

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Efektivitas

Efektivitas berasal dari kata *effective* yang berarti berhasil atau mampu mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), efektivitas diartikan sebagai tingkat keberhasilan suatu kegiatan dalam mencapai tujuan yang diharapkan. Efektivitas menunjukkan sejauh mana suatu program atau tindakan dapat memberikan hasil yang sesuai dengan target yang telah direncanakan (Deksa *et al.*, 2022). Menurut Ravianto (2014) dalam Putri (2019), efektivitas merupakan ukuran keberhasilan suatu pekerjaan yang dinilai dari kesesuaian antara hasil yang dicapai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Dengan demikian, efektivitas dapat dipahami sebagai tingkat keberhasilan suatu kegiatan berdasarkan ketercapaian tujuan yang telah direncanakan.

Dalam bidang pertanian, efektivitas digunakan sebagai salah satu indikator untuk menilai keberhasilan suatu metode pengendalian hama. Efektivitas pengendalian dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti daya kerja bahan aktif, metode aplikasi, ketepatan waktu pelaksanaan, serta kondisi lingkungan saat aplikasi dilakukan. Penilaian efektivitas tidak hanya didasarkan pada kemampuan insektisida dalam menyebabkan kematian hama, tetapi juga pada kemampuannya menekan populasi hama secara nyata.

Selain ditinjau dari tingkat mortalitas, efektivitas pengendalian hama juga dapat dilihat dari aspek efisiensi penggunaan bahan, kecepatan kerja insektisida, ketepatan sasaran, serta dampaknya terhadap organisme non-target dan lingkungan. Menurut Untung (2006), pengendalian hama yang efektif sebaiknya mampu menekan populasi hama hingga berada di bawah ambang ekonomi tanpa mengganggu keseimbangan ekosistem, sejalan dengan prinsip Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Dalam penelitian ini, efektivitas pengendalian diukur berdasarkan tingkat mortalitas *Metisa plana* setelah aplikasi insektisida menggunakan drone. Pengendalian dinilai efektif apabila mampu menghasilkan tingkat mortalitas yang tinggi, menurunkan populasi hama secara nyata, serta memenuhi kriteria efikasi yang telah ditetapkan.

2.1.2 Tanaman Kelapa Sawit

Kelapa sawit adalah tanaman dari keluarga *Arecaceae* yang awalnya dibudidayakan di Amerika Selatan. Tanaman ini telah menjadi salah satu komoditas utama bagi petani dalam produksi minyak kelapa sawit. Dalam industri perkebunan, kelapa sawit dianggap sebagai komoditas bernilai tinggi yang dapat menggantikan kelapa dalam pembuatan minyak. Perkebunan kelapa sawit umumnya terletak di kawasan hutan yang jauh dari keramaian, karena membutuhkan lahan yang luas. Melihat potensi keuntungan ekonomi dari produk turunan kelapa sawit, banyak petani memilih untuk menanam komoditas ini, yang sekarang tersebar di berbagai pulau di Indonesia, seperti Kalimantan, Sumatera, dan Sulawesi.

Dalam penyebarannya, terdapat dua jenis kelapa sawit yang biasanya dibudidayakan oleh petani, yaitu *Elaeis guineensis* Jacq. dan *Elaeis oleifera*. Perbedaan utama antara kedua jenis ini adalah bahwa *Elaeis guineensis* memiliki produktivitas yang tinggi sehingga banyak dibudidayakan, sedangkan *Elaeis oleifera* memiliki tanaman dengan ketinggian yang lebih rendah. Di Indonesia, sumber genetika tanaman kelapa sawit awalnya ditanam di Kebun Raya Bogor. Namun, keterbatasan varietas mengakibatkan produksi dari tanaman ini kurang maksimal. Setiap varietas kelapa sawit yang dikembangkan di dunia perkebunan memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing (Rahmawati, 2023).

2.1.2.1 Klasifikasi Tanaman Kelapa Sawit

Menurut (Prasvita *et al.*, 2021) klasifikasi tanaman kelapa sawit adalah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Embryophyta Siphonagama</i>
Kelas	: <i>Angiospermae</i>
Ordo	: <i>Monocotyledone</i>
Famili	: <i>Arecaceae</i>
Subfamili	: <i>Cocoideae</i>
Genus	: <i>Elaeis</i>
Spesies	: <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.

2.1.2.2 Morfologi Tanaman Kelapa Sawit

a) Daun

Daun tanaman kelapa sawit memiliki daun (*frond*) yang menyerupai bulu burung atau ayam. Di bagian pangkal pelepah daun terbentuk dua baris duri yang sangat tajam dan keras di kedua sisinya. Anak-anak daun (*foliage leaflet*) tersusun berbaris dua sampai ke ujung daun. Di tengah-tengah setiap anak daun terbentuk lidi sebagai tulang daun (Lardi *et al.*, 2022).

b) Akar

Akar terutama sekali berfungsi untuk menunjang struktur batang di atas tanah, menyerap air dan unsur-unsur hara dari dalam tanah serta sebagai salah satu alat respirasi. Sistem perakaran kelapa sawit merupakan sistem akar serabut, terdiri dari akar primer, sekunder, tersier dan kuartener. Akar primer keluar dari pangkal batang dan menyebar secara horizontal serta menghujam tumbuh ke dalam tanah dengan sudut yang beragam, sampai batas permukaan air tanah. Akar primer (diameter 6-10 mm) bercabang membentuk akar sekunder (diameter 0,7-1,2 mm), dan akar tersier membentuk akar kuartener (diameter 0,1-0,3 mm). Disamping itu, tumbuh pula akar nafas yang muncul di atas permukaan atau di dalam air tanah. Penyebaran akar terkonsentrasi pada tanah lapisan atas (Fauzi *et al.*, 2012).

c) Batang

Batang kelapa sawit terdiri dari pembuluh-pembuluh yang terikat secara diskrit dalam jaringan parenkim. Meristem pucuk terletak dekat ujung batang, dimana pertumbuhan batang sedikit agak membesar. Aktivitas meristem pucuk hanya memberikan sedikit kontribusi terhadap jaringan batang karena fungsi utamanya yaitu menghasilkan daun dan infloresen bunga. Seperti umumnya tanaman monokotil, penebalan sekunder tidak terjadi pada batang. Hal yang menarik dari sistem pembuluh kelapa sawit yaitu panjangnya umur sel-sel *phloem*. Sel-sel tersebut bertanggung jawab terhadap pergerakan asimilat ke bawah. Pada spesies dikotil yang mengalami penebalan sekunder, sel-sel *phloem* berganti setiap tahun atau dapat bertahan hanya sampai 5-10 tahun. Pada spesies palempaleman yang tidak mempunyai pertumbuhan sekunder, sel-sel *phloem* bertahan sepanjang umur tanaman tersebut. Perbedaan antara *sieve tube* tanaman kelapa umur 50 tahun

dengan *sieve tube* kebanyakan tanaman *Angiospermae* muda hanyalah pada adanya kotoran dan terbentuknya kalosa (sejenis polisakarida). Kedua hal ini berhubungan dengan penyumbatan *sieve plate* di antara *sieve tube* yang berdekatan (Adi, 2020).

d) Bunga

Bunga kelapa sawit merupakan bunga majemuk yang terdiri dari kumpulan spikelet dan tersusun dalam infloresen yang berbentuk spiral. Bunga jantan maupun bunga betina mempunyai ibu tangkai bunga (*peduncle/rachis*) yang merupakan struktur pendukung spikelet. Umumnya dari pangkal rachis muncul sepasang daun pelindung yang membungkus infloresen sampai dengan saat-saat menjelang terjadinya anthesis. Dari rachis ini, terbentuk struktur *triangular bract* yang kemudian membentuk tangkai-tangkai bunga/spikelets (Lardi *et al.*, 2022).

e) Buah

Buah kelapa sawit mempunyai warna bervariasi dari hitam, ungu hingga merah tergantung dengan bibit yang digunakan. Buah bergerombol dalam tandan yang muncul dari tiap pelepah. Kandungan minyak bertambah sesuai kematangan buah. Setelah melewati fase matang, kandungan asam lemak bebas (*Free Fatty Acids*) akan meningkat dan buah akan rontok dengan sendirinya. Kelapa sawit mengandung kurang lebih 80 persen perikarp dan 20 persen buah yang dilapisi kulit yang tipis, kadar minyak dalam perikarp sekitar 34-405% (Adi, 2020).

f) Biji

Biji dura afrika panjangnya 2-3 cm dengan rata-rata memiliki bobot mencapai 4 gram, sehingga dalam 1 kg terdapat 250 biji. Biji dura deli memiliki bobot 13 gram per biji dan biji tenera afrika bobot rata-rata 2 gram per biji. Biji kelapa sawit umumnya memiliki periode masa nonaktif (dorman). Perkecambahannya dapat berlangsung lebih dari 6 bulan dengan tingkat keberhasilannya sekitar 50%. Agar perkecambahan dapat berlangsung lebih cepat dan tingkat keberhasilannya lebih tinggi, biji kelapa sawit memerlukan *pre-treatment* (Adi, 2020).

2.1.2.3 Syarat Tumbuh Tanaman Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit bisa tumbuh dan berbuah hingga ketinggian tempat 1.000 meter di atas permukaan laut (mdpl). Akan tetapi, pertumbuhan tanaman dan produktivitas yang optimal akan tercapai jika ditanam di lokasi dengan ketinggian maksimum 400 mdpl. Lahan adalah matriks tempat tanaman berada. Tanpa lahan, tanaman kelapa sawit tidak akan ekonomis untuk diusahakan secara komersial. Lahan yang optimal untuk kelapa sawit harus mengacu pada tiga faktor yaitu lingkungan, sifat fisik lahan dan sifat kimia tanah atau kesuburan tanah.

Kelembaban optimum yang ideal sekitar 80-90 % untuk pertumbuhan tanaman. Kelapa sawit dapat tumbuh dengan baik pada jenis tanah Podzolik, Latosol, Hidromorfik Kelabu, Alluvial atau Regosol. Kelapa sawit menghendaki tanah yang gembur, subur, datar, berdrainase baik dan memiliki lapisan solum yang dalam tanpa lapisan padas. Untuk nilai PH yang optimum di dalam tanah adalah 5,0–5,5. Respon tanaman terhadap pemberian pupuk tergantung pada keadaan tanaman dan ketersediaan hara di dalam tanah, Semakin besar respon tanaman, semakin banyak unsur hara dalam tanah (pupuk) yang dapat diserap oleh tanaman untuk pertumbuhan dan produksi (Arsyad *et al.*, 2012).

Kelapa sawit dapat hidup di tanah mineral, gambut, dan pasang surut. Tanah sedikit mengandung unsur hara tetapi memiliki kadar air yang cukup tinggi. Sehingga cocok untuk melakukan kebun kelapa sawit, karena kelapa sawit memiliki kemampuan tumbuh yang baik dan memiliki daya adaptif yang cepat terhadap lingkungan. Kondisi topografi pertanaman kelapa sawit sebaiknya tidak lebih dari sekitar 15°. Kemampuan tanah dalam menyediakan hara mempunyai perbedaan yang sangat menyolok dan tergantung pada jumlah hara yang tersedia, adanya proses fiksasi dan mobilisasi, serta kemudahan hara tersedia untuk mencapai zona perakaran tanaman (Lubis *et al.*, 2011).

Untuk memperoleh hasil maksimal dalam budidaya kelapa sawit perlu memperhatikan sifat fisik dan kimia tanah diantaranya struktur tanah dan drainase tanah baik, kedalaman solum tanah lebih dari 80 cm, tekstur tanah ringan serta memiliki reaksi tanah (pH) 4.0 - 6.0. Jumlah curah hujan dan lamanya penyinaran matahari memiliki korelasi dengan fluktuasi produksi kelapa sawit. Curah hujan ideal untuk tanaman kelapa sawit berkisar 2.000–2.500 mm per tahun dan tersebar merata sepanjang tahun.

2.1.3 Hama Ulat Kantong

Ulat kantong merupakan salah satu hama pemakan daun yang sering menyerang tanaman kelapa sawit. Terdapat tujuh spesies ulat kantong yang pernah ditemukan pada tanaman kelapa sawit, yaitu *Metisa plana*, *Mahasena corbetti*, *Brachycyttarus griseus*, *Amatissa* sp., *Cremastopsyche pendula*, *Manatha alpibes*, dan *Cryptothelea cardiophaga*. Di antara spesies tersebut, *Metisa plana*, *Mahasena corbetti*, dan *Pteroma pendula* merupakan spesies yang paling umum menyerang tanaman kelapa sawit (Susanto *et al.*, 2010 dalam Asri, 2023).



Gambar 1. Ulat kantong *Metisa plana*
Sumber: Dokumentasi pribadi (2025)

Ulat kantong merupakan hama penting yang paling sering muncul pada perkebunan kelapa sawit dengan berbagai tingkat puncak serangan hama, puncak serangan hama tergantung pada dinamika populasi larva, jika populasi larva tinggi maka akan menimbulkan gejala kerusakan pada tanaman (Saragih & Afrianti, 2021 dalam Siallagan *et al.*, 2022). Menurut Hasibuan (2019), ulat kantong (*Metisa plana*) adalah serangga yang sering menyebabkan kerusakan berat pada tanaman kelapa sawit. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain tingginya produksi telur dalam siklus hidupnya, rasio jenis kelamin (*sex ratio*) yang tinggi, serta kemampuan hidup tanpa kompetisi, daya adaptasi yang tinggi, serta populasi yang lebih tinggi. Selain itu, hingga kini belum ditemukan varietas unggul kelapa sawit yang tahan terhadap serangan ulat kantong.

2.1.3.1 Klasifikasi Ulat Kantong

Menurut (Hasibuan, 2019), klasifikasi hama ulat kantong adalah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Animalia</i>
Phylum	: <i>Arthropoda</i>
Cass	: <i>Insecta</i>
Ordo	: <i>Lepidoptera</i>
Famili	: <i>Psychidae</i>
Genus	: <i>Metisa</i>
Spesies	: <i>Metisa plana</i> Walker

2.1.3.2 Siklus Hidup Ulat Kantong

Ulat kantong (*Metisa plana*) mengalami metamorfosis sempurna yang terdiri dari empat stadia, yaitu telur, larva, pupa, dan imago. Secara umum, siklus hidup *Metisa plana* berlangsung selama 70-90 hari atau sekitar 3 bulan. Lama perkembangan setiap stadia dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan ketersediaan pakan. Rhainds *et al.* (2009) dalam Siallagan *et al.* (2022) mengemukakan bahwa semakin tinggi kandungan nutrisi pada daun kelapa sawit sebagai sumber pakan, maka pertumbuhan dan perkembangan ulat kantong akan semakin meningkat. Siklus hidup ulat kantong (*Metisa plana*) disajikan pada tabel berikut:

Tabel 1. Siklus Hidup Ulat Kantong (*Metisa plana*)

Stadia	Lama (hari)	Keterangan
Telur	18	Berwarna kuning pucat, jumlah telur 100-400 butir.
Larva	50	Terdiri dari 7 instar dan hidup di dalam kantong.
Pupa	25	Menggantung pada permukaan bawah daun kelapa sawit.
Imago	1-7	Jantan memiliki sayap dengan rentang sayap 12-20 mm, sedangkan betina tidak bersayap dan tetap berada di dalam kantong.
Total	93	Siklus hidup berlangsung sekitar 3 bulan.

Sumber: Disusun dari Hasibuan (2019) dan Panjaitan (2024)

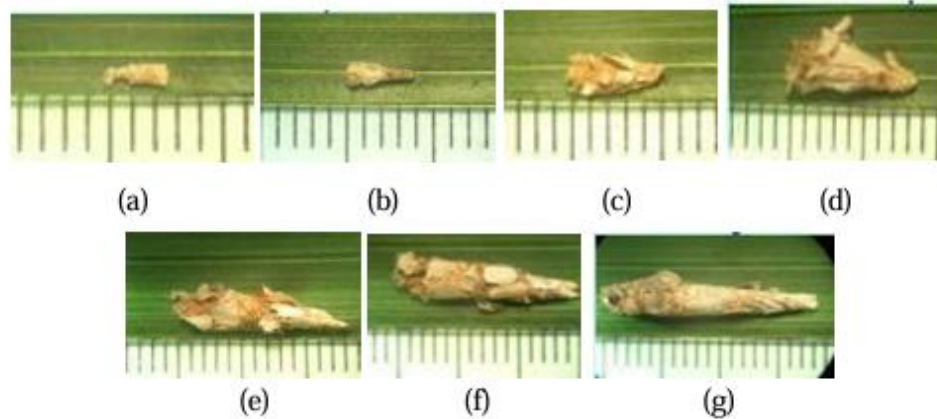
Untuk penjelasan lengkap terkait siklus hidup *Metisa plana* diuraikan sebagai berikut:

a) Telur Ulat Kantong (*Metisa plana*)

Ngengat *Metisa plana* betina dapat menghasilkan 100 – 400 butir telur selama masa hidupnya. Telur-telur ini akan menetas dalam waktu sekitar 18 hari. Telur *Metisa plana* berwarna kuning pucat dengan lapisan terluar (*korion*) yang halus dan akan berubah warna menjadi kecoklatan menjelang penetasan (Hasibuan, 2019). Produktivitas *M. plana* relatif rendah jika dibandingkan dengan spesies ulat kantong yang lain seperti *M. corbetti* dengan rerata keperindian mencapai 2000-3000 telur/betina, *Eumeta variegata* ± 300 telur/betina, dan *Pteroma plagiophleps* ± 1774 telur/betina (Suhajib, 2016 dalam Panjaitan, 2024).

b) Larva Ulat Kantong (*Metisa plana*)

Larva *Metisa plana* memiliki ukuran lebih kecil dibandingkan larva *M. corbetti*. Saat mencapai tahap akhir perkembangannya, larva ini bisa tumbuh hingga sekitar 12 mm dengan kantong berukuran 15-17 mm. Tahap larva terdiri dari 7 instar dan berlangsung sekitar 50 hari. Ciri-ciri setiap instar *Metisa plana* berbeda berdasarkan bentuk dan karakteristik kantong yang dibawanya. Pada instar 1, permukaan kantong relatif lembut. Memasuki instar 2, sedikit kecil dan sekeliling potongan daun terikat dengan longgar pada bagian ujung anterior kantong. Pada instar 3, ukuran kantong menjadi lebih besar dengan potongan daun berbentuk persegi panjang yang terikat pada bagian ujung belakang. Selanjutnya, instar 4 ditandai dengan kantong yang memiliki lebih banyak potongan daun berbentuk bulat hingga persegi panjang, terikat secara longgar, serta tampak menyerupai semak. Pada instar 5, sebagian besar potongan daun terikat longgar ke bawah sehingga kantong terlihat halus dengan adanya tanda putih yang menyempit. Instar 6 memiliki pola yang hampir sama, yaitu potongan daun terikat longgar ke bawah, namun tanda putih pada kantong melebar hingga mencapai seperempat panjang kantong. Sementara itu, instar 7 mirip dengan instar 6, tetapi memiliki tanda putih yang lebih lebar dan lebih panjang (Panjaitan, 2024).



Gambar 2. Instar *Metisa plana*

(a) Instar I, (b) Instar II, (c) Instar III, (d) Instar IV, (e) Instar V, (f) Instar VI, (g) Instar VII.
 Sumber: Susanto *et al.*, (2010) dalam Panjaitan (2024)

Larva yang baru menetas berwarna putih kecokelatan dan keluar dari kantongnya dengan bantuan air liurnya. Kadang-kadang, larva tetap berkelompok, namun masing-masing tetap membuat kantong sendiri. Larva ini memakan lapisan epidermis daun, sehingga pada serangan yang parah, daun dapat berubah warna menjadi kecokelatan seperti terbakar dan akhirnya mengering seperti lidi.

c) Pupa Ulat Kantong (*Metisa plana*)

Pada stadia pupa, kantong *Metisa plana* menggantung di permukaan bawah helaian daun kelapa sawit dengan benang penggantung berbentuk kait. Siklus hidup *Metisa plana* berlangsung 3 bulan, dengan stadia telur berlangsung selama 18 hari, ulat selama 50 hari, dan pupa selama 25 hari. Pupa jantan memiliki panjang yang lebih pendek dibandingkan dengan pupa betina, dengan panjang pupa jantan sekitar 8 - 12 mm dan pupa betina 11 - 15 mm. Pupa jantan menggantung di permukaan bawah daun kelapa sawit dengan bentuk seperti kait (Susanto *et al.* dalam Panjaitan, 2024).

d) Imago Ulat Kantong (*Metisa plana*)

Jantan *Metisa plana* berkembang menjadi ngengat dengan rentang sayap sekitar 12-20 mm. Sayap ngengat ini berwarna coklat kehitaman, dan dalam kondisi laboratorium, ngengat jantan dapat bertahan hidup selama 1 hingga 2 hari. Sebaliknya, betina dewasa *Metisa plana* tidak memiliki sayap dan tetap berada di dalam kantong sepanjang hidupnya. Betina hidup sekitar 7 hari dan mampu menghasilkan 100-400 butir telur sebelum akhirnya mati setelah telur-telurnya menetas (Hasibuan, 2019).

2.1.3.3 Gejala Serangan Ulat Kantong

Ulat kantong adalah larva yang hidup pada kantong tersendiri, mereka akan tetap tinggal pada kantongnya sampai dewasa pada ulat betina dan sampai pupa pada ulat jantan. Ulat kantong ini merupakan hama yang paling dominan pada kelapa sawit. Ketika menetas, ulat kantong mulai memakan daun kelapa sawit dengan cara mengorek permukaan atas daun kelapa sawit. Permukaan daun yang tergores akan mengering dan membentuk lubang. Daun yang rusak parah akan abu-abu dan dapat menurunkan hasil produksi (Johari *et al.*, 2022).



Gambar 3. Tanda serangan ulat kantong
Sumber: Dokumentasi pribadi (2025)

Ulat kantong yang menyerang tanaman kelapa sawit di PT. SMART Tbk. Padang Halaban Estate adalah jenis *Metisa plana*. Ulat kantong (*Metisa plana*) merupakan salah satu hama pemakan daun yang bersifat *poliphag*, yakni memakan semua jenis daun tanaman. *Metisa plana* mempunyai kemampuan kompetisi adaptasi yang tinggi, karena dapat menghasilkan generasi yang banyak melalui telur. Penyebaran *Metisa plana* sangat mudah yaitu melalui sentuhan tajuk antar tanaman dan tersebar melalui bantuan angin (Agustina, 2021).

Kemampuan adaptasi yang tinggi dan penyebaran yang mudah, menyebabkan *Metisa plana* dapat memakan daun tanaman sawit dengan cepat. *M. plana* memakan daun tanaman kelapa sawit dengan cara melubangi daun sehingga daun menjadi mengering dan akhirnya layu. Tanaman kelapa sawit yang sudah terserang *M. plana* menyebabkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman tidak bagus, karena proses fotosintesis terhambat sehingga proses pembungaan tanaman gagal dan tidak akan menghasilkan buah yang mengakibatkan penurunan produksi hingga 40% (Nuraida & Pariduri, 2011 dalam Aspandy *et al.*, 2025).

2.1.3.4 Kriteria Serangan Ulat Kantong

Menurut Kok *et al.* (2011) dalam Pranata (2024), kriteria tingkat serangan ulat kantong dibedakan menjadi tiga kriteria yaitu ringan, sedang, dan berat berdasarkan jumlah ulat per pelepah. Sementara itu, pada praktik di lapangan, PT. SMART Tbk Padang Halaban Estate menggunakan indikator visual berupa kode warna dalam barchart monitoring untuk menunjukkan tingkat populasi ulat sebagai dasar pengambilan keputusan pengendalian. Perbandingan antara kriteria literatur dan indikator lapangan disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2. Kriteria Serangan Ulat

Kriteria	Menurut Literatur	Indikator Perusahaan
Ringan	<2 ulat per pelepah	0 ulat (hijau)
Sedang	2-4 ulat per pelepah	1-2 ulat (kuning)
Berat	>5 ulat per pelepah	3 ulat (merah)

Sumber: Pranata (2024) dan PT. SMART Tbk (2025)

Berdasarkan tabel diatas, kriteria menurut literatur membagi tingkat serangan ulat menjadi tiga kategori, yaitu ringan (<2 ulat), sedang (2-4 ulat), dan berat (>5 ulat) per pelepah. Sementara itu, PT. SMART Tbk Padang Halaban Estate menggunakan indikator warna, yaitu hijau (0 ulat), kuning (1-2 ulat), dan merah (3 ulat). Kategori merah menunjukkan bahwa populasi ulat kantong telah mencapai ambang batas pengendalian sehingga tindakan pengendalian perlu segera dilakukan.

2.1.4 Jenis-jenis Pengendalian Hama

Pengendalian hama merupakan serangkaian tindakan yang dilakukan untuk menurunkan populasi hama agar tidak melewati ambang ekonomi. Berikut jenis-jenis pengendalian hama yang sering dilakukan diperkebunan kelapa sawit:

1) Pengendalian hayati

Pengendalian hayati merupakan pengendalian yang menggunakan musuh alami seperti predator, parasitoid, atau patogen untuk menekan populasi hama. Contohnya adalah penggunaan predator seperti *Sycanus* sp. yang memangsa telur dan larva hama ulat kantong. Penanaman tanaman refugia seperti *Turnera subulata*

dilakukan untuk mendukung keberadaan musuh alami tersebut.

2) Pengendalian mekanis

Pengendalian ini dilakukan secara fisik, seperti pengambilan hama secara manual, pemangkasan daun yang terserang, penggunaan perangkap, atau membersihkan gulma dan sarang hama secara langsung di lapangan.

3) Pengendalian kimiawi

Dilakukan dengan cara aplikasi insektisida atau pestisida lainnya. Metode ini dilakukan jika serangan hama melebihi ambang ekonomi dan pengendalian lain dianggap kurang efektif. Penggunaan bahan kimia harus sesuai dosis dan petunjuk agar tidak merusak lingkungan dan organisme non-sasaran.

2.1.5 Insektisida dan Prinsip Kerjanya

Insektisida tersusun dari kata *insect* dan *cide*. *Insect* memiliki arti serangga dan *cide* berarti membunuh. Secara harafiah insektisida diartikan sebagai membunuh atau mengendalikan hama. Namun sekarang ini insektisida menjadi sangat luas dimana cara kerja insektisida tidak hanya membunuh tetapi juga bisa menarik, mengusir, menghalau, dan mengatur pertumbuhan serangga. Berdasarkan cara kerja insektisida terdiri dari lima kelompok, antara lain mengganggu sistem syaraf, menghambat produksi energi, menghambat produksi kutikula, menghambat keseimbangan air dan mempengaruhi sistem endokrin (Joharina, 2015 dalam Iskandar *et al.*, 2023:2).

PT. SMART Tbk. Padang Halaban Estate menggunakan insektisida berbahan aktif *Deltametrin* sebagai bahan utama dalam pengendalian hama ulat kantong. Insektisida ini merupakan insektisida racun saraf yang dapat mempengaruhi perilaku dan biologi beberapa parasitoid secara langsung melalui metode kontak atau oral dan secara tidak langsung melalui residu pada tanaman. Paparan insektisida pada parasitoid dapat mengakibatkan terjadinya efek letal dengan indikator kematian (mortalitas) dan subletal (tidak mati). Efek subletal pada parasitoid dapat mempengaruhi perilaku dan biologi parasitoid.



Gambar 4. Insektisida Decis® 25 EC.
Sumber: Bayer Indonesia (2026)

Adapun spesifikasi insektisida yang digunakan dalam kegiatan pengendalian hama disajikan pada tabel 3:

Tabel 3. Spesifikasi Insektisida Decis 25 EC

Parameter	Keterangan
Nama dagang	Decis 25 EC
Bahan aktif	<i>Deltametrin</i> 25 g/L
Golongan	Piretroid sintetis
Formulasi	EC (<i>Emulsifiable Concentrate</i>)
Cara kerja	Racun kontak dan lambung
Produsen	Bayer Indonesia

Sumber: Bayer Indonesia (2026)

Insektisida sintetis berbahan aktif dari golongan piretroid (Decis 25 EC), khususnya *Deltametrin*, umumnya diformulasikan dalam bentuk *emulsifiable concentrate* (EC) yang mudah dilarutkan dan mampu menghasilkan partikel semprot halus ketika diaplikasikan. Formulasi pekatan ini memungkinkan bahan aktif terserap dan bekerja secara optimal sebagai racun kontak dan lambung, sehingga hama yang bersinggungan dengan larutan atau mengonsumsi jaringan tanaman yang telah terlapisi akan mengalami gangguan saraf yang berujung pada kematian. Insektisida berbahan aktif *Deltametrin* dikenal memiliki efek *knock-down* yang cepat, dilengkapi sifat *anti-feeding* yang membuat larva ulat berhenti makan segera setelah terpapar, serta sifat *repellent* yang membantu mengurangi datangnya serangan lanjutan.

Selain itu, perusahaan juga menggunakan *adjuvant* (bahan pembantu pestisida) berbahan aktif *Alkylphenol ethoxylates* (AEO). Adapun *adjuvant* yang digunakan dalam kegiatan pengendalian hama di PT. SMART Tbk. Padang Halaban Estate dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Adjuvan Rollwet Spreader
Sumber: Dokumentasi pribadi (2025)

Adapun spesifikasi *Adjuvant* yang digunakan dalam kegiatan pengendalian hama disajikan pada tabel 4:

Tabel 4. Spesifikasi Rollwet Spreader

Parameter	Keterangan
Nama dagang	Rollwet Spreader
Bahan aktif	<i>Alkylphenol Ethoxylates</i> (AEO)
Jenis	<i>Adjuvan</i> (perekat dan perata)
Sifat	Surfaktan non-ionik
Fungsi	Meningkatkan daya sebar dan daya lekat larutan pestisida
Produsen	PT. Rolimex Kimia Nusamas

Sumber: diolah dari label produk Rollwet Spreader (2026)

Alkylphenol ethoxylates (AEO) merupakan surfaktan non-ionik yang banyak digunakan sebagai bahan pembasah (*wetting agent*) sekaligus perekat–perata (*spreader–sticker*) dalam campuran pestisida. Surfaktan ini bekerja dengan menurunkan tegangan permukaan larutan semprot sehingga droplet dapat menyebar lebih rata dan menempel lebih baik pada permukaan daun. Karakter non-ioniknya membuat AEO stabil dalam rentang pH luas serta kompatibel dengan berbagai formulasi insektisida, sehingga mudah dipadukan dalam aplikasi manual maupun teknologi semprot modern seperti drone. Sebagai perekat dan perata, AEO membantu meningkatkan daya sebar, mengurangi hilangnya larutan akibat penggelindingan (*run-off*), serta memperbaiki penyerapan residu di permukaan daun kelapa sawit yang cenderung licin dan berkutikula tebal. Dengan peningkatan luas cakupan semprotan, bahan aktif insektisida dapat bekerja lebih optimal meskipun digunakan pada volume semprot yang rendah.

2.1.6 Teknologi Drone dalam Pengendalian Hama

Drone apabila diartikan secara sederhana adalah robot terbang yang dioperasikan menggunakan alat kontrol jarak jauh. Memiliki kemampuan membawa beban untuk berbagai keperluan (Ilham, 2018 *dalam* Ramadhan *et al.*, 2024:5). Teknologi drone di bidang pertanian dapat membantu mengaplikasikan atau menyemprotkan pestisida. Penyemprotan pestisida menggunakan drone menjadi lebih efektif dan efisien karena penyemprotan tanaman dapat lebih tepat dan lebih cepat 2–20 kali lipat dibandingkan dengan dilakukan oleh tenaga manusia, bergantung pada jenis dan kapasitas tangki drone (Khoirunnisa & Kurniawati, 2019).



Gambar 6. Drone
Sumber: Dokumentasi pribadi (2025)

Adapun spesifikasi teknis drone yang digunakan dalam kegiatan pengendalian hama dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 5. Spesifikasi Drone

Parameter	Spesifikasi
Tipe drone	Aviro E16
Jumlah rotor	6 rotor
Diameter drone (saat dibuka)	1700 mm
Tinggi drone	750 mm
Volume tangki	16 liter
Jarak terbang dari tajuk tanaman	± 1 -2 meter
Efisiensi waktu kerja	± 5 menit/sekali terbang
Kapasitas baterai	22.000 mAh
Jumlah <i>nozzle</i>	4 <i>nozzle</i>

Sumber: AVIRTECH (2025)

Pengendalian menggunakan drone dilakukan dengan cara penyemprotan

insektisida dari atas daun kelapa sawit. Drone yang digunakan pada Perkebunan memiliki kapasitas tangki 16 liter dan melakukan penyemprotan mengikuti rute yang telah ditentukan. Larutan insektisida yang disemprotkan oleh drone akan mengenai hama dan menempel pada daun. Hama yang terkena insektisida akan mengalami kematian, sedangkan residu yang tertinggal pada permukaan daun dapat membantu mengendalikan hama yang masih aktif. Penggunaan drone memungkinkan efisiensi waktu dan tenaga kerja karena proses penyemprotan dapat dilakukan dengan lebih cepat dibandingkan aplikasi secara manual. Ketepatan aplikasi juga dapat ditingkatkan melalui pengaturan jalur terbang, ketinggian, dan kecepatan drone sehingga distribusi pestisida menjadi lebih optimal.

2.1.7 Mortalitas sebagai Indikator Efikasi Insektisida

Mortalitas merupakan parameter yang digunakan untuk menunjukkan tingkat atau persentase kematian individu dalam suatu populasi setelah diberikan perlakuan tertentu. Dalam bidang perlindungan tanaman, mortalitas digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi efektivitas suatu metode pengendalian hama, baik menggunakan insektisida kimia maupun bioinsektisida. Semakin tinggi persentase mortalitas yang diperoleh, semakin efektif perlakuan tersebut dalam menekan populasi hama sasaran (FAO, 2006).

Persentase mortalitas tidak hanya menggambarkan jumlah organisme yang mati setelah perlakuan, tetapi juga digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi efikasi insektisida. Efikasi insektisida merupakan tingkat keberhasilan suatu insektisida dalam mengendalikan organisme sasaran setelah diaplikasikan sesuai dosis, waktu, dan metode aplikasi yang tepat. Pada hama ulat kantong (*Metisa plana*), pengamatan mortalitas dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan suatu perlakuan dalam menyebabkan kematian larva setelah aplikasi insektisida. Persentase mortalitas dihitung berdasarkan perbandingan antara jumlah larva yang mati dengan jumlah populasi awal sebelum perlakuan. Nilai mortalitas yang tinggi menunjukkan bahwa perlakuan mampu mengendalikan populasi hama secara lebih efektif, sedangkan nilai mortalitas yang rendah menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan belum memberikan hasil pengendalian yang optimal.

Lubis *et al.* (2024) menggunakan tingkat mortalitas sebagai parameter untuk

mengevaluasi efektivitas beberapa jenis insektisida terhadap *Metisa plana* pada tanaman kelapa sawit. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa setiap jenis insektisida menghasilkan tingkat mortalitas yang berbeda, sehingga persentase mortalitas dapat digunakan sebagai dasar dalam menilai efektivitas suatu perlakuan pengendalian. Sejalan dengan penelitian tersebut, pada penelitian ini persentase mortalitas digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi efektivitas aplikasi insektisida berbahan aktif deltametrin menggunakan drone terhadap hama ulat kantong (*Metisa plana*). Selanjutnya, berdasarkan Lampiran II Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 369/KPTS/SR.330/M/6/2020 tentang Kriteria Teknis Pendaftaran Pestisida, insektisida sintetik dinyatakan memenuhi kriteria efikasi apabila mampu memberikan tingkat pengendalian lebih dari 70%. Oleh karena itu, persentase mortalitas yang diperoleh pada penelitian ini digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi apakah pengendalian yang dilakukan telah memenuhi kriteria efikasi insektisida.

Tabel 6. Interpretasi Efikasi Insektisida Berdasarkan Persentase Mortalitas

Persentase mortalitas	Interpretasi
$\leq 70\%$	Belum memenuhi kriteria efikasi insektisida
$> 70\%$	Memenuhi kriteria efikasi insektisida (efektif)

Sumber: Diadaptasi dari Kementerian Pertanian RI (2020)

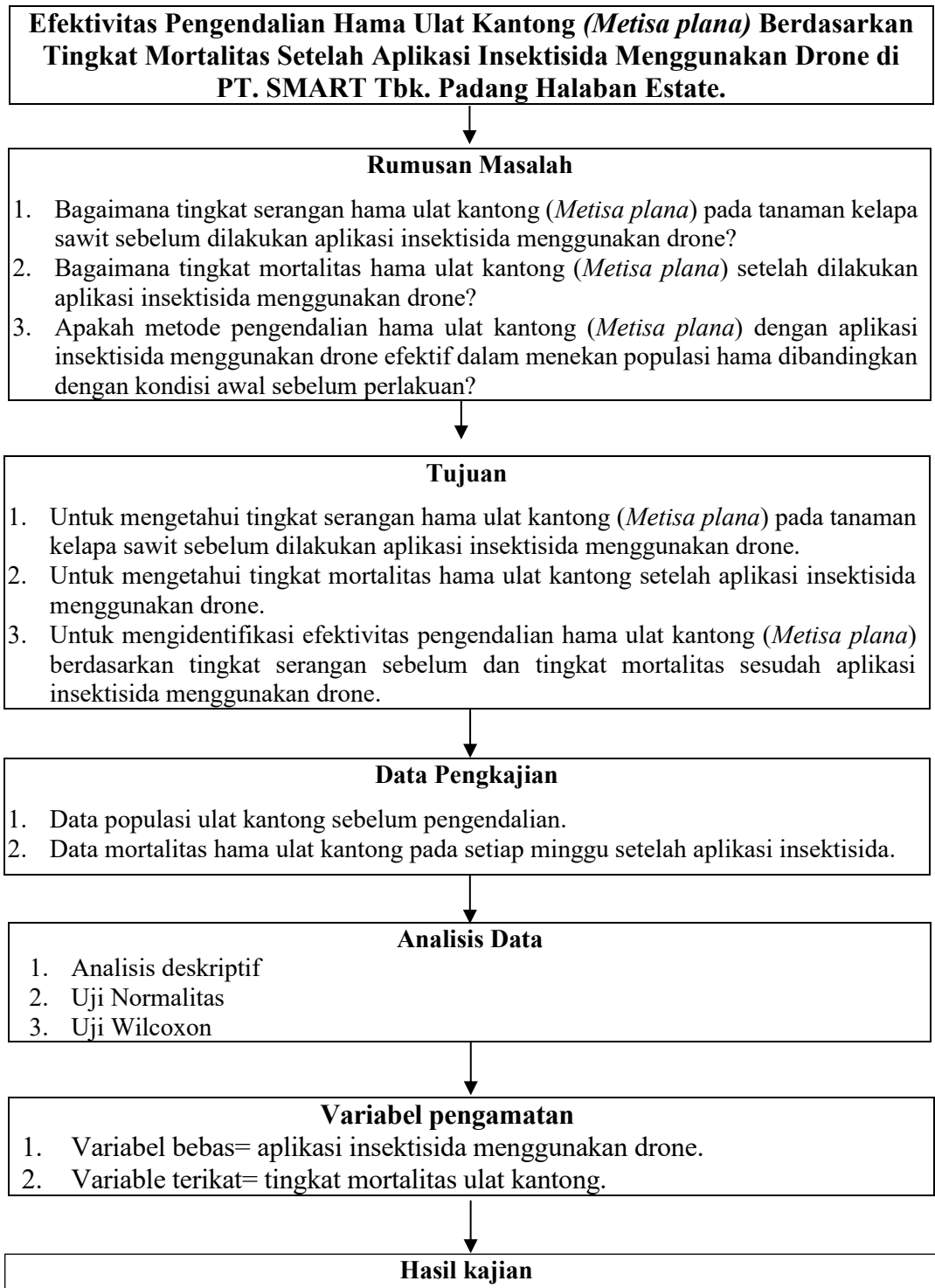
Berdasarkan tabel 6, persentase mortalitas dapat digunakan sebagai dasar dalam menginterpretasikan efikasi insektisida terhadap organisme sasaran. Tabel tersebut merupakan adaptasi dari Lampiran II Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 369/KPTS/SR.330/M/6/2020 yang menetapkan bahwa insektisida sintetik dinyatakan memenuhi kriteria efikasi apabila mampu memberikan tingkat pengendalian lebih dari 70%. Oleh karena itu, persentase mortalitas $\leq 70\%$ diinterpretasikan sebagai pengendalian yang belum memenuhi kriteria efikasi, sedangkan persentase mortalitas $> 70\%$ menunjukkan bahwa pengendalian telah memenuhi kriteria efikasi atau efektif dalam menekan populasi hama sasaran.

2.2 Penelitian Terdahulu

Tabel 7. Penelitian Terdahulu

No.	Penulis/Judul	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Ramadhan <i>et al.</i> (2024). Mortalitas Hama Ulat Kantong (<i>Metisa plana</i>) Menggunakan Drone dan Motor Sprayer pada Tanaman Kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) di PT. Langkat Nusantara Kepong.	Eksperimen perbandingan penyemprotan udara (drone) dan motor sprayer terhadap mortalitas larva ulat kantong	Penyemprotan menggunakan drone lebih efektif dengan tingkat mortalitas 85–90%, distribusi pestisida lebih merata, dan efisiensi waktu aplikasi meningkat 50% dibanding motor sprayer.
2.	Simatupang <i>et al.</i> (2023). Efektivitas pengendalian hama ulat api <i>Setothosea asigna</i> menggunakan drone dan fogger	Metode kuantitatif, eksperimen lapangan membandingkan efektivitas aplikasi insektisida deltametrin menggunakan drone dan fogger.	Drone menghasilkan mortalitas 100% dan fogger 99%. Tidak ada perbedaan signifikan secara statistik. Fogger lebih efisien secara biaya, drone lebih cepat dalam aplikasi.
3.	Priambodo, O. N. (2024). Penyemprotan Insektisida Menggunakan Drone untuk Pengendalian Hama Ulat Kantong (<i>Clania tertia</i>).	Eksperimen lapangan pada tanaman kelapa sawit menghasilkan, menggunakan drone untuk aplikasi insektisida.	Drone mampu menekan populasi ulat kantong secara efektif. Aplikasi lebih cepat dan homogen dibanding metode manual. Pengendalian dinilai efisien untuk area luas.
4.	Wahyuni, J & Sinaga, M. A. (2017). Efektivitas Pengendalian Hama Ulat Kantong (<i>Metisa plana</i>) Pada Tanaman Kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) Dengan Sistem Injeksi Batang di Kebun Tanjung Garbus Pt. Perkebunan Nusantara II	Metode pengumpulan data dan analisis deskriptif, dengan mengumpulkan data sekunder di lokasi penelitian.	Dari tindakan pengendalian sistem injeksi batang menghasilkan mortalitas minggu pertama adalah 13,89, minggu kedua adalah 8,89, minggu ketiga adalah 6,32, minggu keempat adalah 5,44. Pengendalian dikategorikan efektif dengan mortalitas 4 minggu 86,67%.
5.	Iskandar <i>et al.</i> (2023). Efektivitas Pengendalian UPDKS (<i>Clania tertia</i> Templeton) Menggunakan Drone Sprayer dengan Pelarut Air Sumur dan Air Gambut.	Eksperimen membandingkan dua jenis pelarut (air sumur vs air gambut) menggunakan drone sprayer.	Eksperimen membandingkan dua jenis pelarut (air sumur vs air gambut) menggunakan drone sprayer.

2.3 Kerangka Pikir



Gambar 7. Kerangka pikir

2.4 Hipotesis

H_0 : tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara tingkat serangan hama ulat kantong sebelum dan sesudah aplikasi insektisida menggunakan drone.

H_1 : terdapat perbedaan yang signifikan antara tingkat serangan hama ulat kantong sebelum dan sesudah aplikasi insektisida menggunakan drone.