

**PENGUJIAN SKALA LABORATORIUM DAN SEMI LAPANG DAMPAK
INSEKTISIDA DAN ENTOMOPATOGEN TERHADAP MUSUH ALAMI
PENGGEREK PUCUK DAN BATANG TEBU**

Oleh :
Yopi Almuhayat
2014191038



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PENGUJIAN SKALA LABORATORIUM DAN SEMI LAPANG DAMPAK INSEKTISIDA DAN ENTOMOPATOGEN TERHADAP MUSUH ALAMI PENGGEREK PUCUK DAN BATANG TEBU

Oleh

YOPI ALMUHAYAT

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh berbagai insektisida dan entomopatogen terhadap kelangsungan hidup *Trichogramma* sp., *Diatraeophaga* sp. dan *Chelisothes* sp. Penelitian dilaksanakan pada Agustus - Desember 2023 di PT Gunung Madu Plantations Lampung Tengah. Pengujian dilakukan dengan sepuluh percobaan, setiap percobaan terdiri delapan perlakuan. Percobaan disusun dengan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan lima ulangan. Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah: persentase parasitasi, persentase kemunculan imago *Tichogramma* sp. dan persentase mortalitas imago *Diatraeophaga* dan *Chelisothes*. Data yang diperoleh kemudian dianalisis ragam dan dilanjutkan dengan uji lanjut beda nyata terkecil (BNT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbosulfan, klorantraniliprol + tiametoksam, dan *Bacillus thuringiensis*, secara signifikan mengurangi tingkat parasitasi *Trichogramma* sp. dan menyebabkan mortalitas *Diatraeophaga* sp. serta *Chelisothes* sp. Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan insektisida dan entomopatogen yang tidak bijak dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perkebunan tebu dan mengurangi efektivitas pengendalian hayati dengan musuh alami.

Kata kunci : entomopatogen, insektisida, musuh alami, penggerak batang,
penggerak pucuk

**PENGUJIAN SKALA LABORATORIUM DAN SEMI LAPANG DAMPAK
INSEKTISIDA DAN ENTOMOPATOGEN TERHADAP MUSUH ALAMI
PENGGEREK PUCUK DAN BATANG TEBU**

Oleh

YOPI ALMUHAYAT

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **PENGUJIAN SKALA LABORATORIUM
DAN SEMI LAPANG DAMPAK
INSEKTISIDA DAN ENTOMOPATOGEN
TERHADAP MUSUH ALAMI PENGGEREK
PUCUK DAN BATANG TEBU**

Nama Mahasiswa : **Yopi Almuhayat**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2014191038**

Program Studi : **Proteksi Tanaman**

Fakultas : **Pertanian**



Ir. Lestari Wibowo, M.P.
NIP 196208141986102001

Dr. Puji Lestari, S.P., M.Si.
NIP 198707042023212051

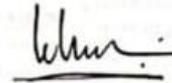
2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si.
NIP 198002082005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

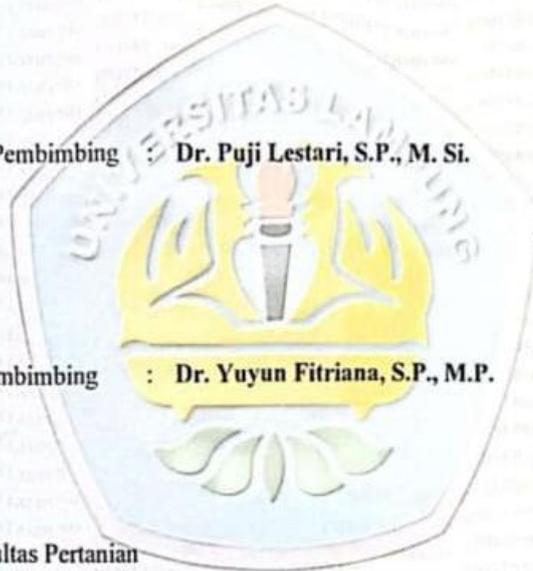
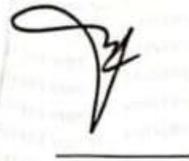
Ketua : Ir. Lestari Wibowo, M.P.



Anggota Pembimbing : Dr. Puji Lestari, S.P., M. Si.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP-196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 21 Agustus 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“PENGUJIAN SKALA LABORATORIUM DAN SEMI LAPANG DAMPAK INSEKTISIDA DAN ENTOMOPATOGEN TERHADAP MUSUH ALAMI PENGGEREK PUCUK DAN BATANG TEBU.”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 30 September 2024
Penulis,



Yopi Almuhayat
NPM 2014191038

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Cisarua, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan pada tanggal 27 Januari 2002. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Yatna Pribadi dan ibu Leni Noviana Dewi. Penulis telah menyelesaikan Pendidikan Taman Kanak-kanak di TK ABA Purwa Agung pada tahun 2007-2008, pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 1 Purwa Agung pada tahun 2008-2014, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 3 Negara Batin pada tahun 2014-2017, Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 1 Negara Batin pada tahun 2017-2020, dan pada tahun 2020 penulis diterima sebagai mahasiswa di Universitas Lampung dengan Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis telah melaksanakan Praktik Umum (PU) di PTPN VII Cinta Manis, Kecamatan Lubuk Keliat, Kabupaten Ogan Ilir di tahun 2023 dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Suka Agung, Kecamatan Buay Bahuga, Kabupaten Way Kanan pada periode I tahun 2023. Selama menempuh pendidikan, penulis pernah menjadi asisten dosen mata kuliah Ilmu Hama Tumbuhan dan Pengendalian Terpadu Hama Penyakit Tumbuhan. Penulis juga aktif dalam organisasi internal kampus Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) sebagai anggota bidang seminar dan diskusi 2021/2022 dan UKM-U Sains dan Teknologi (SAINTEK) Unila sebagai kepala departemen Riset dan Teknologi 2022.

Bismillahirrohmaanirrohiim

Dengan rasa syukur dan terimakasih kupersembahkan karya kecilku ini
untuk Bapak, Ibu, Kakak, dan Adik serta Almamater tercinta,
Universitas Lampung

“PERBAIKI SHOLATMU MAKA ALLAH AKAN PERBAIKI HIDUPMU”
(QS AL-BAQARAH 153)

“SETIAP MASA ADA ORANGNYA, SETIAP ORANG ADA MASANYA”

“JANGAN MENJELASKAN TENTANG DIRIMU KEPADA SIAPA PUN
KARENA YANG MENYUKAIMU TIDAK BUTUH ITU DAN YANG
MEMBENCIMU TIDAK PERCAYA ITU”
(Ali bin Abu Thalib)

“PROSESMU TIDAK HARUS SAMA DENGAN ORANG LAIN”
(Zittaaml)

“AS LONG AS I DO MY BEST AND LET GOD TO DO THE REST, EVERYTHING
WILL BE FINE. AND DON'T FORGET TO ENJOY THE PROCESS”
(Xaviera)

SANWACANA

Puji syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya serta memberi kemudahan bagi penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“PENGUJIAN SKALA LABORATORIUM DAN SEMI LAPANG DAMPAK INSEKTISIDA DAN ENTOMOPATOGEN TERHADAP MUSUH ALAMI PENGGEREK PUCUK DAN BATANG TEBU.”**

Selama penelitian dan penyusunan skripsi tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung,
2. Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si. selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung,
3. Ir. Lestari Wibowo, M.P. selaku dosen pembimbing utama yang telah membimbing, mengarahkan, memberi motivasi dan memberi semangat penulis untuk melaksanakan penelitian dan menulis skripsi,
4. Dr. Puji Lestari, S.P., M.Si. selaku dosen pembimbing kedua yang telah membimbing, menasihati, memberi motivasi, memberi arahan untuk melaksanakan penelitian dan menulis skripsi,
5. Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P. selaku dosen penguji dan pembimbing akademik yang telah memberikan motivasi, masukan, dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik serta membimbing penulis dari awal sampai akhir perkuliahan,

6. Kedua orang tua, Bapak Yatna Subadi dan Ibu Leni Noviana Dewi yang selalu mendampingi, memberikan kasih sayang, doa, semangat, dukungan, saran, masukan, dan nasihat, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dan dapat menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung,
7. Kakak, Anggi Febrianti dan adikku, Acep Priyatna, yang selalu memberikan semangat, kepercayaan, doa, dan dukungannya sehingga penulis mampu menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung,
8. Teman-teman seperjuangan, Ismalia Nur Wijihana Fitri, Mila Syafa Gusryan, Novelia Permatasari, Amalia Cahya Pertiwi, Afrianda Diniani, Ummu Khairun Nisa, dan Nora Apriska Verdiana yang telah membantu, memberi semangat, dan menjadi tempat berkeluh kesah penulis dalam melaksanakan penelitian,
9. Officer, Karyawan serta tenaga kerja Pest R&D PT Gunung Madu Plantations, Bu Arum, Pak Andre, Pak Jufri, Bu Eka, dan Pak Taufik yang telah membimbing dan membantu penulis selama melakukan penelitian,
10. Keluarga LSTC, Pak Dede, Pak Ahmad, Pak Rahman, Pak Bambang, Pak Dardik, Pak Tua, dan semuanya yang telah memberikan tempat istirahat dan makanan selama melaksanakan penelitian,
11. Seluruh teman-teman angkatan 2020 Jurusan Proteksi Tanaman atas kepedulian, bantuan dan rasa kekeluargaan selama ini, dan
12. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan masa perkuliahan dengan baik, Atas bantuan dan dukungannya, penulis mengucapkan terima kasih, semoga hal baik senantiasa menanti dan mendapatkan balasan dan keberkahan dari Allah SWT.

Bandar Lampung, September 2024

Yopi Almuhayat
NPM. 2014191038

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Kerangka Pemikiran	3
1.4 Hipotesis.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Tebu.....	5
2.2 Penggerek Pucuk (<i>Scirpophaga excerptalis</i>)	6
2.3 Penggerek Batang Tebu Bergaris (<i>Chilo Saccariphagus</i>)	8
2.4 Pengendalian Hayati	9
2.5 Insektisida	13
2.6 Dampak Penggunaan Insektisida Terhadap Lingkungan.....	14
2.7 Entomopatogen	15
III. BAHAN DAN METODE	16
3.1 Waktu dan Tempat	16
3.2 Alat dan Bahan.....	16
3.3 Metode Penelitian	16
3.4 Persiapan Penelitian	18
3.4.1 Insektisida Kimia Sintetik	18
3.4.2 Entomopatogen.....	18
3.4.3 Persiapan Musuh Alami Sebagai Serangga Uji.....	19
3.5 Pelaksanaan Penelitian	21
3.5.1 Uji Pengaruh Aplikasi Insektisida dan Entomopatogen terhadap Tingkat Parasitasi dan Kemunculan <i>Trichogramma</i> sp. pada Pias yang Belum Terparasit.....	21
3.5.2 Uji Pengaruh Aplikasi Insektisida dan Entomopatogen terhadap Kemunculan Imago <i>Trichogramma</i> sp. pada Pias yang telah Terparasit	22
3.5.3 Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap	

Kemunculan Imago <i>Trichogramma</i> sp. pada 1 Hari Setelah Aplikasi.....	22
3.5.4 Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Kemunculan Imago <i>Trichogramma</i> sp. pada 7 Hari Setelah Aplikasi.....	22
3.5.5 Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Mortalitas <i>Diatraeophaga</i> sp. pada 1 Hari Setelah Aplikasi.....	23
3.5.6 Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Mortalitas <i>Diatraeophaga</i> sp. pada 3 Hari Setelah Aplikasi.....	23
3.5.7 Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Mortalitas <i>Diatraeophaga</i> sp. pada 7 Hari Setelah Aplikasi.....	24
3.5.8 Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Mortalitas <i>Chelisoches</i> sp. pada 1 Hari Setelah Aplikasi.....	24
3.5.9 Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Mortalitas <i>Chelisoches</i> sp. pada 3 Hari Setelah Aplikasi.....	25
3.5.10 Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Mortalitas <i>Chelisoches</i> sp. pada 7 Hari Setelah Aplikasi.....	25
3.6 Variabel Pengamatan dan Pengumpulan Data	26
3.6.1 Pengamatan pada percobaan dengan serangga uji <i>Trichogramma</i> sp.....	26
3.6.2 Pengamatan pada percobaan dengan serangga uji <i>Diatraeophaga</i> sp. dan <i>Chelisoches</i> sp.....	26
V. SIMPULAN DAN SARAN	28
5.1 Simpulan	28
5.2 Saran.....	28
DAFTAR PUSTAKA	29

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Percobaan uji Insektisida dan Entomopatogen Musuh Alami Hama Penggerek pucuk dan batang.....	17
2. Perlakuan dalam setiap percobaan	18

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Tanaman tebu (Dokumentasi pribadi).....	6
2. Larva penggerek pucuk (<i>S. excerptalis</i>) (Dokumentasi pribadi). ...	7
3. Larva penggerek batang tebu bergaris (<i>C. sacchariphagus</i>) (Dokumentasi pribadi).	8
4. Imago <i>Trichogramma</i> sp. (Mufida, 2018).	10
5. Imago <i>Diatraeophaga</i> sp. (Dokumentasi pribadi).	12
6. Imago <i>Chelisoches</i> sp. (Dokumentasi pribadi).	13

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) termasuk dalam tanaman perkebunan yang banyak dibudidayakan di Pulau Jawa dan Sumatera. Tebu memerankan peran penting dalam perekonomian, karena menjadi bahan baku utama dalam industri gula. Kendala terbesar tanaman budidaya tebu adalah serangan hama dan penyakit. Hama tebu menjadi salah satu faktor penting yang berdampak terhadap produksi tebu (Raza *et al.*, 2019). Penggerek pucuk (*Scirpophaga nivella*) dapat mengakibatkan penurunan bobot tebu sebesar 40,8% (Goebel *et al.*, 2014) sedangkan hama penggerek batang dapat menimbulkan kerugian mencapai 30-45% (Meidalima, 2014).

PT Gunung Madu Plantations (PT GMP) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang perkebunan dan produksi gula di Provinsi Lampung. Masalah hama penggerek batang dan penggerek pucuk juga dihadapi oleh PT GMP. Dalam melakukan pengendalian hama tersebut, PT GMP menerapkan kombinasi metode pengelolaan biologis dengan menggunakan musuh alami dan pengendalian dengan insektisida. Musuh alami yang digunakan antara lain *Trichogramma* sp., *Diatraeophaga* sp. dan *Chelisoches* sp. *Trichogramma* sp. dikenal sebagai parasitoid telur, *Diatraeophaga* sp. merupakan parasitoid larva sedangkan *Chelisoches* sp. adalah predator larva penggerek batang dan pucuk tebu.

Selain itu, PT GMP juga menggunakan entomopatogen *Bacillus thuringiensis* yang digunakan untuk mengendalikan populasi hama. Penggunaan insektisida dilakukan dalam kondisi tertentu, misalnya terjadi peningkatan populasi hama yang cukup signifikan. Penggunaan insektisida selain dapat menekan populasi hama, tetapi juga berdampak negatif terhadap lingkungan dan juga organisme non target termasuk musuh alami hama.

Insektisida mempunyai tingkat efektivitas yang beragam, yang tidak hanya mempengaruhi cara kerjanya terhadap hama sasaran tetapi juga secara tidak langsung berdampak pada populasi musuh alami (Cloyd, 2012). Idenugraha dan Rahmawati (2020) melaporkan penggunaan insektisida yang berlebihan dapat mengancam biodiversitas serangga termasuk menurunnya keragaman dan jumlah serangga bermanfaat dalam ekologi seperti penyerbuk, pengurai, predator, dan parasitoid. Selain itu, penggunaan insektisida terus menerus juga dapat menimbulkan resurgensi hama.

Penggunaan entomopatogen *B. thuringiensis* juga dikhawatirkan dapat mematikan musuh alami hama penggerek pucuk dan batang tebu. Dengan demikian perlu pertimbangan yang matang dalam menggunakan insektisida dan juga entomopatogen, mengingat PT GMP telah menerapkan metode pengendalian dengan memanfaatkan musuh alami hama penggerek pucuk dan batang tebu. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk dilakukan untuk mengetahui besarnya dampak penggunaan insektisida dan entomopatogen pada musuh alami hama penggerek pucuk dan batang tebu.

1.2 Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui dampak aplikasi insektisida dan entomopatogen terhadap tingkat parasitasi dan kemunculan imago *Trichogramma* sp., dan
2. Mengetahui dampak aplikasi insektisida dan entomopatogen terhadap mortalitas imago *Diatraeophaga* sp. dan *Chelisoche* sp.

1.3 Kerangka Pemikiran

PT GMP adalah perusahaan yang bergerak di industri gula putih kristal dengan lahan perkebunan tebu seluas 36.000 hektar. PT GMP menghadapi masalah utama yaitu adanya serangan hama penggerek pucuk dan batang tebu. Serangan kedua hama tersebut berdampak pada penurunan produksi gula. Selama ini, pengendalian hama penggerek pucuk dan batang tebu dilakukan dengan memanfaatkan musuh alami berupa parasitoid dan predator. Namun dalam kondisi *outbreak*, penggunaan insektisida juga diperlukan untuk menekan populasi hama dengan cepat.

Selama ini, PT GMP telah mengombinasikan pengendalian hama dengan memanfaatkan musuh alami berupa parasitoid dan predator. Pengendalian hayati ini dianggap lebih ramah lingkungan dan dapat mempertahankan keseimbangan ekosistem. Penggunaan insektisida yang dilakukan pada saat terjadi *outbreak* hama dikhawatirkan dapat membunuh musuh alami yang selama ini digunakan PT GMP dalam pengendalian hama.

Penggunaan insektisida dilaporkan dapat membunuh parasitoid secara langsung saat digunakan, atau karena imago betina parasitoid bersentuhan dengan sisa pestisida yang terdapat pada daun saat mencari inang (Hidayani dkk., 2014). Penggunaan insektisida juga dilaporkan berdampak pada kematian 22 famili Arthropoda, termasuk serangga dan laba-laba (Hasibuan dkk., 2004). Selain itu terdapat laporan bahwa jamur entomopatogen *N. rileyi* merupakan jamur parasit yang secara alami menginfeksi dan membunuh berbagai jenis serangga.

Abbas (2020) melaporkan penggunaan jamur entomopatogen *N. rileyi* membunuh parasitoid *braconids*. Oleh karena itu, perlu dikaji dampak penggunaan insektisida dan entomopatogen terhadap musuh alami mengingat PT GMP mengombinasikan metode pengendalian insektisida dan entomopatogen.

1.4 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dikemukakan diajukan dua hipotesis yaitu :

1. Aplikasi insektisida dan entomopatogen menurunkan laju tingkat parasitasi dan kemunculan imago *Trichogramma* sp., dan
2. Aplikasi insektisida dan entomopatogen mempengaruhi mortalitas imago *Diatraeophaga* sp. dan *Chelisoches* sp.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Tebu

Tanaman tebu dikenal dengan nama ilmiah *Saccharum officinarum* L. Berdasarkan morfologinya tanaman tebu termasuk dalam keluarga rumput rerumputan (Poaceae), dengan ciri batang tersusun dari ruas-ruas, berakar serabut dan daunnya berbentuk pita. Daun terdiri dari pelepah dan helaian daun, tidak mempunyai tangkai daun (Gambar 1). Tanaman tebu biasanya berumur 1 tahun (11-12 bulan). Tebu adalah salah satu tanaman yang sangat bergantung pada iklim karena mudah tumbuh dan berkembang baik di iklim tropis maupun subtropis. Kondisi lingkungan biasanya sangat membantu pertumbuhan tanaman tebu. Kondisi ideal untuk tanaman ini adalah ketinggian maksimal sekitar 0-900 mdpl, rentang suhu udara 21-32°C, dan pH tanah 5-6 mdpl (Thoriq, 2021).

Secara umum, terdapat 6 jenis tebu yang diklasifikasikan secara ilmiah dalam marga *Saccharum* yaitu *Saccharum officinarum*, *Saccharum sinense*, *Saccharum barberi*, *Saccharum robustum*, *Saccharum edule*, dan *Saccharum spontaneum* (Paterson *et al.*, 2013). Dari keenam jenis *saccharum*, hanya *Saccharum spontaneum* dan *Saccharum officinarum* yang dapat ditanam secara komersial dan memiliki nilai ekonomi yang signifikan. *S. officinarum* adalah jenis tebu yang paling umum dan berperan penting dalam produksi gula (Aristya *et al.*, 2020).



Gambar 1. Tanaman tebu (Dokumentasi pribadi).

Menurut Stein & C.G.G.J., (2023) klasifikasi tanaman tebu sebagai berikut.

Kingdom	: Plantae
Filum	: Tracheophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Poales
Famili	: Poaceae
Genus	: <i>Saccharum</i>
Spesies	: <i>S. officinarum</i> L.

2.2 Penggerek Pucuk (*Scirpophaga excerptalis*)

Penggerek pucuk dapat menyerang tanaman tebu sejak umur 2 minggu, gejala serangan ini berupa lubang yang melintang pada helaian daun yang sudah mengembang. Hama ini merusak tanaman melalui tulang daun pupus dengan membuat lorong gerakan menuju ke bagian tengah pucuk sampai ruas muda, merusak titik tumbuh dan selanjutnya tanaman mati (Gambar2). Taksonomi hama penggerek pucuk menurut Geetha *et al.* (2018) yaitu :

Kingdom	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Kelas	: Insecta
Ordo	: Lepidoptera

Family : Crambidae
Genus : *Scirpophaga*
Species : *S. excerptalis* W.



Gambar 2. Larva penggerek pucuk (*S. excerptalis*) (Dokumentasi pribadi).

Imago penggerek pucuk bersifat nocturnal, pada siang hari ngengat-ngengat ini bersembunyi di bawah permukaan daun. Ngengat penggerek pucuk (*S. excerptalis*) berwarna keputihan. Ngengat jantan sedikit berbeda dari ngengat betina. Perbedaan ngengat jantan dan betina dapat dilihat dari ujung abdomennya. Ngengat betina memiliki ujung abdomen yang lebih lebar sedangkan ngengat jantan lebih ramping. Selain itu, ujung abdomen ngengat betina ditutupi bulu-bulu halus berwarna coklat kemerahan (Kuniata *et al.*, 2019).

Telur penggerek pucuk terletak di bawah permukaan daun dan ditutupi bulu berwarna coklat kekuningan. Setelah menetas, larva menggerek dan menembus daun muda yang belum membuka menuju tulang daun untuk membuat lorong gerakan menuju titik tumbuh. Ulat muda berwarna putih dan ulat dewasa berwarna putih kekuningan dengan panjang sekitar 30 mm. Pupa berada di dalam lubang gerakan dan berwarna kuning pucat, dengan panjang sekitar 20 mm Subiyakto (2016).

Ngengat dewasa berwarna putih, panjangnya sekitar 20 mm, dan ujung abdomen ngengat betina memiliki seberkas rambut merah oranye (Kuniata *et al.*, 2019). Penggerek pucuk ini sering dianggap sebagai hama utama tanaman tebu, terutama di wilayah subtropis. Pada kondisi serangan tinggi, kehilangan hasil akibat hama penggerek pucuk tebu diperkirakan mencapai 40-50% (Goebel *et al.*, 2014). Serangan penggerek pucuk pada perkebunan tebu dalam lima tahun terakhir, di Pulau Jawa bervariasi antar wilayah dan varietas tebu (Nurindah dkk., 2023).

2.3 Penggerek Batang Tebu Bergaris (*Chilo Sacchariphagus*)

Taksonomi hama Penggerek batang tebu bergaris menurut Geetha *et al.* (2018) yaitu:

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insecta
Ordo : Lepidoptera
Family : Pyralidae
Genus : *Chilo*
Spesies : *C. sacchariphagus* B.



Gambar 3. Larva penggerek batang tebu bergaris (*C. sacchariphagus*) (Dokumentasi pribadi).

Siklus hidup *C. sacchariphagus* 58-87 hari. Fase telur berkembang menjadi larva 6-7 hari. Larva berganti kulit 6-7 kali selama periode menjadi pupa 45-70 hari kemudian menjadi imago dengan lama hidup 7 hingga 10 hari (Geetha *et al.*, 2018). Fase larva dapat mengakibatkan kerusakan yang semakin besar karena sangat aktif bergerak (Gambar 3).

Kerusakan tanaman tebu oleh penggerek *C. sacchariphagus* terjadi mulai tanaman berumur satu bulan hingga sebelum tebang. Tanda khas serangan penggerek batang bergaris adalah bercak putih pada daun dan gerkakan di dalam batang tebu. Larva yang baru menetas makan daun tebu dan menyisakan epidermis daun. Larva kemudian masuk ke batang melalui pelepah daun. Larva menggerek di dalam batang, membuat gerkakan yang tidak beraturan dan merusak batang tebu. Lubang gerk yang ditinggalkan oleh *C. sacchariphagus* berbentuk oval, dalam satu ruas kadang terdapat beberapa lubang gerk yang berhubungan dengan lorong gerk tidak beraturan (Pramono, 2005; Achadian *et al.*, 2011).

Serangan penggerek batang bergaris pada tanaman tebu yang telah beruas menyebabkan kerusakan ruas, pertumbuhan tanaman menjadi lambat, batang tebu mudah patah, dan dapat juga menyebabkan kematian batang bila titik tumbuh batang terserang. Pada tebu yang telah beruas, sebagian kerugian dapat berupa kerugian total dari batang-batang mati atau busuk yang tidak dapat digiling dan sebagian lagi berupa penurunan bobot tebu dan rendemen akibat kerusakan pada ruas-ruas batang (Prabowo dkk., 2013). Serangan hama ini dapat menimbulkan kerugian mencapai 30-45% (Meidalima dan Ruarita., 2015). Populasi larva *C. sacchariphagus* mulai meningkat dari umur tanaman 1,5 bulan dan mencapai puncaknya pada saat tanaman berumur 9,5 bulan. Serangan hama ini dapat menimbulkan kerugian mencapai 30-45% (Meidalima dkk., 2015).

2.4 Pengendalian Hayati

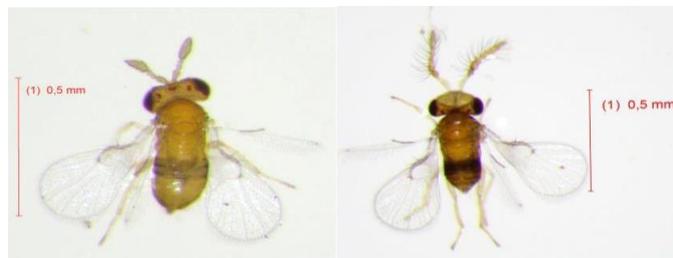
Pengendalian hayati merupakan pengendalian hama yang memanfaatkan musuh alami sebagai alternatif pengendalian kimiawi. Tujuannya untuk menghindari munculnya resistensi dan resurgensi pada hama sasaran yang terjadi akibat penggunaan insektisida kimia (Sopialena, 2021). Sedangkan menurut DeBach (1973), pengendalian hayati diartikan sebagai pemanfaatan parasitoid, predator, dan patogen untuk memelihara dan menjaga keseimbangan kepadatan populasi suatu organisme lain pada suatu tingkat populasi rata-rata tanpa pengendalian lain. Secara umum ada tiga kelompok agensi hayati, yaitu parasitoid, predator, dan patogen. Parasitoid didefinisikan sebagai serangga yang pada stadia pradewasa

(larva) bersifat parasit terhadap serangga herbivora sedangkan fase dewasanya (imago) hidup bebas di alam dengan nektar bunga sebagai sumber makanannya (Price *et al.*, 2011). Parasitoid umumnya merupakan serangga dari ordo Hymenoptera, tetapi beberapa spesies parasitoid juga dapat ditemukan pada Ordo Diptera, Strepsiptera, Coleoptera, dan Lepidoptera (Gord *et al.*, 1999).

Prinsip pengendalian hayati sama dengan prinsip konservasi pada umumnya, seperti perlunya meningkatkan keanekaragaman hayati, terutama pada tingkat trofik yang lebih tinggi (predator dan parasitoid) untuk menciptakan keseimbangan alam dalam lingkungan. Kunci pengendalian biologis melibatkan pemanfaatan musuh alami seperti predator, parasitoid, dan patogen untuk mengatur populasi hama. Pendekatan ini merupakan bagian dari pertanian berkelanjutan, yang bertujuan untuk mempertahankan produksi jangka panjang tanpa menghabiskan sumber daya lingkungan (Saleh *et al.*, 2017).

2.2.1 *Trichogramma* sp.

Trichogramma merupakan genus terbesar dalam famili Trichogrammatidae, dengan 210 spesies ditemukan di seluruh dunia (Querino *et al.*, 2009). Serangga ini berukuran kecil dengan panjang tubuh kurang lebih 0,5 mm, memiliki antena berukuran pendek berbentuk silinder yang terdiri dari 3 – 8 ruas, termasuk satu ruas cincin. Antena serangga *Trichogramma* jantan lebih panjang dibandingkan dengan antena serangga betina. Sayap *Trichogramma* berumbai-rumbai, rumbai terpanjang terdapat pada tepi sayap (Gambar 4).



Gambar 4. Imago *Trichogramma* sp. (Mufida, 2018).

Parasitoid *Trichogramma* adalah parasit telur yang menggunakan indera penciuman imago untuk menemukan telur inang. Biasanya inang target akan mengeluarkan bau yang dapat memikat imago *Trichogramma* betina ke inang target. Telur inang akan diperiksa ovipositor atau antenanya oleh imago betina pada saat diletakkan untuk memastikan telur inangnya segar, sehat dan tidak diparasit oleh imago betina lainnya (Murray, 2003 dalam Romli, 2006).

Trichogramma akan menyuntikkan telurnya ke dalam telur inang yang baik. Setelah itu, telur inang kemudian akan berkembang menjadi larva parasitoid, yang memanfaatkan nutrisi yang ada dalam telur inang, sehingga membunuh telur inang. Setelah tiga hari, telur inang berwarna hitam yang menandakan bahwa telur tersebut telah terparasit.

Menurut penelitian Nurindah *et al.* (2016), *Trichogramma* berhasil mengendalikan hama penggerek batang. Dalam pertanaman tebu dengan pelepasan *T. chilonis*, hama penggerek batang *Chilo* spp. terparasit oleh *T. chilonis* sebesar 43%. Putri (2015), melaporkan bahwa tingkat parasitasi *T. chilonis* di lahan perkebunan tebu PT GMP mencapai 50%. Hal ini menunjukkan bahwa parasitoid ini potensi untuk mengendalikan hama ulat penggerek tebu. Namun, evaluasi lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui efektivitas jangka panjang metode pengendalian hayati ini.

2.2.2 *Diatraeophaga* sp.

Diatraeophaga sp. memiliki karakteristik tertentu yang memungkinkannya menjadi parasit yang efektif. Lama waktu perkawinan lalat *Diatraeophaga* sp. tidak mempengaruhi jumlah telur yang menetas. Penciuman terhadap aroma ulat atau sisa-sisa gerakannya menjadi rangsangan bagi lalat untuk meletakkan tempoyak. Sebagai parasit hama penggerek, *Diatraeophaga* sp. memiliki banyak sifat yang bermanfaat. Mereka memiliki masa kawin yang singkat, kepribadian dan kesuburan yang meningkat, siklus hidup yang lebih pendek daripada inang, dan kecenderungan untuk mendapatkan inang dengan mudah. Salah satu kekurangannya adalah *Diatraeophaga* sp. tidak dapat menemukan lokasi di mana tempoyak diletakkan. Hasil penelitian Wirioatmodjo (1977), menunjukkan bahwa

panjang kepompong betina lebih panjang daripada jantan, dengan bobot lalat per mm 2,89 mm dan 2,75 mm, masing-masing ini mungkin karena perbedaan di garis tengah atau isi kepompong (Gambar 5).



Gambar 5. Imago *Diatraeophaga* sp. (Dokumentasi pribadi).

Dalam penelitian (Subiyakto dkk., 2023), telah ditemukan bahwa sejenis parasitoid *Diatraeophaga stiatalis* T. memainkan peran penting dalam mengendalikan hama penggerek batang. Tingkat serangan penggerek batang mencapai 18% sebelum penggunaan parasitoid ini, tetapi tingkat serangan berhasil turun menjadi 6% setelah digunakan. Ini menunjukkan betapa efektifnya parasitoid ini dalam mengurangi serangan penggerek batang.

2.2.3 *Chelisoches* sp.

Chelisoches sp. biasa disebut sebagai *earwig* hitam, termasuk dalam keluarga Chelisochidae. *Chelisoches* sp. adalah organisme omnivora yang tersebar luas, dengan penyebaran yang paling menonjol di wilayah tropis, kepulauan Pasifik, Pasifik Barat Laut, dan habitat lembab. Spesimen dewasa menunjukkan warna hitam legam, panjang tubuh *Chelisoches* sp. berkisar antara 2 hingga 3 cm. Spesies ini memiliki total 18 segmen antena. Pewarnaan bagian 12 dan 13 menunjukkan rona kekuningan. Ciri fisik spesies ini biasanya memiliki warna dominan hitam, meliputi kepala, dada, perut, dan pelengkap *forceps* (Setiawati, 2023). Dibandingkan dengan betina, cerci jantan menunjukkan pemisahan dan gigi yang mencolok. *Forceps* digunakan untuk beberapa tujuan, termasuk perolehan mangsa, pertahanan diri, dan berkelahi (Gambar 6).



Gambar 6. Imago *Chelisoches* sp. (Dokumentasi pribadi).

Chelisoches sp. menjalani empat tahap instar sebelum menjalani pergantian kulit menjadi dewasa. Rata-rata, individu betina menghasilkan total 5 sampai 76 kelompok telur selama siklus hidup reproduksinya dan aktivitas reproduksi selama sekitar dua sampai tiga bulan (Navasero, 2010). Masa inkubasi biasanya berkisar antara 5 hingga 7 hari. Umur jantan dewasa kurang lebih 60 hari, sedangkan betina dewasa berumur kurang lebih 94 hari. Setelah menetas, telur-telur tersebut memunculkan instar pertama, yang mana nimfa berkumpul di dekat betina *Chelisoches* sp. Betina kemudian mengalokasikan satu hari untuk memberi makan nimfa yang baru muncul. Selanjutnya, nimfa menjalani proses ganti kulit, bertransisi ke tahap instar kedua, di mana mereka mengalami pertumbuhan dan tidak bergantung pada betina. Tahap perkembangan ketiga dan keempat menunjukkan peningkatan tingkat aktivitas dan kecenderungan predator, dengan tahap keempat menunjukkan kemampuan untuk berhasil memangsa organisme dewasa.

2.5 Insektisida

Insektisida merupakan bahan kimia beracun yang digunakan untuk mengendalikan dan membasmi berbagai jenis serangga hama yang menyerang tanaman dan membahayakan manusia (Hasibuan, 2015). Insektisida berasal dari kata "*insect*" yang berarti serangga dan "*cida*" yang berarti pembunuh. Ini adalah senyawa yang digunakan untuk membunuh serangga. Racun serangga dikategorikan menjadi tiga kelompok: racun perut, racun kontak, dan fumigan. Serangga tersebut menelan racun lambung melalui saluran pencernaannya. Racun kontak diserap oleh tubuh serangga melalui kontak langsung dengan insektisida

atau saat berjalan di permukaan tanaman yang diberi insektisida. Insektisida kontak yang bersifat racun masuk ke dalam tubuh serangga melalui dinding tubuhnya. Fumigan merupakan insektisida yang mudah menguap menjadi gas dan menembus tubuh serangga melalui sistem pernafasan (Untung, 1996).

2.6 Dampak Penggunaan Insektisida Terhadap Lingkungan

Insektisida merupakan senyawa kimia yang bersifat bioaktif. Pada dasarnya insektisida bersifat racun. Menurut Sharifzadeh *et al.* (2018), penggunaan insektisida kimia umumnya digunakan karena berbagai alasan. Insektisida ini mudah diaplikasikan, memberikan respon cepat, dan sangat efektif, terutama untuk aplikasi skala besar. Insektisida ini dapat menghambat perkembangbiakan organisme pengganggu tanaman, menjaga produktivitas tanaman baik kuantitas maupun kualitas, serta memberikan hasil yang cepat. Meskipun banyak kegunaannya, insektisida kimia mempunyai dampak buruk terhadap kesehatan dan lingkungan. Residu insektisida yang diketahui bersifat karsinogenik, dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, seperti kanker. Selain itu, sisa-sisa ini dapat bertahan di tanah dan udara, menyebabkan resistensi hama dan penyakit, serta membahayakan musuh alami (Supriatna dkk., 2021). Penggunaan insektisida yang tidak tepat dapat menghasilkan residu yang berdampak negatif terhadap tanah, air, tanaman, dan manusia. Keracunan akibat paparan insektisida menjadi ancaman bagi pekerja pertanian pada berbagai wilayah di dunia (Hook *et al.*, 2018; Sharma *et al.*, 2019). Dan penggunaan pestisida yang terus menerus akan mengakibatkan hama tanaman kebal terhadap pestisida tersebut (Harsanti dkk., 2013).

2.7 Entomopatogen

Entomopatogen dikenal sebagai agen penting dalam strategi pengendalian biologis untuk mengendalikan hama serangga, dan menawarkan alternatif ramah lingkungan dibandingkan pestisida kimia (Sinha *et al.*, 2016). Entomopatogen menunjukkan mekanisme infeksi yang mempengaruhi berbagai ordo serangga dan telah diidentifikasi memainkan peran ekologis tambahan, seperti endofit, antagonisme terhadap penyakit tanaman, dan mendorong pertumbuhan tanaman (Sharma *et al.*, 2019). Patogenisitas entomopatogen disebabkan oleh serangan enzimatisnya, yang meliputi lipase, protease, dan kitinase yang mampu mendegradasi kutikula serangga (Mondal *et al.*, 2016).

Meskipun entomopatogen merupakan bagian penting dari strategi pengelolaan hama yang diterapkan dalam berbagai metode pengendalian biologis, penerapannya bukannya tanpa tantangan, termasuk risiko mempengaruhi organisme menguntungkan seperti predator (Trizelia *et al.*, 2017). Selain itu, peran patogen dalam mengatur populasi serangga, termasuk populasi serangga yang bernilai konservasi sering diabaikan, sehingga dapat menimbulkan konsekuensi yang tidak diinginkan bagi serangga non-hama (Roy *et al.*, 2009). Meskipun patogen entomopatogen memainkan peran penting dalam pengendalian biologis, terdapat kebutuhan untuk mempertimbangkan secara hati-hati dampaknya terhadap spesies non-target, terutama musuh alami.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus - Desember 2023 di Laboratorium Hama dan *Green House* PT Gunung Madu Plantations, Lampung Tengah.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gunting, kantong plastik, jarum suntik, mikroskop, kamera, kertas label, streples, dan *handsprayer*. Bahan yang diperlukan adalah tanaman tebu, musuh alami yang akan diuji yaitu *Trichogramma* sp. *Diatraeophaga* sp. *Chelisoches* sp. dan lima jenis insektisida dengan bahan aktif Klorantraniliprol, Klorantraniliprol + Tiametoksam, Karbosulfan, Indosakrab, serta entomopatogen *B. thuringiensis*, isolat entomopatogen yang diperoleh dari jamur daun tebu, isolat jamur dari larva terifeksi.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari sepuluh percobaan (Tabel 1) dengan setiap percobaan terdiri atas delapan perlakuan (Tabel 2). Setiap percobaan disusun dengan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan lima ulangan.

Tabel 1. Percobaan uji Insektisida dan Entomopatogen Musuh Alami Hama Penggerek pucuk dan batang

Percobaan ke	Deskripsi Percobaan
1	Uji Pengaruh Aplikasi Insektisida dan Entomopatogen terhadap Tingkat Parasitasi dan Kemunculan Imago <i>Trichogramma</i> sp. pada Pias yang Belum Terparasit
2	Uji Pengaruh Aplikasi Insektisida dan Entomopatogen terhadap Kemunculan Imago Parasitoid <i>Trichogramma</i> sp. pada Pias yang telah Terparasit
3	Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Kemunculan Imago <i>Trichogramma</i> sp. pada 1 Hari Setelah Aplikasi
4	Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Kemunculan Imago <i>Trichogramma</i> sp. pada 7 Hari Setelah Aplikasi
5	Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Mortalitas <i>Diatraeophaga</i> sp. pada 1 Hari Setelah Aplikasi
6	Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Mortalitas <i>Diatraeophaga</i> sp. pada 3 Hari Setelah Aplikasi
7	Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Mortalitas <i>Diatraeophaga</i> sp. pada 7 Hari Setelah Aplikasi
8	Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Mortalitas <i>Chelisoches</i> sp. pada 1 Hari Setelah Aplikasi
9	Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Mortalitas <i>Chelisoches</i> sp. pada 3 Hari Setelah Aplikasi
10	Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Mortalitas <i>Chelisoches</i> sp. pada 7 Hari Setelah Aplikasi

Tabel 2. Perlakuan dalam setiap percobaan

No	Perlakuan	Nama Dagang	Formulasi	Dosis
1	Kontrol	-	-	-
2	Klorantraniliprol	Prevathon	SC	2 mL/L
3	Klorantraniliprol + Tiametoksam	Virtako	SC	0,4 mL/L
4	Karbosulfan	Marshal	EC	2 mL/L
5	Indosakrab	Plethora	SC	1,5 mL/L
6	<i>B. thuringiensis</i>	Dipel	SC	2 mL/L
7	Isolat jamur dari daun tebu	-	-	2 mL/L
8	Isolat jamur larva terinfeksi	-	-	2 mL/L

3.4 Persiapan Penelitian

3.4.1 Insektisida Kimia Sintetik

Jenis insektisida yang digunakan yaitu insektisida berbahan aktif

Klorantraniliprol, Klorantraniliprol + Tiametoksam, Karbosulfan, dan insektisida Indosakrab. Dosis yang digunakan adalah dosis anjuran lapang (Tabel 2).

3.4.2 Entomopatogen

Entomopatogen yang digunakan yaitu bakteri *B. thuringiensis* dan jamur yang diperoleh dari koleksi lab *disease* PT GMP. Penyiapan isolat jamur dilakukan dengan menumbuhkan jamur uji pada media padat PDA (*Potato Dextrose Agar*). Sebanyak 1 tabung reaksi masing masing isolat yang berisi jamur berumur 7 hari dikeruk dengan jarum ose, kemudian dimasukkan dalam labu erlenmeyer 250 mL. Diinkubasi selama 3 hari dengan digojog di atas *shaker* dengan kecepatan 150 rpm. Setelah 3 hari, media tumbuh jamur disaring menggunakan kain kasa untuk memisahkan jamur dan sisa PDA dengan cairan media tumbuh. Cairan hasil saringan yang didapatkan selanjutnya digunakan dalam pengujian.

3.4.3 Persiapan Musuh Alami Sebagai Serangga Uji

Musuh Alami yang digunakan dalam penelitian ini *Trichogramma* sp., *Chelisoches* sp. dan *Diatraeophaga* sp.

3.4.3.1 Persiapan Pias *Corcyra* dan parasitoid *Trichogramma* sp.

Perbanyak telur *Corcyra* sp. dimaksudkan untuk mendapatkan telur untuk digunakan inang alternatif dalam perbanyak *Trichogramma* sp. Imago *Corcyra* dipelihara dalam kotak peneluran yang berbentuk kotak segi empat dan terbuat dari kain selambu sebagai tempat bertelur. Setelah satu hari, telur *Corcyra* sp. yang berwarna putih dan kecil dikumpulkan menggunakan cawan petri.

Pembuatan pias dilakukan dengan kertas karton berukuran 2×2 cm diberi lem povinal, kemudian telur disebar di atasnya. Setelah itu, dipaparkan pada sinar UV selama 15 menit. Pias yang telah dipaparkan pada UV siap digunakan untuk peranyakan inang *Trichogramma* sp.

Trichogramma sp. diperbanyak dengan menggunakan inang telur *Corcyra*. Telur-telur *Corcyra* dilekatkan pada kertas pias kemudian diletakkan pada wadah yang berisi *Trichogramma* sp. Proses parasitasi ini dilakukan di laboratorium peranyakan agens hayati PT GMP. Dalam penelitian ini, terdapat tiga percobaan yang menggunakan telur *Corcyra*. Setiap percobaan membutuhkan 40 lembar pias, sehingga total pias yang diperlukan dalam penelitian ini adalah 120 pias. Pada setiap uji disiapkan pias dengan ukuran 1 cm² dengan jumlah telur pada pias ± 1000 butir telur. Telur telur tersebut sebagian besar di rusak ditusuk menggunakan jarum sehingga disisakan hanya ± 100 butir.

Perbanyak inang *Trichogramma* sp. dilakukan dengan cara disiapkan kantong plastik kemudian pias starter parasitoid *Trichogramma* sp. dan pias telur *Corcyra* dimasukkan kedalam plastik dengan perbandingan 1:1. Setelah itu plastik direkatkan menggunakan staples. Masa pemaparan dilakukan selama satu minggu, telur *Corcyra* yang sudah terparasit ditandai dengan adanya perubahan warna hitam.

3.4.3.2 Persiapan *Diatraeophaga* sp.

Diatraeophaga sp. diperoleh dari laboratorium perbanyakan PT GMP. Dalam penelitian ini, terdapat tiga percobaan yang menggunakan imago *Diatraeophaga* sp. Setiap percobaan membutuhkan 800 imago berumur satu bulan, sehingga total imago yang diperlukan dalam penelitian ini adalah 2.400 imago.

Perbanyakan *Diatraeophaga* sp. dilakukan melalui beberapa tahap yaitu penyiapan larva inang, inokulasi, pemeliharaan pupa, dan kopulasi lalat dewasa. Larva inang yang digunakan larva penggerek batang yang menjadi tempat *Diatraeophaga* untuk berkembang. Inokulasi, dilakukan dengan pembedahan ovipositor larva penggerek batang untuk menanamkan kapsul telur *Diatraeophaga*. larva inang akan berkembang menjadi pupa dalam waktu sekitar 12 hari. Larva inang dipindahkan ke dalam toples berisi media tebu untuk menyediakan nutrisi dan lingkungan yang sesuai bagi pertumbuhan dan perkembangannya. Setelah 12 hari pemeliharaan, pupa-pupa *Diatraeophaga* dapat ditemukan di antara celah-celah media tebu. Pupa-pupa dipindahkan ke dalam kontainer secara terpisah untuk memastikan kondisi optimal selama perkembangan. Setelah muncul dari pupa, lalat dewasa *Diatraeophaga* akan melakukan perkawinan. Siklus hidup *Diatraeophaga* dari telur hingga dewasa membutuhkan waktu sekitar 30 hari.

3.4.3.3 Persiapan *Chelisoches* sp.

Chelisoches sp. diperoleh dari laboratorium perbanyakan PT GMP. Dalam penelitian ini, terdapat tiga percobaan yang menggunakan imago *Chelisoches* sp. Setiap percobaan membutuhkan 800 imago berumur satu bulan, sehingga total imago yang diperlukan dalam penelitian ini adalah 2.400 imago.

Proses perbanyakan *Chelisoches* sp. terdiri dari beberapa tahap yaitu persiapan indukan, panen telur, dan perawatan imago. Indukan ditempatkan dalam kotak persegi yang telah dilengkapi dengan media berupa pelepah kering, kain lap, dan busa untuk menciptakan lingkungan yang sesuai. Indukan juga diberikan pakan berupa pelet yang telah dihaluskan.

Telur-telur yang dihasilkan oleh indukan kemudian dipindahkan ke dalam kontainer yang telah dilengkapi dengan pelembab. Setiap kontainer berisi beberapa kelompok telur dan indukan. Tahapan ketiga adalah penetasan telur, telur-telur akan menetas setelah sekitar 8 hari, dan imago (bentuk dewasa) yang baru menetas akan dipindahkan ke dalam kotak persegi yang serupa dengan tempat indukan.

Perawatan imago meliputi pengecekan rutin terhadap kondisi kelembaban dan ketersediaan pakan. Imago akan dirawat selama sekitar 30 hari hingga siap untuk dilepas ke lapangan.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Uji Pengaruh Aplikasi Insektisida dan Entomopatogen terhadap Tingkat Parasitasi dan Kemunculan *Trichogramma* sp. pada Pias yang Belum Terparasit

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi insektisida dan entomopatogen terhadap kemunculan imago. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 100 butir telur *Corcyra*. Sebanyak delapan lembar pias disiapkan dan diberi perlakuan sesuai dengan Tabel 2. Masing-masing pias disemprot dengan volume semprot 2 mL sesuai dengan perlakuan, kemudian dikeringanginkan dalam waktu 1 jam. Pada perlakuan kontrol, pias dibiarkan tanpa disemprot. Pias yang telah diberi perlakuan dan kontrol masing-masing dimasukkan dalam tabung reaksi, kemudian pada setiap tabung reaksi diberi 200 ekor *Trichogramma* sp. yang berumur 12 jam. Proses parasitasi tersebut dilakukan dalam waktu 24 jam. Setelah masa pemaparan selesai, lembar pias dipisahkan dari *Trichogramma*. Selanjutnya, pias disimpan ke dalam tabung baru. Kemudian, pias diinkubasi selama 6-8 hari hingga terlihat perubahan warna putih menjadi kehitaman, yang menandakan telur telah terparasit. Setelah itu, dicatat jumlah telur yang terparasit pada hari ke-5. Selanjutnya, dicatat jumlah imago yang muncul pada hari ke-6, ke-7, dan ke-8 setelah perlakuan.

3.5.2 Uji Pengaruh Aplikasi Insektisida dan Entomopatogen terhadap Kemunculan Imago *Trichogramma* sp. pada Pias yang telah Terparasit

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi insektisida dan entomopatogen terhadap kemunculan imago. Dalam pengujian ini dengan menggunakan 100 butir telur *Corcyra* yang telah terparasit dan berubah warna menjadi hitam. Sebanyak delapan lembar pias disiapkan dan diberi perlakuan sesuai dengan Tabel 2. Masing-masing pias disemprot 2 mL sesuai dengan perlakuan kemudian dikeringanginkan dalam waktu 2 menit. Pada perlakuan kontrol, pias dibiarkan tanpa disemprot. Pias yang telah diberi perlakuan dan kontrol masing-masing dimasukkan dalam tabung reaksi. Selanjutnya, dilakukan pengamatan dan dicatat jumlah imago *Trichogramma* yang muncul setelah 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah perlakuan.

3.5.3 Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Kemunculan Imago *Trichogramma* sp. pada 1 Hari Setelah Aplikasi

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh residu aplikasi insektisida dan entomopatogen terhadap kemunculan imago. Dalam pengujian ini dengan menggunakan 100 butir telur *Corcyra* yang telah terparasit dan berubah warna menjadi hitam. Sebanyak 8 helai daun tebu disiapkan dan diberi perlakuan sesuai Tabel 2. Masing-masing helai daun disemprot 2 mL sesuai dengan perlakuan kemudian dikeringanginkan dalam waktu 2 menit. Setelah itu sebanyak 8 lembar pias ditempelkan diatas daun dengan menggunakan streples. Pias kemudian dimasukkan ke dalam tabung dan ditutup dengan kapas. Selanjutnya, dilakukan pengamatan dan dicatat jumlah imago *Trichogramma* yang muncul setelah 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah perlakuan.

3.5.4 Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Kemunculan Imago *Trichogramma* sp. pada 7 Hari Setelah Aplikasi

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh residu aplikasi insektisida dan entomopatogen terhadap kemunculan imago. Dalam pengujian ini dengan menggunakan 100 butir telur *Corcyra* yang telah terparasit dan berubah warna

menjadi hitam. Sebanyak 8 helai daun tebu disiapkan dan diberi perlakuan sesuai Tabel 2. Masing-masing helai daun disemprot 2 mL sesuai dengan perlakuan kemudian dikeringanginkan dalam waktu 7 hari. Setelah itu sebanyak 8 lembar pias ditepelkan diatas daun dengan menggunakan streples. Pias kemudian dimasukkan ke dalam tabung dan ditutup dengan kapas. Selanjutnya, dilakukan pengamatan dan dicatat jumlah imago *Trichogramma* yang muncul setelah 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah perlakuan.

3.5.5 Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Mortalitas *Diatraeophaga* sp. pada 1 Hari Setelah Aplikasi

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh residu aplikasi insektisida dan entomopatogen terhadap mortalitas imago *Diatraeophaga* sp. Dalam pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 10 imago *Diatraeophaga* sp. berumur 1 bulan. Tanaman tebu disiapkan dengan media pot berisi tanah yang diambil dari lahan, tanaman tebu yang digunakan berumur 2 bulan. Masing masing tanaman disemprot 2 mL sesuai dengan perlakuan dengan jarak semprot 10 cm. Kemudian tanaman diberi sungkup. Pada perlakuan kontrol, tanaman dibiarkan tanpa disemprot tanaman yang telah diberi perlakuan dimasukkan imago ke dalam sungkup. Setelah itu dilakukan pengamatan dan dicatat jumlah kematian imago *Diatraeophaga* sp. 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah perlakuan.

3.5.6 Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Mortalitas *Diatraeophaga* sp. pada 3 Hari Setelah Aplikasi

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh residu aplikasi insektisida dan entomopatogen terhadap mortalitas imago *Diatraeophaga* sp. Dalam pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 10 imago *Diatraeophaga* sp. berumur 1 bulan. Tanaman tebu disiapkan dengan media pot berisi tanah yang diambil dari lahan, tanaman tebu yang digunakan berumur 2 bulan. Masing-masing tanaman disemprot 2 mL sesuai dengan perlakuan dengan jarak semprot 10 cm diamkan tanaman selama 3 hari. Setelah itu diberi sungkup. Pada perlakuan kontrol, tanaman dibiarkan tanpa disemprot. Tanaman yang telah diberi perlakuan dimasukkan imago kedalam sungkup. Setelah itu dilakukan pengamatan dan

dicatat jumlah kematian imago *Diatraeophaga* sp. 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah perlakuan.

3.5.7 Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Mortalitas *Diatraeophaga* sp. pada 7 Hari Setelah Aplikasi

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh residu aplikasi insektisida dan entomopatogen terhadap mortalitas imago *Diatraeophaga* sp. Dalam pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 10 imago *Diatraeophaga* sp. berumur 1 bulan. Tanaman tebu disiapkan dengan media pot berisi tanah yang diambil dari lahan, tanaman tebu yang digunakan berumur 2 bulan. Masing-masing tanaman disemprot 2 mL sesuai dengan perlakuan dengan jarak semprot 10 cm diamkan tanaman selama 7 hari. Setelah itu diberi sungkup. Pada perlakuan kontrol, tanaman dibiarkan tanpa disemprot. Tanaman yang telah diberi perlakuan dimasukkan imago kedalam sungkup. Setelah itu dilakukan pengamatan dan dicatat jumlah kematian imago *Diatraeophaga* sp. 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah perlakuan.

3.5.8 Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Mortalitas *Chelisoches* sp. pada 1 Hari Setelah Aplikasi

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh residu aplikasi insektisida dan entomopatogen terhadap mortalitas imago *Chelisoches* sp. Dalam pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 10 imago *Chelisoches* sp. berumur 1 bulan. Tanaman tebu disiapkan dengan media pot berisi tanah yang diambil dari lahan, tanaman tebu yang digunakan berumur 2 bulan. Masing-masing tanaman disemprot 2 mL sesuai dengan perlakuan dengan jarak semprot 10 cm. Kemudian tanaman diberi sungkup. Pada perlakuan kontrol, tanaman dibiarkan tanpa disemprot. Tanaman yang telah diberi perlakuan dimasukkan imago kedalam sungkup. Setelah itu dilakukan pengamatan dan dicatat jumlah kematian imago *Chelisoches* sp. 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah perlakuan.

3.5.9 Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Mortalitas *Chelisoches* sp. pada 3 Hari Setelah Aplikasi

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh residu aplikasi insektisida dan entomopatogen terhadap mortalitas imago *Chelisoches* sp. Dalam pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 10 imago *Chelisoches* sp. berumur 1 bulan. Tanaman tebu disiapkan dengan media pot berisi tanah yang diambil dari lahan, tanaman tebu yang digunakan berumur 2 bulan. Masing-masing tanaman disemprot 2 mL sesuai dengan perlakuan dengan jarak semprot 10 cm diamkan tanaman selama 3 hari. Setelah itu diberi sungkup. Pada perlakuan kontrol, tanaman dibiarkan tanpa disemprot. Tanaman yang telah diberi perlakuan dimasukkan imago kedalam sungkup. Setelah itu dilakukan pengamatan dan dicatat jumlah kematian imago *Chelisoches* sp. 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah perlakuan

3.5.10 Uji Pengaruh Residu Insektisida dan Entomopatogen terhadap Mortalitas *Chelisoches* sp. pada 7 Hari Setelah Aplikasi

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh residu aplikasi insektisida dan entomopatogen terhadap mortalitas imago *Chelisoches* sp. Dalam pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 10 imago *Chelisoches* sp. berumur 1 bulan. Tanaman tebu disiapkan dengan media pot berisi tanah yang diambil dari lahan, tanaman tebu yang digunakan berumur 2 bulan. Masing-masing tanaman disemprot 2 ml sesuai dengan perlakuan dengan jarak semprot 10 cm diamkan tanaman selama 7 hari. Setelah itu diberi sungkup. Pada perlakuan kontrol, tanaman dibiarkan tanpa disemprot. Tanaman yang telah diberi perlakuan dimasukkan imago kedalam sungkup. Setelah itu dilakukan pengamatan dan dicatat jumlah kematian imago *Chelisoches* sp. 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah perlakuan.

3.6 Variabel Pengamatan dan Pengumpulan Data

3.6.1 Pengamatan pada percobaan dengan serangga uji *Trichogramma* sp.

Data diperoleh dari pengamatan setelah perlakuan Insektisida kimia dan entomopatogen. Perhitungan persentase parasitasi *Trichogramma* sp. dapat dilihat dengan adanya perubahan warna putih menjadi kehitaman yang menandakan telur telah terparasit. Perhitungannya dilakukan dengan menggunakan rumus Jin *et al.* (2021).

$$P = \frac{A}{B} \times 100 \%$$

Keterangan :

- P = Parasitasi
- A = Jumlah telur yang terparasit
- B = Jumlah telur 100 (dalam pias)

Data perhitungan persentase kemunculan imago *Trichogramma* sp. dapat diketahui dengan adanya tanda pecah telur. Perhitungannya dilakukan dengan menggunakan rumus Murtiyarini *et al.*, (2017) sebagai berikut.

$$\text{Persentase kemunculan imago} = \frac{\text{Jumlah imago yang muncul}}{\text{Jumlah telur terparasit}} \times 100 \%$$

3.6.2 Pengamatan pada percobaan dengan serangga uji *Diatraeophaga* sp. dan *Chelisoches* sp.

Data diperoleh dari pengamatan setelah perlakuan Insektisida kimia dan entomopatogen dengan cara menghitung persentase imago musuh alami yang mati (mortalitas). Pengamatan dan pencatatan jumlah mortalitas musuh alami dilakukan pada 24, 48, dan 72 jam setelah perlakuan. Persentase mortalitas musuh alami dihitung menggunakan rumus berikut (Mawuntu, 2016).

$$\text{Persentase Mortalitas} = \frac{n}{N} \times 100 \%$$

- M = Mortalitas (%)
n = Jumlah serangga uji yang mati
N = Total serangga uji

Rumus Abbott (1925) digunakan jika terjadi kematian pada kontrol dan dilakukan perhitungan koreksi dengan rumus sebagai berikut.

$$PA = \frac{Pp - Pk}{100 - Pk} \times 100 \%$$

Keterangan :

- PA = Persentase imago yang mati setelah dikoreksi
Pp = Persentase imago yang mati pada perlakuan
Pk = Persentase imago yang mati pada kontrol

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Aplikasi insektisida karbosulfan dan entomopatogen *B. thuringiensis* menurunkan tingkat parasitasi *Trichogramma* sp. Residu insektisida klorantraniliprol + tiametoksam dan karbofuran secara signifikan menghambat kemunculan imago *Trichogramma* sp.. Perlakuan Entomopatogen isolat jamur dari daun tebu dan isolat jamur larva terinfeksi dapat mempengaruhi populasi *Trichogramma* sp., namun efeknya bervariasi, dan
2. Aplikasi insektisida klorantraniliprol + tiametoksam dan karbosulfan memberikan dampak negatif yang signifikan terhadap angka kematian *Diatraeophaga* sp. dan *Chelisoche* sp.. Perlakuan entomopatogen *B. thuringiensis*, isolat jamur dari daun tebu dan larva terinfeksi, menunjukkan potensi sebagai pengendalian hama yang lebih ramah lingkungan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian lapangan perlu dilakukan untuk memvalidasi hasil penelitian ini. Penelitian ini hanya menilai efektivitas insektisida melalui toksisitas langsung terhadap parasit telur dan kemunculan imago *Trichogramma* sp., serta kematian imago *Diatraeophaga* sp., dan *Chelisoche* sp..

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, M. S. T. 2020. Interactions between entomopathogenic fungi and entomophagous insects. *Advances in Entomology*. 08(03): 130–146.
- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*. 18(2):265–267.
- Achadian, E. M., Kristini, A., Magarey, R. C., Sallam, N., Goebel, F. R., and Leoni, K. 2011. *Hama dan Penyakit Tebu*. Westminster Australia.
- Anjum, F. dan Wright, D. J. 2023. Foliar residual toxicity of insecticides to brassica pests and their natural enemies. *Journal of Economic Entomology*. 116(1): 153–159.
- Aristya, G. R., Kurniawan, F. Y., Prabowo, H., and Kasiamdari, R. S. 2020. Screening of environmental stress tolerant superior sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 458(1): 012004.
- Azizoglu, U., Yılmaz, S., Ayvaz, A., and Karabörklü, S. 2015. Effects of *Bacillus thuringiensis* subsp. kurstaki HD1 spore-crystal mixture on the adults of egg parasitoid *Trichogramma evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 29(4):653–658.
- Campbell, B. E., Preira, R. M., and Koehler, P. G. 2016. *Complications with Controlling Insect Egg*. Intech. USA.
- Chen, Y., Zhang, J., Qin, X., Liu, J., Liu, Q., and Zhang, R. 2014. Sublethal effects of virtakotm on life table parameters and wing formation of the brown planthopper (Homoptera: Delphacidae). *Journal of Entomological Science*. 49(1): 21–29.
- Chen, Y., Zheng, X., Liu, J., Wei, H., Chen, Y., Su, X., and Zhang, J. 2016. Appraisal of the impact of three insecticides on the principal rice pests and their predators in China. *Florida Entomologist*. 99(2): 210–220.
- Cloyd, R. 2012. *Indirect effects of pesticides on natural enemies*. In Pesticides - Advances in Chemical and Botanical Pesticides. InTech. USA.
- de Castro, A. A., Corrêa, A. S., Legaspi, J. C., Guedes, R. N. C., Serrão, J. E., and Zanuncio, J. C. 2013. Survival and behavior of the insecticide-exposed predators *Podisus nigrispinus* and *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae). *Chemosphere*. 93(6): 1043–1050.

- de Castro, A. A., Corrêa, A. S., Legaspi, J. C., Guedes, R. N. C., Serrão, J. E., and Zanuncio, J. C. 2013. Survival and behavior of the insecticide-exposed predators *Podisus nigrispinus* and *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae). *Chemosphere*. 93(6): 1043–1050.
- DeBach, P., 1973. *Biological Control of Insects Pests and Weeds*. Chapman and Hal. Amerika Serikat.
- Efendi, S., Setiawati, R., Suhendra, D., dan Awaluddin, A. 2023. Struktur komunitas dermaptera predator pada tanaman kelapa sawit. *Jurnal Agroplasma*. 10(1): 329–336.
- Geetha, M. V., Kalyanasundaram, M., Jayaraj, J., Shanthi, M., Vijayashanthi, V. A., Hemalatha, D. M., and Karthickraja, K. 2018. *Pests of Sugarcane*. In *Pests and Their Management*. Singapore.
- Goebel, F. R., Achadian, E., and Mcguire, P. 2014. The economic impact of sugarcane moth borers in Indonesia. *Sugar Tech*. 16(4): 405–410.
- Harsanti, E. S., Ardiwinata, A. N., Mulyadi, M. dan Wihardjaka, A. 2013. Peranan arang aktif dalam mitigasi residu pestisida pada tanaman komoditas strategis. *In Jurnal Sumberdaya Lahan*. 7 (2): 57-65.
- Hasibuan, R. 2015. *Insektisida Organik Sintetik dan Biorasional* (1st ed.). Plantaxia. Yogyakarta.
- Hasibuan, R., Swibawa, I. G., Wibowo, L., Pramono, S., dan Hariri, A. M. 2004. Dampak aplikasi insektisida permetrin terhadap hama pengisap Biji *Helopeltis* Spp. (Hemiptera: Miridae) dan artropoda non-target pada pertanaman kakao (*Theobroma Cacao* L.). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 4(1): 8–12.
- Hidayani, H., Rusli, R., dan Lubis, Y. S. 2014. Keanekaragaman spesies parasitoid telur hama lepidoptera dan parasitisasinya pada beberapa tanaman di Kabupaten Solok, Sumatera Barat. *Jurnal Natur Indonesia*. 15(1): 9.
- Hook, S. E., Doan, H., Gonzago, D., Musson, D., Du, J., Kookana, R., Sellars, M. J., and Kumar, A. 2018. The impacts of modern-use pesticides on shrimp aquaculture: An assessment for north eastern Australia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 148: 770–780.
- Idenugraha, I. F. dan Rahmawati, D. 2020. Automatic pesticide spray based on digital image processing in chili plants by classification backpropagation neural network method. *Journal of Electrical and Electronic Engineering*. 4(1): 71-88.
- Ismail, R., Lihawa, M., dan Solihin, A. P. 2022. Evaluasi pelepasan parasitoid telur *Trichogramma* sp. untuk mengendalikan hama penggerek tebu. *Agroteknologi Tropika*. 11(1): 42–48.
- Jin, T., Lin, Y., Ma, G., Liu, J., Hao, Z., Han, S. and Peng, Z. 2021. Biocontrol potential of *Trichogramma* species against *Spodoptera frugiperda* and their field efficacy in maize. *Crop Protection*. 150(2021): 1-8.

- Kamala, I. M. and Chandrasekaran, S. 2024. Evaluation of Carbosulfan 25 EC on the egg parasitoid, *Trichogramma chilonis* Ishii (Hymenoptera, Trichogrammatidae). *Entomon.* 49(1): 147–150.
- Ksentini I., Jardak T., and Zeghal N. 2010. *Bacillus thuringiensis*, deltamethrin and spinosad side-effects on three *Trichogramma* species. *Bulletin of Insectology.* 63(1): 31–37.
- Kuniata, L. S., Korowi, K. T., and Kikitam, L. 2019. Potential cane and sugar losses from top-shoot borer, *Scirpophaga excerptalis* (Walker) (Lepidoptera: Crambidae). *Australian Society of Sugar Cane Technologists* 2019, April, 41: 287–296.
- Liu, T.-X., Sparks, A., and Chen, W. 2003. Toxicity, persistence and efficacy of indoxacarb and two other insecticides on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) immatures in cabbage. *International Journal of Pest Management.* 49(3): 235–241.
- Lnu, G., Singh, V., Rao, S. M., and Kujur, R. 2008. Indoxacarb poisoning: An unusual presentation as methemoglobinemia. *Indian Journal of Critical Care Medicine.* 12(4): 198–200.
- Mawuntu, M. S. C. 2016. Efektivitas ekstrak daun sirsak dan daun pepaya dalam pengendalian *Plutella Xylostella* L. (Lepidoptera; Yponomeutidae) pada tanaman kubis di kota Tomohon. *Jurnal ilmiah sains.* 16(1): 24.
- Meidalima, D. 2014. Parasitoid hama penggerek batang dan pucuk tebu di Cinta Manis, Ogan Ilir Sumatera Selatan. *Journal of Biology & Biology Education.* 6(1): 2–7.
- Meidalima, D. dan Kawaty, R. R. 2015. Eksplorasi dan pengamatan intensitas serangan hama penting tanaman tebu di PTPN VII, Cinta Manis Sumatera Selatan. *Biosaintifika.* 7(1): 69–76.
- Mondal, S., Baksi, S., Koris, A. and Vatai, G. 2016. Journey of enzymes in entomopathogenic fungi. *Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering.* 18(2): 85–99.
- Mufida, A. 2018. Pengaruh samping insektisida bahan aktif spinetoram 120 g/l dan klorantraniliprol 50 g/l terhadap mortalitas dan kemunculan imago *Trichogramma chilonis*. *Skripsi.* Universitas Brawijaya. Malang. 45 hlm.
- Murtiyarini, M., Buchori, D., dan Kartosuwondo, U. 2017. Penyimpanan suhu rendah berbagai fase hidup parasitoid: pengaruhnya terhadap parasitisasi dan kebugaran *Trichogrammatoidea armigera* Nagaraja (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Jurnal Entomologi Indonesia.* 3(2): 71.
- Naibaho, F. G., Priyani, N., Munir, E., dan Damanik, N. S. 2020. Isolasi bakteri penghasil biosurfaktan menggunakan media yang mengandung pestisida karbosulfan. *Jurnal Jejaring Matematika Dan Sains.* 2(1): 21–24.
- Navasero, M. M. and M. V. N. 2010. Biology of the black earwig *Chelisoches morio* (Fabricius) (Chelisochidae, Dermaptera). 24(2): 122–136.

- Nurindah, N., Sunarto, D. A., dan Sujak, S. 2016. Evaluasi pelepasan *Trichogramma* spp. untuk pengendalian penggerek pucuk dan batang tebu. *Jurnal Entomologi Indonesia*. 13(2): 107–116.
- Nurindah, Sujak, Yulianti, T., Sunarto, D., Hidayah, N., Wijayanti, K., Endarto, O., and Wuryantini, S. 2023. Natural control of sugarcane top borer *Scirpophaga excerptalis* Walker (Crambidae: Lepidoptera) by Its Egg Parasitoids. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1287(1): 012018.
- Paterson, A. H., Moore, P. H., and Tew, T. L. 2013. *The gene pool of saccharum species and their improvement*. Springer New York. New York.
- Prabowo, H., Asbani, N., dan S. 2013. Penggerek batang bergaris (*Chilo sacchariphagus* Bojer) hama penting tanaman tebu. *Info Teknologi Perkebunan*. 5 (5): 19.
- Pramono, D. 2005 *Seri Pengelolaan HamaTebu secara Terpadu*. Dioma. Malang.
- Price, P. W., Denno, R. F., Eubanks, M. D., Finke, D. L., and Kaplan, I. 2011. *Insect Ecology: Behavior, Populations and Communities*. Cambridge University Press. New York (USA).
- Putri, V. 2015. Parasitasi *Trichogramma chilonis* Ishii berkopulasi dan tidak berkopulasi serta pengaruhnya terhadap nisbah kelamin *Corcyra*. 2015. *Tesis*. Universitas Lampung. Lampung. 50 hlm.
- Querino, R. B., Zucchi, R. A., and Pinto, J. D. 2009. *Systematics of the Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) with a Focus on the Genera Attacking Lepidoptera*. Springer Netherlands. Dordrecht.
- Raza, H. A., Amir, R. M., Ullah, M. K., Ali, A., Shahbaz, M. S., Usman, S., Wudil, A. H., Farooq, N., Ahmad, W. dan Shoaib, M. 2019. Coping strategies adopted by the sugarcane farmers in punjab; an integrated pest management approach. *Journal of Global Innovations in Agricultural and Social Sciences*. 7(1): 33–37.
- Romli, S, D. 2006. Deteksi dini jenis kelamin *Trichogramma chilonis* Ishii (Hymenoptera : Trichogrammatidae) menggunakan warna, ukuran, dan bentuk telur *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera : Pyralidae) di laboratorium. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 27 hlm.
- Roy, H. E., Hails, R. S., Hesketh, H., Roy, D. B. and Pell, J. K. 2009. Beyond biological control: non-pest insects and their pathogens in a changing world. *Insect Conservation and Diversity*. 2(2): 65–72.
- Saleh, M., El-Wakeil, N., Elbehery, H., Gaafar, N., and Fahim, S. 2017. Biological pest control for sustainable agriculture in Egypt. *Sustainability of Agricultural Environment in Egypt*. 77. 145–188.
- Sharifzadeh, M., Abdollahzadeh, G., Damalas, C. and Rezaei, R. 2018. Farmers' criteria for pesticide selection and use in the pest control process. *Agriculture*. 8(2): 24.

- Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Tanveer, M., Sidhu, G. P. S., Handa, N., Kohli, S. K., Yadav, P., Bali, A. S., Parihar, R. D., Dar, O. I., Singh, K., Jasrotia, S., Bakshi, P., Ramakrishnan, M., Kumar, S., Bhardwaj, R., and Thukral, A. K. 2019. Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences*. 1(11): 1446.
- Sinha, K. K., Choudhary, A. Kr., and Kumari, P. 2016. *Entomopathogenic Fungi*. In *Ecofriendly Pest Management for Food Security*. India.
- Sopialena. 2021. *Pembangunan Pertanian*. CV BUDI UTAMA. Yogyakarta.
- Stein and C.G.G.J. 2023. *Flora*. PT Balai Pustaka. Jakarta
- Subiyakto, S. 2016. Hama penggerek tebu dan perkembangan teknik pengendaliannya. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 35(4): 179-186.
- Subiyakto, S., Yulianti, T., Sunarto, D. A., Sujak, S., Wijayanti, K. S., Hidayah, N., Nurindah, N., Indrayani, I. G. A. A., Supriyono, S., and Suhara, C. 2023. The dynamics of species change, pest status, and new pests on sugarcane In Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1253(1): 012111.
- Supriatna, S., Siahaan, S., dan Restiaty, I. 2021. Pencemaran tanah oleh pestisida di Perkebunan Sayur Kelurahan Eka Jaya Kecamatan Jambi Selatan Kota Jambi (Studi Keberadaan Jamur Makroza dan Cacing Tanah). *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 21(1): 460.
- Taguti, P. S., Ramalho, D. G., Nascimento, V. F., dos Santos, L. C., Taguti, E. A., Mihsfeldt, L. H., and De Bortoli, S. A. 2023. Chemical and biological products used in sugarcane and their effect on *Trichogramma galloi*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 171(10): 732–738.
- Thoriq, C. 2021. *Teknik Budidaya Tebu*. DIVA Press. Yogyakarta.
- Trizelia, T., Busniah, M., and Permadi, A. 2017. Pathogenicity of entomopathogenic fungus *Metarhizium* spp. against predators *Menochilus sexmaculatus* Fabricius (Coleoptera: Coccinellidae). *Asian Journal of Agriculture*, 1(01): 1–5.
- Untung, K. 1996. The role of pesticides in the implementation of Integrated Pest Management in Indonesia. *Journal of Pesticide Science*. 21(1): 129-131.
- Wirioatmodjo, B. 1977. Biologi lalat jatiroto, *Diatraeophaga Striatalis* Townsend, dan penerapannya dalam pengendalian penggerek berkilat, *Chilo Auricilius* Dudgeon. DT - Agriculture.