

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Kajian Teori

Salah satu tahapan dalam proses penelitian yang harus diselesaikan peneliti adalah kajian teori. Kajian teori yang buat ini sesuai dengan topik yang akan dibahas dalam penelitian, yaitu berupa konsep dan definisi sebagai landasan dari penelitian yang dibuat.

1. Parasitoid

Penendalian biologis menggunakan agen hayati seperti parasitoid masih sering diacukan pada kalangan pertanian, sebenarnya parasitoid merupakan serangga yang penting dalam teknik pengendalian hayati, hal ini dikarenakan dalam proses kehidupannya terdapat fase/tahapan dimana serangga parasitoid tersebut hidup didalam tubuh inangnya. Serangga parasitoid dapat memangsa telur, larva maupun serangga dewasa (imago) (Hasdiana, 2018).

a. Definisi Parasitoid

Parasitoid adalah hewan yang hidup di atas atau di dalam tubuh hewan berukuran lebih besar (Junaedi, E. *et al.*, 2016). Kata “parasit” berasal dari bahasa Yunani yaitu **para** yang bermakna di samping dan **sitos** yang berarti makanan. Berdasarkan makna tersebut, maka parasit adalah organisme yang kebutuhan makannya baik dalam seluruh daur hidupnya atau sebagian dari daur hidupnya bergantung pada organisme lain. Organisme yang memberikan makanan pada parasit disebut sebagai inang (Van Hoy *et al.*, 2022).

Suatu parasitoid hanya membutuhkan satu inang untuk dapat mencapai fase dewasa. Dengan kata lain, parasitoid adalah serangga yang hidup dan memakan serangga lain sebagai inang, dan setelah perkembangan hidup parasitoid telah sempurna, inang akan mati (Sopialena, 2018). Parasitoid berukuran lebih kecil dan mempunyai waktu perkembangan lebih pendek dari hostnya, sering menumpang hidup pada atau di dalam tubuh serangga hama. Dalam tubuh

host/inang tersebut, parasitoid mengisap cairan tubuh atau memakan jaringan bagian dalam tubuh inang. Parasitoid yang hidup di dalam tubuh inang disebut endoparasitoid dan yang menempel di luar tubuh inang disebut ectoparasitoid (Wardani, 2017).

Tidak semua parasitoid hidup di dalam atau pada serangga hama. Selama tahap larva, mereka hidup sebagai parasitoid, sedangkan tahap dewasa hidup bebas, memakan nektar, madu, atau cairan lainnya. Parasitoid biasanya memiliki inang yang sangat spesifik, sehingga lebih efektif dalam pengendalian hama dalam kondisi tertentu (Wardani, 2017).

Menurut (Oktavia Rinda Manurung, 2020) dalam (Muliani & Srimurni, 2022) Kebanyakan parasitoid bersifat monofag, artinya mereka mempunyai inang yang spesifik. Namun, ada juga parasitoid yang bersifat oligofag, menyerang inang dalam jumlah terbatas. Fenomena unik pada kelompok ini adalah hiperparasitosis, dimana parasitoid menyerang parasitoid lain dan menggunakannya sebagai inang. Parasitoid yang terlibat dalam proses ini disebut hiperparasitoid. Parasitoid yang menyerang inang primer disebut sebagai parasitoid primer. Parasitoid sekunder menyerang parasitoid primer, parasitoid tersier menyerang parasitoid sekunder, dan parasitoid kuartener menyerang parasitoid tersier, berlanjut secara hierarkis (Muliani & Srimurni, 2022).

b. Peran dan Manfaat Parasitoid pada Ekologi.

Ekologi adalah ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara makhluk hidup dan lingkungannya. Dalam ekosistem pertanian, parasitoid memainkan peran penting karena mereka mampu mengendalikan populasi hama secara alami (Utomo, Suyud Warno; Sutriyono; Rizal, 2015). Dengan cara memanfaatkan parasitoid, petani dapat menekan perkembangan hama yang berlebihan tanpa menggunakan pestisida kimia yang berbahaya. Parasitoid menyerang dan membunuh hama, sehingga mengurangi kerusakan tanaman dan meningkatkan hasil panen. Contohnya, parasitoid seperti tawon kecil dapat memparasiti larva hama ulat, mencegah mereka tumbuh dan merusak tanaman.

Oleh karena itu, keberadaan parasitoid sangat bermanfaat bagi keberlanjutan pertanian.

Musuh alami berupa serangga parasitoid dan predator yang dapat berperan mengendalikan dinamika populasi serangga. Serangga parasitoid dan serangga predator yang telah diketahui dapat mengendalikan populasi serangga, maka kedua musuh alami ini oleh para ahli digunakan sebagai agen pengendali hayati di agroekosistem (Herlinda *et al.*, 2021). Parasitoid dan predator dalam agroekosistem berfungsi sebagai faktor mortalitas biotik serangga hama, sehingga kerusakan yang ditimbulkan oleh serangga hama pada tanaman dapat berkurang. Serangga hama yang terparasit akan terhenti perkembangannya ke stadia lanjut, sehingga kerusakan pada tanaman juga tidak berlanjut ke tingkat yang lebih parah. Serangga hama yang dimangsa oleh predator akan berkurang populasinya, sehingga kerusakan pada tanaman juga akan berkurang (Nurindah, 2013).

Maka dapat disimpulkan peran dan manfaat parasitoid pada ekologi itu sangat penting, keberadaannya dalam ekologi dapat menyeimbangkan ekosistem alam dan dapat menjadi penjaga Kesehatan dan kesuburan tanaman yang terserang oleh hama, bahkan dapat berperan menjadi agen pengendali hayati.

c. Faktor Tumbuh dan Berkembang Parasitoid

Parasitoid adalah serangga yang hidup di dalam inang atau pada tubuh serangga lain dan membunuhnya secara pelan-pelan, yaitu dengan mengambil nutrisi-nutrisi yang dibutuhkan oleh parasitoid tersebut hingga inang yang ditumpnginya mati (Solichah *et al.*, 2020). Maka dari itu faktor tumbuh dan berkembang parasitoid sangat berkaitan dengan keberadaan inang yang di tumpangnya, walau dari beberapa jenis parasitoid yang sudah dewasa mencari makan nectar, embun madu dan cairan lainnya. Parasitoid bersifat parasitik pada fase pradewasanya sedangkan pada fase dewasa mereka hidup bebas tidak terikat pada inangnya (Sopialena, 2018).

Seekor parasitoid membutuhkan inang untuk tumbuh menjadi parasitoid dewasa. Induk parasitoid akan meletakkan telur pada permukaan kulit inang atau dengan tusukan ovipositornya telur langsung dimasukkan dalam tubuh inang.

Larva yang keluar dari telur akan menghisap cairan dari inangnya dan menyelesaikan perkembangannya dapat berada di luar tubuh inangnya (sebagai ektoparasitoid) atau sebagian besar dalam tubuh inangnya (sebagai endoparasitoid). Fase inang yang diserang pada umumnya adalah telur dan larva, beberapa parasitoid menyerang pupa dan sangat jarang yang menyerang imago. Larva parasitoid yang sudah siap menjadi pupa keluar dari tubuh larva inang yang sudah mati kemudian memintal kokon untuk memasuki fase pupa parasitoid. Imago parasitoid muncul dari kokon pada waktu yang tepat dan kemudian meletakkan telurnya pada tubuh inang untuk berkembang biakan generasi berikutnya (Sopialena, 2018).

d. Faktor Penghambat Tumbuh dan Berkembang Parasitoid

Parasitoid memiliki permasalahan dalam menemukan inang untuk melanjutkan pertumbuhan dan perkembangannya. Menurut Salt (1973) dalam (Irsan, 2015) menyatakan seleksi inang yang dilakukan oleh parasitoid terbagi tiga tahap, yaitu seleksi ekologi (ecological selection), seleksi psikologis (psychological selection), dan seleksi fisiologis (physiological selection). Kogan (1984) mengemukakan bahwa tahap-tahap seleksi inang yang umum untuk serangga ialah penemuan habitat inang (host habitat finding), penemuan inang (host finding), penerimaan inang (host acceptance), dan kesesuaian inang (host suitability).

Proses penemuan inang oleh parasitoid merupakan sebuah proses yang sangat kompleks, perbedaannya tergantung pada jarak inang (long and short range). Hal itu proses yang dilakukan oleh parasitoid betina sebelum meletakkan telurnya pada inang (Muliani & Srimurni, 2022). Pada proses ini iklim menjadi faktor penghambat dalam memarasit inang yang akan menyebabkan kegagalan dalam berkembangnya parasitoid.

Daya cari parasitoid terhadap inang seringkali dipengaruhi oleh keadaan cuaca atau faktor lingkungan lainnya yang sering berubah. Salah satu kaidah Ekologi yang senantiasa terkait dengan parasitoid adalah kemampuan penyebarannya (distribusi) keluar dari tubuh inang yang di infeksinya atau disebut

sebagai penyebaran, sangat diperlukan oleh organisme parasitoid karena merupakan usaha untuk melestarikan keturunannya, melalui upaya menemukan dan menginfeksi inang. Dalam hal menemukan dan menginfeksi inang, inangnya dapat berasal dari jenis yang sama atau berbeda, dengan demikian maka parasitoid atau tahap hidup bebas parasitoid akan dihadapkan pada masalah yang berbeda harus ke luar dari tubuh inang yang semula diinfeksi. Antara lain: dalam menghadapi kondisi lingkungan luar yang sama sekali berbeda dengan saat dia mendiami (memparasiti) inangnya. Kondisi lingkungan ini sangat tidak ramah, sehingga peluang organisme parasit dalam menemukan dan menginfeksi inang sangat rendah. Akibat selanjutnya, adalah tingkat kelulushidupan parasit juga rendah. Dengan demikian, parasit harus mengembangkan suatu cara (strategi) agar tingkat kelulushidupannya menjadi tinggi. Tingkat kelulushidupan yang tinggi menjadi jaminan bagi kelestarian keturunannya (Van Hoy *et al.*, 2022).

2. Tanaman Pisang dan Hama Penggulung Daun Pisang

Pisang merupakan merupakan salah satu tanaman yang mudah dibudidayakan. Budidaya pisang, tidak akan lepas dengan permasalahan hama. Salah satu hama utama yang menyerang tanaman pisang adalah ulat penggulung daun pisang *Erionota tnrax L.* (Lepidoptera: HesperIIDae). Kerusakan yang ditimbulkan hama ini pada tanaman pisang bervariasi (Indra Putra, 2019)

a. Tanaman Pisang

Tanaman pisang merupakan merupakan tanaman asal Asia Tenggara yang kini sudah tersebar luas keseluruh dunia. Di Indonesia, pisang merupakan komoditi dengan luas tanam, produksi, dan konsumsi paling tinggi di antara buah-buahan lainnya (Rai *et al.*, 2018) . Indonesia yang merupakan bagian dari daerah pusat asal usul dan keragaman pisang, memiliki tingkat keragaman dan endemisitas pisang yang tinggi baik untuk pisang liar maupun pisang kultivar/budidaya (Rai *et al.*, 2018).

1) Sejarah Pisang

Daerah Indo-Malesian dianggap sebagai tempat asal usul pisang, baik spesies liar maupun kultivar. Bukti arkeologi dan biomolekuler menunjukkan

bahwa pisang mulai didomestikasi di Asia Tenggara setidaknya 5.000 tahun yang lalu (De Langhe dkk. 2009; Li dkk. 2013) dalam (Hapsari *et al.*, 2017). Melalui proses domestikasi, seleksi dan budi daya, manusia telah menyebarkan pisang ke seluruh dunia di seluruh daerah tropis dan subtropis (De Langhe., 2009; Kennedy, 2009) dalam (Dwivany, 2021). Berbagai literatur lain menyebutkan pusat keanekaragaman tanaman pisang berada di kawasan Asia Tenggara, dimana daerah asal tanaman pisang adalah dari India, jazirah Malaya, dan Filipina. Penyebaran dari daerah asal ke berbagai wilayah negara di dunia terjadi mulai tahun 1000 sebelum masehi. Penyebaran kewilayah timur antara lain melalui Samudera Pasifik dan Hawaii, sedangkan penyebaran ke wilayah barat melalui Samudera Hindia, Afrika, dan pantai timur Amerika (Rai *et al.*, 2018)

Tanaman pisang berdasarkan pendapat para ahli merupakan tanaman yang pertama di budidayakan, bahkan sebelum tanaman padi. Pembudidayaannya diyakini dilakukan pertama kali di dataran Papua Nugini, berdasarkan bukti tertulis yang ditemukan pada tulisan Buddhis Pali dari abad ke-6 SM, dimana buah pisang ketika itu sudah mencapai India. Pisang yang ada sekarang diduga merupakan hasil persilangan alami dari pisang liar dan telah mengalami domestikasi sebagai tanaman budidaya (Liu *et al.*, 2010) dalam (Rai *et al.*, 2018).

2) Klasifikasi Tanaman Pisang

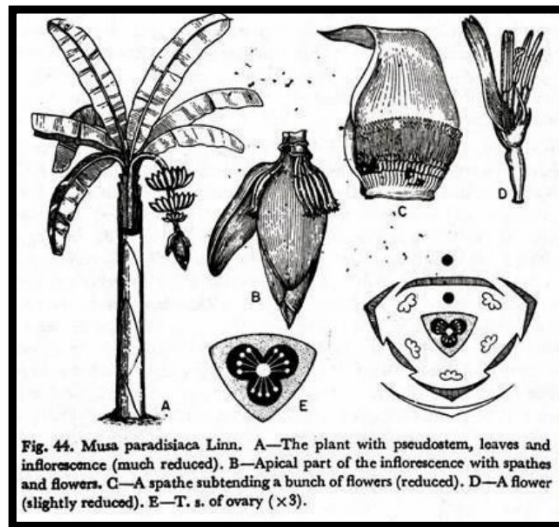
Tanaman pisang secara umum dikelompokkan menjadi tiga golongan, yaitu: (1) pisang yang buahnya enak dimakan (*Musa paradisiaca* Linn), (2) pisang hutan atau pisang liar atau pisang yang dijadikan sebagai tanaman hias misalnya pisang lilin (*Musa zebrina* Van Hautte) dan pisang pisang (Heliconia indica Lamk), dan (3) pisang yang diambil pelepahnya sebagai bahan serat seperti pisang manila atau disebut pisang abaka (*Musa textilis* Nee) (Nasution dan Yamada, 2001). Untuk kasus di Bali, jenis-jenis pisang dapat digolongkan menjadi 4 golongan, yaitu 3 golongan seperti di atas, ditambah satu golongan lagi yang ke-4, yaitu pisang yang diambil daunnya sebagai bahan pembungkus makanan, sesajen, atau bahan pembungkus lainnya, misalnya pisang batu (Rai *et al.*, 2018).

Berdasarkan ciri umum yang mudah dikenali, jenis tanaman pisang yang selama ini dikenal oleh masyarakat dapat kategorikan menjadi tiga kelompok yaitu *Musa acuminata*, *Musa balbisiana* dan hasil persilangan alami maupun buatan antara *Musa acuminata* dan *Musa balbisiana*. Adapun perbedaan dari ketiga kelompok tanaman pisang tersebut menurut Suhardiman (1997) adalah sebagai berikut (Rai *et al.*, 2018).

- a) *Musa acuminata*. Jenis tanaman pisang yang masuk kelompok *Musa acuminata* memiliki ciri umum yang mudah dikenali yaitu buahnya tidak berbiji, batang semunya memiliki banyak bercak melebar kecoklatan atau kehitaman, saluran pelepah daunnya membuka, tangkai daun ditutupi lapisan lilin, tangkai buah pendek, kelopak bunga melengkung ke arah bahu setelah membuka, bentuk daun bunga meruncing seperti tombak, dan warna bunga jantan putih krem.
- b) *Musa balbisiana*. Jenis tanaman pisang yang masuk kelompok *Musa balbisiana* memiliki ciri umum yang mudah dikenali yaitu mengandung banyak biji dalam buahnya, pada batang semu bercak melebar sangat jarang dan tidak tampak jelas, saluran pelepah daunnya menutup, tangkai buah panjang, bentuk daun bunga membulat agak meruncing, ujung daun bunga membulat, kelopak bunga tidak melengkung ke arah punggung setelah membuka, warna bunga jantan bersemu pink bervariasi, dan tangkai buah tidak berbulu. Contoh dari jenis ini yang cukup populer di masyarakat diantaranya adalah pisang Kluthuk.
- c) Persilangan *Musa acuminata* dengan *Musa balbisiana*. Hasil persilangan alami maupun buatan dari kedua jenis pisang ini memiliki ciri umum gabungan dari *Musa acuminatae* dan *Musa balbisiana* atau bisa disebut *Musa paradisiaca*. Karena merupakan pisang persilangan maka ciri yang mudah dikenali dari *Musa paradisiaca* adalah terdapat ciri dari *Musa acuminata* dan *Musa balbisiana*. Kelompok pisang jenis ini biasanya dimanfaatkan sebagai pisang yang dikonsumsi segar dan pisang olahan.

3) Morfologi Tanaman Pisang

Tanaman pisang merupakan tanaman berbunga herba terbesar. Semua bagian dari tanaman pisang yang ada di atas permukaan tanah tumbuh dari struktur yang biasa disebut sebagai bonggol (corm). Tanaman pisang sering diidentifikasi sebagai pohon, namun yang nampak seperti batang sebenarnya adalah batang palsu (pseudostem). Daun tanaman pisang terdiri dari tangkai daun (petiole) dan lembaran daun (lamina). Dasar tangkai melebar membentuk selubung. Selubung yang dikemas rapat membentuk pseudostem, dan pseudostem inilah yang berfungsi sebagai tanaman tersebut (Dwivany, 2021).



Gambar 2 1 Morfologi dan Struktur Bunga Pisang
Sumber : Bahan Ajar Botani Panerogami

a) Batang Pisang

Tanaman pisang dicirikan sebagai tumbuhan monokotil yang tidak bercabang. Batangnya yang menyerupai pohon, disebut batang semu, terbentuk dari pelepah daun yang tersusun teratur. Tanaman ini mempunyai percabangan simpodial, sehingga sulit untuk mengidentifikasi batang utama. Pada ujung meristem yang memanjang, bunga dan buah berkembang. Bagian bawah batang pisang membengkak menjadi struktur mirip umbi yang disebut rimpang. Tanaman pisang baru bertunas dari tunas samping yang muncul dari tunas pada rimpang ini (Kaleka, 2013).

Batang tanaman pisang dapat tumbuh setinggi 2 hingga 8 meter, bervariasi tergantung varietas dan faktor lingkungan. Ia mempunyai umbi kecil di pangkalnya, yang berisi tunas dan menghasilkan rimpang dan akar pendek, seringkali di dekat tanaman induk. Batang sebenarnya adalah batang semu yang terdiri dari daun-daun yang bertumpuk, yang kemudian muncul daun-daun baru bersama dengan bunga di tengahnya (Mudita, 2012).

b) Daun Pisang

Daun pisang dewasa tersusun atas pelepah daun, tangkai daun, dan helaian daun. Selubung daun mula-mula menyerupai batang semu, kemudian memanjang menjadi tangkai daun. Di antara sisi kanan dan kiri helaian daun terbentuk tulang utama (midrib). Helaian daun, yang dikenal sebagai lamina, memanjang ke luar di kedua sisi pelepah. Daun muncul dari batang semu dalam bentuk silinder seiring perkembangannya.

c) Bunga Pisang

Bunga pisang sempurna, memiliki benang sari dan putik. Biasanya bunga pisang memiliki sekitar 5 benang sari. Daun penyangga bunga pisang biasanya tersusun rapat dan tersusun spiral. Daun pelindung berwarna merah tua, licin, mudah rontok, berukuran panjang 10-25 cm. Bunga ini tersusun dalam dua baris melintang, dengan bunga betina berada di bawah bunga jantan (jika ada). Bentuk bunganya menyerupai gasing yang berputar, meruncing, berukuran sedang, lonjong, atau membulat. Umumnya bunga pisang mekar dengan membuka kelopaknya secara bertahap setiap 1-2 hari sekali dalam kurun waktu 7-10 hari. Biasanya, bunga mulai mekar sekitar 20 hari setelah munculnya struktur berbentuk hati (Supriyadi & Suyanti, 2008).

d) Akar Pisang

Sistem perakaran tanaman pisang tersusun atas akar-akar adneksa yang lunak. Awalnya, akar primernya tipis, berdiameter 5-8 mm, dan tampak berwarna putih saat masih muda dan sehat. Rimpang yang sehat dapat menghasilkan antara 200 hingga 500 akar primer. Akar yang muncul dari umbi ini panjangnya bisa mencapai 50 hingga 100 cm. Anakan pisang pada dasarnya

adalah cabang lateral yang bertunas dari rimpang dan muncul dari tanah dekat tanaman induk.

b. Hama Ulat Penggulung Daun Pisang (*Erionota thrax*)

Erionota thrax adalah salah satu hama pada tanaman pisang Hama ulat penggulung daun pisang ini termasuk kedalam ordo lepidoptera dan famili hesperiidae. Hama ini menyerang daun tanaman pisang dan dikenal dengan nama ulat penggulung daun pisang. Jika dibiarkan, penyakit ini dapat menghilangkan dedaunan tanaman, sehingga hanya menyisakan urat daun saja yang terlihat, sehingga akan mengganggu proses fotosintesis.

1) Morfologi *Erionota thrax*

Erionota thrax mempunyai telur dengan warna kuning dan menetas dalam waktu 5-8 hari setelah diletakkan (Satuhu & Supriyadi 1999). Imago menyimpan telurnya secara berkelompok dengan kisaran 25 butir di bagian bawah daun yang utuh pada malam hari (Kalshoven 1981). Larva muda memiliki warna agak kehijauan dan tidak memiliki lapisan lilin di tubuhnya. Ketika mereka tumbuh lebih besar, mereka menjadi putih kekuningan dan membentuk lapisan lilin di tubuh mereka (Novianti, 2018).

a) Selama tahap larva *Erionota thrax*, tubuh dibagi menjadi beberapa segmen: kepala menempati segmen pertama, dada mencakup segmen 2 hingga 4, dan perut mencakup segmen 5 hingga 14 (Wiyati, 2020).



Gambar 2 2 Larva *Erionota thrax*
Sumber : Doukumen Pribadi

- b) Pada fase imago, *Erionota thrax* memiliki tubuh yang dibagi menjadi tiga bagian utama: kepala (caput), dada (thorax), dan perut (abdomen). Kepala terdiri dari mata, antena, dan mulut. Dada dilengkapi dengan enam kaki dan sepasang sayap. Sayapnya berwarna coklat dengan bercak kuning di tengah sayap depan. Antena berbentuk ramping, mata majemuk berwarna gelap, dan mulutnya berfungsi untuk menyedot nektar. Kakinya ramping dan kuat, mendukung tubuhnya saat hinggap. Sayapnya yang besar membantu dalam penerbangan, dengan pola warna khas yang memudahkan identifikasi spesies ini.



Gambar 2 3 Imago *Erionota thrax*
Sumber : Dokumen Pribadi

2) Siklus Hidup *Erionota thrax*

Telurnya yang berwarna putih kekuningan disimpan oleh serangga betina dewasa di pinggir bagian bawah daun. Setelah menetas, larva akan mulai dengan memotong dan menggulung lamina daun dari tepinya. Serangga dewasa, berwarna coklat, paling aktif pada sore dan pagi hari (Satuhu dan Supriyadi 1999). Kerusakan yang signifikan cenderung terjadi pada musim kemarau, terutama jika pisang ditanam di lokasi yang tidak terkena angin kencang, dampaknya akan lebih parah (Kalshoven 1981).

a) Telur

Erionota thrax kawin pada pagi dan sore hari, dengan betina bertelur pada malam hari. Telur *Erionota thrax* berdiameter kurang lebih 2 mm,

berwarna putih kekuningan. Telur-telur ini biasanya disimpan dalam kelompok yang terdiri dari 25 buah pada daun pisang yang tidak rusak. Tahap telur berlangsung kurang lebih 6 sampai 8 hari (Irulandi, Manivannan, dan Kumar, 2018; Direktora perlindungan hortikultura, 2020)



Gambar 2 4 Telur *Erionota tharax*
Sumber : Insectiara.com

b) Larva

Larva muda memiliki warna agak kehijauan dan tidak memiliki lapisan lilin di tubuhnya. Saat dewasa, larva menjadi putih kekuningan dan membentuk lapisan lilin.



Gambar 2 5 Larva *Erionota tharax*
Sumber : Keys.lucidcentral.org

Larva yang anyar menetas memotong bagian daun pisang secara miring mulai dari tepi daun lalu menggulung bagian tersebut (Kalshoven 1981). Satu larva membuat dan mendiami pada satu daun yang menggulung (Feakin 1972).



Gambar 2 6 Larva *Erionota thrax*

Sumber : Youtube Hung Malang Insect Research Center

Fase larva berlangsung selama 28 hari. Larva awalnya makan dari dalam daun yang digulung, secara bertahap memperbesar gulungan seiring perkembangannya melalui instar yang berurutan. Kematian larva muda cukup signifikan karena permukaan tubuh mereka tidak terlindungi lilin dan gulungan daun belum tertutup (Kalshoven 1981).

c) Pupa

Setelah tahap larva, *Erionota thrax* memasuki fase prapupa yang berlangsung selama 3 hari, dilanjutkan dengan tahap pupa yang berlangsung selama 7 hari. Kepompong *Erionota thrax* berwarna kehijauan dan dilapisi lilin, terletak di dalam gulungan daun. Pupa memiliki belalai dan berukuran panjang sekitar 6 cm, tampak berwarna coklat muda dan dilapisi dengan zat putih seperti tepung. Setelah tahap ini, pupa berubah menjadi nakhoda dewasa, menyelesaikan siklus hidupnya dalam 5-6 minggu (Direktorat perlindungan hortikultura, 2020).



Gambar 2 7 Pupa *Erionota thrax*
Sumber : lepiforum.org

d) Imago

Imago yang sudah dewasa memiliki kepala besar yang dihiasi antena yang ujungnya melengkung. Mereka memiliki lebar sayap sekitar 3 inci atau 75 mm, menampilkan bagian depan berwarna coklat tua yang disorot oleh bercak kuning tembus pandang yang menonjol. Sayap belakangnya berwarna coklat tua (Capinera, 2008). Kupu-kupu mengkonsumsi madu atau nektar bunga pisang dan biasanya aktif pada pagi atau sore hari (Direktorat perlindungan hortikultura, 2020).



Gambar 2 8 Imago *Erionota thrax*
Sumber : Dokumen Pribadi

3. Pengendalian Hama Terpadu (PHT)

Komponen Pengendalian Hama Terpadu (PHT) mencakup beragam metode untuk mengelola organisme pengganggu tanaman (OPT) secara efektif yang biasa digunakan oleh petani. Meskipun komponen-komponen PHT ini mungkin cocok untuk tanaman tertentu, namun tidak selalu dapat diterapkan pada tanaman lain (Hasdiana, 2018). Sistem PHT bertujuan untuk mengelola populasi hama atau tingkat serangan dengan menggunakan berbagai teknik pengendalian yang disesuaikan dengan kondisi tertentu, dengan tujuan mencegah kerugian ekonomi dan kerusakan lingkungan. Hal ini mengintegrasikan berbagai strategi untuk mendorong pencegahan hama jangka panjang sekaligus memaksimalkan manfaat secara ekonomi, kesehatan manusia, dan lingkungan. Intinya, PHT merupakan pendekatan bijaksana yang membawa manfaat ekonomi, ekologi, dan social (Asril *et al.*, 2022).

Peraturan PHT ini pun di atur dalam sebuah UU No. 12 Tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman pasal 20, yang berbunyi “Perlindungan Tanaman dilaksanakan dengan sistem Pengendalian Hama Terpadu” (Republik & Indonesia, 1992). Penerapan PHT memerlukan pendekatan sistematis dan terpadu yang melibatkan koordinasi berbagai komponen dan pemangku kepentingan di seluruh dimensi teknis, sumber daya manusia, keuangan, dan kelembagaan. Suatu sistem dalam konteks ini adalah suatu kesatuan yang kohesif yang dibentuk oleh interaksi di antara berbagai komponennya, yang semuanya bekerja menuju tujuan yang sama (Tim Pengajar DIHT HPT FPN Universitas Gadjah Mada, 2020). PHT melibatkan lingkup ekologi, strategi, ekonomi dan budaya dengan keadaan alaminya seperti musuh alami.

a. Sejarah PHT

Konsep Pengendalian Hama Terpadu (PHT) telah berkembang seiring berjalannya waktu dengan definisi yang berbeda-beda. Awalnya disebut "pengendalian terpadu" oleh Bartlett pada tahun 1956 dan Stern pada tahun 1959, yang dimaksud adalah pengintegrasian pengendalian biologis dan pengendalian lainnya secara saling melengkapi. Selama bertahun-tahun, definisi tersebut

diperluas hingga mencakup penggunaan pengendalian biologis, budaya, dan kimia secara terkoordinasi (Van den Bosch and Stern, 1962) dalam (Untung, 2019). Istilah PHT dikembangkan lebih lanjut untuk mencakup integrasi berbagai praktik pengelolaan hama dengan tujuan produksi dalam pendekatan holistik dan sistematis.

Pada tahun 300-an M, catatan sejarah menunjukkan bahwa petani Tiongkok menggunakan semut rangrang (*Oecophylla smaragdina*) untuk melindungi tanaman jeruk Mandarin dari hama. Mereka menempatkan batang bambu di antara pohon jeruk untuk memberikan jalur bagi semut untuk bergerak dan membangun koloni di antara tanaman. Hasilnya, semut efektif mengurangi serangan hama serangga Lepidopteran. Di Eropa pada tahun 1776, penggunaan predator alami pertama yang didokumentasikan, kepik predator *Picromerus bidens*, dilaporkan untuk mengendalikan populasi bedbug-Cimycidae yang tinggi. Sejak awal abad ke-20, upaya pengendalian hayati semakin mempertimbangkan aspek ekologi dan ekonomi agroekosistem. Telah diketahui bahwa hanya mengandalkan musuh alami tidak selalu efektif; pestisida, misalnya, dapat mengurangi populasi predator alami, sehingga mengurangi kemampuan mereka untuk mengendalikan organisme hama. Penelitian terbaru menyoroti hubungan rumit antar organisme, termasuk persaingan antar berbagai jenis predator, yang dapat berdampak pada keberhasilan upaya pengendalian hama biologi (Sopialena, 2018).

Selama bertahun-tahun, para ahli perlindungan tanaman telah melakukan advokasi kepada pemerintah untuk menerapkan Pengendalian Hama Terpadu (PHT) dalam semua inisiatif perlindungan tanaman. Sejak tahun 1970, Komisi Perlindungan Tanaman secara konsisten merekomendasikan penerapan PHT di berbagai program. Namun fokus pemerintah tetap pada pelaksanaan program BIMAS bersama Panca Usaha Tani yaitu usaha ke-4 (Pengendalian Hama dan Penyakit) dengan mengutamakan penggunaan pestisida kimia untuk pengendalian hama dan penyakit. Akibatnya, usulan Komisi Perlindungan Tanaman pada awalnya hanya mendapat sedikit perhatian. Baru setelah wabah wereng coklat

yang menghancurkan hampir 1 juta hektar tanaman padi pada tahun 1979-1980, pemerintah mulai secara serius mempertimbangkan saran para ahli mengenai penerapan PHT (Tim Pengajar DIHT HPT FPN Universitas Gadjah Mada, 2020).

b. Teknik Pengendalian dalam PHT

Pengendalian Hama Terpadu (PHT) adalah pendekatan komprehensif terhadap produksi dan perlindungan tanaman yang mengintegrasikan berbagai strategi dan praktik di tingkat ekosistem, dengan tetap mempertimbangkan nilai-nilai ekologi, ekonomi, dan budaya.

1) Pengendalian Kimia

Selama 50 tahun terakhir, pengendalian hama dengan menggunakan bahan kimia beracun telah menjadi strategi utama. Pestisida kimia sintetis telah banyak digunakan untuk pengendalian hama. Namun penggunaannya secara luas telah menimbulkan ancaman terhadap keselamatan dan menyebabkan kerusakan ekologis. Untuk memitigasi risiko-risiko ini, disarankan untuk menggunakan pestisida secara bijaksana—gunakan hanya jika diperlukan, seperti ketika populasi hama melebihi ambang batas atau selama tahap tertentu dalam siklus hidup hama. Pestisida dirancang untuk membunuh, mengendalikan, mengusir, menarik, atau mengendalikan hama. Jenis-jenis tersebut dapat bersifat (a) selektif, sangat beracun terhadap spesies tertentu namun berdampak minim terhadap spesies lain, atau (b) non-selektif, yang menimbulkan risiko terhadap banyak spesies termasuk organisme menguntungkan dan satwa liar lainnya.

2) Pengendalian Alami

Pengendalian alam merupakan proses di alam yang terjadi secara mandiri, tanpa campur tangan manusia. Dalam kerangka ini, musuh alami seperti predator, parasit, parasitoid, dan patogen memainkan peran penting. Dalam sistem pengendalian alami, musuh alami ini dibiarkan tumbuh dan berkembang biak secara alami. Mereka bergantung pada organisme pengganggu tanaman (OPT) baik sebagai makanan (mangsa) maupun inang untuk pertumbuhan dan reproduksinya sendiri. Oleh karena itu, untuk mempertahankan populasi musuh

alami, penting untuk memastikan bahwa populasi hama tidak mencapai nol atau punah (Untung, 2019).

Metode pengendalian melibatkan pemanfaatan organisme bermanfaat yang berfungsi sebagai musuh alami terhadap hama atau patogen. Banyak serangga bermanfaat, serta organisme seperti jamur yang bertindak sebagai antagonis, predator, dan parasitoid, digunakan untuk tujuan ini. Pengendalian biologis mencakup berbagai pendekatan, termasuk organisme biologis dan produk turunannya, seperti feromon, varietas tanaman tahan, dan teknik autosida (seperti menggunakan serangga steril).

3) Pengendalian Fisik

Pengendalian fisik mengacu pada metode yang bertujuan mengendalikan hama dengan mengubah kondisi lingkungan untuk mengurangi populasinya. Contoh metode pengendalian fisik antara lain pemberian panas, pembakaran, penggunaan lampu perangkap, dan teknik serupa lainnya.

4) Pengendalian dengan Teknik Kultur

Pengendalian budaya teknis adalah metode pengelolaan hama yang memanfaatkan praktik pertanian. Komponen pengelolaan hama terpadu ini melibatkan manipulasi lingkungan untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang sehat sekaligus mengurangi populasi hama secara alami (Untung, 2019). Pengendalian melibatkan meminimalkan kondisi yang mendukung keberadaan, pertumbuhan, dan reproduksi hama atau patogen. Pemilihan lokasi penanaman yang tepat terbukti efektif mengurangi serangan hama serangga. Rotasi tanaman dilakukan untuk menghambat atau menunda penumpukan populasi hama, seperti nematoda dan patogen yang ditularkan melalui tanah. Kondisi pertumbuhan yang optimal dipilih untuk menumbuhkan tanaman sehat yang secara alami tahan terhadap OPT (Asril *et al.*, 2022).

5) Pengendalian Mekanik

Pengendalian mekanis bertujuan untuk mengurangi populasi hama dengan menggunakan alat dan cara fisik. Teknik seperti memetik dengan tangan, memasang perangkap, dan pengusiran digunakan untuk menekan hama.

c. Langkah-langkah dalam Pengelolaan Hama Terpadu

Keberhasilan PHT diperkuat oleh berbagai faktor, seperti pemahaman petani mengenai siklus hidup dan ambang batas populasi hama yang menyerang tanaman, sehingga memungkinkan respons yang tepat waktu ketika jumlah hama mulai mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan kelangsungan ekonomi (Untung, 2019).

1) Identifikasi

Proses identifikasi dimulai dengan mengumpulkan informasi mengenai siklus hidup hama dan tanaman inangnya, waktu kemunculan hama, bagian tanaman tertentu yang terserang, ciri-ciri biologis termasuk siklus hidup, dan keberadaan musuh alami. Tahapan tertentu dalam siklus hidup hama atau patogen mungkin lebih rentan terhadap tindakan pengendalian. Pertumbuhan dan perkembangan tanaman merupakan prinsip dasar PHT, yang menekankan interaksi penting antara hama dan tanaman inang.

2) Monitoring

Pemantauan dapat berkisar dari pengamatan dasar yang dilakukan setiap bulan hingga pengamatan yang lebih sering dan terperinci yang dilakukan setiap minggu untuk mengumpulkan data komprehensif mengenai perkembangan populasi hama. Jadwal pemantauan bervariasi tergantung pada jenis hama: hama dipantau setiap minggu, gulma diamati sekali atau dua kali setahun, dan jamur patogen dipantau setiap beberapa hari. Data pemantauan biasanya mencakup keberadaan dan jumlah hama, kerusakan atau gejala tanaman yang diamati, kondisi lingkungan yang mendukung perkembangan hama, tahapan kehidupan hama, dan perkembangan gejala tanaman. Pemantauan yang efisien meningkatkan efektivitas waktu dan biaya dengan menyediakan deteksi dini masalah hama.

3) Penetapan Ambang Batas

Toleransi tanaman terhadap serangan hama bervariasi berdasarkan faktor-faktor seperti jenis tanaman, tingkat resistensi, dan spesifik hama yang terlibat. Ketika toleransi tanaman rendah dan hama telah menyebabkan kerusakan, biaya

yang terkait dengan tindakan pengendalian akan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan upaya pencegahan dini. Menetapkan ambang batas wabah hama yang tidak terlalu parah dapat melibatkan pengendalian biologis dengan menggunakan musuh alami; misalnya, predator memerlukan waktu untuk berkembang biak dan mengendalikan hama secara efektif. Pertimbangan penting dalam menetapkan ambang batas ini adalah dampak ekonomi dari tindakan pengendalian hama (Asril, Ginting, *et al.*, 2022).

Ambang ekonomi (AE) adalah tingkat kepadatan populasi hama yang memerlukan intervensi pengendalian untuk mencegah populasi mencapai tingkat yang dapat menyebabkan kerusakan ekonomi, yang disebut Aras Luka Ekonomi (ALE). Dalam konsepnya, Ambang Ekonomi (AE) berada di bawah Aras Luka Ekonomi (ALE), yang merupakan tingkat kepadatan terendah yang bisa menyebabkan kerusakan ekonomi (Asril, Lismaini, *et al.*, 2022).

Penerapan PHT dilihat dari faktor kerusakan tanaman yang disebabkan oleh organisme perusak tanaman (OPT) atau hama. Menurut Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan dan Direktorat Perlindungan Tanaman Perkebunan, nilai skala skor kerusakan tanaman/bagian tertentu tanaman adalah sebagai berikut: 0 → jika tidak ada bagian tanaman yang sakit/rusak, 1 → jika bagian tanaman yang sakit atau rusak: 1-25%, 2 → jika bagian tanaman yang sakit/rusak: 25-50%, 3 → jika bagian tanaman yang sakit/rusak: 50-75%, 4 → jika bagian tanaman yang sakit/rusak: > 75% (Mallarangeng *et al.*, 2023). Kerusakan yang bernilai 2 termasuk kedalam serangan yang nantinya akan merusak ambang ekonomi, maka dari itu penerapan PHT harus dilihat dari faktor kerusakan tanaman.

4) Menentukan Teknik

Pengendalian biologis dan manipulasi habitat dapat digabungkan secara efektif sebagai strategi pengendalian. Varietas tanaman tahan dapat digunakan sendiri atau digabungkan dengan metode lain, termasuk pengendalian kimia. Strategi pengendalian hama memerlukan pengintegrasian satu atau beberapa taktik ke dalam pendekatan terpadu yang diterapkan secara bersamaan.

d. Manfaat PHT

Secara garis besar PHT memiliki manfaat lebih tinggi dibandingkan hanya dengan menggunakan pengendalian hama menggunakan pestisida kimia, karena banyak faktor yang menjadi pertimbangan agar selaras dalam keseimbangan ekosistem. Dalam pengendalian hayati tiga keunggulan utama yaitu permanen, aman, dan ekonomis (Sopialena, 2018). Keuntungan pada pengendalian hama terpadu sesuai dengan sasaran dalam PHT yaitu,

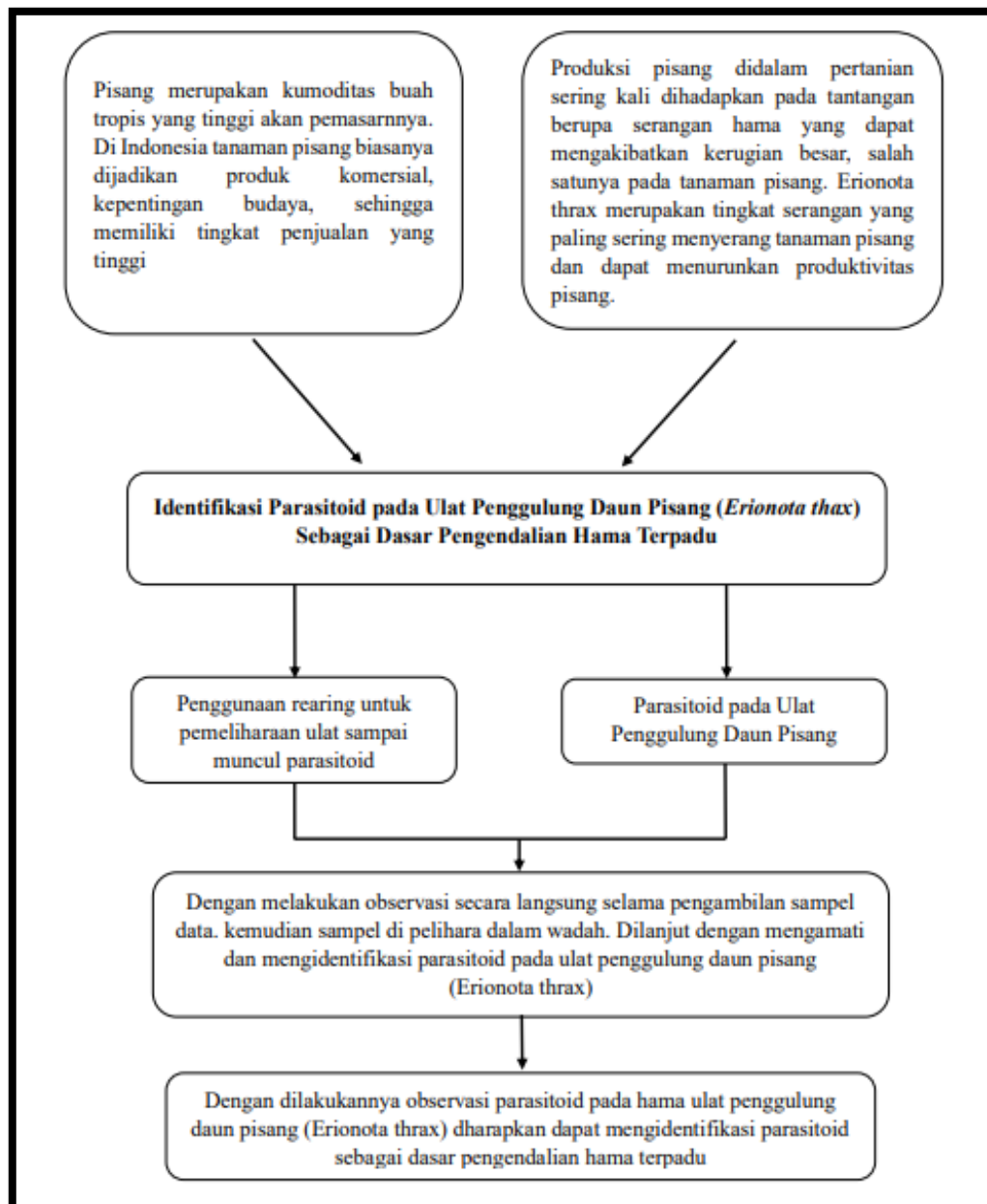
1. Produktivitas pertanian tinggi, Produktivitas pertanian yang tinggi sangat dipengaruhi oleh PHT (Pengelolaan Hama Terpadu). Penerapan PHT memungkinkan pengendalian hama yang efektif tanpa merusak lingkungan, sehingga lahan pertanian tetap subur dan produktif. Dengan strategi PHT, penggunaan pestisida kimia berkurang, meningkatkan kesehatan tanah dan tanaman. Akibatnya, hasil panen meningkat dan kualitas produk pertanian lebih baik. Oleh karena itu, penerapan PHT yang baik sangat penting untuk mencapai produktivitas pertanian yang optimal dan berkelanjutan.
2. Kesejahteraan petani meningkat, kesejahteraan petani meningkat karena produk yang dihasilkan dari pertanian dengan PHT memiliki kualitas yang baik. Dengan demikian, hasil tani memiliki daya jual yang tinggi, yang pada gilirannya meningkatkan pendapatan petani dan memperbaiki taraf hidup mereka. Produk pertanian yang berkualitas tinggi diminati oleh pasar, sehingga petani mendapatkan harga yang lebih baik dan stabilitas ekonomi yang lebih besar.
3. Populasi hama dan kerusakan yang diakibatkannya dijaga pada tingkat yang tidak menimbulkan kerugian ekonomi. Penerapan PHT memastikan bahwa populasi hama dan dampaknya terhadap tanaman atau lingkungan tetap berada di bawah ambang batas yang merugikan secara ekonomi. Dengan teknik pengelolaan hama yang efektif, PHT mengurangi kerugian akibat hama tanpa harus menggunakan pestisida kimia secara berlebihan. Metode ini melibatkan penggunaan musuh alami hama, rotasi tanaman, dan teknik budidaya yang sehat, sehingga hama tidak dapat berkembang biak secara berlebihan dan

merusak tanaman secara signifikan. Ini menjaga kerugian pada tingkat minimal yang masih dapat diterima secara ekonomi oleh petani.

4. Memastikan kualitas dan keseimbangan lingkungan sangat penting untuk mencapai pembangunan berkelanjutan. Tujuan tersebut difasilitasi dengan penerapan Pengendalian Hama Terpadu (PHT) yang bertujuan untuk menjaga keseimbangan dan kualitas lingkungan sebagai bagian dari upaya pembangunan berkelanjutan. Dengan mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetis, PHT membantu menjaga kesehatan tanah dan air, serta melindungi biodiversitas di lahan pertanian. Tanah yang sehat dan berkelanjutan memastikan produksi tanaman yang konsisten dan berkualitas tinggi di masa depan. Selain itu, pengelolaan yang baik juga mencegah kerusakan ekosistem sekitar, menjaga keseimbangan alam yang esensial untuk kelangsungan pertanian jangka panjang.

B. Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran atau disebut juga sebagai kerangka teori yaitu struktur konseptual yang digunakan untuk mendasari dan mengarahkan penelitian. Ini adalah peta yang memberikan panduan tentang bagaimana peneliti memahami hubungan antara berbagai variabel dalam penelitian. Kerangka pemikiran pada penelitian ini diawali dari pisang yang merupakan komoditas buah tropis yang tinggi akan pemasarnya, tetapi pada produksi pisang ini seringkali mengalami tantangan berupa serangan hama salah satunya yaitu *Erionota thrax* yang merusak daun pisang dengan cara menggulung dan membuat fotosintesis tidak berjalan dengan baik sehingga produksi pisang menurun. Dengan adanya identifikasi pada penelitian ini di harapkan musuh alami dapat menjadi jalan keluar dalam mengatasi permasalahan ini.



Gambar 2 9 Bagan Kerangka Pemikiran

Sumber : Dokumen Pribadi

C. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu adalah kajian atau studi yang telah dilakukan sebelumnya oleh peneliti lain. Penelitian Terdahulu berisikan penelelitian-penelitian yang relevan, yang nantinya akan berfungsi sebagai acuan dalam melakukan penelitian.

Tabel 2 1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
1.	Putra dan Listiati (2018)	Ulat Penggulung Daun Pisang <i>Erionota Thrax L.</i> (Lepidoptera: Hesperiiidae) Dan Parasitoidnya Di Kebun Plasma Nutfah Pisang Yogyakarta	Kebun plasma nutfah pisang yogyakarta	Titik pengambilan sampel ditetapkan dengan metode transek dengan jarak 500 meter, sehingga total terdapat 16 titik pengambilan sampel di lokasi. Pada setiap titik yang telah ditentukan, sampel ulat diambil secara langsung.	Lima jenis parasitoid ditemukan memparasitisasi stadia dewasa <i>E. thrax</i> di perkebunan plasma nutfah pisang di Yogyakarta. Di antara parasitoid tersebut, <i>Brachymeria lasus</i> merupakan parasitoid yang paling melimpah, sedangkan <i>Xanthopimpla sp.</i> adalah yang paling sedikit jumlahnya. Data lapangan menunjukkan potensi besar untuk mengendalikan populasi <i>E. thrax</i> dengan menggunakan parasitoid.

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
					<i>Brachymeria lasus</i> mencapai tingkat parasitisasi tertinggi sebesar 38%, sedangkan <i>Xanthopimpla sp.</i> memiliki tingkat parasitisasi terendah yaitu 14,86%
2.	Fatmawati Novianti (2018)	Hama Penggulung Daun Pisang <i>Erionota Thrax Linnaeus</i> (Lepidoptera: Hesperidae) Dan Musuh Alaminya Di Tempat-Tempat Dengan Ketinggian Berbeda	Penelitian berlangsung di perkebunan pisang yang terletak di Kabupaten Bogor dan Cianjur. Di Kabupaten Bogor, dipilih dua kecamatan: Kecamatan Ciampea untuk mewakili wilayah dataran rendah dan Kecamatan Cisarua untuk	Pengumpulan data dilakukan dengan mengamati langsung kondisi lapangan. Pada setiap lokasi penanaman pisang, dilakukan pengamatan cermat terhadap 40 tanaman pisang.	Serangan oleh <i>E. thrax</i> di empat kecamatan selama delapan kali pengamatan mengalami fluktuasi. Tingkat serangannya cenderung lebih tinggi di daerah dataran rendah daripada di daerah dataran tinggi. Di Kecamatan Ciampea dan Cisarua, pisang raja adalah yang paling banyak

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
			<p>dataran menengah. Begitu pula di Kabupaten Cianjur, dipilih dua kecamatan: Kecamatan Cugenang untuk dataran menengah dan Kecamatan Cipanas untuk dataran tinggi.</p>		<p>terserang oleh <i>E. thrax</i>, sementara di Kecamatan Cipanas dan Cugenang, pisang ambon dan pisang nangka menjadi yang paling sering diserang. Jenis parasitoid telur yang muncul berasal dari keluarga Encyrtidae dan Eulopidae, sementara parasitoid larva berasal dari keluarga Braconidae, Tachinidae, dan Ichneumonidae. Parasitoid pupa yang muncul berasal dari keluarga Chalcididae dan Ichneumonidae. Selain itu, terdapat hiperparasit</p>

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
					<p>pada larva yang berasal dari keluarga Eulopidae dan Eurytomidae. Parasitoid hama penggulung daun pisang, baik pada telur, larva, maupun pupa, lebih sering ditemukan di daerah dataran rendah seperti Ciampea, yang memiliki tingkat serangan hama penggulung daun yang tinggi, dibandingkan dengan daerah yang lebih tinggi seperti Cisarua, Cugenang, dan Cipanas.</p>
3.	Yudi Des Yulian, Lestari Wibow & Indriyati	Inventarisasi Parasitoid Hama Penggulung Daun Pisang (<i>Erionota Thrax L.</i>) Di Kota	Penelitian dilakukan di Kota Metro pada Kecamatan	Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode	Hasil penelitian menunjukkan adanya beberapa jenis parasitoid di wilayah

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
		Metro Dan Sekitarnya Provinsi Lampung	Metro Timur (Desa Tejo Agung dan Tejo Sari) Kecamatan Metro Barat (Desa Ganjar Agung dan Ganjar Asri) Kecamatan Metro Utara (Desa Banjar Sari dan Purwo Asri) Kecamatan Metro Pusat (Desa Hadimulyo Barat dan Yosomulyo). Kecamatan Trimurjo yang berada di Kabupaten Lampung Tengah (Desa Tempuran dan Purwodadi). Kabupaten Lampung Timur pada Kecamatan Pekalongan	survei lapang.	Kecamatan Metro Kibang, Pekalongan, Metro Timur, Metro Utara, Metro Barat, Metro Pusat, dan Trimurjo, khususnya <i>Brachymeria sp.</i> , <i>Xanthopimpla sp.</i> , dan famili Tachinidae. Tingkat parasitisasi tertinggi, mencapai 25%, terjadi di Kecamatan Metro Pusat.

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
			(Desa Adirejo dan Sidodadi); Kecamatan Metro Kibang (Desa Kibang dan Sumber Agung).		

D. Implementasi Pada Pembelajaran

Penelitian tentang parasitoid pada ulat penggulung pisang memberikan wawasan penting dalam pengendalian agen hayati yang efektif untuk mengendalikan hama. Hasil ini menunjukkan bahwa parasitoid mampu mengendalikan populasi ulat, sehingga dapat diterapkan dalam strategi pengendalian hama berbasis hayati. Temuan ini relevan untuk dimasukkan dalam Kompetensi Dasar (KD) 3.10 yang membahas ekosistem, atau dalam materi ekologi sebagai media pembelajaran Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Hal ini menyoroti pentingnya penggunaan musuh alami dalam menjaga keseimbangan ekosistem.