WHO, penurunan aktivitas ini dinyatakan dengan pengurangan 30 aktivitas kolinesterase dibandingkan dengan standar (WHO, 1986).

Salah satu masalah utama toksisitas pestisida yaitu tanda dan gejala keracunan seringkali non-spesifik dan sering mirip gejala penyakit umum seperti pusing, lemas, dan mual. Olehnya itu, masyarakat menganggapnya sebagai penyakit yang tidak perlu pengobatan. Ketika aktivitas kolinesterase turun ke 50 dan di bawah normal, gejala klinis baru muncul (M.A. Gallo, 1991).

Keracunan ditentukan menggunakan densitometer sesuai dengan peraturan Departemen Kesehatan. Subyek dinyatakan keracunan jika aktivitas kolinesterasenya kurang atau sama dengan 75%; dalam batas normal jika kadar kolinesterasenya 75 sampai 100%; keracunan ringan 50 sampai kurang dari 75%; keracunan sedang 25 sampai kurang dari 50% sedangkan keracunan berat 0 sampai kurang dari (Depkes, 1992).

Tabel 2. 1 Gejala Toksisitas Senyawa Fosfat Organik

Jaringan saraf dan reseptor	Tempat	Manifestasi
Parasimpatik dan otonom (reseptor muskarinik) pasca ganglion saraf	Kelenjar eksokrin di mata	Peningkatan aktivitas kelenjar saliva, kelenjar lakrimal, berkeringat, kelopak mata menyempit, hematuria, penglihatan kabur, kemerahan konjungtiva, lakrimasi.
	Saluran cerna	Mual, muntah, nyeri punggung bawah, diare, BAB tidak teratur, kembung dan kram, perut kembung
	Saluran napas	Sekresi berlebih pada bronkus, hidung berair, mengi, inflamasi, dada sesak, penyempitan bronkus, batuk, susah bernapas
	Sistem peredaran darah	Denyut jantung menurun, tekanan darah menurun
	Ginjal	Frekuensi produksi urine terputus-putus
Saraf otonom parasimpatik dan simpatik	Sistem jantung dan pembuluh darah	Peningkatan denyut jantung, kulit pucat, peningkatan tekanan darah
	Otot rangka	Kelenturan otot (kelopak mata, kaku pada wajah) kejang, reflex pada tendon menurun, kelumpuhan otot perifer dan pernapasan, kekakuan dan kelemahan, kegelisahan, respons motorik umum terhadap rangsangan suara, kedinginan, ketidakstabilan emosional, ataksia
Otak (reseptor asetilkolin)	Sistem saraf pusat	Somnolen, kelemahan, kebingungan, sakit kepala, kelemahan umum, tidak responsif, gemetar, pernapasan Cheyne-Stokes, dyspnea, kejang, depresi pusat pernapasan, sianosis

(Soemirat, 2015)

3. Metabolisme Organofosfat

Efektivitas dan keamanan pestisida tergantung pada selektivitas lokasi sasaran dan detoksifikasi pada waktu dan tempat yang tepat. Pestisida sebagian besar didetoksifikasi dengan oksidasi, reduksi, atau hidrolisis (metabolisme fase I) untuk memberikan modifikasi kelompok fungsional yang dikonjugasikan untuk ekskresi atau deposisi (metabolisme fase II) (Casida, 2018).

Di antara enzim detoks adalah sitokrom P450s (CYPs), yang menambahkan oksigen di situs sensitif, hidrolase, yang memecah ester dan epoksida, glutathione (GSH) S-transferases (GSTs), yang mengkatalisasi penambahan GSH ke situs sensitif tiol, dan lain-lain glukosil- atau glukuronosiltransferase, yang menggabungkan hidroksil dan gugus karboksil dengan glukosida polar atau substituen glukuronida (Hodgson, 2010).

Beberapa enzim sitokrom P450 terlibat dalam aktivasi organofosfat oksonokson dengan sifat substrat yang berbeda. Misalnya, diketon diaktifkan oleh CYP2C19, parathion diaktifkan oleh CYP3A/5 dan CYP2C8, dan klorpirifos diaktifkan oleh CYP2B6. Aktivasi organofosfat tidak hanya disebabkan oleh desulfurisasi pada proses oksidasi, tetapi reaksi lain juga dapat mengaktifkan senyawa tersebut. Dari perspektif ini, pestisida organofosfat mengalami oksidasi tioeter (pembentukan S = O sulfoksida dan kemudian O = S = O sulfon), yang terjadi pada beberapa gugus pergi yang juga dikatalisis oleh sitokrom

P450. Misalnya, dalam kasus organofosfat fotonik disulfida, sulfoksida dan sulfon merupakan penghambat kolinesterase yang lebih efektif daripada senyawa induknya. Perubahan *in vivo* dalam pestisida mengubah senyawa menjadi metabolit yang lebih efisien. Ini berbeda dengan metabolisme senyawa lain yang dirancang untuk menonaktifkan atau memodifikasi senyawa ini agar tidak beracun (Flaskos, 2012).

C. Tinjauan Umum Enzim Kolinesterase

Kolinesterase (ChE) adalah istilah umum untuk dua enzim dalam tubuh manusia: asetilkolinesterase (AChE) dan butilkolinesterase atau serum kolinesterase (PChE). AChE juga dapat ditemukan dalam darah sebagai sel darah merah kolinesterase. Dalam sistem saraf AChE bertindak untuk "mematikan" sinyal yang dikirimkan oleh saraf kolinergik dengan cara menghilangkan neurotransmitter asetilkolin. Jadi jika AChE dihambat, asetilkolin menumpuk menyebabkan stimulasi berlebihan pada sistem kolinergik. Stimulasi berlebihan pada otot, kelenjar, dan saraf lainnya inilah yang menyebabkan sebagian besar gejala terkait dengan paparan berlebihan terhadap pestisida penghambat kolinesterase (Furman, 2006).

Neuron kolinergik mensintesis asetilkolin dari kolin dan kofaktor asetil koenzim A melalui aksi enzim sintesis choline acetyltransferase. Molekul asetilkolin dikemas menjadi vesikel sinaptik oleh transporter

asetilkolin vesikuler. Setelah terminal depolarisasi, vesikula sinaptik menyatu dengan plasma membran dan melepaskan asetilkolin ke celah sinaptik. Dalam kondisi normal, AChE cepat dan efisien menghidrolisis asetilkolin. Sebelum inaktivasi, molekul asetilkolin berinteraksi dengan reseptor kolinergik postsynaptic untuk mengubah fungsi seluler, baik dengan mengubah fluks ion membran sel postsynaptic atau melalui stimulasi second messenger. Ketika penghambat kolinesterase berikatan dengan sejumlah besar molekul AChE, degradasi yang efisien dari asetilkolin dicegah dan molekul pemancar terakumulasi di sinaps. Kadar asetilkolin sinaptik yang meningkat menyebabkan stimulasi persisten reseptor kolinergik pada sel postsynaptic dan perubahan selanjutnya dari jalur pensinyalan reseptor kolinergik, misalnya, perubahan kadar cAMP intraseluler. Perubahan seluler ini menyebabkan perubahan fungsional pada tingkat jaringan / organisme (Pope, 2005)

Asetilkolin (ACh) adalah neurotransmitter yang ditemukan di ganglia parasimpatis dan simpatis, sambungan neuromuskuler skeletal, sambungan terminal semua saraf parasimpatis postganglionik, serat simpatis pasca-ganglion ke sebagian besar kelenjar keringat, dan di beberapa ujung saraf dalam sistem saraf pusat. Ketika terminal akson terdepolarisasi, vesikula yang mengandung ACh bergabung dengan terminal saraf, melepaskan ACh ke dalam sinaps atau sambungan neuromuskular. Asetilkolinesterase (AChE) adalah enzim yang memecah asetilkolin menjadi dua fragmen inert: asam asetat dan kolin. Dalam

keadaan normal, hampir semua ACh yang dilepaskan oleh akson dihidrolisis dengan segera. Insektisida organofosfat dan karbamat menghambat banyak hidrolase ester karboksilat di dalam tubuh, termasuk AChE, plasma atau butyrylcholinesterase (pseudocholinesterase), dan protease nonspesifik lainnya. AChE ditemukan di jaringan saraf manusia dan otot rangka, dan pada membran sel eritrosit (RBC). Hasil akhir dari penghambatan kolinesterase adalah pembentukan ACh di terminal saraf yang menyebabkan stimulasi berlebihan pada neuron kolinergik. Senjata kimia yang dikenal sebagai "agen saraf" adalah agen penghambat kolinesterase yang bekerja cepat dan mudah menguap yang bekerja mirip dengan fosfor organik dan pestisida karbamat (Clark, 2008).

Asetilkolinesterase juga diekspresikan secara genetik pada permukaan sel darah merah. Banyaknya aktivitas asetilkolinesterase dalam sel darah merah mencerminkan keadaan aktivitas asetilkolinesterase di sel saraf dan otot. Butilkolinesterase atau enzim pseudo-linear diproduksi di hati dan hadir dalam plasma, hati, jantung, pankreas dan otak. Peran butilkolinesterase belum ditentukan namun aktivitasnya mencerminkan asetilkolinesterase yang cukup sebagai penanda fungsi enzim kolinesterase yang baik. Tanda-tanda serta gejala toksisitas penghambat enzim kolinesterase terkait dengan pengaruh 3 area berbeda pada sistem saraf kolinergik, yaitu (1) sebuah daerah pasca-sinaptik yang mempengaruhi ujung saraf saraf parasimpatis (muskarinik). (2) peran ganglia simpatis dan parasimpatis dan sambungan

neuromuskular somatik (nikotin) dan (3) dampak pada sistem saraf pusat. Pasien keracunan mungkin memiliki tanda maupun gejala yang berhubungan dengan stimulasi kolinergik dari berbagai tingkat di tiga daerah ini. Peradangan otot dapat menyebabkan gejala berikut: air liur berlebihan, robek, bronkitis, inkontinensia urin dan tinja, dan muntah. Spasme bronkial, seperti spasme, adalah manifestasi otot. Efek pada sistem kardiovaskular terkait dengan peningkatan yang signifikan dalam ketegangan saraf vagus, seperti bradikardia, peningkatan waktu konduksi nodus dan nodus atrioventrikular, dan penurunan waktu pemuatan atrium efektif (Rahayu, 2018).

D. Tinjauan Umum Alat Pelindung Diri

1. Definisi Alat Pelindung Diri

Berdasarkan Administrasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (OSHA), APD dapat memberikan perlindungan kepada pekerja dari cedera dan penyakit yang disebabkan oleh paparan bahaya di tempat kerja, baik itu bahan-bahan kimia, biologi, radioaktif, listrik, mekanik atau lainnya (OSHA, 2020)

2. Fungsi dan Jenis Alat Pelindung Diri (Permenakertrans, 2010)

a. Pelindung Kepala

Memiliki fungsi untuk melindungi kepala dari benturan, tersandung, jatuh, atau terbentur benda tajam atau keras, melayang atau meluncur di udara, dan terkena radiasi termal, api, dan percikan bahan kimia, Organisme (mikroorganisme) dan suhu

ekstrim. Jenis alat pelindung kepala antara lain helm pengaman, topi atau penutup kepala, penutup rambut atau alat pelindung, dll.

b. Pelindung mata dan wajah

Memiliki fungsi untuk melindungi mata dan wajah dari bahan kimia berbahaya, partikel yang melayang di udara dan air, percikan benda kecil, panas atau uap, radiasi pengion dan gelombang elektromagnetik. Tidak akan mengionisasi, bersinar, memukul atau memukul benda keras atau tajam.

Jenis alat pelindung mata dan wajah antara lain kaca mata safety (kacamata), kaca mata pelindung mata (goggles), pelindung wajah (face shield), masker selam, pelindung wajah, dan masker wajah penuh.

c. Pelindung telinga

Memiliki fungsi melindungi alat pendengaran dari kebisingan atau tekanan. Jenis Jenis alat pelindung telinga meliputi penyumbat telinga dan penutup telinga.

d. Peralatan dan aksesoris pelindung pernapasan

Memiliki fungsi untuk melindungi organ/asap pernafasan dengan mengeluarkan udara yang bersih dan sehat dan/atau menyaring polutan kimia, mikroorganisme, debu, kabut, uap, asap, partikel gas, dan lain-lain. Jenis alat dan perlengkapan pelindung pernapasan antara lain masker, respirator, cartridge, tank, rebreathers, respirator penerbangan, respirator masker selang

udara, tangki selam dan regulator SCUBA, self-closed breathing apparatus (SCBA) dan alat bantu pernapasan darurat.

e. Pelindung tangan

Memiliki fungsi untuk melindungi tangan dan jari dari api, panas, suhu rendah, radiasi elektromagnetik, radiasi pengion, arus listrik, bahan kimia, benturan, pukulan dan goresan, serta infeksi zat patogen (virus, bakteri). Jenis Jenis pelindung tangan antara lain sarung tangan yang terbuat dari logam, kulit, kanvas, kain atau kain berlapis, karet dan sarung tangan tahan bahan kimia.

f. Perlindungan kaki

Memiliki fungsi untuk melindungi kaki dari terjepit atau terbentur benda berat, tertusuk benda tajam, kontak dengan cairan panas dan dingin, uap panas, kontak dengan suhu ekstrim, kontak dengan bahan kimia dan mikroorganisme berbahaya, dan terpeleset. Jenis pelindung kaki berupa sepatu safety digunakan untuk peleburan, pengecoran logam, industri, konstruksi, pekerjaan dengan potensi bahaya ledakan, bahaya listrik, area kerja basah atau licin, bahaya kimia dan mikrobiologi atau hewan, dll.

g. Pakaian pelindung

Memiliki fungsi untuk melindungi sebagian atau seluruh tubuh dari suhu yang sangat panas atau dingin, paparan api dan benda panas, percikan bahan kimia panas, cairan dan logam, uap

panas, benturan dengan mesin, peralatan dan bahan, goresan, radiasi, hewan, mikroorganisme patogen manusia, hewan, tumbuhan dan lingkungan, seperti virus, bakteri dan jamur Jenis pakaian pelindung Jenis pakaian pelindung meliputi rompi (rompi), celemek (coverall), jaket dan pelindung yang sebagian atau seluruhnya tertutup. tubuh pakaian.

h. Peralatan pelindung jatuh pribadi

Memiliki fungsi untuk mencegah pekerja berpindah ke tempat yang dapat menyebabkan jatuh, atau untuk menjaga pekerja pada posisi miring atau menggantung dari posisi kerja yang dipersyaratkan, dan untuk menahan jatuhnya pekerja agar tidak jatuh. Tipe Jenis peralatan pelindung jatuh pribadi meliputi body harness (suspender), carabiner, sling, lanyard, klem tali, pengurang kecepatan, dan sistem penahan jatuh bergerak. Penangkapan jatuh).

i. Pelampung

Memiliki fungsi untuk melindungi pengguna yang bekerja di atas air dari bahaya tenggelam dan atau untuk mengatur daya apung pengguna dalam posisi tenggelam (negatif buoyancy) atau mengambang (neutral buoyancy). Jenis pelampung termasuk jaket pelampung, jaket pelampung, dan perangkat kontrol daya apung.

3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penggunaan Alat

Pelindung Diri (APD)

Faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan alat pelindung diri (APD) antara lain: (Sulasmi, 2018)

- a. Pengetahuan, dihasilkan oleh perasaan seseorang tentang suatu objek tertentu.
- b. sikap, yaitu tanggapan atau reaksi seseorang terhadap rangsangan atau benda.
- c. Status APD yang terkait dengan fasilitas/ketersediaan APD dapat meningkatkan prestasi kerja setiap tenaga kerja.
- d. Pengawasan, berupa observasi dan evaluasi kualitatif dan kuantitatif.
- e. Dukungan sosial dari rekan kerja dan pimpinan. Peran rekan kerja adalah mengajak penggunaan alat pelindung diri, dan peran atasan/pemimpin adalah menyarankan, memberi sanksi atau memberi hadiah.

E. Tinjauan Umum Status Gizi

Status gizi merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi status kesehatan. Keadaan gizi adalah keadaan yang disebabkan oleh keseimbangan antara asupan zat gizi dalam makanan dengan kebutuhan zat gizi tubuh. Status gizi sangat dipengaruhi oleh asupan gizi. Pemanfaatan zat gizi oleh tubuh manusia dipengaruhi oleh

dua faktor, yaitu faktor primer dan faktor sekunder. Faktor utama adalah asupan gizi yang disebabkan oleh komposisi makanan yang salah, sedangkan faktor sekunder adalah zat gizi yang tidak dapat memberikan kecukupan pada tubuh karena terhambatnya penggunaan zat gizi di dalam tubuh. (Thamaria, 2017).

Tergantung pada jenis kekurangan gizi, berbagai metode pengukuran dapat digunakan untuk menilai status gizi. Hasil penilaian status gizi dapat memberikan gambaran mengenai derajat defisiensi gizi yang berbeda, seperti status gizi terkait kesehatan atau status gizi terkait penyakit. Penentuan status gizi dapat dilakukan berdasarkan pengukuran panjang badan, lingkar kepala, berat badan, lingkar dada dan empat indikator BB/U, PBTB/U, BB/PBTB, dan indeks BMI/U. Penilaian status gizi oleh Gibson dibagi kedalam 5 metode yaitu antropometri, laboratorium, klinis, survei konsumsi pangan serta faktor ekologi. (Gibson, 2005). Untuk remaja yang masih dalam masa pertumbuhan hingga usia 18 tahun digunakan indeks BMI/U, sedangkan untuk remaja berusia 18 tahun ke atas digunakan indeks BMI (Thamaria, 2017).

Dalam keadaan kurang gizi, protein dalam tubuh sangat terbatas. Beberapa enzim yang mengaktifkan neurotransmitter terbuat dari protein. Jika ketersediaan protein diubah, pembentukan enzim yang diaktifkan juga akan diubah. Gangguan pembentukan enzim yang diaktifkan menghambat stimulasi impuls. Misalnya, asetilkolinesterase dihambat, yang menghancurkan hidrolisis asetilkolin, yang mengarah

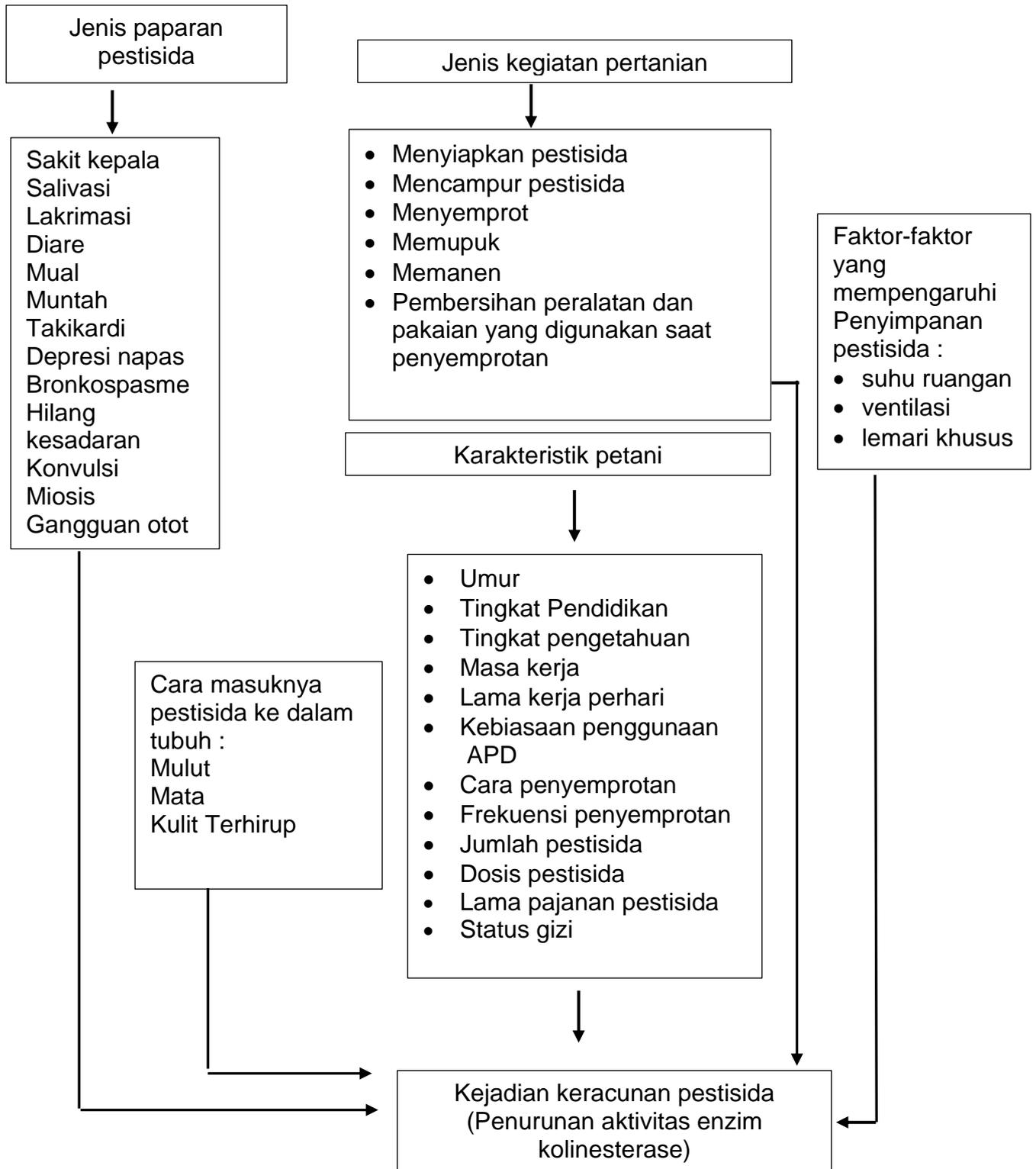
pada akumulasi asetilkolin, yang mengarah pada penghancuran sistem saraf pusat dan fungsi motorik, yang pada gilirannya menyebabkan penyakit lain di dalam tubuh (Starks, 2010)

Secara umum konsumsi makanan yang kaya akan lemak total akan meningkatkan kerentanan terhadap toksisitas organik persisten dari xenobiotic. Lemak diketahui dapat memfasilitasi penyerapan gastrointestinal (GI) senyawa yang larut dalam lemak [misalnya, diklorodifenil-trikloroetana (DDT), poliklorinasi bifenil (PCB), dan benzo(a)pyrene] melalui pembentukan misel campuran yang efektif melarutkan senyawa eksogen. Juga diketahui bahwa asupan lemak makanan mempengaruhi komposisi lipid membran sel dan status redoks, berpotensi mengubah toksisitas pada tingkat sel. Selain lemak, konsumsi makanan tinggi karbohidrat dapat mempengaruhi toksisitas pestisida. Misalnya, organofosfat seperti parathion telah digunakan sebagai pestisida di seluruh dunia, dan toksisitasnya telah dilaporkan diperkuat oleh konsumsi sirup jagung tinggi fruktosa (HFCS) (Wang, 2008).

Asupan protein yang kurang optimal akan meningkatkan toksisitas sebagian besar xenobiotik ini karena efeknya pada enzim biotransformasi yang terlibat dalam detoksifikasi. Suatu penelitian terhadap hewan percobaan memperlihatkan bahwa hewan yang kekurangan protein adalah 2-5 kali lebih rentan terhadap pestisida organofosfat seperti malathion, diazinon, dan demeton dibandingkan dengan kelompok dengan diet protein yang memadai. Kematian akibat

paparan dari phthalamide suatu fungisida, captan, ditemukan 26 kali lebih besar pada tikus yang memakan makanan yang kekurangan protein dibandingkan dengan kelompok yang cukup protein (Boyd, 1970). Lou, dkk. melaporkan bahwa konsumsi merah daging dan ikan dikaitkan dengan peningkatan kadar pestisida organoklorin (OCP) pada wanita Cina yang hamil (Luo, 2016).

F. Kerangka Teori

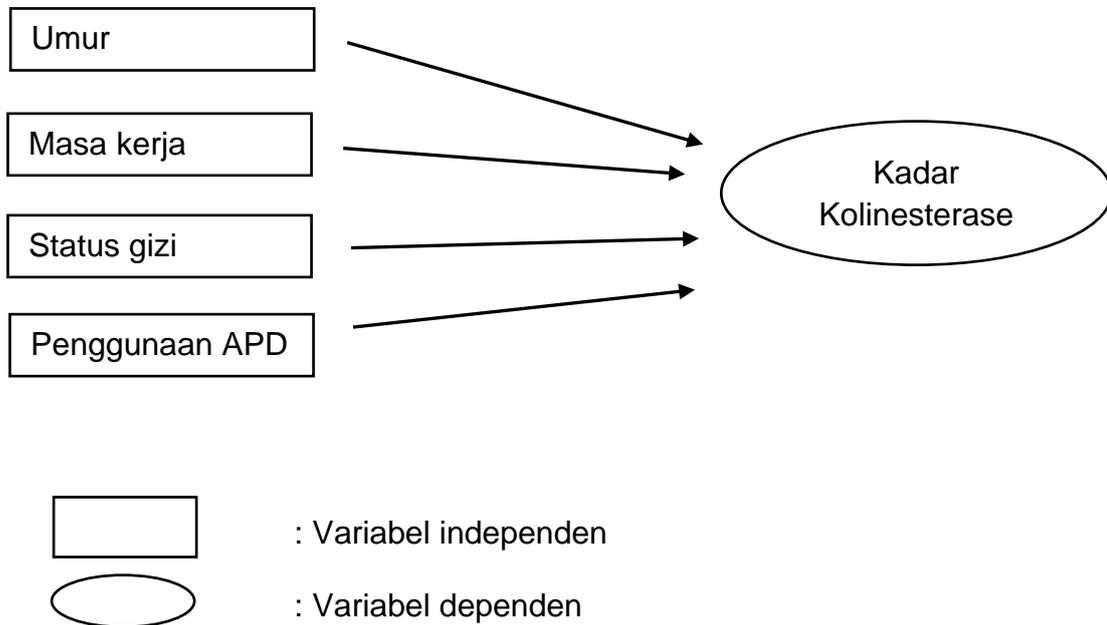


Gambar 2.1 Kerangka Teori

G. Kerangka Konsep

Karena keterbatasan waktu penelitian, tenaga, biaya dan masalah untuk dipelajari, hanya ada beberapa faktor dapat dipelajari dalam kerangka teoritis. Maka pertimbangan pentingnya faktor tersebut dan kesanggupan peneliti yang dipilih menjadi variabel yang akan diteliti. Sehingga hanya variabel terpilih tersebut yang disusun menjadi kerangka konsep penelitian terhadap kejadian keracunan pestisida.

Beberapa faktor yang diteliti antara lain umur, masa kerja, status gizi dan penggunaan APD. Umur berkaitan dengan sistem kekebalan tubuh karyawan perkebunan yang dapat menentukan derajat keracunan pestisida. Masa kerja berhubungan dengan jangka waktu karyawan bekerja di perkebunan kelapa sawit dan melakukan kontak dengan pestisida. Status gizi berkaitan dengan bagaimana komponen atau komposisi asupan makanan serta massa tubuh karyawan mempengaruhi metabolisme senyawa pestisida di dalam tubuh. Adapun penggunaan APD berhubungan dengan tingkat keselamatan karyawan dari bahaya paparan pestisida.. Semua faktor tersebut (umur, masa kerja, status gizi, penggunaan APD) merupakan variabel independen yang berpotensi untuk menyebabkan terjadinya keracunan pestisida dalam hal ini dapat diketahui dengan rendahnya nilai pengukuran kadar enzim kolinesterase darah (kadar kolinesterase darah sebagai variabel dependen).



Gambar 2.2 Kerangka Konsep

H. Hipotesis

Terdapat pengaruh umur, masa kerja, status gizi, dan penggunaan APD terhadap kadar kolinesterase darah pada karyawan perkebunan kelapa sawit.

I. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif

1. Umur

Definisi operasional:

Umur pekerja pada saat dilakukan penelitian yang dibuktikan dengan identitas pekerja (KTP).

Kriteria objektif:

- a. Umur muda: <35 tahun
- b. Umur tua: \geq 35 tahun

2. Masa kerja

Definisi operasional:

Periode waktu kerja karyawan kelapa sawit sejak dia bekerja, yang dihitung berdasarkan tahun.

Kriteria objektif:

- a. Masa kerja baru: kurang dari 5 tahun
- b. Masa kerja lama: lebih atau sama dengan 5 tahun

3. Status gizi

Definisi operasional:

Keadaan gizi karyawan pada saat dilakukan penelitian yang ditentukan berdasarkan IMT (BB dalam kg) dibagi TB² (dalam meter)

Kriteria objektif: (Kemkes, 2019)

a. Normal : 18,5-25,0 kg/m²

b. Tidak normal :

kekurangan berat badan tingkat berat <17,0 kg/m²

kekurangan berat badan tingkat ringan 17,0-18,4 kg/m²

kelebihan berat badan tingkat ringan 25,1-27,0 kg

kelebihan berat badan tingkat berat >27,0 kg/m²

4. Penggunaan APD

Definisi operasional:

Alat pelindung diri (masker dan sarung tangan) yang digunakan oleh karyawan saat melakukan penyemprotan pestisida.

Kriteria objektif:

- a. Menggunakan APD: Selalu atau kadang-kadang menggunakan APD
- b. Tidak menggunakan APD: tidak pernah menggunakan APD

5. Kadar kolinesterase

Definisi operasional:

Kadar kolinesterase yang ada dalam darah karyawan penyemprot pestisida yang diukur dengan menggunakan *Tintometer Kit*.

Kriteria objektif:

- a. Normal (>75%-100%),
- b. keracunan ringan pestisida (>50%-75%),
- c. keracunan sedang pestisida (>25%-50%) dan
- d. keracunan berat pestisida (0%-25%).