

**HUBUNGAN KARAKTERISTIK PAJANAN INSEKTISIDA *PYRETHROID*
DENGAN AKTIVITAS *CHOLINESTERASE* DARAH PETUGAS FOGGING
BALAI BESAR KEKARANTINAAN KESEHATAN
MAKASSAR**

***RELATIONSHIP BETWEEN PYRETHROID INSECTICIDE EXPOSURE
CHARACTERISTICS AND BLOOD CHOLINESTERASE ACTIVITY OF
FOGGING WORKERS OF MAKASSAR HEALTH QUARANTINE CENTRE***



**WAHYUDI HIDAYAT
K032221016**



**STUDI MAGISTER KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**Optimization Software:
www.balesio.com**

HALAMAN PENGAJUAN TESIS

HUBUNGAN KARAKTERISTIK PAJANAN INSEKTISIDA *PYRETHROID* DENGAN AKTIVITAS *CHOLINESTERASE* DARAH PETUGAS *FOGGING* BALAI BESAR KEKARANTINAAN KESEHATAN MAKASSAR

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Disusun dan diajukan oleh

WAHYUDI HIDAYAT
K032221016

Kepada



JUDI MAGISTER KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024

TESIS

HUBUNGAN KARAKTERISTIK PAJANAN INSEKTISIDA *PYRETHROID*
DENGAN AKTIVITAS *CHOLINESTERASE* DARAH PETUGAS *FOGGING*
BALAI BESAR KEKARANTINAAN KESEHATAN MAKASSAR

WAHYUDI HIDAYAT

K032221016

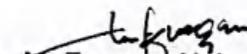
telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Magister pada Tanggal
30 Juli Tahun 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

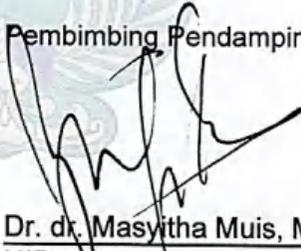
Program Studi S2 Keselamatan dan Kesehatan Kerja
Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

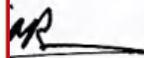
Pembimbing Utama


dr. M. Furqaan Naiem, MSc., Ph.D
NIP 19690901 199903 2 002

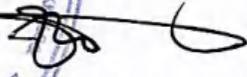
Pembimbing Pendamping,


Dr. dr. Masyitha Muis, MS
NIP 19690901 199903 2 002

Ketua Program Studi S2
Keselamatan dan Kesehatan Kerja



S. Russeng, MS
001

Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Hasanuddin,



Prof. Sukri Palutturi, SKM., M.Kes., M.Sc.PH., Ph.D
NIP 19720529 200112 1 001

F
N

Optimization Software:
www.balesio.com

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Hubungan Karakteristik Paparan Insektisida *Pyrethroid* dengan Aktivitas *Cholinesterase* Darah Petugas *Fogging* Balai Besar Kekejarantinaan Kesehatan Makassar" adalah benar karya saya dengan arahan dari tim pembimbing (dr. M. Furqaan Naiem, M.Sc.,Ph.D sebagai Pembimbing Utama dan Dr. dr. Masyita Muis, MS sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah disubmit di Jurnal *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences (IJCBS) Volume 25 (19) (2024): 473-480*. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, Juli 2024



Wahyudi Hidayat
NIM K032221016



Optimization Software:
www.balesio.com

Ucapan Terima Kasih

Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan sukses dan disertasi ini dapat terampungkan atas bimbingan, diskusi dan arahan dr. M. Furqaan Naiem, M.Sc.,Ph.D sebagai Pembimbing Utama dan Dr. dr. Masyita Muis, MS sebagai Pembimbing Pendamping. Saya mengucapkan berlimpah terima kasih kepada mereka. Penghargaan yang tinggi juga saya sampaikan kepada Menteri Kesehatan atas Bapak Agus Jamaludin, SKM.,M.Kes yang telah mengizinkan kami untuk melaksanakan penelitian di lapangan, dan kepada Ibu Marhani, S.ST atas bantuannya mulai dari persiapan sampel sampai dengan proses pemeriksaan sampel darah di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat Makassar. Terima kasih juga saya sampaikan kepada Sdri. Iva Hardi Yanti, SKM.,M.Kes atas bantuan dalam pengujian statistik.

Kepada Menteri Kesehatan, saya menyampaikan terima kasih atas beasiswa Tugas Belajar Sumber Daya Manusia Kesehatan yang diberikan (No. HK.01.07/A/2910/2023) selama menempuh pendidikan pada program Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di FKM Unhas Makassar ini. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada pimpinan Universitas Hasanuddin, Dekan FKM Universitas Hasanuddin, Ketua Program Studi serta para dosen S2 K3 yang telah memfasilitasi saya menempuh pendidikan pada program Magister serta rekan-rekan seperjuangan Angkatan IV.

Akhirnya, kepada Almarhum/Almarhumah kedua orang tua tercinta, saya menyampaikan terima kasih dan diiringi doa akan kesuksesan Ananda, Tesis ini saya hadiahkan untuk mereka. Penghargaan yang besar juga saya sampaikan kepada seluruh keluarga atas motivasi dan dukungan yang tak ternilai.

Penulis,



Wahyudi Hidayat



ABSTRAK

Wahyudi Hidayat. **HUBUNGAN KARAKTERISTIK PAJANAN INSEKTISIDA PYRETHROID DENGAN AKTIVITAS CHOLINESTERASE DARAH PETUGAS FOGGING BALAI BESAR KEKARANTINAAN KESEHATAN MAKASSAR** (dibimbing oleh M. Furqaan Naiem dan Masyitha Muis)

Latar belakang. Penggunaan zat kimia Phyretroid dalam senyawa insektisida yang diindikasikan relatif aman bagi manusia, terbukti memiliki kontribusi atas gangguan sistem fisiologis tubuh khususnya pada sistem saraf dan sel otot. Phyretroid dapat masuk dengan sangat mudah kedalam tubuh melalui saluran pencernaan, saluran pernapasan dan kulit pada saat pajanan. Olehnya penting untuk terus mengeksplorasi prediktor yang dapat mempengaruhi aktivitas enzim cholinesterase sebagai upaya pencegahan risiko kesehatan. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk menentukan hubungan karakteristik pajanan pestisida dengan aktivitas enzim cholinesterase darah. **Metode.** Penelitian ini menggunakan metode studi observasional analitik berbasis laboratorium, yang dilakukan pada 31 petugas fogging Balai Besar Kekejarantinaan Kesehatan Makassar. Untuk analisis data, digunakan uji Mann-Whitney dan Kruskal-Wallis, sesuai dengan distribusi data yang tidak normal. Pemeriksaan darah responden dilakukan pada Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar (terakreditasi KAN). **Hasil.** Tidak ditemukan hubungan karakteristik pajanan pestisida yang diamati dengan aktivitas enzim cholinesterase darah responden dalam konteks uji non-parametrik ($p > 0.05$), kelompok-kelompok tersebut memiliki distribusi yang serupa secara statistik dalam variabel yang diteliti. Adapun nilai hasil uji statistik yakni umur $p = 0.691$, masa kerja $p = 0.098$, indeks massa tubuh $p = 0.797$, tingkat pengetahuan $p = 0.217$, tindakan fogging $p = 0.350$, dan penggunaan alat pelindung diri $p = 0.860$. Adapun variabel dosis insektisida, frekuensi fogging, dan durasi pajanan secara temuan data tidak dapat dilakukan uji dalam analisis statistik karena tidak memiliki variasi yang diperlukan untuk mengidentifikasi pola data. **Kesimpulan.** Karakteristik pajanan insektisida Phyretroid tidak berkaitan dengan aktivitas cholinesterase darah petugas fogging. Namun, untuk mengurangi risiko paparan insektisida, penting untuk tetap memantau kesehatan secara berkala dan menggunakan APD yang lebih lengkap. Hal ini disebabkan karena beberapa nilai persentil kadar cholinesterase hampir mendekati batas atas normal.

Kata kunci : Cholinesterase Darah; Insektisida; Phyretroid; Kesehatan Kerja.



Optimization Software:
www.balesio.com

ABSTRACT

Wahyudi Hidayat. **RELATIONSHIP BETWEEN PYRETHROID INSECTICIDE EXPOSURE CHARACTERISTICS AND BLOOD CHOLINESTERASE ACTIVITY OF FOGGING WORKERS OF MAKASSAR HEALTH QUARANTINE CENTRE** (supervised by M. Furqaan Naiem and Masyitha Muis)

Background. The use of Pyrethroid chemicals in insecticide compounds, which are relatively safe for humans, has been shown to contribute to disturbances in the body's physiological systems, particularly the nervous system and muscle cells. During exposure, pyrethroid can enter the body quickly through the digestive tract, respiratory tract, and skin. Therefore, it is important to continue exploring predictors that can affect cholinesterase enzyme activity to prevent health risks. **Aim.** This study aims to determine the relationship between the characteristics of pesticide exposure and the activity of blood cholinesterase enzymes. **Method.** This study utilized an analytical observational method based in the laboratory, conducted on 31 fogging personnel from the Health Quarantine Centre, Makassar. The Mann-Whitney and Kruskal-Wallis tests were employed for statistical data analysis and were suitable for non-normally distributed data. The respondents' blood tests were conducted at the Makassar Health Laboratory Center (accredited by KAN). **Result.** The characteristics of pesticide exposure observed did not show a significant relationship with the cholinesterase enzyme activity in the respondents' blood in the context of non-parametric tests ($p > 0.05$); these groups statistically exhibited similar distributions in the variables under study. The statistical test results were as follows: age, $p = 0.691$; length of service, $p = 0.098$; body mass index, $p = 0.797$; knowledge level, $p = 0.217$; fogging actions, $p = 0.350$; and use of personal protective equipment, $p = 0.860$. The insecticide dose, fogging frequency, and exposure duration variables could not undergo statistical analysis due to insufficient variation in the data findings to identify patterns. **Conclusion.** Exposure characteristics to Pyrethroid insecticides were not associated with the cholinesterase activity in the blood of fogging personnel. Nevertheless, it is essential to continue enhancing regular health monitoring and use more comprehensive personal protective equipment to reduce the risk of insecticide exposure, considering that some percentiles of cholinesterase levels approach the upper normal limits.

Keywords: Blood Cholinesterase; Insecticide; Pyrethroid; Occupational Health.



Optimization Software:
www.balesio.com

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

Istilah/ Singkatan	Kepanjangan/Pengertian
ACh	<i>Acetylcholine</i>
AChE	<i>Anticholinesterase</i>
ALP	<i>Alkali Phospatase</i>
APAR	Alat Pemadam Api Ringan
APD	Alat Pelindung Diri
ASN	Aparatur Sipil Negara
ATLM	Ahli Teknologi Laboratorium Medik
BB	Berat Badan
BBKK	Balai Besar Kekearifan Kesehatan
BB Labkesmas	Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat
BuChE	<i>Butyrylcholinesterase</i>
BPOM	Badan Pengawas Obat dan Makanan
BS	<i>Bacillus Sphaericus</i>
BTI	<i>Bacillus Thuringiensis Var Israelensis</i>
CDC	<i>Centers for Disease Control and Prevention</i>
CHE	<i>Cholinesterase Enzyme</i>
COVID-19	<i>Corona Virus Disease-19</i>
DBD	Demam Berdarah Dengue
DGKC	<i>The German Society of Clinical Chemistry</i>
EDTA	<i>Ethylen Diamine Tetra Acetic Acid</i>
GABA	<i>Gamma-Aminobutyric Acid</i>
ILO	<i>International Labour Organization</i>
	Indeks Massa Tubuh
	<i>Indoor Residual Spraying</i>
	<i>Insecticide Treated Net</i>
	Keselamatan dan Kesehatan Kerja



Istilah/ Singkatan	Kepanjangan/Pengertian
KKP	Kantor Kesehatan Pelabuhan
LC	<i>Lethal Concentration</i>
LD	<i>Lethal Dose</i>
LLIN	<i>Long Lasting Insecticidal Net</i>
MCU	<i>Medical Check Up</i>
MIC	<i>Methylisocyanate</i>
MSDs	<i>Musculoskeletal Disorders</i>
NAB	Nilai Ambang Batas
NIEHS	<i>National Institute of Environmental Health Sciences</i>
NTE	<i>Neuropati Target Esterase</i>
OP	<i>Organofosfat</i>
PAK	Penyakit Akibat Kerja
PLBDN	Pos Lintas Batas Darat Negara
PPNP	Pegawai Pemerintah Non Pegawai Negeri
PPPK	Pegawai Pemerintah dengan Perjanjian Kerja
PRL	Pengendalian Risiko Lingkungan
PSN	Pemberantasan Sarang Nyamuk
SP	<i>Synthetic Pyreteroid</i>
SPO	Standar Prosedur Operasional
SPSS	<i>Statistical Program for Social Science®</i>
TB	Tinggi Badan
TDI	<i>Toluene Diisocyanate</i>
US	<i>United State</i>
	<i>United State Environmental Protection Agency</i>
	<i>Ultra Low Volume</i>
	<i>Voltage-Gated Sodium Channels</i>
	<i>Volume Median Diameter</i>



Istilah/ Singkatan	Kepanjangan/Pengertian
WHO	<i>World Health Organization</i>
WUS	Wanita Usia Subur
3M Plus	Menguras, Menutup, Memanfaatkan dan Mencegah perkembangbiakan nyamuk
3-PBA	<i>3-Phenoxybenzoic acid</i>
cis-DCCA	<i>Cyclopropanecarboxylic acid</i>
trans-DCCA	<i>2,2-dimethylcyclopropane carboxylic acid</i>



DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGAJUAN TESIS.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
Ucapan Terima Kasih	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan dan Manfaat.....	5
1.3.1. Tujuan Umum	5
1.3.2. Tujuan Khusus.....	5
1.4. Manfaat Penelitian	6
1.4.1. Manfaat Teoritis	6
1.4.2. Manfaat Praktis.....	6
1.5. Teori Umum Terkait Potensi Bahaya K3 di Tempat Kerja.....	7
1.5.1. Bahaya faktor kimia	7
1.5.2. Bahaya faktor fisik	7
1.5.3. Bahaya faktor biologi	7
1.5.4. Bahaya faktor ergonomis.....	7
1.6. Teori umum keselamatan dan kesehatan kerja petugas <i>fogging</i>	8
1.6.1. Tenaga pelaksana <i>fogging</i>	8
1.6.2. Jalur pajanan toksikan	8
1.6.3. Identifikasi	9
1.6.4. Aplikasi intervensi vector dan binatang pembawa penyakit.....	10
1.6.5. Jumlah enzim <i>cholinesterase</i>	11
1.6.6. Faktor-faktor yang mempengaruhi keracunan pestisida.....	13



1.7. Kerangka teori penelitian	21
1.8. Skope penelitian	22
1.9. Kerangka konsep penelitian	23
1.10. Hipotesis Penelitian	23
BAB II METODE PENELITIAN	25
2.1. Tempat dan Waktu	25
2.2. Bahan dan Alat	25
2.2.1. Bahan.....	25
2.2.2. Alat.....	25
2.3. Metode Penelitian	25
2.3.1. Populasi	25
2.3.2. Sampel.....	26
2.4. Pelaksanaan Penelitian	26
2.4.1. Pengumpulan Data	26
2.4.2. Pengolahan dan Analisis Data	27
2.4.3. Etika Penelitian	28
2.5. Parameter Pengamatan.....	29
2.5.1. Kadar enzim <i>cholinesterase</i>	29
2.5.2. Usia.....	29
2.5.3. Masa Kerja.....	29
2.5.4. Indeks Massa Tubuh (IMT).....	29
2.5.5. Tingkat Pengetahuan.....	30
2.5.6. Dosis insektisida <i>Phyretroid</i>	30
2.5.7. Frekuensi <i>Fogging</i>	30
2.5.8. Tindakan <i>Fogging</i>	31
2.5.9. Durasi Pajanan	31
2.5.10. Penggunaan APD	31
2.5.11. Gejala/Keluhan Kesehatan	32
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	33
3.1. Hasil	33
.....	40
Faktor umur, masa kerja, dan indeks massa tubuh (IMT) dengan <i>cholinesterase</i>	42
Pengetahuan dan Praktik Kerja (tindakan) dengan Aktivitas <i>base</i>	44



3.2.3 Hubungan Penggunaan APD (Alat Pelindung Diri) dengan Aktivitas Cholinesterase	46
3.3. Keterbatasan Penelitian.....	47
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
4.1. Kesimpulan	48
4.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
1. Jenis perlengkapan pelindung diri petugas fogging	19
2. Distribusi karakteristik responden (petugas <i>fogging</i>) Balai Besar Kekarantinaan Kesehatan Makassar tahun 2024.....	33
3. Konsentrasi Hasil Pemeriksaan <i>Cholinesterase</i> Darah Petugas <i>Fogging</i> Balai Besar Kekarantinaan Kesehatan Makassar Tahun 2024	34
4. Distribusi Berdasarkan Jumlah Keluhan Kesehatan yang Dirasakan Petugas Fogging Balai Besar Kekarantinaan Kesehatan Makassar Tahun 2024.....	35
5. Distribusi hasil pemeriksaan kadar enzim cholinesterase darah responden berdasarkan umur, masa kerja, Indeks Massa Tubuh, Tingkat Pengetahuan, Tindakan Fogging, dan Penggunaan APD Petugas fogging Balai Besar Kekarantinaan Kesehatan Makassar tahun 2024	37



DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Subkelas insektisida	10
2. Mesin ULV	11
3. Mesin pengkabut panas.....	11
4. Alat pelindung diri petugas <i>fogging</i>	20
5. Kerangka teori	21
6. Kerangka konsep penelitian	23
7. Alur penelitian	26
8. Frekuensi jenis keluhan kesehatan hasil pemeriksaan kadar enzim <i>cholinesterase</i> darah Petugas <i>fogging</i> Balai Besar Kekeparantinaan Kesehatan Makassar tahun 2024	36



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
1. Lembar persetujuan responden (<i>Informed Consent</i>).....	61
2. Kuesioner penelitian	62
3. Master tabel data	68
4. Master tabel keluhan kesehatan yang dirasakan responden	74
5. Lembar observasi tindakan penyemprotan	76
6. Output SPSS.....	78
7. <i>Curriculum vitae</i>	87
8. Dokumentasi Penelitian	88
9. Rekomendasi persetujuan etik	90
10. Surat izin penelitian BBKK Makassar	91
11. Surat izin penelitian BB Labkesmas Makassar	92
12. Surat keterangan selesai penelitian.....	93



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia salah satu negara dengan iklim tropis yang secara geografis berada pada garis khatulistiwa (de Jong et al., 2018; Dacosta, Messakh & Kuswara, 2023; Mentari, 2023), kondisi ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara dengan perkembangan kasus tular vektor (nyamuk) yang tinggi dan beberapa wilayahnya menjadi endemi, bahkan mengalami *outbreak* hingga lebih 70% dari pelaporan terkait (CDC, 2020; Kemenkes RI, 2023a; Martini, et al., 2023).

World Health Organization (2023a) mendeskripsikan pencegahan dan pengendalian bergantung pada bentuk pengendalian vektor yang akan dilakukan, sedangkan Kementerian Kesehatan RI (2017) telah menghimbau bahwa pengendalian vektor harus mengutamakan asas keamanan, rasionalitas, dan efektivitas pelaksanaan termasuk mengupayakan keberhasilannya. Hingga saat ini khususnya di Indonesia, upaya pengendalian vektor nyamuk berupa fogging masih menjadi pilihan atas pemberantasan nyamuk dewasa dan pra-dewasa selain pengaplikasian teknik 3M Plus (menguras, menutup, memanfaatkan dan mencegah perkembangbiakan nyamuk) (Purnama, 2017; Firdatullah, Azis & Hidayah, 2020; Cakranegara, 2021; Baghowi & Busahdiar, 2022; Permenkes Nomor 2 Tahun 2023, 2023).

Terlepas dari kontraproduktif upaya pengendalian nyamuk berupa fogging, keterpaparan bahan kimia insektisida bagi petugas fogging terbukti berbahaya bagi kesehatan, seperti menimbulkan kerusakan hati, gagal ginjal, kanker kulit, gangguan fungsi biologi sel, hingga kematian (Kemenkes RI, 2020; Setiawati et al., 2021; Kurniawidjaja et al., 2021). Zat kimia pestisida yang berbahaya masuk ke dalam tubuh dapat melalui mulut, kulit, dan inhalasi utamanya pada pekerja saat proses produksi, transportasi, pencampuran dan pemuatan, serta pengaplikasian pestisida di lapangan (Klaassen, Amdur & Doull, 2019).

Empat kelas utama insektisida yang sering digunakan dalam upaya pengendalian vektor nyamuk meliputi organoklorin, organofosfat, pyrethroid, dan carbamat (Klaassen, Amdur & Doull, 2019), lebih lanjut Gaffari (2023) menguraikan bahwa insektisida yang umum digunakan untuk penyemprotan dalam ruangan diantaranya golongan pyrethroid (deltamethrin, alpha-cypermethrin, cyfluthrin, etofenprox, bifenthrin, lambda-cyhalothrin, dan permetrin), golongan organofosfat (malathion dan fenitrothion), serta carbamat (propoxur dan bendiocarb).

Menilik penggunaan pyrethroid atau *Phyretroid* (senyawa kimia insektisida

yang umum digunakan sebagai bahan pengendalian vektor strukturnya sangat mirip piretrin (senyawa insektisida alami) efek yang cukup beracun bagi serangga dan mamalia, serta dapat di lingkungan daripada piretrin (Todd & Wohlers, 2003). Tinjauan al., (2022) atas *Phyretroid* menyimpulkan bahwa zat tersebut



memiliki sifat neurotoksikan bagi perkembangan saraf manusia dan kemungkinan besar telah terjadi paparan pada populasi umum.

Serangkaian uji eksperimen yang membuktikan bahaya pyrethroid diantaranya dilakukan oleh Khan (2003) pada hewan uji *Calotes versicolor*, menunjukkan bahwa terjadi penurunan aktivitas kolinesterase hingga 27% dan 54% di ginjal dan 20% dan 35% di hati pada sampel di bawah pengaruh sipermetrin (pyrethroid), lebih lanjut Hedges et al (2019) menemukan bukti *Phyretroid* mengurangi aktivitas enzimatis asetilkolinesterase pada organ hati manusia. Kemudian temuan Mun, Lee & Han (2005) untuk sipermetrin mendapatkan bukti yang mengindikasikan bahwa senyawa tersebut tidak dapat secara langsung menginduksi degenerasi neuron dopamin tetapi mampu mempercepat efek toksik pada degenerasi neuron dopamin.

Konsekuensi yang merugikan atas paparan *Phyretroid* turut ditemukan dalam uji eksperimen yang dilakukan Hossain et al (2004) pada hewan uji coba tikus jantan Sprague Dawley, dimana paparan *Phyretroid* (allethrin, cyhalothrin, dan deltamethrin) mampu mengubah transmisi kolinergik yang menyebabkan pelepasan asetilkolin (Ach) secara berbeda di hipokampus (bagian terpenting otak yang sebagian besar terdiri dari neuron kolinergik) hewan uji setelah pemberian sistemik dan diukur secara in vivo menggunakan metode mikrodialisis, sebagaimana diketahui permasalahan pada sistem neuron kolinergik berefek pada gangguan kognitif.

Hasil percobaan Ahmed, et al (2015) terkait paparan *Phyretroid* dari jenis sipermetrin pada hewan uji ikan *channa striatus* turut membuktikan terjadi penghambatan aktivitas enzim yang diikuti dengan peningkatan kandungan asetilkolin (Ach) di semua jaringan *channa striatus* selama periode paparan, serta terjadi peningkatan aktivitas asetilkolinesterase (AChE) secara tiba-tiba selama paparan 24 jam. Sedikit berbeda dengan hasil riset Khan et al (2003) menunjukkan bahwa aktivitas kolinesterase mengalami penurunan pada sampel yang diberi perlakuan atas konsentrasi sipermetrin dan permetrin yang berbeda (0,1% dan 1%).

Gangguan berupa penurunan aktivitas AchE juga ditemukan pada data laboratorium Badiou & Belzunces (2008) untuk hewan uji lebah menggunakan *Phyretroid* deltamethrin, menemukan bahwa *Phyretroid* memiliki efek sekunder yang mendasari neurotoksisitas (kemampuan zat kimia untuk menyebabkan gangguan pada sistem saraf). Bukti eksperimen lainnya atas paparan sipermetrin yang mampu mempengaruhi penurunan kadar enzim kolinesterase ditemukan pada hewan uji tikus wistar oleh Amir, et al. (2016) dengan kadar enzim Cholinesterase terendah yaitu 4059.9 U/L setelah pemberian dosis paparan bahan sipermetrin sebanyak 2,15 mg/kg.

Substansi inti dari kondisi terabsorpsinya senyawa kimia golongan pyrethroid hingga menimbulkan bahaya bagi tubuh yakni ketika zat yang terserap ketubuh perantara pembuluh darah dan saling berinteraksi di dalam axon senyawa/zat (pyrethroid) menembus saluran natrium berpintu Gated Sodium Channels/VGSCs) dan melakukan mekanisme aksi untuk menyeimbangkan fungsi Sodium Channels dengan melakukan perubahan dan berdampak pada masuknya ion natrium ke dalam sel. Mekanisme ini berlanjutan dan berdampak pada masuknya ion natrium ke dalam sel secara permanen, mekanisme ini berlanjut pada terganggunya



aktivitas enzimatis asetilkolinesterase hingga memodifikasi situs pengikatan aktif substrat. Penghambatan asetilkolinesterase menyebabkan akumulasi asetilkolin atau terjadi stimulasi berlebihan pada sistem saraf sehingga terjadi kondisi kedutan otot (fasciculation), kelemahan otot, dan kelumpuhan (Wang, Ou & Wang, 2017; Holyńska-Iwan & Szewczyk-Golec, 2020), efek merugikan lainnya menimbulkan neurotoksisitas, gangguan endokrin, dan toksisitas reproduksi (Dar, Kaushik and Villareal Chiu, 2020).

Lebih rinci atas kajian rencana riset, temuan Artini & Aryasa (2020) pada sepuluh petugas fogging di Denpasar turut membuktikan terdapat satu temuan pada petugas fogging yang memiliki kadar kholinesterase rendah ($4,4 \pm 0,00$ kU/L), dimana semakin rendah kadar kholinesterase semakin membuktikan terjadi keracunan akibat paparan zat kimia pada tubuh. Adapun hasil pengamatan Sari, dkk (2016) pada sepuluh petugas fogging di Kabupaten Bantul menunjukkan terdapat 20% petugas mengalami tingkat keracunan ringan setelah melakukan fogging, artinya terdapat sekiranya satu diantara 10 petugas yang kemungkinan mengalami aktivasi kholinesterase pada tubuh dengan kadar yang tidak normal.

Sebagaimana temuan pada kajian riset yang telah diuraikan dan dikutip dalam Badiou & Belzunces (2008); Artini & Aryasa (2020); & Tsatsakis (2021) kholinesterase berperan mengatur aktivitas otot, kelenjar, dan sel saraf yang bekerja secara harmonis. Olehnya pengukuran aktivitas AchE diantaranya menggunakan serum darah sebagai biomarker sebagian besar dapat digunakan untuk memantau kerusakan saraf yang terjadi pada kelompok berisiko.

Temuan Hendriani, dkk (2020) terkait kadar kholinesterase pada petugas fogging di Kota Denpasar menunjukkan terjadi penurunan kadar kholinesterase dalam darah kaitannya dengan lama bekerja, serta paparan pestisida yang tidak disadari masuk melalui mulut dengan perilaku makan, minum, dan merokok ketika sedang bekerja. Choi, et al., (2023) dalam penelitiannya tentang risiko kesehatan petugas pengendalian hama dan desinfeksi setelah wabah Corona Virus Disease-19 (COVID-19) di Korea Selatan menjelaskan bahwa jumlah pekerja yang mengalami kelesuan otot, perih pada kulit dan wajah, sesak napas, dan nyeri leher meningkat akibat paparan bahan kimia saat bekerja.

Subjek yang berbeda atas pengamatan aktivitas kadar kholinesterase yang memperburuk kondisi kesehatan ditemukan dalam riset Hotang, dkk (2020) pada petani di Desa Gawu-Gawu Bouso Gunungsitoli, Kecamatan Utara Kota Gunungsitoli yang menggunakan pestisida menunjukkan, terdapat hubungan signifikan antara dosis, jumlah, waktu, dan frekuensi penyemprotan dengan aktivitas kadar kholinesterase.

Hasil kajian Pawestri & Sulistyaningsih (2021) terkait paparan zat kimia ini turut menunjukkan hubungan antara paparan pestisida dengan oral. Determinan atas pengamatan meliputi lama penyemprotan, rotan, lama kerja, dan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD). Kajiannya pun menemukan faktor lama bekerja dan intensitas a pada petugas pest control mempengaruhi enzim kholinesterase rendah dari $4,62$ kU/L pada empat responden.



Berbeda dari beberapa kajian literatur yang ditemukan sebelumnya terkait paparan zat kimia insektisida pyrethroid, Ely (2020) dalam risetnya tentang analisis kadar enzim *cholinesterase* pada petugas fogging Kantor Kesehatan Pelabuhan (KKP) Kelas II Ambon menunjukkan bahwa rata-rata kadar enzim *cholinesterase* Petugas fogging dalam rentang normal yaitu 5,320 - 12,920 U/L. Sebuah artikel yang diterbitkan Agustdini, dkk (2014) juga menemukan hal yang serupa dimana para petugas fogging terdeteksi tidak mengalami gangguan kesehatan kaitannya dengan kadar *cholinesterase* dengan minimal masa kerja 3 tahun.

Perbedaan temuan tersebut menjadi dasar peneliti untuk turut serta melakukan kajian atas risiko paparan insektisida terhadap aktivitas *cholinesterase* darah petugas fogging pada kelompok subjek yang serupa namun berbeda lokasi sebagai pembandingan yakni pada petugas fogging BBKK Makassar. Pengamatan pada petugas fogging KKP dianggap penting mengingat peran dan tanggungjawab serta wilayah kerjanya sedikit berbeda dengan instansi kesehatan lainnya yakni cegah tangkal penyakit dan masalah kesehatan disektor pintu masuk bandara/pelabuhan, bahkan diuraikan dalam linimasa Biro Komunikasi & Pelayanan Publik Kementerian Kesehatan Republik Indonesia bahwa ruang lingkup kerja KKP di Indonesia juga turut membersamai Dinas Kesehatan setempat dalam penanganan masalah pengendalian penyakit dan penyehatan lingkungan yang ada (Kemenkes RI, 2016).

Lebih lanjut dalam peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 2 tahun 2014 tentang klasifikasi KKP menjelaskan bahwa upaya kegiatan pemberantasan terhadap vektor nyamuk yang dilakukan berupa pemberantasan sarang nyamuk, pengasapan (fogging), maupun penyemprotan (residual spraying) (Kemenkes RI, 2014). Pengendalian faktor risiko di wilayah bandara, pelabuhan dan pos lintas batas darat negara (PLBDN) dianggap penting mengingat pintu masuk orang, alat angkut dan barang harus bebas dari vektor penular penyakit seperti nyamuk *Aedes aegypti* vektor dari penyakit DBD dan penyakit Zika, Chikungunya dan Yellow fever yang merupakan salah satu penyakit karantina.

Hasil pengumpulan data sekunder terkait pelaksanaan fogging di wilayah kerja bandara internasional Sultan Hasanuddin Makassar dengan total luas area yang disemprot adalah 18 Ha dengan jumlah insektisida yang digunakan selama tahun 2021 sebanyak 18 liter. Pelaksanaan fogging dari bulan Januari sampai dengan bulan November 2021 telah dilaksanakan dengan frekuensi 14 kali (KKP Makassar, 2021). Pada tahun 2022 area yang dilakukan penyemprotan seluas 35 Ha dengan jumlah insektisida yang digunakan 35 liter (KKP Makassar, 2022).

Selanjutnya data terkait pemeriksaan *Medical Check Up* (MCU) karyawan BBKK Makassar pada tahun 2022 khususnya petugas entomolog kesehatan yang melakukan tindakan pengendalian vektor menunjukkan bahwa dari 19 orang petugas yang telah dilakukan pemeriksaan enzim *cholinesterase*, 17 diantaranya menunjukkan kadar enzim *cholinesterase* dalam darah normal dan mengalami gangguan enzim hati (Profil BBKK Makassar, 2022). Sembilan orang Pegawai Pemerintah Non Pegawai Negeri yang melaksanakan kegiatan fogging belum pernah dilakukan pemeriksaan enzim *cholinesterase*. Insektisida yang digunakan dalam pelaksanaan fogging



di BBKK Makassar adalah golongan *pyrethroid* yaitu *lambda cyhalotrin* dan *cypermethrin*.

Berdasarkan uraian latar belakang, maka penulis akan meneliti dan meninjau keterkaitan karakteristik pajanan pestisida yang dapat mempengaruhi aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada petugas *fogging* di BBKK Makassar.

1.2. Perumusan Masalah

Pelaksanaan pengendalian vektor dan disinfeksi merupakan rutinitas dalam rangka pengendalian faktor risiko di pintu masuk negara oleh petugas BBKK Makassar, namun kegiatan tersebut memiliki dampak lain yang sangat berisiko terhadap timbulnya kejadian keracunan pestisida akibat paparan dan kontak langsung dengan zat kimia bagi para petugas. Olehnya menilai besarnya dampak yang dapat ditimbulkan bagi kesehatan para petugas *fogging*, serta masih minimnya kajian yang meninjau faktor risiko terkait keracunan pestisida khususnya di lingkup KKP, maka peneliti bermaksud melakukan kajian masalah terkait bagaimana hubungan karakteristik pajanan insektisida *pyrethroid* dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* di BBKK Makassar?".

1.3. Tujuan dan Manfaat

1.3.1. Tujuan Umum

Menganalisis hubungan karakteristik pajanan insektisida *pyrethroid* dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* di BBKK Makassar.

1.3.2. Tujuan Khusus

- 1.3.2.1. Menganalisis hubungan usia dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* di BBKK Makassar.
- 1.3.2.2. Menganalisis hubungan masa kerja dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* di BBKK Makassar.
- 1.3.2.3. Menganalisis hubungan Indeks Massa tubuh (IMT) dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* di BBKK Makassar.
- 1.3.2.4. Menganalisis hubungan tingkat pengetahuan tentang insektisida dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* di BBKK Makassar.
- 1.3.2.5. Menganalisis hubungan dosis insektisida *pyrethroid* dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* di BBKK Makassar.

Menganalisis hubungan frekuensi *fogging* terhadap dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* di BBKK Makassar.

Menganalisis hubungan tindakan penyemprotan dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* di BBKK Makassar.

Menganalisis hubungan durasi pajanan dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* di BBKK Makassar.



- 1.3.2.9. Menganalisis hubungan penggunaan APD dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas fogging di BBKK Makassar.
- 1.3.2.10. Menentukan gejala/keluhan kesehatan pada Petugas fogging setelah melakukan aktivitas pengendalian vektor dan disinfeksi.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil pelaksanaan penelitian ini diharapkan akan memberikan manfaat sebagai berikut :

1.4.1. Manfaat Teoritis

- 1.4.1.1. Melalui penelitian ini diharapkan dapat menambah khasanah ilmu pengetahuan bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) tentang risiko kesehatan akibat penggunaan pestisida dan pencegahan terhadap terjadinya Penyakit Akibat Kerja (PAK) yang diakibatkan karena paparan pestisida.
- 1.4.1.2. Penelitian ini dapat memberikan gambaran karakteristik pajanan pestisida terhadap aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada pekerja yang kontak dengan pestisida.
- 1.4.1.3. Melalui penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pelaksanaan monitoring dan pengawasan untuk memastikan penggunaan pestisida telah dilakukan dengan aman dan sesuai dengan prosedur/aturan yang berlaku.

1.4.2. Manfaat Praktis

- 1.4.2.1. Bagi pemerintah dan lembaga terkait
Menjadi bahan referensi dalam penyusunan regulasi dan standar prosedur operasional bagi petugas pengendali vektor dan binatang pembawa penyakit di lingkungan Kementerian Kesehatan maupun Kementerian lainnya dalam hal kebijakan penggunaan pestisida.
- 1.4.2.2. Bagi institusi pendidikan
Sebagai tambahan referensi tentang aktivitas *cholinesterase* darah dan pengaruhnya terhadap kesehatan pada pekerja yang menggunakan pestisida serta menjadi tambahan literatur dan menguatkan teori yang sudah ada.
- 1.4.2.3. Bagi peneliti
Merupakan bentuk aplikasi dan pengamalan ilmu pengetahuan tentang K3 pekerja yang kontak dengan pestisida khususnya bagi petugas vektor serta menjadi tantangan dalam melakukan perubahan terapan budaya K3 dan peningkatan status kesehatan pada yang kontak dengan pestisida.



1.5. Teori Umum Terkait Potensi Bahaya K3 di Tempat Kerja

Potensi bahaya di tempat kerja tidak dapat diprediksi namun melakukan upaya preventif dengan mengidentifikasi hingga mengevaluasi risiko di lingkungan kerja dapat menjadi langkah sederhana dalam menjaga lingkungan kerja yang aman dan sehat bagi setiap pekerja dan sekitarnya. Potensi bahaya kesehatan dan keselamatan yang umumnya dilaporkan terjadi di lingkungan kerja diantaranya karena faktor kimia, fisik, faktor biologi, faktor ergonomis dan faktor psikologi (*International Labour Organization* (ILO), 2018). Secara rinci dirincikan pada poin berikut :

1.5.1. Bahaya faktor kimia

Bahan kimia berbahaya dapat berbentuk padat, cairan, uap, gas, debu, asap atau kabut yang dapat masuk ke dalam tubuh melalui kulit dan terdistribusi keseluruh tubuh atau menuju organ-organ tubuh tertentu, sedangkan proses pengeluaran zat beracun dari dalam tubuh dapat melewati urine, saluran pencernaan, sel epitel dan keringat.

Guna mengantisipasi dampak negatif di lingkungan kerja akibat bahaya faktor kimia maka perlu dilakukan pengendalian lingkungan kerja secara teknis sehingga kadar bahan kimia di udara pada lingkungan kerja tidak melampaui nilai ambang batas (NAB). Di Indonesia, selain lembar data keselamatan, penyediaan pelabelan bahan kimia merupakan salah satu kewajiban pengusaha/pengurus dalam mengendalikan bahan kimia di tempat kerja (*International Labour Organization* (ILO), 2018).

1.5.2. Bahaya faktor fisik

Faktor bahaya fisik pada lingkungan kerja antara lain karena kebisingan, pencahayaan, getaran, iklim kerja, gelombang mikro dan sinar ultra ungu. Faktor tersebut dapat bersumber dari proses produksi atau produk samping yang tidak diinginkan namun tidak dapat dihindari kecuali dengan perbaikan mutu (*International Labour Organization* (ILO), 2018).

1.5.3. Bahaya faktor biologi

Banyak aktivitas kerja yang mengandung bahaya bagi pekerja diantaranya risiko faktor biologi, sebagian besar disebabkan oleh jenis paparan yang berbeda, serta kontak dengan agen yang sangat berbahaya, risiko biologis di tempat kerja memerlukan pendekatan yang kompleks dalam kaitannya dengan penilaian risiko dan manajemen risiko, yang menjadi lebih sulit karena beragamnya agen biologis, dan teknik kerja yang dapat menentukan paparan (Corrao *et al.*,



tor ergonomis

kni menyesuaikan lingkup pekerjaan dengan kondisi para pekerja menciptakan lingkungan kerja yang sehat untuk mengendalikan atau

menghilangkan potensi bahaya. Risiko potensi bahaya ergonomi akan meningkat dengan tugas monoton, berulang atau kecepatan tinggi, terlebih dengan postur tidak nyaman saat bekerja, terdapat kondisi pendukung yang kurang sesuai, hingga kurang istirahat (*International Labour Organization (ILO)*, 2018).

1.6. Teori umum keselamatan dan kesehatan kerja petugas *fogging*

1.6.1. Tenaga pelaksana *fogging*

Insektisida sebagai pestisida adalah setiap zat atau campuran senyawa kimia yang dimaksudkan untuk mencegah, membunuh, mengusir, mengendalikan atau mengurangi hama, termasuk serangga atau vektor nyamuk, hewan pengerat, jamur, dan tanaman yang tidak diinginkan (gulma) karena dianggap merusak pertanian dan lingkungan di masyarakat serta mampu menyebabkan morbiditas hingga mortalitas pada manusia (WHO, 2020; Kesetyaningsih *et al.*, 2023; NIEHS, 2023; US EPA, 2023).

Fogging merupakan pemberantasan nyamuk menggunakan mesin/alat insektisida khusus pada area tertentu dengan ketentuan dilakukan oleh pelaku atau pekerja yang terlatih, fokus penanggulangan yakni kegiatan pemutusan rantai penularan DBD mencakup radius minimal 200 meter, pemberantasan sarang nyamuk penular DBD dengan PSN 3 M plus, larvasida selektif, penyuluhan dan atau pangasapan/*fogging* dengan menggunakan insektisida harus sesuai rekomendasi Dinas Kesehatan (PERBUP, 2017).

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan (2023) pasal 38 bahwa tenaga pengendalian vektor dan binatang pembawa penyakit meliputi entomolog kesehatan dan atau tenaga kesehatan lingkungan terlatih lainnya yang telah melalui pendidikan dan atau pelatihan di bidang entomologi kesehatan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan. Lebih lanjut, dijelaskan bahwasanya setiap tenaga pelaksana selama melaksanakan tugasnya harus menggunakan APD agar terhindar dari bahaya keracunan insektisida, olehnya semua tenaga yang terpapar dengan insektisida wajib melakukan pemeriksaan kesehatan minimal setiap enam bulan sekali (Kemenkes RI, 2012).

1.6.2. Sumber dan jalur pajanan toksikan

Menurut WHO (2020), masyarakat umum dapat terpapar pestisida namun dalam jumlah kecil melalui makanan dan air yang dikonsumsi, tetapi hal tersebut tidak menimbulkan kekhawatiran khusus dengan dosis yang sangat kecil. Kelompok yang terkena dampak buruk terhadap kesehatan adalah para pekerja kontak langsung dengan pestisida.

Bahan kimia dapat memberikan efeknya menurut *International Labour Organization* yakni, efek lokal terjadi pada area tubuh yang bersentuhan dengan bahan kimia, efek sistemik terjadi setelah bahan kimia diserap dan masuk ke bagian tubuh lainnya. Sebagian besar zat



menghasilkan efek sistemik saja, namun beberapa zat dapat menyebabkan efek lainnya (ILO, 2004).

Kurniawidjaja, dkk (2021) menguraikan bahwa semakin cepat senyawa kimia masuk ke dalam darah, maka semakin besar dan cepat pula dampaknya. Oleh karena itu, informasi jalur pajanan yang dilalui oleh senyawa kimia turut berpengaruh dalam pengambilan keputusan sebagai upaya pengendalian terhadap kesehatan.

Rute utama zat beracun dapat masuk ke dalam tubuh untuk kondisi kerja normal yakni melalui inhalasi, kulit, dan konsumsi (zat kimia tertelan) (ILO, 2004). Hal yang sama dijelaskan Kurniawidjaja, dkk., (2021) bahwa jalur inhalasi dan dermal merupakan jalur pajanan yang paling sering dijumpai. Namun, karena luas permukaan alveoli lebih besar atau $\pm 140 \text{ m}^2$ dibandingkan luas permukaan kulit yakni sekitar $1,5\text{--}2 \text{ m}^2$ dan tipisnya dinding alveoli $\pm 0,5$ mikron dibandingkan ketebalan kulit sekitar $1\text{--}2 \text{ mm}$, sehingga pajanan inhalasi lebih signifikan daripada pajanan dermal.

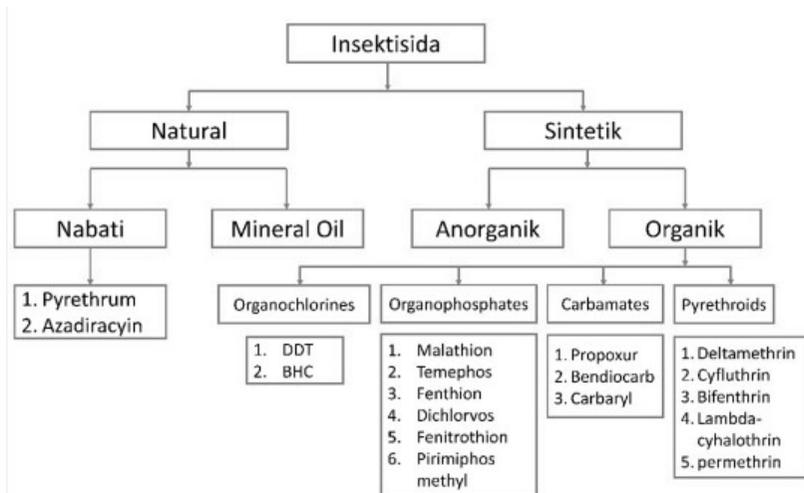
Jalur sumber dan pajanan toksikan di tempat kerja dapat melalui: 1) Inhalasi (penghirupan) dengan menghirup dan atau terhirup kontaminan kimia ataupun radioaktif di udara (debu, uap, gas) termasuk yang mudah menguap, jalur keluarnya melalui ekshalasi namun terkadang dapat menetap dalam saluran pernapasan sehingga menimbulkan gangguan kesehatan; 2) Kontak Kulit menjadi jalur pajanan bagi toksikan yang berwujud cair dengan kemampuan menguap (volatilitas) yang rendah; 3) Mata, dapat terserap oleh pembuluh darah mata dan akhirnya tersebar ke seluruh tubuh; 4) Ingesti yaitu melalui mulut dan tertelan, jika tertelan, bahan berbahaya akan melewati saluran cerna; 5) Injeksi yaitu toksikan dapat masuk ke tubuh manusia melalui luka atau penetrasi kulit dan menyebar ke seluruh tubuh (ILO, 2004; Kurniawidjaja, dkk., 2021; CDC, 2022).

1.6.3. Jenis pestisida

Menurut Kaur, et al., (2019) metode klasifikasi pestisida yang paling umum dan berguna didasarkan pada komposisi kimia dan sifat bahan aktifnya. Berdasarkan komposisi kimianya, pestisida diklasifikasikan menjadi empat kelompok utama yaitu; organoklorin, organofosfat, karbamat dan piretrin atau *Phyretroid*.

Secara umum pestisida modern merupakan bahan kimia organik. Bahan-bahan tersebut termasuk pestisida yang berasal dari sintetik dan tumbuhan. Namun, beberapa senyawa anorganik juga digunakan sebagai pestisida. Insektisida merupakan pestisida penting yang selanjutnya dapat diklasifikasikan menjadi beberapa subkelas sebagai berikut :





Sumber : Kaur, et al., (2019)

Gambar 1. Subkelas insektisida

Penggunaan pestisida untuk pengendalian vektor dan binatang pembawa penyakit, diantaranya yakni : 1) Golongan *Organofosfat* (OP): Pestisida ini bekerja dengan menghambat enzim *cholinesterase*. OP banyak digunakan dalam kegiatan pengendalian vektor baik untuk *space spraying*, *Indoor Residual Spraying* (IRS), maupun larvasidasi; 2) Golongan Karbamat: Cara kerja pestisida ini identik dengan OP, namun bersifat *reversible* (pulih kembali) sehingga relatif lebih aman dibandingkan OP; 3) Golongan *Phyretroid* (SP): Pestisida ini lebih dikenal sebagai *synthetic pyretroid* (SP) yang bekerja mengganggu sistem saraf; 4) Mikroba; 5) Neonikotinoid; 6) Fenilpirasol; 7) Nabati: Pestisida nabati merupakan kelompok pestisida yang berasal dari tanaman; 8) Repelan : Repelan merupakan bahan yang diaplikasikan langsung ke kulit, pakaian atau lainnya untuk mencegah kontak dengan serangga (Kemenkes RI, 2017).

1.6.4. Peralatan aplikasi intervensi vector dan binatang pembawa penyakit

Berdasarkan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 peralatan dan aplikasi pengendalian vektor dan binatang pembawa penyakit yaitu :

1.6.4.1. Mesin pengkabut dingin (*Ultra Low Volume/ULV*, mesin aerosol)



untuk penyemprotan ruang (*space spray*) di dalam bangunan dapat dioperasikan di atas kendaraan pengangkut, dijinjing atau partikel yang disyaratkan *Volume Median Diameter* (VMD) kurang takan berdasarkan pengujian, apabila tingkat kebisingan melebihi at pelindung pendengaran harus dipakai selama pengoperasian pada mesin.



Sumber : www.google.com/images

Gambar 2. Mesin ULV

1.6.4.2. Mesin pengkabut panas atau *hot fogger*

Mesin ini digunakan untuk penyemprotan ruang di dalam bangunan atau ruang terbuka yang tidak dapat dicapai dengan mesin pengkabut panas yang dioperasikan di atas kendaraan pengangkut. *Portable* ini harus memiliki sebuah *nozzle energy* panas tempat larutan pestisida dalam minyak atau campuran dengan air dimasukkan secara terukur. Apabila tingkat kebisingan melebihi 85 desibel, tanda alat pelindung pendengaran dipasang permanen pada mesin dan harus dipakai selama pengoperasian.



Sumber : www.google.com/images

Gambar 3. Mesin Pengkabut Panas

1.6.5. Tinjauan umum enzim *cholinesterase*



Optimization Software:
www.balesio.com

lah enzim dari kelas hidrolase yang mengkatalisis pembelahan kolin dan asetat (Dorland & Douglas (2012); Colovic, at al. (2013) Solihat (2018)). ditemukan di sistem saraf pusat, terutama di ujung saraf, di sel darah merah, dan di ujung motorik otot rangka (, 2012).

1.6.5.1. Fisiologi asetilkolin dan cholinesterase

1.6.5.1.1. *Acetylcholine* (ACh) sebagai Neurotransmitter

Neurotransmitter ACh pertama ditemukan pada semua ganglia otonom, pada banyak organ yang dipersarafi secara otonom, pada sambungan neuromuskular, dan pada banyak sinapsis di sistem saraf pusat. Dalam sistem saraf otonom, ACh adalah neurotransmitter pada neuron simpatik dan parasimpatik preganglionik, dan juga di medula adrenal dan berfungsi sebagai penghantar saraf di semua organ yang mengandung parasimpatis. ACh juga merupakan neurotransmitter pada kelenjar keringat, dan pada otot piloerector dari sistem saraf otonom simpatis (Colovic et al., 2013 dalam Rahayu & Solihat, 2018 hal.395).

Efek stimulasi ACh pada sel otot skeletal dihasilkan oleh pengikatan reseptor ACh ke nicotinic ACh, dinamakan demikian karena dapat juga diaktifkan oleh nikotin. Efek ACh pada sel lain terjadi ketika ACh berikatan dengan reseptor ACh muskarinik; Efek ini juga bisa diproduksi oleh muscarine (obat yang berasal dari jamur beracun tertentu) (Rahayu & Solihat, 2018 hal.395).

1.6.5.1.2. *Cholinesterase*

Colovic et al., (2013) dalam Rahayu & Solihat, (2018 hal.396) mengemukakan bahwa sebuah reaksi yang diperlukan untuk memungkinkan neuron kolinergik kembali ke keadaan istirahat setelah aktivitas. Ini melibatkan dua jenis:

- 1) *Acetylcholinesterase* (AChE, *acetylcholine acetylhydrolase*, E.C. 3.1.1.7) ditemukan pada banyak jenis jaringan pengatur: jaringan saraf dan otot, jaringan pusat dan perifer, serat motor dan sensor, dan serat kolinergik dan nonkolinergik. Aktivitas AChE lebih tinggi pada neuron motorik daripada neuron sensorik. AChE juga ditemukan di selaput sel darah merah. Enzim ini berada dalam bentuk molekul ganda, yang memiliki sifat katalitik serupa, namun berbeda dalam rakitan oligomer dan cara menempelnya pada permukaan sel.
- 2) *Pseudokolinesterase* (BuChE, EC 3.1.1.8), juga dikenal sebagai *cholinesterase plasma*, *butyrylcholinesterase*, atau *acylcholine asylhydrolase*, ditemukan terutama di hati. Berbeda dengan AChE, BuChE menghidrolisis butyrylcholine lebih cepat daripada ACh.

1.6.5.2. Pemeriksaan biomarker enzim *cholinesterase*

Gupta (2019) menjelaskan bahwa biomarker secara umum dapat didefinisikan sebagai indikator atau peristiwa pensinyalan dalam sistem biologis atau sampel perubahan terukur pada tingkat molekuler, biokimia, seluler, fisiologis, patologis, atau tingkat lainnya yang menunjukkan paparan, respons, atau kerusakan yang disebabkan oleh paparan terhadap *xenobiotik*. Pada bidang toksikologi, biomarker telah digunakan sebagai penanda keterpaparan, efek, dan kerentanan. Pengukuran biomarker memungkinkan perjalanan waktu cedera dan memberikan informasi tentang tingkat paparan molekuler toksisitas.

Pemeriksaan biomarker dapat digunakan untuk memprediksi, mendeteksi, dan mengukur toksisitas yang diinduksi obat selama studi praklinis dan uji klinis. Biomarker juga dapat digunakan untuk memantau paparan pestisida, serta metabolit dan logamnya dalam urine, berfungsi



sebagai biomarker paparan yang paling akurat dan andal di bidang pertanian, industri, dan keselamatan dan kesehatan kerja (Gupta, 2019).

Salah satu pemeriksaan fungsi hati yang dapat memberikan gambaran fungsi hati adalah *cholinesterase*. Umumnya kadar *cholinesterase* menurun pada kerusakan parenkim hati seperti hepatitis kronis dan adanya lemak dalam hati. Pemeriksaan ini sering dipakai sebagai pemeriksaan tunggal pada pasien yang mengalami keracunan hati akibat obat-obatan termasuk keracunan insektisida (Bastiansyah, 2008).

Waktu paruh biologis dari berbagai *Phyretroid* bervariasi antara 2,5 dan 12 jam dalam plasma darah. Waktu paruh biologis selama 6,44 jam ditemukan untuk ekskresi urine dari metabolit *cis-DCCA*, *trans-DCCA*, dan FPBA setelah paparan oral atau inhalasi terhadap *cyfluthrin* pada responden. Dari metabolit, 94% diekskresikan melalui ginjal selama 48 jam pertama setelah paparan (Martínez, Antonia & Frenich, 2006).

1.6.6. Studi kasus faktor-faktor yang mempengaruhi keracunan pestisida

1.6.6.1. Usia

Usia merupakan prediktor morbiditas dan mortalitas suatu penyakit namun nilai prediksinya terbatas, sehingga tetap menjadi bahan kajian hingga saat ini. Berdasarkan sudut pandang fisiologis, perbedaan karakteristik antar individu meningkat seiring bertambahnya usia serta faktor risiko disekitarnya seperti kadar glukosa darah dan tekanan darah, dari sudut pandang klinis dengan mengetahui usia dapat dilakukan identifikasi subkelompok individu tertentu, termasuk persentase yang pernah melakukan pengobatan pada layanan kesehatan serta jumlah yang mengalami penurunan fungsi tubuh tertentu, sehingga upaya perencanaan kesehatan dapat tepat sasaran (*National Research Council* (US), 1988).

Muslimin, dkk. (2022) serta Adel & Akefiwad (2020) menjelaskan bahwa, faktor usia dari aspek pertumbuhan dan perkembangan mulai bayi hingga dewasa sangat berbeda terlebih pada tingkat imunitas tubuh dalam merespon agen penyakit yang ada di lingkungan, termasuk dalam hal keracunan pestisida semakin bertambahnya usia menyebabkan fungsi metabolisme menurun, sehingga kadar kolinestrase dalam darah juga akan semakin rendah dan memudahkan terjadinya keracunan pestisida.

Hal ini telah dibuktikan dari berbagai kajian riset, studi retrospektif yang dilakukan Kumar, *et al.* (2021) menunjukkan laki-laki muda dari daerah pedesaan pada kelompok umur 21-40 tahun telah mengalami kerentanan dan mempunyai angka kematian yang lebih tinggi akibat keracunan pestisida. Penelitian Pasa, *et al.* (2020) pada petani sayuran di Desa Gintungan Kecamatan Bandungan Kabupaten Semarang menunjukkan usia diatas 39 tahun memiliki hubungan yang bermakna enzim kolinesterase dibanding usia ≤ 39 tahun.

atas efek keracunan pestisida terkait usia telah dibuktikan pula dee (2017) pada pekerja pertanian imigran di Thailand yakni, 45 hingga 50 tahun mengalami peningkatan risiko terjadinya mal dan berhubungan erat dengan tingkat aktivitas kolinesterase usia yang lebih muda. Hasil uji statistik studi Munfiah (2023) pada



petani juga menunjukkan bahwa umur ($p=0,032$, $r=0,391$) berhubungan dengan enzim kolinesterase yakni pada usia 36-84 tahun.

Menurut Kemenkes RI (2023b) kesehatan tubuh di masa usia produktif sangat penting mengingat akan berpengaruh terhadap hasil produktivitas dan kualitas hidup. *National Research Council* (US), (1988) menyatakan perbedaan jelas terkait usia menunjukkan pentingnya mengumpulkan berbagai jenis data dalam kelompok usia yang berbeda untuk penanganan analisis derajat kesehatan yang lebih baik dan tidak mengalami efek buruk yang berkelanjutan.

1.6.6.2. Masa kerja

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2023) masa kerja adalah jangka waktu (lama) orang sudah bekerja. Jika meninjau dari efektivitas manajemen sumberdaya manusia berbagai riset, semakin lama orang bekerja semakin mahir atau mempengaruhi tingkat produktivitas (Parengkuan, 2019; Anggraini and Simamora, 2023). Namun peninjauan dari segi derajat kesehatan, beberapa studi membuktikan terjadi penurunan dan atau gangguan kesehatan terkait dengan pekerjaan, diantaranya terjadi gangguan *musculoskeletal disorders* (MSDs) akibat postur kerja (Dwiseli, et al., 2023; Halijah, et al., 2023), stres (Efendy, et al., 2022; Saleh et al., 2022; Irawati, 2023), gejala neurologis akibat terpapar merkuri seperti pada penambang emas (Abbas et al., 2017), dan lainnya

Artikel yang diterbitkan Collewet & Sauermaann (2017) mempelajari hubungan antara jam kerja dan produktivitas menemukan bahwa, seiring bertambahnya jumlah jam kerja pekerja cenderung menjadi kurang produktif. Sehingga kelelahan dapat memainkan peran penting, bahkan dalam pekerjaan yang sebagian besarnya adalah pekerja paruh waktu, artinya jika jam kerja berpengaruh atas tingkat kelelahan, masa kerja dengan hitungan tahun juga akan mampu menimbulkan efek kelelahan kaitannya dengan beban kerja yang monoton terlebih efek pada kesehatan.

Temuan dengan nilai *odd ratio* 2.37 pada kelompok dengan masa kerja ≥ 10 tahun atas aktivitas enzim *cholinesterase* juga ditemukan Vikkey, et al. (2017) di area pertanian Kotapraja Glazoué dan Savè, di Republik Tengah Benin dengan organofosfat/*Phyretroid* sebagai pestisida yang paling umum digunakan oleh setidaknya 72,96% pekerja. *Odds ratio* 2.37 mengindikasikan bahwa kelompok masa kerja ≥ 10 tahun memiliki risiko yang lebih tinggi atas aktivitas enzim *cholinesterase*.

Studi Artini (2021) juga menunjukkan lama bekerja dan intensitas paparan bahan kimia pada petugas *pest control* mempengaruhi kadar enzim *cholinesterase* petugas, hal serupa ditemukan Lucki D, dkk. (2018); Hartini, et al. (2022) dimana aktivitas enzim *cholinesterase* di luar kisaran normal akibat paparan racun atau bahan kimia pestisida yang dikaitkan dengan masa kerja. Kajian terbaru Choi, et al. (2023) menemukan pekerja pengendalian hama dan disinfeksi setelah wabah COVID-19 di Provinsi Sumatera Selatan turut menemukan bahwa konsentrasi paparan bahan kimia dan terpapar melalui kulit oleh para pekerja nyatanya meningkat. Gejala COVID-19 dibandingkan dengan sebelum wabah COVID-19. Jumlah keluhan yang dialami kelesuan otot, rasa perih pada kulit dan wajah, sesak napas,



dan nyeri leher meningkat, mayoritas terjadi pada pekerja dengan masa kerja ≥ 10 tahun.

1.6.6.3. Indeks Massa Tubuh (IMT)

Kurniawidjaja, dkk (2021 hal. 37) mengemukakan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi efek toksikan pada tubuh adalah sensitivitas dan variasi individual, sehingga menyebabkan timbulnya perbedaan efek pajanan meskipun dosis pajanan diberikan sama. Variasi individu diantaranya adalah status nutrisi dan diet seseorang (makanan tertentu meningkatkan dan menurunkan absorpsi toksikan), dimana indeks massa tubuh merupakan salah satu indikator untuk mengukur status nutrisi seseorang khususnya orang dewasa (usia 18 tahun ke atas).

Harjatmo, dkk. (2017 hal. 223) menjelaskan, melalui pengukuran IMT pengamat dapat menilai massa tubuh yang terdiri dari tulang, otot dan lemak. Indeks massa tubuh (IMT) adalah indeks sederhana dari berat badan terhadap tinggi badan yang digunakan untuk mengklasifikasikan kelebihan berat badan dan obesitas pada orang dewasa (Kemenkes, 2021). IMT dihitung dengan membagi berat badan (dalam kilogram) dengan kuadrat tinggi badan (dalam meter).

Hingga temuan terbaru Munfiah (2023) pada petani yang menggunakan pestisida bahwasanya hasil uji *spearman* menunjukkan IMT ($p=0,036$, $r=0,385$) berhubungan dengan kadar enzim *cholinesterase* yang mampu mempengaruhi derajat kesehatan. Sehingga efek toksikan kaitannya dengan IMT masih menjadi pilihan penting dalam kajian riset, terlebih kajian dengan subjek yang berbeda.

1.6.6.4. Pengetahuan

Tingkat pengetahuan mengenai kesehatan erat kaitannya dengan tingkat pendidikan dan pengalaman seseorang, dimana pengetahuan sangat mempengaruhi pola pikir dalam berperilaku sehat atau penerapan upaya preventif diri maupun orang disekitar (Muslimin, dkk., 2022). Taksonomi Bloom yang dipopulerkan Benjamin Bloom pada tahun 1956 dalam Ely (2020) bahwasanya, level pengetahuan merupakan domain dasar seseorang membentuk keyakinan tertentu, dan pada akhirnya berimplikasi pada tindakan atau perilaku. Sehingga konsep Benjamin Bloom atas tingkat mengetahui, memahami, menerapkan, menganalisis, mensintesis, dan mengevaluasi perlu terus dievaluasi untuk membentuk perencanaan kesehatan tepat guna.

Bukti pentingnya pemahaman hingga penerapan pengetahuan ditunjukkan dalam kajian Kurniadi (2018) pada petani hortikultura di Desa Siulak Deras Mudik Kabupaten Kerinci yakni terdapat keterkaitan antara tingkat pengetahuan petani dengan keluhan kesehatan yang dialami, dimana para petani tidak mengaplikasikan toleh sebelumnya mengenai paparan pestisida atau mengabaikan risiko keracunan pestisida akan selalu ada bagi mereka dibuktikan kesehatan berupa keracunan langsung.

et al. (2021) bahkan menemukan sekitar 95% petani memiliki buruk terkait pestisida, dengan hasil uji statistik menunjukkan yang signifikan ($p < 0,001$) antara pengetahuan petani dan praktik



mereka terkait pestisida. Sebagaimana temuan Punkhun and Norkaew (2020) pada petani tembakau di Thailand Utara menemukan hubungan yang sangat signifikan antara tingkat pengetahuan dan tingkat *cholinesterase* darah ($p < 0,001$).

Temuan Thetkathuek and Jaidee (2017) juga menemukan bahwa 75,1% responden mengalami aktivitas *cholinesterase* yang tidak normal, diantara responden tersebut 45,7% memiliki tingkat pengetahuan sedang, diikuti 36,4% yang rendah. Sehingga masih dibutuhkan edukasi yang lebih baik dalam penggunaan pestisida di lapangan dalam mencegah keracunan zat kimia. Sebagaimana zat kimia pestisida seperti *pyrethroid/Phyretroid* tergolong berbahaya, sehingga pekerja wajib memperhatikan asas keamanan, rasionalitas, dan efektivitas pelaksanaannya serta mempertimbangkan keberhasilannya (Kementerian Kesehatan RI, 2017; Klaassen, Amdur & Doull, 2019b; WHO, 2020).

Meninjau hasil kajian riset tersebut, pengamatan variabel pengetahuan masih dianggap penting terlebih untuk melakukan evaluasi keberhasilan program edukasi, atau bahkan mempersiapkan bentuk rencana aksi edukasi yang lebih baik dan mudah dipahami.

1.6.6.5. Dosis Insektisida *Pyrethroid*

Penggunaan dosis tepat pada pengendalian vektor dan binatang pembawa penyakit merupakan hal esensial yang perlu dipertimbangkan oleh pelaksana tugas selaku pekerja, WHO sebagai organisasi kesehatan dunia turut menghimbau setiap penggunaan bahan kimia misalnya pestisida dalam pengendalian vektor dan binatang pembawa penyakit secara bijaksana, mempertimbangkan keamanan, berorientasi target, dan memperhatikan efektifitasnya. Penggunaan pestisida sebagai toksikan juga harus selalu dimonitor dan dievaluasi secara terus menerus (Kemenkes RI, 2017).

Illinois Department of Public Health (2007) di Amerika menyatakan bahwa para petugas pengendali vektor (nyamuk) yang menggunakan *Phyretroid* sebagai semprotan dengan *ultra low volume (ULV)*, biasanya mencampur *Phyretroid* dengan air atau minyak dan diaplikasikan dengan takaran kurang dari 1/100 pon bahan aktif per hektar. Namun disebutkan efek kesehatan merugikan yang tidak diharapkan dapat muncul jika *Phyretroid* digunakan tidak sesuai dengan petunjuk label.

Hal yang sama diuraikan dalam peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 50 tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan untuk vektor dan binatang pembawa penyakit serta pengendaliannya pasal 6 bahwasanya penggunaan pestisida harus sesuai dengan dosis yang tercantum pada label petunjuk dari pabrikan. Selain daripada bahaya yang ditimbulkan bagi kesehatan akibat dosis berlebihan, penting bahwa fenomena resistensi vektor dan binatang pembawa penyakit itu terpapar oleh (Kemenkes RI, 2017).



1.6.6.6. Frekuensi *fogging*

Semakin sering melakukan *fogging* (pengasapan) tentu semakin tinggi pula risiko terpapar racun dari zat kimia ini, sehingga frekuensi pajanan ini merupakan interval waktu atau seberapa sering pekerja terpajan suatu toksikan. Temuan atas efek toksik dari suatu toksikan dibuktikan Sari, dkk (2016) atas pengamatannya pada petugas *fogging* di Kabupaten Bantul yang menemukan 20% petugas mengalami keracunan ringan dimana frekuensi pengasapan signifikan mempengaruhi kadar *cholinesterase* ($p=0.027$), temuan yang sama oleh Lucki D, dkk. (2018) pada petani di Desa Sumberejo dan Haderiah, *et al.* (2021) pada petani di wilayah Bantimurung, dimana frekuensi penyemprotan yang dilakukan berpengaruh terhadap kadar *cholinesterase* para petani.

Frekuensi pajanan dikategorikan menjadi pajanan tunggal (*single exposure*) dan pajanan berulang (*repeated exposure*), dimana pajanan akut umumnya merupakan pajanan tunggal, sedangkan pajanan subkronis dan kronis umumnya merupakan pajanan berulang.

1.6.6.7. Tindakan *fogging*

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2023) tindakan merupakan perbuatan yang dilakukan seseorang untuk mengatasi sesuatu atau tindakan yang menghasilkan perubahan nyata. Ajzen (1991) menyebutkan, seseorang memiliki kepercayaan terhadap perilaku yang dikerjakan atas hal baik bagi dirinya, dengan kata lain semua hasil dari perilaku seseorang sebenarnya memiliki kemampuan untuk dikendalikan oleh individu itu sendiri. Begitupula dalam tindakan penugasan *fogging*, petugas sudah seharusnya memahami maksud dan tujuan pelaksanaan *fogging*, termasuk pengamalan standar prosedur operasional (SPO) atau tata cara kerja baku agar terhindar dari dampak buruk bagi kesehatan.

Sebagaimana temuan Thetkathuek & Jaidee (2017) bahwa terdapat 75,1% responden mengalami aktivitas *cholinesterase* yang tidak normal, dimana faktor yang mempengaruhi gejala keracunan tersebut diantaranya tindakan dalam pelaksanaan *fogging* yakni teknik penyemprotan dan perilaku penggunaan alat perlindungan diri yang kurang. Pentingnya perhatian atas tindakan patuh atas aturan demi keselamatan bagi para pekerja di Indonesia khususnya yang melakukan kontak dengan insektisida telah termaktub dalam berbagai aturan diantaranya Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 dan buku pedoman penggunaan insektisida (pestisida) dalam pengendalian vektor terbitan Kemenkes RI (2012) menguraikan terkait pelaksanaan intervensi kimia dengan pengaplikasian *fogging* harus memperhatikan hal-hal berikut:

- a. Tepat dosis/konsentrasi. Dosis adalah kebutuhan insektisida per ha (lt/ha) dan konsentrasi adalah kebutuhan insektisida per liter pelarut (ml/lt). Insektisida dibawah dosis anjuran akan mengakibatkan vektor tidak terdapat dengan dosis berlebihan akan mengakibatkan boros biaya. Dosis penyemprotan disesuaikan dengan spesies sasaran dan



- 1) Waktu pelaksanaan *fogging* nyamuk *Aedes* dilakukan dengan kecepatan angin ≤ 18 km/jam dan tidak hujan, atau pagi jam 06.00-09.00 atau sore jam 17.00-18.00 dan tidak hujan.
 - 2) Waktu pelaksanaan *fogging* nyamuk *Culex*, kecepatan angin ≤ 18 km/jam dan pukul 18.00 – 06.00 dan tidak hujan
- c. Cara aplikasi insektisida harus disesuaikan dengan formulasi dan alat yang digunakan.
 - d. Tepat sasaran, aplikasi insektisida harus disesuaikan dengan spesies sasaran dan perilaku vektor.

1.6.6.8. Durasi pajanan

Durasi pajanan merupakan lama waktu pekerja terpajan toksikan yang berhubungan erat dengan efek toksik yang akan dialami oleh pekerja (Kurniawidjaja, dkk., 2021). Mengurangi paparan berarti bahaya Insektisida yang diaplikasikan dapat diminimalkan. Paparan terhadap Insektisida dapat dikelola dengan penanganan yang benar, kemasan yang baik, jenis formulasi yang sesuai, pengenceran dan dosis aplikasi yang benar, serta pengurangan jumlah aplikasi. Usaha untuk mengurangi bahaya berarti juga merupakan usaha untuk meningkatkan keamanan (Kemenkes RI, 2012).

Termaktub dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia Nomor: Per-03/Men/1986 Tentang Syarat-Syarat Keselamatan dan Kesehatan di Tempat Kerja yang Mengelola Pestisida Menteri Tenaga Kerja pasal 2 bahwa, tenaga kerja yang dipekerjakan mengelola pestisida harus memenuhi ketentuan tidak boleh mengalami pemaparan lebih dari 5 jam sehari, dan 20 jam dalam seminggu; Permenaker RI (1986).

Hasil riset Tutu, Manapiring & Umboh (2020) pada petani penyemprot pestisida menunjukkan terdapat hubungan antara durasi semprot (>4 jam) dengan aktivitas enzim *cholinesterase* ($p=0,004$; OR= 14,875) pada petani Kelurahan Rurukan. Hal serupa pernah ditemukan Amsal & Ramlan (2019) pada petani di Desa Tolai, dimana hasil pemeriksaan *cholinesterase* darah menunjukkan sebanyak 20 petani (20,8%) mengalami keracunan pestisida. Pengetahuan dan perilaku petani tentang penggunaan pestisida masih rendah seperti lama penyemprotan pestisida > 3 jam (20,8%) sehingga ada hubungan dosis penyemprotan dengan keracunan pestisida pada petani.

1.6.6.9. Alat pelindung diri (APD)

Amanat Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia 08/MEN/VII/2010 tentang Alat Pelindung Diri (APD) menerangkan bahwa suatu alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi penggunanya mengisolasi sebagian atau seluruh dari potensi bahaya di lingkungan, dkk (2020) mendefinisikan APD sebagai peralatan yang digunakan untuk melindungi diri terhadap potensi bahaya kecelakaan



Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan (2023) menjelaskan bahwa APD dipakai oleh petugas pelaksana pengendalian vektor harus sesuai dengan jenis pekerjaannya dan mengacu pada norma-norma keselamatan dan kesehatan kerja serta kriteria klasifikasi pestisida berdasarkan bentuk fisik, jalan masuk ke dalam tubuh dan daya racunnya. Oleh karena itu, harus dipilih perlengkapan pelindung diri seperti tertera pada tabel 3.

Adapun jenis perlengkapan pelindung diri Petugas *fogging* yang telah tertuang dalam Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 pada tabel 2 berikut ini :

Tabel 1. Jenis Perlengkapan Pelindung Diri Petugas *Fogging*

Jenis Pekerjaan	Klasifikasi Pestisida	Jenis Perlengkapan Pelindung								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Pengamanan Pestisida	I.a	+		+	+	+	+	+	+	+
	I.b	+		+	+	+	+	+	+	+
	II	+		+	+	+	+	+	+	+
	III	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Penyemprotan di dalam gedung	II	-	+	+	+	-	-	-	-	+
	III	-	+	+	+	-	-	-	-	+
Penyemprotan di luar gedung	I.a	+		+	+	+	-	+	+	+
	I.b	+	+	+	+	+	-	+	+	+
	II	-	+	+	+	-	-	-	-	+
	III	-	+	+	+	-	-	-	-	-

Sumber : Permenkes Nomor 2 Tahun 2023

Keterangan :

+ : Wajib digunakan

hakan





Sepatu Boot



Baju Terusan



Sarung Tangan



Apron/Celemek



Pelindung Muka

Masker *Fogging*

Sumber : www.google/images

Gambar 4. Alat Pelindung Diri Petugas *Fogging*

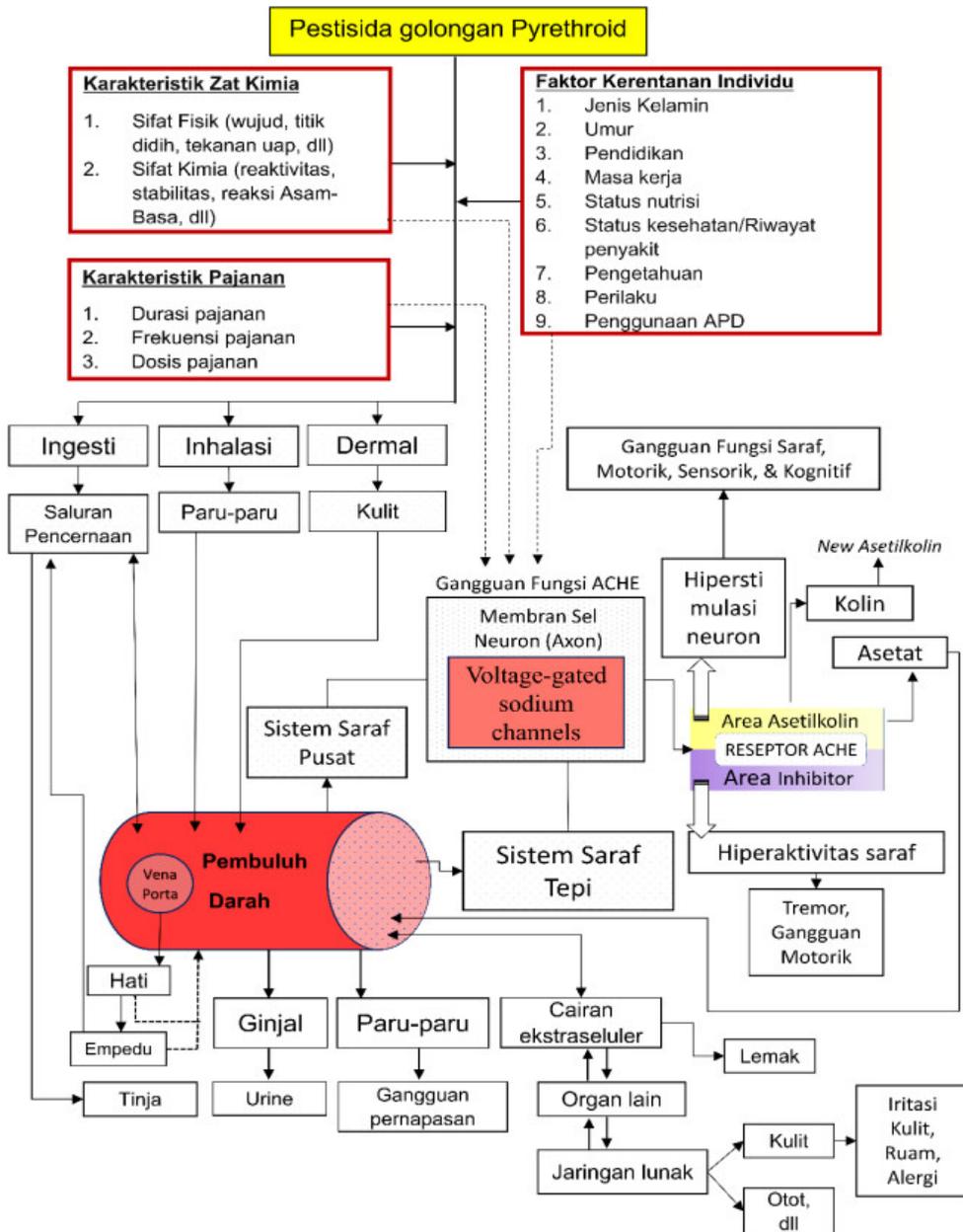
Keterangan:

- | | |
|---|-------------------|
| 1. Sepatu Boot | 5. Sarung tangan |
| 2. Sepatu Kanvas (bila tidak menggunakan boot) | 6. Apron/celemek |
| 3. Baju terusan lengan panjang dan celana panjang | 7. Pelindung Muka |
| 4. Topi | 8. Masker |

Penggunaan alat pelindung diri dalam pelaksanaan *fogging* atau penggunaan pestisida sangat penting sebagai halnya pengamatan Thetkathuek and Jaidee (2017) pada petugas di Thailand ditemukan 75,1% responden mengalami aktivitas *cholinesterase* yang tidak normal dengan salah satu faktornya perilaku perlindungan diri yang moderat (OR=2.23). Temuan Forté, et al., (2021) turut menunjukkan pekerja ini perubahan signifikan penurunan jumlah sel darah dan aktivitas perubahan kadar enzim *cholinesterase* pada penggunaan pestisida yang juga ditemukan dalam studi Hartini, Sinaga & Putri (2022) terbaru dan Haderiah, Mulyadi & Lataha, (2021) petani di signifikan secara statistik.



1.7. Kerangka teori penelitian



Gambar 5. Kerangka Teori



...n et al (2015) dalam Kurniawidjaja, dkk. (2021); Mahawati (2021); Akefiwad (2020); Muslimin *et al* (2022); Permenkes Nomor 2 (2023); Todd and Wohlers (2003); Hedges *et al* (2019); Hossain *et al* (2016); Amir *et al* (2016); Wang, Ou and Wang (2017); (Hołyńska-Iwanowicz-Golec (2020)

1.8. Skope penelitian

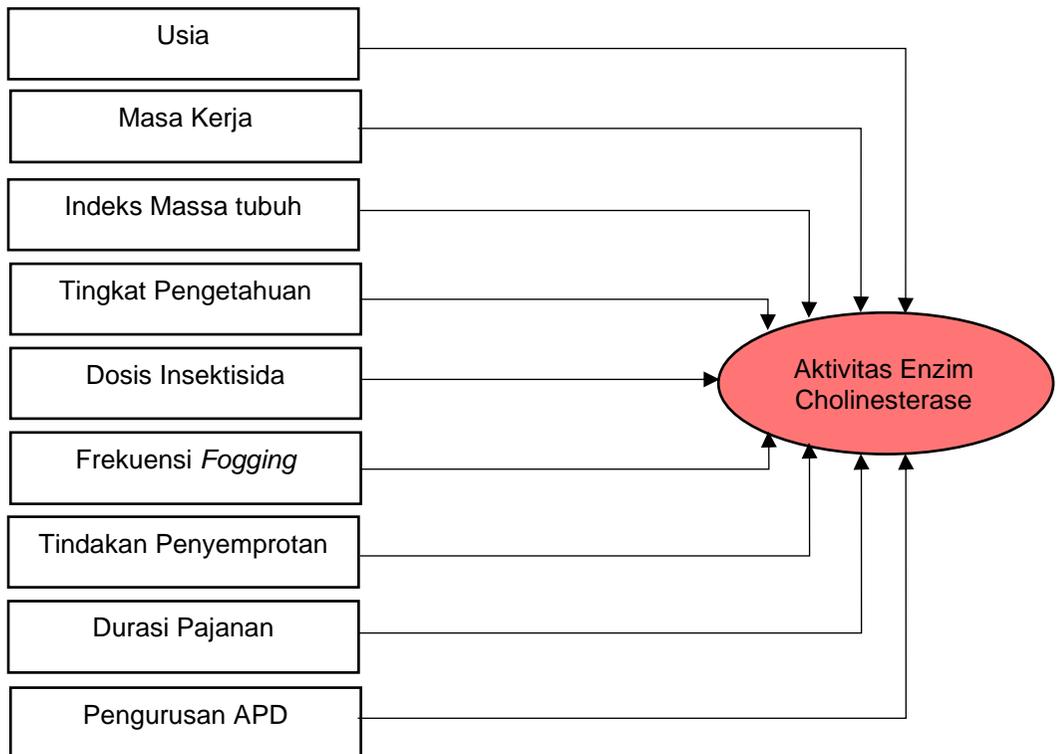
Phyretroid hingga saat ini menjadi salah satu pestisida yang paling sering dipelajari, disebabkan banyaknya penggunaan dan kekhawatiran atas dampaknya bagi kesehatan masyarakat. Berdasarkan kerangka teori pada gambar 5. pajanan pestisida *Phyretroid* masuk kedalam tubuh melalui jalur ingesti, inhalasi, dan dermal. Pajanan pestisida melalui jalur ingesti dapat berupa tertelannya pestisida ke dalam mulut berupa kebiasaan makan dan minum tanpa mencuci tangan atau kebiasaan merokok saat kontak dengan pestisida. Melalui jalur inhalasi dapat berupa terhirupnya partikel/gas/asap/uap pestisida dimana hal ini dapat diperberat dengan kondisi tidak menggunakan APD yang melindungi hidung dan mulut. Melalui kontak dermal dapat berupa kontak pestisida secara langsung dengan kulit misalnya keadaan saat menyeka keringat sedangkan melalui jalur injeksi dapat berupa kontak pestida dengan luka terbuka.

Pengamatan atas sirkulasi *Phyretroid* pada manusia masih terbatas, namun informasi tentang metabolisme *Phyretroid* pada manusia telah dipelajari secara ekstensif pada model hewan sebagaimana diuraikan pada latar belakang. Substansi inti dari kondisi terabsorpsinya senyawa kimia golongan *pyrethroid* hingga menimbulkan bahaya bagi tubuh yakni ketika zat yang terserap ketubuh bersirkulasi melalui perantara pembuluh darah dan saling berinteraksi di dalam axon neuron, tepatnya senyawa/zat (*pyrethroid*) menembus saluran natrium berpintu tegangan (*Voltage-Gated Sodium Channels/VGSCs*) dan melakukan mekanisme aksi berupa mengganggu keseimbangan fungsi *Sodium Channels* atau membuat perubahan arus normal ion natrium dengan melakukan pembukaan permanen dan berdampak masuknya ion natrium ke dalam sel saraf dan depolarisasi permanen, mekanisme ini berlanjut pada terganggunya aktivitas enzimatik asetilkolinesterase hingga memodifikasi situs pengikatan aktif substrat. Penghambatan asetilkolinesterase menyebabkan akumulasi asetilkolin atau terjadi stimulasi berlebihan pada sistem saraf sehingga terjadi kondisi neurotoksisitas, gangguan endokrin, dan toksisitas reproduksi.

Terdapat banyak faktor yang mampu menjadikan timbulnya keracunan pestisida yang masuk dalam tubuh, namun karena keterbatasan peneliti termasuk dalam hal ini biaya maka variabel yang akan diteliti dibatasi menjadi beberapa variabel independen yakni faktor karakteristik pajanan diantaranya durasi pajanan, frekuensi pajanan, dan dosis pajanan serta faktor kerentanan individu seperti umur masa kerja, indeks massa tubuh, pengetahuan, perilaku/ tindakan, dan penggunaan APD. Berikut ini kerangka konsep pada penelitian ini selengkapnya pada gambar 6.:



1.9. Kerangka konsep penelitian



Gambar 6. Kerangka Konsep Penelitian

Keterangan :

 : Variabel Independen

 : Variabel Dependen

1.10. Hipotesis Penelitian



Optimization Software:
www.balesio.com

Hubungan antara usia dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah gas *fogging* di BBKK Makassar;
Hubungan antara masa kerja dengan aktivitas enzim *cholinesterase* a Petugas *fogging* di BBKK Makassar;

- 1.10.3. Ada hubungan antara Indeks Massa tubuh (IMT) dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* di BBKK Makassar;
- 1.10.4. Ada hubungan antara tingkat pengetahuan dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* di BBKK Makassar;
- 1.10.5. Ada hubungan antara jumlah dosis insektisida *pyrethroid* yang digunakan dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* di BBKK Makassar;
- 1.10.6. Ada hubungan antara frekuensi penyemprotan dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* di BBKK Makassar;
- 1.10.7. Ada hubungan antara tindakan penyemprotan dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* di BBKK Makassar;
- 1.10.8. Ada hubungan antara durasi pajanan dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* di BBKK Makassar;
- 1.10.9. Ada hubungan antara penggunaan APD dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* di BBKK Makassar;
- 1.10.10. Ada hubungan antara gejala/keluhan kesehatan dengan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* di BBKK Makassar



BAB II METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Balai Besar Kekearifan Kesehatan (BBKK) Makassar dengan lokasi Kantor Induk Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar, Wilker Pelabuhan Laut Soekarno Hatta Makassar dan Pos Pelabuhan Rakyat Paotere Makassar. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 15 Januari sampai dengan 17 Februari Tahun 2024.

Pengambilan sampel darah dilakukan di lokasi wilayah kerja masing-masing setelah pelaksanaan kegiatan *fogging* kemudian sampel darah dipisahkan serumnya melalui proses *centrifuge* kemudian dikirim dan dilakukan pemeriksaan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat (BB Labkesmas) Makassar, untuk menjaga stabilitas sampel, darah dimasukkan ke dalam kotak pendingin (*cold box*).

2.2. Bahan dan Alat

2.2.1. Bahan

Bahan habis pakai yang digunakan untuk pengambilan sampel darah antara lain; sarung tangan medis, swab alkohol, plester, jarum vacutainer, tabung vakum merah tanpa zat aditif dan plastik sampel (Nugraha, 2022).

2.2.2. Alat

- 2.2.2.1 Pengambilan sampel darah menggunakan peralatan antara lain: torniket, holder (Nugraha, 2022)
- 2.2.2.2 Pengukuran IMT menggunakan alat ukur timbangan berat badan (timbangan *detecto/bathroom scale/digital*) dan alat ukur tinggi badan *microtoise* (World Health Organization, 2010)
- 2.2.2.3 Pengiriman sampel darah ke BB Labkesmas Makassar menggunakan wadah transpor yaitu box pendingin.
- 2.2.2.4 Instrumen pengumpulan data menggunakan kuesioner dan lembar observasi.
- 2.2.2.5 Pemeriksaan sampel darah menggunakan alat *Kinetic Photometric Test* dengan reagen *Thermo Scientific™ Indiko™ and Konelab™ analyser*.

2.3. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan studi observasional analitik dengan pendekatan *cross sectional study* berbasis laboratorium, dimana peneliti ingin mengetahui sebab perubahan aktivitas enzim *cholinesterase* darah pada petugas *fogging* sebagai variabel independen.



Penelitian ini adalah seluruh petugas Entomolog Kesehatan pada Subdalian Vektor dan Binatang Pembawa Penyakit Substansi Lingkungan (PRL) BBKK Makassar baik yang berstatus sebagai

Aparatur Sipil Negara (ASN), Pegawai Pemerintah Non Pegawai Negeri (PPNPN), dan Kader sebanyak 31 orang.

2.3.2. Sampel

Sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi yang representatif atau mewakili populasi yang diteliti. Namun dikarenakan jumlah sampel terbilang kecil atau sedikit maka peneliti mengambil secara keseluruhan jumlah dari populasi yakni 31 petugas entomolog kesehatan yang aktif melakukan tindakan pengendalian vektor dan binatang pembawa penyakit dengan metode penyemprotan (*fogging*) pada Sub Substansi Pengendalian Vektor dan Binatang Pembawa Penyakit Substansi Pengendalian Risiko Lingkungan (PRL) BBKK Makassar yang berstatus sebagai ASN, PPNPN, dan Kader.

Selanjutnya sampel tersebut nantinya akan dilakukan pengambilan sampel darah vena dengan volume 3 ml dengan dua tahap pengambilan sampel darah yaitu tiga jam dan enam jam setelah pelaksanaan *fogging* untuk selanjutnya dilakukan pemeriksaan biomonitoring dengan parameter pemeriksaan enzim cholinesterase (CHE). Namun, untuk meminimalisir bias dalam penelitian ini peneliti menghimbau kepada responden untuk tidak mengkonsumsi buah dan sayuran selama 12 jam sebelum pelaksanaan pengambilan sampel darah, dikarenakan phyretroid dalam darah akan hilang akan di ekspresi dalam tubuh selama 12 jam, dengan waktu paruh 2,5 sampai 12 jam.

2.4. Pelaksanaan Penelitian

2.4.1. Pengumpulan Data



Gambar 7. Alur Penelitian

Alur pengumpulan data yakni melakukan pengurusan izin etik penelitian dan perizinan ke lokasi penelitian, setelah tahap selesai peneliti melakukan sosialisasi kepada instansi utamanya terkait maksud dan tujuan pelaksanaan penelitian. Setelah



responden memahami penjelasan peneliti termasuk menyetujui syarat khusus seperti tidak mengonsumsi buah dan sayuran serta tidak menggunakan obat anti nyamuk bakar/*spray/elektrik* sehari sebelum pelaksanaan kegiatan *fogging* dan pengambilan sampel darah, maka dilakukan pengisian form kesediaan menjadi responden (*inform consent*).

Tahap pemantauan kegiatan dilapangan akan diikuti oleh peneliti termasuk mencatat hasil observasi pelaksanaan *fogging* menggunakan lembar observasi dan mendokumentasikan pelaksanaan kegiatan mulai dari tahap pencampuran dan pemuatan pestisida, serta aplikasi pestisida di lapangan, hal tersebut diharapkan dapat menjadi kajian dalam penelitian ini.

2.4.1.1 Data Primer

Data primer dalam penelitian ini diperoleh dari wawancara menggunakan instrumen kuesioner yang berisi daftar pertanyaan sebagai panduan dalam melakukan wawancara pada responden meliputi: tanggal pengambilan data, nama, jenis kelamin, pendidikan, dan status kerja. Variabel penelitian yakni umur responden, berat badan, tinggi badan, masa kerja, lama pajanan, dosis/takaran pestisida yang digunakan dalam *fogging*, frekuensi melakukan tindakan *fogging* dalam setahun, pengetahuan, tindakan, penggunaan alat pelindung diri, dan keluhan kesehatan yang dirasakan.

2.4.1.2 Data Sekunder

Data sekunder diperoleh langsung dari BBKK Makassar berupa profil, jumlah pekerja khususnya seluruh petugas Entomolog Kesehatan pada Sub Substansi Pengendalian Vektor dan Binatang Pembawa Penyakit Substansi Pengendalian Risiko Lingkungan (PRL) BBKK Makassar (ASN, PPNPN, dan Kader). Selain itu sebagai data pendukung lainnya dilakukan hasil penelusuran kepustakaan dengan melakukan pengumpulan literatur berupa jurnal penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan topik penelitian ini, buku-buku ilmiah, laporan hasil penelitian dan juga penelusuran melalui media elektronik.

2.4.2. Pengolahan dan Analisis Data

2.4.2.1 Pengolahan Data

2.4.2.1.1 Editing

Proses *editing* dilakukan setelah semua data yang diperoleh telah terkumpul kemudian diperiksa kelengkapan data yang dibutuhkan terkait kesinambungan dan kesesuaian data.



maksudkan agar data yang diperoleh mudah untuk dilakukan dan memberikan symbol-simbol tertentu/pengkodean pada setiap data yang akan dilakukan juga melakukan tabulasi data.

2.4.2.1.3 Entry

Tahapan selanjutnya adalah data dimasukkan ke dalam aplikasi pengolahan data dengan menggunakan program *Statistical Program for Social Science*® (SPSS) IBM Versi 26 berdasarkan urutan nomor subjek pada kuesioner penelitian.

2.4.2.1.4 Cleaning

Proses *cleaning* data dilakukan dengan maksud untuk membersihkan kesalahan yang dapat terjadi selama proses memasukkan data. Tahapan ini dilakukan dengan cara menganalisis frekuensi pada semua variabel.

2.4.2.2 Analisis Data

Teknik analisis data yang dilakukan untuk mengolah data pada penelitian ini mencakup analisis deskriptif serta uji Mann-Whitney dan uji Kruskal-Wallis. Secara deskriptif, data yang disajikan meliputi gambaran umum karakteristik responden, yaitu data jenis kelamin, kelompok umur, tingkat pendidikan, dan status kerja. Selain itu, disajikan juga gambaran kadar enzim cholinesterase hasil pemeriksaan laboratorium yang mencakup berbagai parameter statistik seperti rata-rata, standar deviasi, minimum-maksimum, dan nilai-nilai persentil yang memberikan gambaran lebih mendetail tentang sebaran kadar enzim di antara responden.

Uji Mann-Whitney digunakan untuk membandingkan perbedaan antara dua kelompok independen, sementara uji Kruskal-Wallis digunakan untuk membandingkan perbedaan antara tiga atau lebih kelompok independen. Kedua uji ini merupakan uji non-parametrik yang tidak memerlukan asumsi distribusi normal dari data, sehingga cocok digunakan untuk data yang tidak memenuhi asumsi normalitas. Jika hasil analisis menunjukkan nilai $p < 0,05$, berarti ada hubungan yang bermakna antara dua variabel. Perhitungan analisis tersebut dilakukan dengan bantuan program komputer SPSS IBM Versi 26.

2.4.2.3 Penyajian Data

Setelah dilakukan pengolahan, data yang diperoleh selanjutnya dianalisis kemudian disajikan dalam bentuk tabel disertai narasi atau penjelasan.

2.4.3. Etika Penelitian

Etika penelitian yang dilakukan melindungi hak-hak responden selama proses penelitian dan mendapat persetujuan dari komite etik bahwa studi tersebut tidak melanggar kode etik dalam penelitian. Masalah etika yang diperhatikan antara lain



consent (format persetujuan) lembar ini diberikan kepada responden yang akan diteliti yang memenuhi kriteria inklusi dan disertai dengan penjelasan tentang tujuan penelitian. Jika subyek menolak maka peneliti tidak memaksa dan menghormati hak-hak subyek.

- 2.4.3.2. *Anonymity* (tanpa nama) untuk menjaga kerahasiaan, peneliti tidak akan mencantumkan nama responden, tetapi lembar tersebut diberi kode.
- 2.4.3.3. *Confidentiality* (kerahasiaan) kerahasiaan informasi responden dijamin peneliti, hanya kelompok data tertentu yang akan dilaporkan sebagai hasil penelitian.
- 2.4.3.4. *Protection From Discomfort*, responden mendapat perlindungan dan merasa nyaman.
- 2.4.3.5. Persetujuan penelitian dilakukan setelah mendapatkan persetujuan dari Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar.

2.5. Parameter Pengamatan

2.5.1. Kadar enzim *cholinesterase*

Kadar enzim *cholinesterase* merupakan nilai kadar enzim *cholinesterase* darah pada Petugas *fogging* BBKK Makassar yang diperiksa dengan menggunakan metode *Kinetic photometric test*.

2.5.2. Usia

Usia merupakan rentang waktu umur responden sejak lahir hingga pengambilan data riset. Usia dinyatakan dengan satuan tahun yang dikelompokkan atas nilai rata-rata yang diperoleh dari hasil pengukuran usia seluruh sampel yang diteliti, dengan kriteria kriteria objektif sebagai berikut :

- 2.5.2.1. 1 : jika range usia 21-37 Tahun
- 2.5.2.2. 2 : jika range usia 38-54 Tahun

2.5.3. Masa Kerja

Masa kerja merupakan rentang waktu responden mulai bekerja sebagai petugas *fogging* pada instansi hingga pengambilan data riset. Skala pengukuran kategorik, adapun kriteria objektif dibagi atas rujukan Tarwaka & Sudiajeng (2004) dengan *range* 5 tahun sebagai berikut :

- 2.5.3.1. >5 tahun : Jika masa kerja responden saat pengambilan data diatas 5 tahun;
- 2.5.3.2. ≤5 tahun : Jika masa kerja responden saat pengambilan data sama dengan atau dibawah 5 tahun.

2.5.4. Indeks Massa Tubuh (IMT)

Indeks massa tubuh adalah berat badan responden dalam kilogram dibagi dengan luas permukaan badan dalam meter (kg/m^2) (Kemenkes, 2021).

$$IMT = \frac{\text{Berat Badan (Kg)}}{(\text{Tinggi Badan (m)})^2} \quad (3)$$



akan menggunakan alat ukur timbangan berat badan (timbangan *scale*/digital) dan alat ukur tinggi badan *microtoise*. Skala

pengukuran yakni kategorik, adapun kriteria objektif merujuk pada ketentuan kementerian kesehatan tahun 2021, sebagai berikut :

- 2.5.4.1. Gemuk : Jika nilai IMT kisaran $> 25,1 \text{ kg/m}^2$
- 2.5.4.2. Kurus : Jika nilai IMT kisaran dibawah $17,0 - 18,4 \text{ kg/m}^2$
- 2.5.4.3. Normal : Jika nilai IMT kisaran $18,5 - 25,0 \text{ kg/m}^2$

2.5.5. Tingkat Pengetahuan

Tingkat pengetahuan merupakan sesuatu yang dipahami responden mengenai pengelolaan pestisida diantaranya cara penyimpanan, tempat pencampuran, dan cara penanganan pestisida untuk menghindari keracunan merujuk pada pedoman penggunaan insektisida (pestisida) dalam pengendalian vektor Kemenkes RI (2012). Data diperoleh melalui kuesioner dengan jumlah pertanyaan 23 butir menggunakan skala likert untuk 5 kategori jawaban. Langkah pengukuran :

- a. Skor tertinggi : Jumlah pertanyaan x bobot tertinggi ($23 \times 5 = 115$)
- b. Skor terendah : Jumlah pertanyaan x bobot terendah ($23 \times 1 = 23$)
- c. Skor antara : Skor tertinggi – skor terendah ($115 - 23 = 92$)
- d. Interval : Skor antara / kategori ($92 / 2 = 46$)
- e. Skor standar : Skor tertinggi – interval ($115 - 46 = 69$)

Skala pengukuran yakni interval dengan kriteria objektif sebagai berikut :

- 2.5.5.1 Tinggi : Jika skor total jawaban benar dari responden ≥ 69 dari jumlah pertanyaan
- 2.5.5.2 Rendah : Jika skor total jawaban benar dari responden < 69 dari jumlah pertanyaan

2.5.6. Dosis insektisida *Phyretroid*

Dosis insektisida *pyrethroid* merupakan jumlah atau takaran pestisida (*Pyrethroid/Phyretroid*) yang digunakan petugas pada petunjuk label pabrikan, umumnya diaplikasikan dengan takaran kurang dari $1/100 \text{ pon}$ ($1 \text{ pon} = 453,6 \text{ gram}$) bahan aktif per hektar (*Illinois Department of Public Health, 2007*). Skala pengukuran yakni kategorik, adapun kriteria objektif sebagai berikut :

- 2.5.6.1. Tepat dosis : Jika responden menggunakan dosis insektisida *pyrethroid* sesuai petunjuk label pabrikan.
- 2.5.6.2. Dosis tidak tepat (keliru) : Jika responden tidak menggunakan dosis insektisida *pyrethroid* sesuai petunjuk label pabrikan.

2.5.7. Frekuensi *Fogging*

merupakan interval waktu atau seberapa sering seorang pekerja akan di tempat kerja (Kurniawidjaja, dkk., 2021). Skala pengukuran pun kriteria objektif sebagai berikut :

- $\geq 24 \text{ jam}$) : Jika responden melakukan *fogging* dengan pajanan (*repeated exposure*) sama dengan atau diatas 24 jam pajanan.



2.5.7.2. Sekali (<24 jam) : Jika responden melakukan *fogging* dengan pajanan tunggal (*single exposure*) kurang dari 24 jam pajanan.

2.5.8. Tindakan *Fogging*

Tindakan *fogging* merupakan perilaku responden dalam situasi atau tindakan yang menghasilkan perubahan diantaranya mengenai keterampilan penggunaan alat dan bahan pengendalian vektor dan *fogging* sesuai standar operasional prosedur pengendalian nyamuk *aedes aegypti* Dirjen PP & PL (2009). Data diperoleh melalui kuesioner dengan jumlah pertanyaan 16 butir menggunakan skala likert untuk 5 kategori jawaban. Nilai pilihan jawaban meliputi:

- Skor 5 Selalu
- Skor 4 Sering
- Skor 3 Kadang-kadang
- Skor 2 Jarang
- Skor 1 Tidak Pernah

Langkah pengukuran :

- Skor tertinggi : Jumlah pertanyaan x bobot tertinggi ($16 \times 5 = 80$)
- Skor terendah : Jumlah pertanyaan x bobot terendah ($16 \times 1 = 16$)
- Skor antara : Skor tertinggi – skor terendah ($80 - 16 = 64$)
- Interval : Skor antara / kategori ($64 / 2 = 32$)
- Skor standar : Skor tertinggi – interval ($80 - 32 = 48$)

Skala pengukuran yakni interval dengan kriteria objektif sebagai berikut :

2.5.8.1 Baik : Jika skor total jawaban benar dari responden ≥ 48 dari jumlah pertanyaan

2.5.8.2 Kurang : Jika skor total jawaban benar dari responden < 48 dari jumlah pertanyaan.

2.5.9. Durasi Pajanan

Durasi pajanan merupakan lama waktu rata-rata petugas *fogging* melakukan penyemprotan. Skala pengukuran yakni kategorik, adapun kriteria objektif merujuk pada Permenaker RI, (1986) sebagai berikut :

2.5.9.1. > 4 jam : Jika durasi pajanan pada responden diatas 4 jam;

2.5.9.2. ≤ 4 jam : Jika durasi pajanan pada responden dibawah atau sama dengan 4 jam.



an APD

merupakan kebiasaan menggunakan APD dalam kegiatan *fogging* r risiko pajanan insektisida, antara lain: topi, baju panjang dan masker, pelindung wajah, sarung tangan, sepatu *boot* (Permenkes 3).

n :

- a. Skor tertinggi : Jumlah pertanyaan x bobot tertinggi ($8 \times 5 = 40$);
- b. Skot terendah : Jumlah pertanyaan x bobot terendah ($8 \times 1 = 8$);
- c. Skor antara : Skor tertinggi – skor terendah ($40 - 8 = 32$)
- d. Interval : Skor antara / kategori ($32 / 2 = 16$);
- e. Skor standar : Skor tertinggi – interval ($40 - 16 = 24$).

Adapun kriteria objektifnya antara lain :

2.5.10.1. Lengkap : Jika responden menggunakan alat pelindung diri lengkap diantaranya topi, baju panjang, celana panjang, masker, pelindung wajah, sarung tangan, dan sepatu boot serta sesuai dengan standar;

2.5.10.2. Tidak Lengkap : Jika responden menggunakan alat pelindung diri lengkap diantaranya topi, baju panjang, celana panjang, masker, pelindung wajah, sarung tangan, dan sepatu boot serta sesuai dengan standar.

2.5.11. Gejala/Keluhan Kesehatan

Gejala/keluhan kesehatan merupakan pernyataan subjektif keluhan kesehatan yang dirasakan responden mulai pada tahap persiapan, melakukan tindakan pengasapan maupun setelah melakukan tindakan pengasapan, gejala dari paparan *Phyretroid* pada kulit yakni *paresthesia* (kesemutan, sensasi tertusuk-tusuk pada kulit) terutama pada wajah, tangan dan akan merasakan gatal di lokasi terkena, adapun keluhan lain meliputi: sakit kepala, pusing, mual, muntah, otot kuduk, kejang, sakit tenggorokan, nyeri epigastrium, *disfagia*, bisul mulut, badan gemetar hingga gangguan kesadaran (*Centers for Disease Control and Prevention*, 2003; WHO, 2005). Skala pengukuran yakni kategorik, adapun kriteria objektif sebagai berikut :

2.5.11.1. Ada keluhan : Jika mengalami satu atau lebih keluhan

2.5.11.2. Tanpa keluhan : Jika tidak mengalami satupun keluhan

