

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Demografi Desa Karangmoncol

Desa karangmoncol terletak di Kecamatan Randudongkal kabupaten Pemalang Provinsi Jawa Tengah tepatnya di pemalang bagian selatan. Luas desa karangmoncol ±494.399 Ha terdiri dari tanah sawah seluas 381,02 Ha dan tanah darat 81, 576 Ha. Terbagi menjadi 5 dusun yaitu, dusun krajan 1, dusun krajan II, dusun aseman, dusun simbatan, dusun dukuh bongkot dengan jumlah penduduk 8.895 jiwa. Desa karangmoncol merupakan wilayah dengan dataran tinggi atau pegunungan dengan ketinggian tanah 250-300 M dari permukaan laut dan suhu udara rata-rata 32°C (wawancara perangkat desa).

Desa Karangmoncol merupakan kawasan agraris, maka sebagian besar penduduknya bermata pencaharian sebagai petani (disajikan pada tabel 2). Mereka pada umumnya menggunakan pestisida untuk membasmi hama, pestisida yang digunakan dari berbagai macam merk. Kondisi ini menyebabkan petani tidak akan terbebas dari dampak keracunan pestisida yang digunakan oleh petani untuk meningkatkan produk pertaniannya.

Tabel 2. Data Demografi penduduk desa Karangmoncol

NO	PEKERJAAN	JUMLAH	%
1	PNS/ASN	47	0,52
2	TNI/PLRI	9	0,10
3	SWASTA	368	4,09
4	PEDAGANG	371	4,12
5	TUKANG	127	1,41
6	PETANI	4.111	45,70
7	BURUH TANI	2.731	30,36
8	PENSIUN	35	0,39
9	PELAJAR/MAHASISWA	1.196	13,30
JUMLAH		8.895	100

2.2 Pestisida

2.2.1 Pengertian Pestisida

Pestisida berasal dari kata *pest* (hama) dan *Cida* (pembunuh) merupakan substansi kimia yang bersifat racun digunakan untuk membunuh atau mengendalikan berbagai hama yang dapat mempengaruhi kualitas pertanian (Yuntari, 2015). Pestisida tersusun dari unsur kimia yang jumlahnya tidak kurang dari 105 unsur, namun yang sering digunakan sebagai unsur pestisida sebanyak 21 unsur. Unsur atau atom yang lebih sering dipakai adalah earbonkarbon, hydrogen, oxigen, nitrogen, phospor, chlorine, dan sulfur. Sedangkan yang berasal dari logam dan semi logam adalah ferum, cuprum, merkury, zinc, dan arsnic (Djau, 2009).

Berdasarkan SK Menteri Pertanian RI No. 434/Kpts/Tp.270/7/2001, tentang syarat dan tata cara pendaftaran pestisida, yang dimaksud dengan pestisida adalah semua zat kimia atau bahan lain serta jasad renik dan virus yang digunakan untuk beberapa tujuan berikut:

1. Memberantas dan mencegah hama penyakit yang merusak tanaman, bagian tanaman, tau hasil-hasil pertanian.
2. Memberantas rerumputan.
3. Mematikan daun dan mencegah pertumbuhan yang tidak diinginkan.
4. Mengatur atau merangsang pertumbuhan tanaman atau bagian-bagian tanaman (tetapi tidak termasuk golongan pupuk).

Sementara itu, *The United States Environmental Control Act* mendefinisikan pestisida sebagai berikut:

1. Pestisida merupakan semua zat atau campuran zat yang khusus digunakan untuk mengendalikan, mencegah atau menangkis gangguan serangga, binatang pengerat, nematoda, gulma, virus, bakteri serta jasad renik yang dianggap hama; kecuali virus, bakteri dan jasad renik lain yang terdapat pada hewan dan manusia.
2. Pestisida merupakan semua zat atau campuran yang digunakan untuk mengatur pertumbuhan atau mengeringkan tanaman.

2.2.2 Bahan Aktif Pestisida

Bahan aktif pestisida yang ditemukan mencapai 53 jenis, untuk insektisida didominasi golongan piretroid (41,38%), Organofosfat (13,79%), Karbamat (10,34%). Untuk fungisida sekitar 73,91% berupa mancozeb yang termasuk dalam golongan *dithiocarbamat* (Marinajati dkk, 2012).

Menurut WHO bahan aktif ini termasuk dalam golongan U (tidak menimbulkan bahaya akut dalam dosis normal), golongan III (cukup berbahaya), golongan II (berbahaya), hingga golongan Ib (sangat berbahaya). Sebanyak 12%

dari keseluruhan insektisida yang ditemukan yaitu *triazofos* (organofosfat), *metamidofos* (organofosfat), *karbofuran* (karbamat) dan *beta siflutrin* (ptieroid).

Toksisitas atau daya racun adalah sifat bawaan pestisida yang menggambarkan potensi pestisida untuk menimbulkan kematian langsung (atau bahaya lainnya) pada hewan tingkat tinggi, termasuk manusia. Toksisitas dibedakan menjadi toksisitas akut, toksisitas kronik, dan toksisitas subkronik. Toksisitas akut merupakan pengaruh merugikan yang timbul segera setelah pemaparan dengan dengan dosis tunggal suatu bahan kimia atau pemberian dosis ganda dalam waktu kurang lebih 24 jam. Toksisitas akut dinyatakan dalam angka LD_{50} yaitu dosis yang mematikan (*lethal dose*) 50% dari binatang uji.

Toksisitas kronik adalah pengaruh merugikan yang timbul akibat pemberian takaran harian berulang dari pestisida atau pemaparan pestisida yang berlangsung cukup lama (biasanya lebih dari 50% rentang hidup). Pada hewan percobaan periode pemaparan selama 2 tahun. Sementara toksisitas subkronik mirip dengan toksisitas kronik, tetapi untuk rentang waktu lebih pendek, sekita 10% dari rentang hidupnya, atau untuk hewan percobaan adalah pemaparan selama 3 bulan (Djojsumarto, 2008).

Tabel 3. Klasifikasi Pestisida, bentuk kimia dan bahan aktif yang di kandunganya (Djau, 2009)

Klasifikasi	Bentuk Kimia	Bahan Aktif	Keterangan
1. Insektisida	Botani	Nikotine	Tembakau
		Pyrethrine	pyrtrum
		Rotenon	
	Carbamat	Carbaryl	toksik kontak
		Carbofuran	Toksik sistemik
		Methiocorb	bekerja pada lambung
	Organophosphat	Thiocarb	Toksik kontak
		Dichlorovos	Toksik kontak
		Dimethoat	sistemik
		Palathion	toksik kontak
		Malathion	toksik kontak
		Diasinon	kontak dan ingesti
	Organochlorin	DDT	kontak dan ingesti
		Lindane	persisten
		Dieldrin	persisten
		Endosulfan	kontak dan ingesti
		GammaHCH	
2. Herbisida	Aset anilid	Atachlor	sifat residu
	Amida	Propachlor	
	Diazone	Bentazaone	kontak
	Carbamate	Chlorophan	
		Asulam	
	Triazine	Athrazine	
		Metribuzine	
3. Fungisida	Inorganik	Metamitron	Toksin kontak
		Bordeaux mixture	
		Copper oxychloride	
		Mercurous Chloride	
	Benzimidazole	Sulfur	Protektan, sistemik
		Thiabendazolw	protektan, sistemik
		Tar oil	
	Hydrocarbon-		
	Phenolik		

2.2.3 Formulasi Pestisida

Bahan penting yang ada didalam pestisida yang bekerja aktif terhadap hama sasaran disebut bahan aktif. Pada pembuatan pestisida dipabrik bahan aktif tersebut tidak dibuat secara murni (100%) tetapi bercampur sedikit dengan bahan lainnya. Produk jadi yang merupakan campuran fisik antara bahan aktif dan bahan tambahan yang tidak aktif disebut formulasi.

Formulasi menentukan bagaimana pestisida dengan bentuk, komposisi, dosis, frekuensi serta jasad sasaran apa pestisida dengan formulasi tersebut dapat digunakan secara efektif. Selain itu, formulasi pestisida juga menentukan aspek keamanan penggunaan pestisida dibuat dan diedarkan dalam banyak macam formulasi, sebagai berikut: (Djojsumarto, 2008)

A. Formulasi Padat

1. *Wettable Powder* (WP), merupakan sediaan bentuk tepung (ukuran partikel beberapa mikron) dengan kadar bahan aktif relatif tinggi (50-80%), jika dicampur dengan air akan membentuk suspensi. Pengeplikasian WP dengan cara disemprotkan.
2. *Soluble Powder* (SP), merupakan formulasi berbentuk tepung yang jika dicampurkan dengan air akan membentuk larutan homogen. Digunakan dengan cara disemprotkan.
3. Butiran, merupakan sediaan siap pakai dengan konsentrasi bahan aktif rendah (2%). Ukuran butiran bervariasi antara 0,7 – 1 mm. Pengaplikasian dengan cara ditaburkan.

4. *Water Dispersible Granule* (WG atau WDG), berbentuk butiran formulasi WDG harus diencerkan terlebih dahulu dengan air dan pengaplikasiannya dengan cara disemprotkan.
5. *Soluble Granule* (SG), mirip dengan WDG yang juga harus diencerkan dengan air terlebih dahulu digunakan dengan cara disemprotkan. Bedanya, jika dicampur dengan air SG akan membentuk larutan sempurna.
6. Tepung Hembus, merupakan sediaan siap pakai berbentuk tepung (ukuran partikel 10 – 3- mikron) dengan konsentrasi bahan aktif rendah (2%) digunakan dengan cara dihembuskan (*dusting*).

B. Formulasi Cair

1. *Emulsifiable Concentrate* atau *Emulsible Concentrate* (EC), merupakan sediaan berbentuk pekat (konsentrat) cair dengan kandungan bahan aktif yang cukup tinggi. Jika dicampur dengan air akan membentuk emulsi (butiran benda cair yang melayang dalam media cair lainnya). Bersama formulasi WP, formulasi EC merupakan formulasi klasik paling banyak digunakan saat ini.
2. *Water Soluble Concentrate* (WCS), merupakan formulasi yang mirip dengan EC, jika dicampur air tidak membentuk emulsi, melainkan akan membentuk larutan homogen. Formulasi ini digunakan dengan cara disemprotkan.
3. *Aqueous Solution* (AS), merupakan pekatan yang bisa dilarutkan dnegan air. Umumnya pestisida yang memiliki kelarutan tinggi dalam air, formulasi ini digunakan dengan cara disemprotkan.

4. *Soluble Liquid* (SL), merupakan pekatan cair, jika dicampur air pekatan cair ini akan membentuk larutan. Pestisida ini digunakan dengan cara disemprotkan.
5. *Ultra Low Volume* (ULV), ntuk penyemprotan dengan volume ultra rendah, yaitu volume semprot antara 1 -5 liter/hektar. Formulasi ULV umumnya berbasis minyak karena untuk penyemprotan dengan volume ultra rendah digunakan butiran semprot yang snagat halus.

2.2.4 Penggolongan Pestisida

Pestisida dapat digolongkan berdasarkan organisme target dan cara kerjanya, yaitu:

a. Insektisida

Insektisida merupakan bahan yang mengandung senyawa kimia beracun yang bisa mematikan semua jenis serangga. Serangga menyerang tanaman untuk memperoleh makanan dengan berbagai cara, sesuai tipe mulutnya. Kelompok pestisida yang terbesar dan terdiri atas beberapa sub kelompok kimia yang berbeda, yaitu:

1. Organoklorin merupakan insektisida Chlorinated hydrocarbon secara kimiawi tergolong insektisida yang relatif stabil dan kurang efektif, ditandai dengan dampak residunya yang lama terurai dilingkungan. Salah satu insektisida organoklorin yang terkenal adalah DDT. Pestisida ini telah menimbulkan banyak perdebatan. Kelompok organoklorin merupakan racun terhadap

susunan syaraf baik pada serangga maupun mamalia. Keracunan dapat bersifat akut atau kronis. Keracunan kronis bersifat karsinogenik (kanker).

2. Organofosfat, insektisida ini merupakan ester asam fosfat atau asam tiofosfat. Pestisida ini umumnya merupakan racun pembasmi serangga yang paling toksik secara akut terhadap binatang bertulang belakang seperti ikan, burung, cicak dan mamalia. Pestisida ini mempunyai efek, memblokir penyaluran impuls syaraf dengan cara mengikat enzim asetilkolinesterase. Keracunan kronis pestisida golongan organofosfat berpotensi karsinogenik.
3. Karbamat, kelompok ini merupakan ester asam H-metilkarbamat. Bekerja menghambat asetilkolinesterase. Tetapi pengaruhnya terhadap enzim tersebut tidak berlangsung lama, karena prosesnya cepat reversibel. Apabila timbul gejala tidak bertahan lama dan cepat kembali normal. Pestisida kelompok ini dapat bertahan dalam tubuh antara 1 sampai 24 jam sehingga cepat diekskresikan.
4. Piretroid dan yang berasal dari tanaman lainnya piretroid berasal dari piretrum diperoleh dari bunga *Chrysanthemum cinerariaefolium*. Insektisida tanaman lain adalah nikotin yang sangat toksik secara akut dan bekerja pada susunan saraf. Piretrum mempunyai toksisitas rendah pada manusia tapi menimbulkan alergi pada orang yang peka (Raini, 2007).

b. Fungisida

Fungisida merupakan bahan yang mengandung senyawa kimia beracun dan bisa digunakan untuk memberantas dan mencegah fungi/cendawan. Cendawan ini merusak tanaman dengan berbagai cara. Misalnya sporanya masuk kedalam

bagian tanaman lalu mengadakan pembelahan dengan cara pembesaran sel yang tidak teratur sehingga menimbulkan bisul-bisul. Pertumbuhan yang tidak teratur ini mengakibatkan sistem kerja pengangkut air menjadi terganggu (Wudianto, 2007).

c. Herbisida

Herbisida merupakan pestisida yang digunakan untuk mengendalikan gulma atau tumbuhan pengganggu yang tidak dikehendaki. Karena herbisida aktif terhadap tumbuhan, maka herbisida bersifat fitotoksik.

d. Bakterisida

Bakterisida mengandung bahan aktif yang bisa membunuh bakteri. Ukuran bakteri sangat kecil yaitu sekitar 0,15-6 mikron, sehingga mudah masuk kedalam tanaman inang melalui luka, stomata, pori air, kelenjar madu dan lentisel. Didalam tanaman, enzim bakteri akan memecah sel sehingga menimbulkan lubang pada bermacam-macam jaringan atau memecah tepung menjadi gula dan menyederhanakan senyawa nitrogen yang kompleks untuk memperoleh tenaga agar bertahan hidup. Bakteri ini juga menghasilkan zat racun dan zat lain yang merugikan tanaman, bahkan menghasilkan zat yang bisa merangsang sel-sel inang membelah secara tidak normal. Didalam tanaman, bakteri ini akan bereaksi menimbulkan penyakit sesuai tipenya. Bakteri bisa menyebar melalui biji, buah, umbi, serangga, burung, siput, ulat, manusia, dan pupuk kandang. Bakterisida biasanya bekerja dengan cara sistemik karena bakteri melakukan kerusakan dalam tubuh inang. Perendaman bibit dalam larutan bakterisida merupakan salah satu cara aplikasi untuk

mengendalikan *Pseudomonas solanacearum* yang bisa mengakibatkan layu pada tanaman famili *solanaceae*. Contoh bakterisida yaitu *Agrymicin* dan *Agrept*.

e. Nematisida

Nematoda yang bentuknya seperti cacing kecil panjangnya 1 cm walaupun pada umumnya panjangnya kurang dari 200 sampai 1000 milimikron, hidup pada lapisan tanah bagian atas. Racun yang dapat mengendalikan nematoda ini disebut nematisida. Umumnya nematisida berbentuk butiran yang penggunaannya bisa dengan cara ditaburkan atau ditanamkan dalam tanah. Walaupun demikian, ada pula yang berbentuk larutan dalam air yang penggunaannya dengan cara disiramkan

f. Akarisida

Akarisida atau sering juga disebut dengan mitisida adalah bahan yang mengandung senyawa kimia beracun yang digunakan untuk membunuh tungau, caplak dan laba-laba. Bagian tanaman yang diserang adalah daun, batang, dan buah. Bagian tanaman yang diserang oleh tungau akan mengalami perubahan warna, bentuk, timbul bisul-bisul atau buah rontok sebelum waktunya. Contoh akarisida yaitu *Kelthane MF* dan *Trithion 4 E*.

g. Rodentisida

Rodentisida adalah bahan yang mengandung senyawa kimia beracun yang digunakan untuk mematikan berbagai jenis binatang pengerat isalnya tikus. Tikus sering menyerang tanaman pangan, hortikultura, dan tanaman perkebunan dalam waktu yang singkat dengan tingkat kerugian yang cukup

besar. Rodentisida yang efektif biasanya dalam bentuk umpan beracun. Contohnya *Diphacin 110*, *Kleret RMB*, *Racumin*, *Ratikus RB*, *Ratilan*, *Ratak* dan *Gisorin*.

2.2.5 Jalur masuk pestisida kedalam tubuh

Pestisida dapat masuk kedalam tubuh manusia melalui 2 cara, yaitu (Runia, 2008) :

a. Kontaminasi melalui kulit

Pestisida yang menempel dipermukaan kulit bisa meresap ke dalam tubuh dan menimbulkan keracunan. Kejadian kontaminasi lewat kulit merupakan kontaminasi yang paling sering terjadi, meskipun tidak seluruhnya berakhir dengan keracunan akut. Lebih dari 90% kasus keracunan diseluruh dunia disebabkan oleh kontaminasi lewat kulit.

b. Terhirup lewat hidung

Keracunan karena partikel pestisida atau butiran semprot yang terhisap lewat hidung merupakan kasus terbanyak kedua setelah kontaminasi kulit. Partikel pestisida yang masuk kedalam paru-paru bisa menimbulkan gangguan fungsi paru-paru. Partikel pestisida yang menempel diselaput lendir hidung dan kerongkongan akan masuk kedalam tubuh melewati kulit hidung dan mulut bagian dalam dan menimbulkan gangguan pada selaput lendir itu sendiri (iritasi).

2.3 Faktor Keracunan Pestisida

Faktor yang mempengaruhi kejadian keracunan pestisida terdapat didalam tubuh (internal) dan faktor dari luar tubuh (eksternal), sebagai berikut (Runia, 2008):

A. Faktor Internal

1. Usia

Dengan bertambahnya usia seseorang maka kadar rata-rata kolinesterase dalam darah akan semakin rendah sehingga mempermudah terjadinya keracunan pestisida.

2. Jenis Kelamin

Jenis kelamin sangat mempengaruhi aktifitas enzim kolinesterase, jenis kelamin laki-laki lebih rendah dibandingkan jenis kelamin perempuan, karena jenis kelamin perempuan lebih banyak enzim kolinesterase.

3. Status kesehatan

Beberapa jenis pestisida yang sering digunakan menekan aktifitas kolinesterase dalam plasma yang berguna dalam menetapkan *over exposure* terhadap zat ini. Pada orang-orang yang selalu terpapar pestisida menyebabkan naiknya tekanan darah dan kolesterol.

4. Status Gizi

Status gizi yang buruk dapat mengakibatkan menurunnya daya tahan tubuh dan meningkatnya kepekaan terhadap infeksi. Kondisi ini menyebabkan protein yang ada pada tubuh sangat terbatas sedangkan enzim kolinesterase terbentuk dari protein, sehingga pembentukan enzim kolinesterase akan terganggu. Orang

yang memiliki tingkat gizi yang baik cenderung memiliki kadar kolinesterase lebih besar.

5. Tingkat pendidikan

Semakin tinggi tingkat pendidikan seseorang maka semakin kecil peluang terjadinya keracunan, karena pengetahuan menangani racun termasuk cara penggunaan dan penanganan racun secara aman dan tepat sasaran akan semakin baik, sehingga racun dapat dihindari.

6. Kebiasaan Merokok

Nikotin mempunyai pengaruh yang mirip dengan acetylcholinesterase terhadap serabut otot sehingga mampu menginvasi cholinesterase pada sinaps yang menyebabkan tidak dapat menghidrolisis achetylcholine yang dilepaskan pada lempeng akhiran. Akibatnya, jumlah acetylcholine meningkat bersamaan dengan tibulnya impuls beruntun sehingga merangsang serabut otot dan menimbulkan hemalian (Rustia, 2009).

B. Faktor Eksternal

1. Dosis

Semua jenis pestisida adalah racun, semakin besar dosis yang digunakan maka tingkat keracunan akan beresiko besar. Semakin tinggi dosis yang digunakan maka efek pestisida akan semakin bertambah dan hal ini ditentukan dengan lama pajanan.

2. Lama bekerja

Ditentukan dengan lama pajanan sebagai pekerja penyemprot, semakin lama menjadi pekerja penyemprot maka semakin lama pula kontak dengan pestisida sehingga keracunan pestisida semakin tinggi.

3. Waktu menyemprot

Pengaruh waktu penyemprotan pestisida sangat diperhatikan karena berkaitan dengan suhu lingkungan yang dapat menyebabkan keluarnya keringat lebih banyak terutama pada siang hari. Semakin siang waktu penyemprotan maka beresiko keracunan pestisida terutama penyerapan melalui kulit.

4. Frekuensi menyemprot

Semakin sering tenaga kerja melakukan penyemprotan maka semakin tinggi resiko keracunannya. Penyemprotan sebaiknya dilakukan sesuai dengan ketentuan, waktu yang dianjurkan untuk melakukan kontak dengan pestisida maksimal 2 kali dalam satu minggu.

5. Jumlah jenis pestisida

Pestisida mempunyai efek fisiologis yang berbeda-beda tergantung dari kandungan zat aktif dan sifat dari pestisida. Penyemprotan dengan penggunaan ≥ 1 jenis pestisida dapat mengakibatkan keracunan pada tenaga kerja penyemprot. Banyaknya pestisida yang digunakan menyebabkan beragamnya paparan pada tubuh yang menyebabkan reaksi sinergik dalam tubuh.

6. Arah angin

Penyemprotan yang baik searah dengan arah angin agar pestisida yang disemprotkan tidak mengenai pekerja dan tidak terpapar didalam tubuh.

7. Cara penanganan pestisida

Penanganan pestisida sejak awal pembelian, penyimpanan, pencampuran cara menyemprot hingga penanganan setelah menyemprot berpengaruh terhadap resiko keracunan bila tidak memenuhi ketentuan.

8. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)

Pestisida merupakan racun yang bersifat kontak maka diperlukan APD lengkap, ada 7 macam yaitu: topi, kacamata, masker, baju lengan panjang, kaos tangan, celana panjang, dan sepatu boot. Pemakaian APD dapat mencegah dan mengurangi resiko terjadinya keracunan pestisida, dengan memakai APD kemungkinan kontak langsung dengan pestisida dapat dikurangi sehingga racun pestisida masuk dalam tubuh melalui bagian pernafasan, pencernaan dan kulit dapat kulit dapat dihindari.

2.4 *Cholinesterase*

2.4.1 Pengertian *Cholinesterase*

Cholinesterase merupakan enzim darah yang diperlukan agar syaraf dapat berfungsi dengan baik, terdapat pada cairan seluler untuk menghentikan aksi AchE dengan jalan terhidrolisis menjadi cholin dan asam asetat. Asetikolin merupakan suatu neuro hormon yang terdapat antara ujung-ujung syaraf dan otot, sebagai media kimia yang fungsinya meneruskan rangsangan syaraf atau impuls ke reseptor sel-sel otot dan kelenjar.

Pemeriksaan *cholinesterase* digunakan untuk memonitoring keracunan pestisida golongan organofosfat atau karbamat. Aktifitas enzim *cholinesterase* akan menurun, keadaan klinis yang dapat mengindikasikan pemeriksaan yaitu

paparan pestisida dengan gejala *miosis* (penglihatan kabur), kelemahan otot, diare, mual, banyak mengeluarkan air liur, berkeringat edem paru, aritmia, dan kejang (Djau, 2009).

Asetilkolin (Ach) adalah penghantar saraf yang berada pada seluruh sistem saraf pusat (SSP), saraf otonom (simpatik dan parasimpatik, dan sistem sarafsomatik. Asetilkolin bekerja pada ganglion simpatik dan parasimpatik, reseptor parasimpatik, simpangan saraf otot, penghantar sel-sel saraf dan medula kelenjar suprarenal. Setelah masuk dalam tubuh, golongan organofosfat dan karbamat akan mengikat enzim asetilkolinesterase (AChE), sehingga AChE menjadi inaktif dan terjadi akumulasi asetilkolin. Enzim tersebut secara normal menghidrolisis asetilkolin menjadi asetat dan kolin. Pada saat enzim dihambat, megakibatkan jumlah asetilkolin meningkat dan berikatan dengan reseptor muskarinik dan nikotinik pada system saraf pusat dan perifer. Hal tersebut menyebabkan timbulnya gejala keracunan yang berpengaruh pada seluruh bagian tubuh. Keadaan ini menimbulkan efek yang luas (Runia, 2008).

Reaksi antara organofosfat dan kolinesterase disebut *fosforilase*. *Fosforilase* menghasilkan senyawa “*Phosphorylated Cholinesterase*”, pengikatan antara organofosfat dan kolinesterase yang hampir irreversible. Hal ini merupakan penyebab organofosfat sangat berbahaya, karena *phosphorylated* tidak mampu lagi menghidrolisir *AchE*, yang mengakibatkan *AchE* tertimbun pada tempat-tempat reseptor. Hasil pengukuran *AchE* dalam darah memberikan interpretasi tentang derajat keracunan sebagai berikut.

Tabel 4. Batas Normal Kadar Kolinesterase

NO	% Aktifitas Ache Dalam Darah Terhadap Normal	Interpretasi
1	75 – 100	Tidak ada keracunan
2	50 – 75	Keracunan ringan
3	25 – 50	Keracunan sedang
4	0 – 25	Keracunan berat

2.4.2 Pestisida Inhibitor *Cholinesterase*

1. Golongan Organophosat

Golongan organofosfat banyak digunakan karena sifat-sifatnya yang menguntungkan. Cara kerja golongan ini selektif, tidak persisten dalam tanah, dan tidak menyebabkan resistensi pada serangga. Bekerja sebagai racu kontak, racun perut, dan racun pernafasan. Dengan takaran yang rendah sudah memberikan efek yang memuaskan selain kerjanya cepat dan mudah terurai. Pestisida organofosfat berikatan dengan enzim dalam darah yang berfungsi mengatur kerjanya saraf yaitu *cholinesterase*. *Cholinesterase* merupakan enzim darah yang diperlukan agar syaraf dapat berfungsi dengan baik. Ketika seseorang keracunan organofosfat tingkat aktifitas enzim *cholinesterase* akan menurun.

2. Golongan Karbamat

Pestisida golongan karbamat merupakan racun kontak, racun perut, dan juga racun pernafasan. Bekerja seperti golongan organofosfat, yaitu menghambat aktivitas enzim *cholinesterase*. Keracunan yang disebabkan oleh pestisida golongan karbamat, gejalanya sama seperti pada keracunan golongan organofosfat, tetapi lebih mendadak dan tidak lama karena efeknya terhadap *cholinesterase* tidak persisten. Meskipun gejala keracunan cepat hilang, tetapi

karena munculnya mendadak dan menghebat dengan cepat maka dapat berakibat fatal jika tidak segera mendapat pertolongan yang disebabkan oleh depresi pernafasan (Runia, 2008).

2.5 Darah

Darah merupakan suatu suspensi sel dan fragmen sitoplasma cairan yang disebut plasma. Secara keseluruhan darah dapat dianggap sebagai jaringan pengikat dalam arti luas, karena pada dasarnya terdiri atas unsur-unsur sel dan substansi interseluler yang terbentuk plasma. Secara fungsional darah merupakan jaringan pengikat yang menghubungkan seluruh bagian-bagian dalam tubuh sehingga merupakan suatu integritas, apabila darah dikeluarkan dari tubuh maka segera terjadi pembekuan terdiri atas unsur cairan kuning kjermin yang disebut serum (Subowo, 2002).

Volume darah manusia sekitar 7% - 10% berat badan normal dan berjumlah sekitar 5 liter. Keadaan darah pada tiap – tiap orang berbeda, bergantung pada usia, pekerjaan, serta keadaan jantung atau pembuluh darah. Darah terdiri atas 2 komponen utama, yaitu sebagai berikut:

- a. Plasma darah, bagian darah yang sebagian besar terdiri atas air, elektrolit, dan protein darah.
- b. Butir – butir darah (*blood corpuscles*), yang terdiri atas komponen – komponen darah, yaitu sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), butir pembekuan darah (trombosit) (Handayani & Hariwibowo 2008).

2.6 Leukosit

Leukosit atau sel darah putih merupakan sel darah yang mengandung inti. Jika dilihat dalam mikroskop cahaya maka sel darah putih mempunyai granula spesifik (granulosit) mempunyai bentuk inti yang bervariasi dan yang tidak memiliki granula (agranulosit) inti berbentuk bulat atau bentuk ginjal. Leukosit mempunyai peranan dalam pertahanan seluler dan humoral organisme terhadap zat-zat asing (Hayati, 2015)

Menurut (Guyton, 2008) dalam darah manusia normal terdapat jumlah leukosit rata-rata $5000-10000 \text{ sel/mm}^3$ dengan rata-rata orang dewasa mempunyai 7000 sel/mm^3 . Persentase normal berbagai jenis leukosit sebagai berikut:

Neutrofil polimorfonuklear 62,0%

Eosinofil polimorfonuklear 2,3%

Basofil polimorfonuklear 0,4%

Monosit polimorfonuklear 5,3%

Limfosit Polimorfonuklear 30,0%

Menurut Widman, 1995 dalam Aini, 2012 terjadinya peningkatan atau penurunan presentase hitung jenis leukosit dapat menggambarkan keadaan inflamasi, kelainan imunologik, dan keganasan.

Leukosit berfungsi mempertahankan tubuh dari serangan penyakit dengan cara memakan (*fagositosis*) penyakit tersebut. Itulah sebabnya leukosit disebut juga sebagai *fagosit*, leukosit mempunyai bentuk berbeda dengan eritrosit. Bentuknya bervariasi dan mempunyai inti sel bulat ataupun cekung, gerakannya seperti amoeba dan dapat menembus dinding kapiler. (Muziro, 2010)

Leukosit mengalami peningkatan apabila kelenjar adrenal dirangsang baik secara farmakologis maupun sebagai respons terhadap kebutuhan fisiologis. Sebagian besar stimulus fisiologis seperti olah raga, stress, pemaparan terhadap suhu yang ekstrim, mengakibatkan leukositosis dengan cara merangsang pengeluaran epinefrin. Sistem imun yang terganggu dapat menimbulkan perubahan fungsi imun khususnya pada sistem imun seluler, misal limfosit, basofil, sel mast, platelet, neutrofil, eosinofil, dan makrofag. (Aini, 2012)

2.6.1 Jenis Leukosit

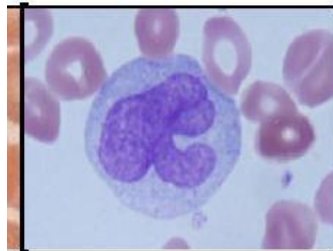
Terdapat dua macam golongan utama leukosit yaitu Agranular dan granular. Leukosit agranular mempunyai sitoplasma yang tampak homogen dan intinya berbentuk bulat atau ginjal. Ada dua macam leukosit agranular yaitu limfosit dan monosit. Leukosit granular mempunyai granula spesifik dalam sitoplasmanya dan mempunyai inti yang memperlihatkan banyak variasi bentuk. Leukosit granular terdiri dari tiga macam yaitu neutrofil, eosinofil, dan basofil (Aini, 2012)

Deskripsi jenis leukosit menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2011:

1. Basofil untuk melawan penyakit myeloproliferatif dan diskasia darah.
2. Eosinofil untuk melawan gangguan alergi dan infeksi parasit.
3. Neutrofil sebagai pertahanan terhadap infeksi bakteri dan gangguan radang.
4. Limfosit untuk melawan infeksi virus dan infeksi bakteri.
5. Monosit untuk melawan infeksi yang berat.

2.6.2 Leukosit Agranular

a) Monosit



Gambar 1 Monosit (Arif m, 2015)

Monosit dibentuk oleh sel induk (*stem cell*) didalam sumsum tulang. Didalam sumsum tulang mengalami poliferasi dan dilepaskan kedalam darah sesudah fase monoblas – fase promonosit – fase monosit. Monosit berjumlah 3-8% dari leukosit normal darah dan merupakan sel darah yang paling besar, intinya berbentuk lonjong seperti ginjal. Sitoplasma banyak berwarna biru pucat dan mengandung granula merah jambu, diameternya 9-10 μm (Aini, 2012).

Setelah 8-14 jam berada didalam darah, monosit menuju ke jaringan dan menjadi makrofag (*histosit*). Monosit mempunyai fungsi sebagai fagosit mikroorganisme (khususnya jamur dan bakteri) dan benda asing lainnya serta berperan dalam reaksi imun (Kiswari, 2014).

b). Limfosit



Gambar 2 Limfosit (Arif m, 2015)

Limfosit merupakan jenis leukosit yang jumlahnya kedua paling banyak setelah neutrofil (20-40% dari total leukosit). Jumlah limfosit pada anak-anak relatif lebih banyak dibandingkan jumlahnya pada orang dewasa dan jumlah limfosit meningkat apabila terjadi infeksi virus.

Ada beberapa jenis limfosit berdasarkan ukurannya, yaitu:

- *Resting lymphocyte*, biasanya berukuran kecil (7-10 μm) hampir sama dengan ukuran eritrosit inti sel berbentuk bulat atau oval.
- *Reactive ("atypical") lymphocyte*, berukuran paling besar jumlahnya meningkat bila terjadi infeksi, misalnya mononukleosis.
- *Large granular lymphocyte*, berukuran lebih besar dari pada limfosit kecil yang mengandung granula kasar azurofilik. Limfosit ini berperan sebagai sel *natural killer* (NK) dalam imunologi.

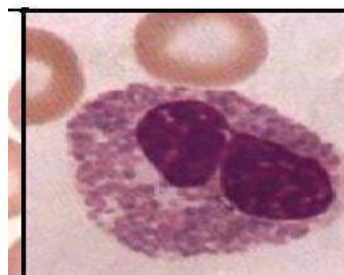
Berdasarkan fungsinya, limfosit dibagi atas sel B dan sel T. Sel B terutama berefek pada sistem imun humoral, yang berkembang didalam sumsum tulang dan dapat ditemukan dalam limfonodus, limpa, dan organ lainnya elain berada dalam darah (kiswari, 2014).

2.5.3 Leukosit Granular

a). Neutrofil



Gambar 3 Neutrofil Segmen
(Arif m, 2015)



Gambar 4 Neutrofil Batang
(Arif m, 2015)

Neutrofil merupakan jenis leukosit yang paling banyak diantara jenis-jenis leukosit. Ada dua macam jenis neutrofil yaitu neutrofil stab (batang) dan neutrofil segmen, neutrofil segmen sering disebut sebagai neutrofil polimorfonuklear. Disebut demikian karena inti selnya terdiri atas beberapa segmen (lobus) yang bentuknya bermacam-macam dan dihubungkan dengan benang kromatin. Jumlah segmen sebanyak 3-6 bila lebih dari 6 disebut dengan neutrofil hipersegmen. Granula sitoplasmanya tampak tipis, jumlah neutrofil segmen 50-70% dari keeluruhan leukosit. Neutrofil batang mempunyai inti berbentuk seperti tapal kuda, neutrofil batang merupakan bentuk muda dari neutrofil segmen. Seiring dengan proses pematangan bentuk intinya akan bersegmen dan menjadi neutrofil segmen.

Fungsi utama neutrofil adalah sebagai fagositosis pada umumnya terhadap bakteri. Sekali bermigrasi menuju jaringan ekstrasvaskuler, neutrofil tidak dapat kembali lagi kedalam darah. Populasi neutrofil disepanjang permukaan endotel pembuluh darah (marginating pool) dapat dengan cepat berubah pada saat terjadi stress atau infeksi (Kiswari, 2014).

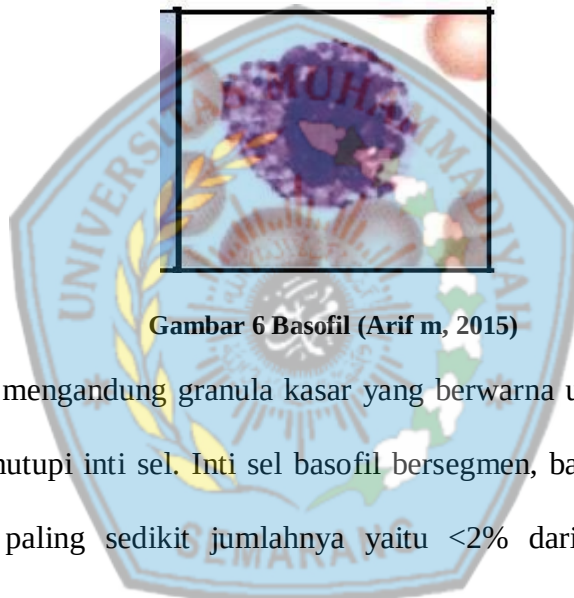
b). Eosinofil



Gambar 5 Eosinofil (Arif m, 2015)

Eosinofil mengandung granula kasar yang berwarna merah-oranye (eosinofilik) yang tampak pada apusan darah tepi. Intinya bersegmen pada umumnya dua lobus, jumlah eosinofil normal adalah 2-4% dan akan meningkat bila terjadi reaksi alergi atau infeksi parasit. Fungsi eosinofil juga sebagai fagositosis dan menghasilkan antibodi terutama terhadap antigen yang dikeluarkan oleh parasit (Kiswari, 2014).

c). Basofil



Gambar 6 Basofil (Arif m, 2015)

Basofil mengandung granula kasar yang berwarna ungu atau biru tua dan sering kali menutupi inti sel. Inti sel basofil bersegmen, basofil merupakan jenis leukosit yang paling sedikit jumlahnya yaitu $<2\%$ dari jumlah keseluruhan leukosit. Granula pada basofil mengandung heparin (antikoagulan), histamin, dan substansi anafilaksis. Basofil berperan dalam reaksi hipersensitivitas yang berhubungan dengan Immunoglobulin E (IgE) (Kiswari, 2014).

2.5 Pengaruh Paparan Pestisida dengan Jenis Leukosit

Paparan pestisida dalam tubuh berdampak pada komponen yang ada dalam tubuh manusia, salah satunya adalah darah. Pestisida dapat menimbulkan abnormalitas pada profil darah karena pestisida dapat mengganggu organ-organ pembentuk sel-sel darah, proses pembentukan sel-sel darah dan juga sistem imun

(Djau, 2009). Darah terdiri dari 2 komponen utama yaitu plasma darah dan sel-sel darah. Sel-sel darah terdiri dari 3 komponen yaitu sel darah merah, sel darah putih, dan trombosit (Rangan dkk 2013).

Beberapa jenis pestisida telah diketahui dapat mengganggu sistem kekebalan tubuh manusia dengan cara yang lebih berbahaya. Beberapa jenis pestisida dapat melemahkan kemampuan tubuh untuk menahan dan melawan infeksi. Ini berarti tubuh menjadi lebih mudah terkena infeksi (Pamungkas, 2016). Pestisida masuk kedalam tubuh melalui beberapa cara, yaitu absorpsi melalui kulit, oral, dan melalui pernafasan. Pestisida meracuni manusia melalui berbagai mekanisme kerja seperti mempengaruhi kerja enzim dan hormon, bahan racun yang masuk ke dalam tubuh dapat menonaktifkan aktivator sehingga enzim dan hormon tidak dapat bekerja (Bolognesi, 2003).

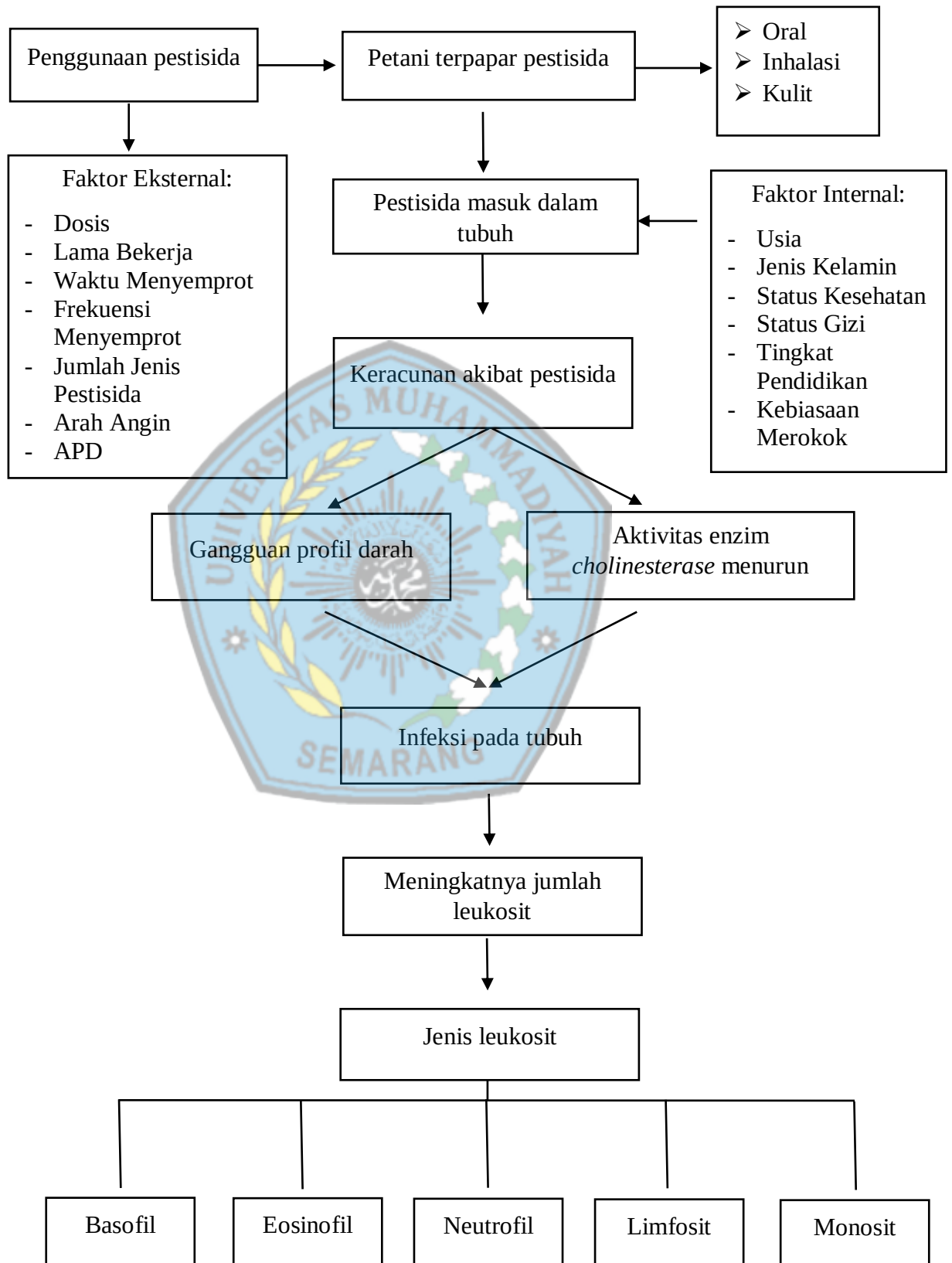
Pestisida tergolong sebagai *endocrine disrupting chemicals* (EDCs), yaitu bahan kimia yang dapat mengganggu sintesis, sekresi, transport, metabolisme, pengikatan dan eliminasi, hormon-hormon dalam tubuh yang berfungsi menjaga homeostatis, reproduksi dan proses tumbuh kembang (Diamanti 2014). Masuknya pestisida kedalam tubuh dapat merusak jaringan, pestisida menginduksi produksi serotonin dan histamin, hormon ini memicu reaksi alergi (Pamungkas, 2016).

Salah satu dampak buruk pestisida dapat mengganggu sistem kekebalan tubuh, ditandai dengan meningkatnya leukosit pada tubuh karena adanya indikasi peningkatan produksi sel-sel untuk melawan infeksi pada tubuh (Qomariah dkk, 2017). Meningkatnya jumlah leukosit merupakan sinyal infeksi yang disebabkan oleh bahan kimia tertentu yang masuk ke dalam tubuh. Adanya pestisida diduga

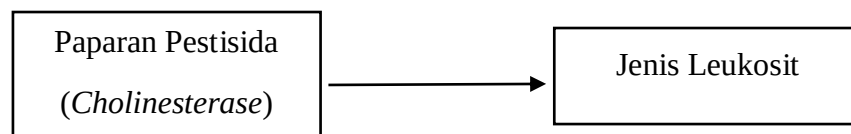
memicu terjadinya aktivasi sistem pertahanan tubuh melalui peningkatan produksi leukosit (Sari dkk, 2016). Jumlah leukosit dalam keadaan normal berkisar 5.000 – 10.000 sel/mm³ darah dengan rata-rata 7.000 sel/mm³ . Terdapat lima macam leukosit yang dapat ditemukan dalam darah yaitu Neutrofil, Eosinofil, Basofil, Monosit dan limfosit. Fungsi dari leukosit sendiri sebagai sistem pertahanan tubuh dari organisme penyusup seperti bakteri, virus atau partikel asing dengan cara menelan substansi tersebut atau biasa disebut *Fagositosis* (Guyton, 2008).



2.6 Kerangka Teori



2.7 Kerangka Konsep



Variabel Bebas.

Variabel Terikat.

2.8 Hipotesis

Ada hubungan antara paparan pestisida dengan jenis leukosit pada petani penyemprot padi di Desa Karangmoncol Kabupaten Pemalang.

