

**PENGARUH KONSENTRASI SUBLETAL INSEKTISIDA *EMAMECTIN*
BENZOATE TERHADAP ULAT GRAYAK JAGUNG
(*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

(Skripsi)

Oleh

**KIKY RIZKI NIRWANA
NPM 1917021013**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENGARUH KONSENTRASI SUBLETAL INSEKTISIDA *EMAMECTIN* *BENZOATE* TERHADAP ULAT GRAYAK JAGUNG (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Oleh

KIKY RIZKI NIRWANA

Spodoptera frugiperda J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) atau *fall army worm* (FAW) merupakan hama baru di Indonesia yang merugikan para petani jagung karena menyebabkan penurunan produksi mencapai 40%. Salah satu bahan aktif dari insektisida golongan avermektin yang efektif dalam pengendalian hama larva lepidoptera adalah *emamektin benzoat* yang merupakan hasil fermentasi bakteri *Streptomyces avermitilis* (Actinomycetes). Penggunaan insektisida *emamektin benzoat* dengan dosis tinggi secara terus menerus oleh petani di Lampung dapat menyebabkan peningkatan kematian organisme non target dan musuh alami, sehingga dapat menimbulkan resurgensi hama. Penggunaan dosis subletal sebagai alternatif pengaplikasian insektisida ini dapat mempengaruhi efek fisiologis, perilaku dan demografis hama seperti memperpanjang waktu perkembangan serangga serta mengurangi fekunditas. Berdasarkan dugaan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efek subletal insektisida *emamektin benzoat* terhadap mortalitas larva, waktu perkembangan stadia larva sampai menjadi imago serta fekunditas. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan 2 perlakuan dan 16 kali ulangan. Penentuan dosis subletal yang digunakan pada penelitian ini yaitu berdasarkan uji pendahuluan dengan diperoleh nilai LC_{10} pada konsentrasi 3,306 ppm. Data yang diperoleh berupa mortalitas larva, waktu perkembangan larva sampai menjadi imago dan fekunditas dianalisis menggunakan *software* SPSS 25. Hasil analisis menunjukkan bahwa insektisida *emamektin benzoat* memiliki efek subletal yaitu meningkatkan kematian larva *S. frugiperda* sebanyak 90%, memperpanjang waktu hidup *S. frugiperda* sampai 28 hari dengan normal 23 hari, dan mengurangi fekunditas *S. frugiperda* dengan rerata jumlah telur sebanyak 108 butir dengan normal 900 butir, hal tersebut menunjukkan bahwa *emamektin benzoat* berpengaruh

secara signifikan ($p < 0,05$) terhadap mortalitas larva, waktu perkembangan dan fekunditas *S. frugiperda*.

Kata kunci: Efek Subletal, *Emamektin benzoate*, Konsentrasi Subletal, *S. frugiperda*

**PENGARUH KONSENTRASI SUBLETAL INSEKTISIDA *EMAMECTIN*
BENZOATE TERHADAP ULAT GRAYAK JAGUNG
(*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

Oleh

KIKY RIZKI NIRWANA

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi

**: PENGARUH KONSENTRASI SUBLETAL
INSEKTISIDA *EMAMECTIN BENZOATE*
TERHADAP ULAT GRAYAK JAGUNG
(*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

Nama Mahasiswa

: *Kiky Rizki Nirwana*

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1917021013

Program Studi

: S1 Biologi

Fakultas

: Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam



Pembimbing I

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing II

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Endah'.

Dr. Endah Setyaningrum, M. Biomed.
NIP. 19640517 198803 2 001

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Danarsi'.

Dr. Danarsi Diptaningsari, S.P., M.Si.
NIP. 19800124 200604 2 001

2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Jani Master'.

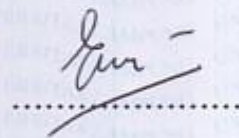
Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.
NIP. 19830131 200812 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

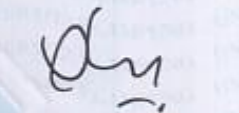
Ketua

: **Dr. Endah Setyaningrum, M.Biomed.**



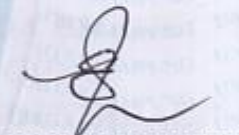
Sekretaris

: **Dr. Danarsi Diptaningsari, S.P., M.Si.**



Anggota

: **Prof. Dr. Emantis Rosa, M. Biomed.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Sripto Dwi Yuwono, S.Si., M.T.

NIP. 19740705 200003 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 31 Januari 2023

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Kiky Rizki Nirwana
NPM : 1917021013
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam skripsi saya yang berjudul:

“PENGARUH KONSENTRASI SUBLETAL INSEKTISIDA *EMAMECTIN BENZOATE* TERHADAP ULAT GRAYAK JAGUNG (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)”

Baik gagasan, data, maupun pembahasannya adalah benar karya saya sendiri berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Skripsi ini saya susun dengan mengikuti pedoman dan norma akademik yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat, apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandarlampung, 14 Februari 2023

Yang menyatakan,



Kiky Rizki Nirwana
NPM. 1917021013

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tribudisyukur, pada tanggal 21 Oktober 2000 sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Yamin S.P. dan Ibu Tati Mulyati S.Pd. SD. Penulis mulai menempuh pendidikan di TK Dharma Wanita Purajaya dan selesai pada tahun 2007, selanjutnya penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 1 Tribudisyukur, selanjutnya pendidikan tingkat menengah di SMP Negeri 10 Bandarlampung dan selesai pada tahun 2016. Setelah itu melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA Al-Azhar 3 Bandarlampung dan selesai pada tahun 2019. Pada tahun 2019, penulis mendaftarkan diri sebagai mahasiswi Jurusan Biologi FMIPA melalui jalur Seleksi Negeri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis pernah menjadi Anggota Muda Biologi (Amuba) 2019-2020. Selanjutnya menjadi pengurus aktif Himpunan Mahasiswa Biologi (Himbio) FMIPA Universitas Lampung sebagai anggota Biro Kesekretariatan dan Logistik 2020-2022. Pada bulan Desember 2019, Penulis mengikuti kegiatan Karya Wisata Ilmiah (KWI) di Desa Tambah Dadi, Kecamatan Purbalinggo, Kabupaten Lampung Timur. Pada bulan Januari – Februari 2022 penulis melakukan Kerja Praktik di Kebun Percobaan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Provinsi Lampung dengan judul **“Pengaruh Pemberian Berbagai Dosis Pupuk Hayati Biotama terhadap Pertumbuhan Tanaman**

Jagung (*Zea mays* L.) Di Kebun Percobaan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung". Penulis pernah melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Waymili Kecamatan Gunung Pelindung, Lampung Timur pada bulan Juni – Agustus 2022. Penulis juga pernah mengikuti kegiatan Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) Program Kredensial Mikro Mahasiswa Indonesia (KMMI) di Institut Pertanian Bogor secara *online*. Selain itu, penulis juga pernah mengikuti kegiatan magang MBKM di BPTP Lampung pada bulan Maret-Desember 2022. Penulis membuat skripsi ini dengan judul “**PENGARUH KONSENTRASI SUBLETAL INSEKTISIDA *EMAMECTIN BENZOATE* TERHADAP ULAT GRAYAK JAGUNG (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**”.

MOTTO

“Just let it flow”

“IT’S OKAY TO NOT BE OKAY”

“Don’t forget to say ‘ALHAMDULILLAH’”

“Karena, sesungguhnya sesudah keuslitan itu ada kemudahan.
Sesungghnya, sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S. Al-Insyirah:5-6)

PERSEMBAHAN



Dengan mengucapkan rasa syukur kehadiran Allah SWT juga shalawat yang senantiasa tercurahkan pada Rasulullah Muhammad SAW.

Saya persembahkan karya kecil ini sebagai tanda bakti dan cinta kepada orang yang sangat saya sayangi

Bapak Yamin dan Mamah Tati Mulyati

Yang telah merawat dan memberikan kasih sayang tak terhingga, motivasi, dan senantiasa mendoakan setiap langkah yang saya jalani. Semoga ini menjadi langkah awal dalam membahagiakan Bapak dan Mamah di dunia dan manfaatnya menjadi amalan di akhirat.

Kakak-kakak Tersayang

Sebagai tanda terimakasih, saya persembahkan karya ini untuk Aa dan Tete (F. Bayu Nirwana, Rina Agustia, dan Ruri Mayang Nirwana). Terimakasih untuk doa, semangat, dukungan, dan motivasi yang diberikan selama saya menempuh pendidikan hingga tercapainya gelar sarjana ini.

Para Bapak dan Ibu Dosen

Yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan segala ilmu ilmunya dengan ikhlas kepada saya hingga gelar sarjana ini dapat saya raih.

Sahabat dan Teman-teman Biologi Angkatan 2019

Yang telah berjuang sejak awal berada di bangku perkuliahan dan selalu memberikan semangat setiap saat hingga saat ini.

Almamater Tercinta

Universitas Lampung yang memberikan kesempatan kepada saya untuk menimba ilmu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur *alhamdulillah* senantiasa penulis panjatkan kehadiran Allah SWT., yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Skripsi dengan judul “Pengaruh Konsentrasi Subletal Insektisida *Emamectin Benzoate* terhadap Ulat Grayak Jagung (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT., yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
2. Orangtua penulis Mamah Tati dan Bapak Yamin yang senantiasa memberikan dukungan, semangat serta nasihat dalam keadaan apapun.
3. Bapak Dr. Eng Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku dekan FMIPA Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Jani Master, S.Si., M.Si., selaku ketua jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung.
5. Ibu Dr. Kusuma Handayani, M.Si., selaku ketua program studi S1 Biologi FMIPA Universitas Lampung.
6. Ibu Dr. Endah Setyaningrum, M.Biomed. dan Ibu Nismah Nukmal, Ph.D., selaku dosen pembimbing I yang dengan sabar memberikan bimbingan, arahan dan nasihat kepada penulis, baik selama perkuliahan dan dalam penyusunan skripsi.

7. Ibu Dr. Danarsi Diptaningsari, S.P., M.Si., selaku pembimbing II yang dengan sabar memberikan bimbingan, arahan dan nasihat, serta membantu penulis dalam melaksanakan penelitian dalam pelaksanaan skripsi.
8. Ibu Prof. Dr. Emantis Rosa, M. Biomed., selaku dosen pembahas atas semua ilmu, bantuan, nasihat, saran, arahan dan nasihat kepada penulis, baik selama perkuliahan dan dalam penyusunan skripsi.
9. Seluruh dosen Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung.
10. Seluruh staff, Laboran dan Karyawan Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung.
11. Ibu Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc., selaku pembimbing akademik atas bimbingannya kepada penulis dalam menempuh pendidikan di Jurusan Biologi.
12. Bapak Dr. Drs. Jekvy Hendra, M. Si., Kepala BPTP Lampung yang telah memberikan *support* dan izin kepada Penulis untuk melaksanakan penelitian di Laboratorium BPTP Lampung.
13. Karyawan di BPTP Lampung yang telah memberikan kesempatan, arahan, dan masukan yang bermanfaat.
14. Bude Manisah di Laboratorium BPTP Lampung yang telah banyak memberikan bantuan, semangat, serta doa kepada penulis.
15. Kakak-kakakku (A Bayu, Teh Rina, Uri) serta keluarga besar yang selalu memberikan semangat kepada penulis.
16. Ireniza Pradevi Mulya dan Mega Novrilia sebagai teman seperjuangan penelitian Natar yang telah membantu penelitian.
17. Sahabat-sahabatku (Daffa, Ani, Inay, Kika, Caca) yang selalu memberikan *support* dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
18. Dini, Aman, Sindi, Ranita, Rara, Vio, Delvi, Uni yang selalu ada di setiap proses yang penulis lewati mulai dari TK sampai saat ini.
19. Teman-teman seperjuangan angkatan 2019 Cita, Bella, Ubaid, Dinda, Fara, Delsya, Nadifa, Dewi dan seluruh rekan yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu atas kebersamaannya.
20. Semua pihak yang telah bertanya: “kapan sidang?”, “kapan wisuda?” dan lain

sebagainya. Kalian adalah alasan penulis segera menyelesaikan skripsi ini.

Bandarlampung, 14 Februari 2023

Penulis,

Kiky Rizki Nirwana

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	4
1.3. Kerangka Pikir.....	4
1.4. Hipotesis Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Ulat grayak jagung (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	6
2.1.1. Taksonomi ulat grayak jagung (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	6
2.1.2. Siklus hidup ulat grayak jagung (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	6
2.1.3. Gejala serangan ulat grayak jagung (<i>Spodoptera frugiperda</i>).....	12
2.1.4. Pengendalian ulat grayak jagung (<i>Spodoptera frugiperda</i>).....	14
2.2. Pengertian Insektisida.....	14
2.2.1. Organofosfat	15
2.2.2. Karbamat.....	15
2.2.3. Piretroid	16
2.2.4. Avermektin	16
2.2.5. Organoklorin.....	16
2.3. Mekanisme Kerja Insektisida terhadap Tubuh Serangga	17
2.3.1. Racun Perut (<i>stomach poison</i>)	17
2.3.2. Racun Kontak (<i>contact poison</i>)	18
2.3.3. Racun pernafasan (<i>fumigants</i>)	18
2.4. Insektisida <i>Emamektin Benzoat</i>	19

III. METODE PENELITIAN.....	22
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2. Alat dan Bahan	22
3.3. Rancangan Penelitian	23
3.4. Prosedur Penelitian.....	23
3.4.1. Pengumpulan Serangga uji (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	23
3.4.2. Pembiakan massal serangga (<i>rearing</i>).....	24
3.4.3. Uji Aktivitas Insektisida	25
3.4.4. Parameter pengamatan.....	26
3.5. Analisis Data	26
3.5.1. LC ₁₀ dan LC ₅₀	27
3.5.2. Efek subletal	27
3.5.3. Diagram Alir Penelitian.....	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Hasil Uji Toksisitas dan Efek Subletal <i>Emamektin Benzoat</i>	29
4.2 Pembahasan	32
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	37
5.1. Simpulan.....	37
5.2. Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	46

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Nilai LC ₁₀ dan LC ₅₀ <i>emamektin benzoat</i>	29
Tabel 2. Efek subletal <i>emamektin benzoat</i> terhadap mortalitas larva <i>S. frugiperda</i> (%)	29
Tabel 3. Efek subletal <i>emamektin benzoat</i> terhadap waktu perkembangan larva <i>S. frugiperda</i> (hari)	30
Tabel 4. Efek subletal <i>emamektin benzoat</i> terhadap fekunditas	31

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Telur <i>S. frugiperda</i>	7
Gambar 2. Perkembangan larva <i>S. frugiperda</i> ; neonate (a); instar 1 (b); instar 2 (c); instar 3 (d); instar 4 (e); instar 5 (f); instar 6 (g)	9
Gambar 3. Pupa <i>S. frugiperda</i>	10
Gambar 4. Ngengat jantan dan Ngengat betina <i>S. frugiperda</i>	12
Gambar 5. Gejala serangan ulat grayak pada tanaman jagung.....	13
Gambar 6. Struktur molekul <i>Emamektin benzoate</i> B _{1a} : C ₄₉ H ₇₅ NO ₁₃ -C ₇ H ₆ O ₂ B _{1b} : C ₄₈ H ₇₃ NO ₁₃ -C ₇ H ₆ O ₂	19
Gambar 7. Kandang Imago <i>S. frugiperda</i>	24
Gambar 8. Diagram alir penelitian.	27
Gambar 9. Jumlah mortalitas <i>S. frugiperda</i>	30
Gambar 10. Waktu perkembangan larva-imago <i>S. frugiperda</i>	31
Gambar 11. Fekunditas <i>S. frugiperda</i>	31
Gambar 12. Larva <i>S. frugiperda</i> yang mati setelah terkena perlakuan LC ₁₀	33
Gambar 13. Pakan daun jagung segar	47
Gambar 14. Persiapan pembuatan larutan	47

Gambar 15.	Proses pencelupan pakan daun jagung pada larutan uji.....	47
Gambar 16.	Pengeringan pakan daun jagung	48
Gambar 17.	Wadah uji yang digunakan	48
Gambar 18.	Peletakan pakan daun jagung segar pada wadah uji	48
Gambar 19.	Peletakkan serangga uji pada wadah uji	49
Gambar 20.	Pengamatan mortalitas larva <i>S. frugiperda</i>	49
Gambar 21.	Larva <i>S. frugiperda</i> yang mati setelah terkena perlakuan insektisida .	49
Gambar 22.	Proses kawin ngengat jantan dan ngengat betina	50
Gambar 23.	Contoh peletakkan telur oleh <i>S. frugiperda</i> pada dinding toples.....	50
Gambar 24.	Proses pengamatan jumlah telur menggunakan lup	50

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian	47
Lampiran 2. Jumlah mortalitas larva <i>S. frugiperda</i> pada uji pendahuluan.....	51
Lampiran 3. Analisis Probit LC ₁₀ 24 Jam	51
Lampiran 4. Persentase mortalitas larva <i>S. frugiperda</i>	52
Lampiran 5. Rerata Mortalitas Larva <i>S. frugiperda</i>	53
Lampiran 6. Hasil Uji Normalitas pada mortalitas larva <i>S. frugiperda</i> dengan metode <i>Shapiro-wilk</i>	54
Lampiran 7. Hasil Uji <i>Mann-Whitney</i> Mortalitas larva <i>S. frugiperda</i>	54
Lampiran 8. Rerata waktu perkembangan stadia larva sampai menjadi imago <i>S. frugiperda</i> (hari).....	54
Lampiran 9. Rerata Waktu Perkembangan stadia Larva sampai menjadi Imago <i>S. frugiperda</i>	55
Lampiran 10. Hasil Uji Normalitas pada waktu perkembangan stadia larva sampai menjadi imago <i>S. frugiperda</i> dengan metode <i>Shapiro-wilk</i>	56
Lampiran 11. Hasil Uji <i>Mann-Whitney</i> waktu perkembangan stadia larva sampai menjadi imago <i>S. frugiperda</i>	56
Lampiran 12. Rerata jumlah telur <i>S. frugiperda</i> (butir)	56
Lampiran 13. Rerata Jumlah Telur <i>S. frugiperda</i>	57

Lampiran 14. Hasil Uji Normalitas jumlah telur <i>S. frugiperda</i> dengan metode <i>Shapiro-wilk</i>	58
Lampiran 15. Hasil Uji-T Jumlah Telur <i>S. frugiperda</i>	58

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jagung adalah salah satu bahan pangan utama setelah padi yang dikonsumsi masyarakat Indonesia serta menjadi komoditas strategis utama pertanian di Indonesia (Aldillah, 2017). Menurut Pasta dkk., (2015), jagung menempati urutan ketiga di dunia setelah padi dan gandum sebagai makanan pokok. Di beberapa daerah seperti Nusa Tenggara Timur, jagung digunakan sebagai makanan pokok yang utama. Selain dijadikan sebagai bahan makanan pokok, biji dan daun jagung dapat dijadikan sebagai pakan, dapat diambil minyak dari bijinya serta dijadikan bahan dalam pembuatan tepung maizena.

Permintaan jagung di pasar akan terus meningkat setiap tahunnya (Adhayani, 2021). Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), produksi jagung nasional pada tahun 2014 mencapai 19 juta ton lalu meningkat pada tahun berikutnya menjadi 19,6 juta ton. Kemudian di tahun 2016 *trend* kenaikan terus berlanjut menjadi 23,6 juta ton hingga pada 2017 produksi jagung mencapai 28,9 juta ton. Di tahun 2018, produksi jagung nasional naik sekitar 1,1 ton dengan total mencapai 30 juta ton (Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2019). Namun, pada tahun 2019, produksi jagung nasional mengalami penurunan mencapai 25% yakni menjadi 22,59 juta ton. Kemudian pada tahun berikutnya kembali mengalami penurunan sebanyak 0,38% yaitu 22,50 juta ton, dan tahun 2021 produksi jagung nasional kembali

meningkat menjadi 23 juta ton (Data Indonesia, 2022). Dari data diatas, dapat dilihat bahwa produktivitas jagung nasional di Indonesia mengalami penurunan pada tahun 2019 hingga 2021. Hal tersebut diperkirakan dapat terjadi karena beberapa faktor permasalahan seperti faktor biotik berupa tingginya serangan hama dan penyakit (Fattah dan Hamka 2011). Permasalahan tersebut harus segera ditangani agar kebutuhan jagung di pasar tetap terpenuhi. Di Indonesia, terdapat \pm 50 jenis serangga yang dapat menyerang tanaman jagung tetapi tidak semuanya menyebabkan kerugian secara ekonomi (Adhayani, 2021).

Salah satu hama baru yang ada di bidang pertanian khususnya jagung adalah ulat grayak jagung (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) atau *fall armyworm* (FAW) (Megasari dan Khoiri, 2021). Menurut Georgen *et al.* (2016), ulat grayak jagung berasal dari benua Amerika dan kini telah menyebar di Negara-negara asia dan Afrika. Di Indonesia, ulat grayak jagung pertama kali ditemukan di daerah Sumatera, khususnya Lampung (Trisyono dkk., 2019). Menurut Nonci dkk. (2019), ulat grayak jagung pertama kali ditemukan di Indonesia pada tahun 2019 di daerah Pasaman Barat, Sumatera Barat dan di Lampung (Nonci dkk.,2019). Sedangkan menurut Maharani *et al.* (2019) ulat grayak jagung pertama kali ditemukan di Jawa Barat, tepatnya di Kabupaten Bandung, Kabupaten Garut, dan Kabupaten Sumedang.

Ulat grayak jagung merupakan salah satu hama yang merugikan bagi para petani jagung karena ulat ini dapat menyerang hampir seluruh bagian tanaman jagung mulai dari akar, batang, daun dan tongkol sehingga dapat menurunkan produktivitas jagung dengan pesat apabila hama ini tidak ditangani dengan baik (Adhayani, 2020). Ulat grayak jagung termasuk dalam hama dengan tingkat serangan yang berat dikarenakan populasi larva ulat grayak jagung yang cukup tinggi yaitu mencapai 2-10 ekor pertanaman (Septian dkk., 2021).

Kehilangan hasil yang ditimbulkan oleh kerusakan serangan ulat grayak jagung mencapai 40% (Wyckhuys dan O'Neil 2006).

Dalam pengendalian ulat grayak, salah satu jenis insektisida yang banyak digunakan oleh petani yaitu insektisida *emamektin benzoate* dengan dosis yang tinggi. Insektisida ini termasuk dalam golongan avermektin yang efektif dalam pengendalian larva lepidoptera dan berasal dari hasil fermentasi bakteri *Streptomyces avermitilis* (Actinomycetes) sehingga bersifat ramah lingkungan (Tarwotjo dkk., 2014). Insektisida ini memiliki kemampuan selektivitas dengan efek toksik yang lebih sedikit pada sebagian besar arthropoda yang menguntungkan (misalnya, predator, lebah madu dan parasitoid) (Liu *et al.*, 2022).

Penggunaan *emamektin benzoat* dengan dosis tinggi secara terus menerus dapat meningkatkan kematian organisme non-target dan musuh alami sehingga dapat menyebabkan resurgensi hama (Yuantari, dkk., 2015). Sehingga penggunaan dosis rendah (dosis subletal) dapat dijadikan sebagai alternatif pengaplikasian insektisida *emamektin* ini agar mengurangi kematian organisme non-target dan musuh alami. Dosis rendah atau dosis subletal juga dapat menyebabkan efek subletal terhadap serangga hama. Efek subletal adalah efek fisiologis, perilaku dan demografis pada individu yang bertahan dari paparan pestisida pada konsentrasi atau dosis mematikan atau subletal yang rendah (Liu *et al.*, 2022). Oleh sebab itu, memahami efek subletal dari *emamektin benzoate* terhadap ulat grayak jagung (*S. frugiperda*) ini perlu dilakukan untuk mengetahui potensi risiko dari pestisida ini.

Studi mengenai efek subletal *emamektin benzoat* pada *S. frugiperda* telah dilakukan sebelumnya oleh Liu *et al.* (2022) di China. Pada penelitian ini, dilakukan pengujian efek subletal *emamektin benzoat* dengan dosis subletal

terhadap ulat grayak jagung (*S. frugiperda*) dari populasi Natar, Lampung, Indonesia.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan konsentrasi LC₁₀ insektisida *emamektin benzoat* dan kontrol terhadap:

1. Mortalitas larva instar 3 *S. frugiperda*.
2. Waktu perkembangan stadia larva sampai menjadi imago *S. frugiperda*.
3. Fekunditas imago *S. frugiperda*.

1.3. Kerangka Pikir

Jagung merupakan komoditas strategis utama pertanian di Indonesia karena manfaatnya yang banyak, diantaranya sebagai bahan makanan pokok, sebagai pakan ternak bahkan dapat dijadikan sebagai bahan minyak dan tepung maizena. Permintaan jagung akan terus meningkat setiap tahunnya. Namun dalam produksinya, terdapat beberapa permasalahan yang menyebabkan peningkatan produktivitas jagung menurun, salah satunya yaitu serangan hama ulat grayak jagung (*Spodoptera frugiperda*).

Ulat grayak jagung (*S. frugiperda*) merupakan hama invasif di Indonesia yang ditemukan pada tahun 2019 dan berasal dari Amerika serta menyebar di Negara Indonesia. Ulat grayak jagung (*S. frugiperda*) merupakan salah satu hama yang dapat merugikan petani karena kerusakan yang disebabkan oleh serangan ulat grayak jagung mencapai 40%. Ulat ini dapat menyerang hampir seluruh bagian tanaman jagung, mulai akar, batang, daun hingga tongkol. Usaha pengendalian yang banyak digunakan oleh para petani yaitu menggunakan insektisida. *Emamektin benzoat* merupakan salah satu jenis insektisida yang banyak digunakan oleh para petani di Lampung. Insektisida

ini merupakan hasil fermentasi dari bakteri *Streptomyces avermitilis* (Actinomycetes). Penggunaan *emamektin benzoat* dengan dosis tinggi secara terus menerus dapat meningkatkan kematian organisme non target dan musuh alami sehingga dapat menyebabkan resurgensi hama (Yuantari, dkk., 2015). Sehingga penggunaan dosis rendah (dosis subletal) dapat dijadikan sebagai alternatif pengaplikasian insektisida *emamektin* ini agar mengurangi kematian organisme non-target dan musuh alami. Oleh karena itu, mengetahui efek subletal dari *emamektin benzoate* terhadap ulat grayak jagung (*S. frugiperda*) perlu dilakukan untuk mengetahui risiko yang disebabkan dari pestisida ini.

Penentuan konsentrasi subletal yang digunakan pada penelitian yaitu berdasarkan uji pendahuluan. Dari uji pendahuluan tersebut diperoleh konsentrasi subletal ($LC_{10}=3,306$ ppm) yang akan digunakan sebagai uji lanjutan, sehingga dapat dilihat efek subletal insektisida tersebut terhadap ulat grayak jagung (*S. frugiperda*).

1.4. Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini yaitu penggunaan insektisida *emamektin benzoate* dengan konsentrasi subletal ($LC_{10}=3,306$ ppm) berpengaruh terhadap mortalitas larva, waktu perkembangan stadia larva sampai menjadi imago dan fekunditas *S. frugiperda*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ulat grayak jagung (*Spodoptera frugiperda*)

2.1.1. Taksonomi ulat grayak jagung (*Spodoptera frugiperda*)

Menurut *Integrated Taxonomic Information System* (ITIS) (2019), FAW atau ulat grayak jagung (*Spodoptera frugiperda*) dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Phylum : Arthropoda
Class : Insecta
Order : Lepidoptera
Family : Noctuidae
Genus : *Spodoptera*
Spesies : *Spodoptera frugiperda* J.E Smith.

2.1.2. Siklus hidup ulat grayak jagung (*Spodoptera frugiperda*)

Ulat grayak jagung merupakan salah satu hama yang mempunyai kisaran inang yang sangat luas dan termasuk hama invasif yang memiliki siklus hidup yang pendek. Serangga betina ulat grayak jagung dapat menghasilkan 900 hingga 1200 telur dengan siklus hidupnya berkisar antara 32-46 hari (Deshmukh *et al.*, 2018).

Hama ulat grayak jagung dapat menyerang seluruh stadia tanaman jagung mulai dari fase vegetatif hingga fase generatif dan kerusakan tertinggi terjadi pada fase vegetatif (Trisyono dkk., 2019). *S. frugiperda* merupakan salah satu jenis serangga yang bermetamorfosis secara sempurna yaitu meliputi telur, 6 instar larva, pupa dan imago (Nonci dkk., 2019).

a. Telur

Aktivitas bertelur ngengat betina akan berlangsung pada pukul 18.00-10.00 WIB (Russianzi *et al.*, 2021). Telur yang dihasilkan dari ngengat betina *S. frugiperda* akan diletakkan pada bagian permukaan atas ataupun bawah daun dengan jumlah 150-200 butir dengan ukuran diameter 0,4 mm dan tinggi 0,3 mm (Bhusal *and* Chapagain, 2020).

Menurut Russianzi *et al.*, (2021), telur *S. frugiperda* yang baru diletakkan akan berwarna putih dan berubah warna menjadi lebih gelap kehitaman ketika berumur sedang, serta berwarna hitam pekat ketika telur akan menetas. Telur akan menetas dalam 2-3 hari pada suhu 20°-30°C (Bhusal *and* Chapagain, 2020). Menurut Nonci dkk., (2019) dalam beberapa kesempatan, telur *S. frugiperda* dapat ditemukan dalam keadaan ditutupi dengan bulu-bulu halus berwarna putih atau kecoklatan (**Gambar 1**).



Gambar 1. Telur *S. frugiperda* (Kementan, 2019).

b. Larva

Menurut Russianzi *et al.*, (2021), tahap larva *S. frugiperda* terdiri dalam 6 instar, yaitu:

1) Instar 1-5

Larva muda berwarna pucat, kemudian menjadi coklat hingga hijau muda, dan berubah menjadi lebih gelap pada tahap perkembangan akhir (**Gambar 2**). Larva instar pertama akan memakan bagian daun terdekat dari tempatnya menetas. Dengan ukuran yang relatif masih kecil ini, maka gejala kerusakan pada daun tanaman juga relatif sedikit (Firmansyah dan Ramadhan, 2021).

Larva instar ke 3 sampai 5 merupakan tahapan larva yang paling merugikan petani karena pada tahap ini merupakan stadia yang sedang aktif makan sehingga menimbulkan banyak kerusakan (Russianzi *et al.*, 2021). Menurut Bhusal and Chapagain, (2020) pada instar 3, akan ditemukan garis putih lateral dan perubahan permukaan tubuh pada punggung menjadi warna kecoklatan, sedangkan pada instar 4 sampai dengan 6, akan ditemukan ciri-ciri warna kepala yang berubah menjadi coklat kemerahan dengan bintik-bintik putih sedangkan gurat sub dorsal dan lateral berwarna putih pada tubuhnya yang berwarna kecoklatan.

2) Instar 6

Pada umumnya, larva dewasa memiliki panjang tubuh sekitar 1-1/2 inci (38 mm) (CABI, 2019). Pada stadia ini, akan ditemukan kepala berwarna gelap dengan huruf Y terbalik berwarna terang serta terdapat tiga garis kuning pada bagian

belakang tubuhnya, dengan garis hitam dan kuning yang dapat dilihat pada bagian samping tubuh ulat grayak jagung dan empat titik hitam dengan bentuk persegi di segmen kedua dari segmen akhir serta ditemukan rambut pendek berwarna hitam pada setiap titik hitam di tubuhnya (**Gambar 2**) (Nonci dkk., 2019).

Menurut Russianzi *et al.* (2021), larva instar 6 memiliki warna gelap dengan ukuran yang menyusut menjadi prapupa. Larva pada instar 6 akan segera turun dari daun ke tanah untuk membentuk pupa.

Menurut Deshmukh *et al.* (2018), lama waktu yang dibutuhkan untuk perkembangan larva instar 1 sampai 6 yaitu 15 hari, baik untuk larva jantan maupun larva betina. Hal ini sejalan dengan pernyataan Arifin (2021) bahwa lama perkembangan larva akan tergantung dengan kondisi lingkungan, yaitu sekitar 12-20 hari.



Gambar 2. Perkembangan larva *S. frugiperda*; neonate (a); instar 1 (b); instar 2 (c); instar 3 (d); instar 4 (e); instar 5 (f); instar 6 (g) (Kementan, 2021).

c. Pupa

Pada umumnya, proses pupasi terjadi di dalam tanah dengan kedalaman 2-8 cm atau dapat terjadi pada bagian tongkol jagung dewasa. Namun jika keadaan permukaan tanah yang ada keras, maka sisa-sisa daun dan material lainnya akan menjadi tempat yang diselubungi oleh larva di permukaan tanah sehingga membentuk kepompong (CABI, 2019).

Jantan dan betina pada pupa *S. frugiperda* dapat dibedakan dengan melihat lubang genital dan jarak celah anal pada pupa. Jarak celah genital dan anal pupa pada pupa jantan lebih pendek daripada jarak pada betina (Russianzi *et al.*, 2021). Pupa memiliki ukuran lebih pendek dibandingkan dengan larva instar 6 yaitu berukuran panjang 14 hingga 18 mm dan lebar 4,5 mm dengan warna coklat kemerahan (**Gambar 3**) (Igyuve *et al.*, 2018).

Durasi tahap pupa bergantung pada cuaca, dimana semakin rendah suhu, maka semakin lama proses pupasi. Pada musim panas, proses pupasi terjadi dalam 8 hingga 9 hari dan pada musim dingin, proses pupasi terjadi dalam 20 hingga 30 hari (CABI, 2019). Sedangkan berdasarkan pernyataan Nandrawati dkk., (2019), perkembangan pada tahap pupasi dapat berlangsung selama 12-14 hari.



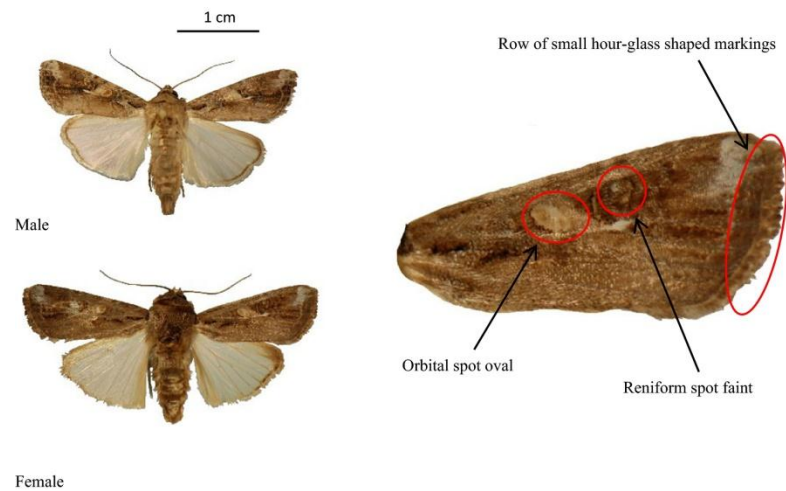
Gambar 3. Pupa *S. frugiperda* (Kementan, 2019).

d. Imago

Perbedaan antara imago jantan dan betina pada *S. frugiperda* adalah terletak pada ukuran dan corak sayap yang dimiliki. Imago betina sedikit lebih besar dibandingkan dengan imago jantan dengan panjang tubuh 1,6 cm dan lebar sayap 3,7 cm sedangkan betina memiliki panjang tubuh 1,7 cm dan lebar sayap 3,8 cm (Bhusal and Chapagain, 2020). Menurut Russianzi *et al.* (2021), imago jantan memiliki warna sayap yang lebih terang dan memiliki pola seperti ginjal. Sedangkan sayap pada imago betina lebih kusam dan tidak terdapat pola yang terlihat. Sayap belakang imago jantan dan betina pada *S. frugiperda* berwarna perak keputihan dengan garis hitam disepanjang tepinya (**Gambar 4**) (Maharani *et al.*, 2019).

Imago *S. frugiperda* dapat bertahan hidup selama 2-3 minggu (Nonci dkk., 2019). Sedangkan berdasarkan pernyataan Russianzi *et al.*, (2021), imago jantan dan betina pada *S. frugiperda* memiliki waktu hidup yang sama, yaitu sekitar 10 hari.

Imago pada *S. frugiperda* memiliki perilaku nokturnal yang membuat mereka aktif pada malam hari dengan suhu yang hangat serta lembab (CABI, 2019). Hama dari ordo Lepidoptera ini memiliki karakteristik dimana pada fase ini, mereka dapat terbang mencapai 100 km dalam satu malam dengan bantuan angin (Kementan, 2019).



Gambar 4. Ngengat jantan dan Ngengat betina *S. frugiperda* (EPPO Bulletin, 2015).

2.1.3. Gejala serangan ulat grayak jagung (*Spodoptera frugiperda*)

Menurut Maharani *et al.* (2019), larva *S. frugiperda* biasanya akan menyerang bagian daun tanaman jagung khususnya pada bagian pucuk daun (**Gambar 5**). Gejala yang ditimbulkan dari serangan hama ini yaitu terdapat bekas gigitan dari mulut larva *S. frugiperda* dan akan ditemukannya kotoran ulat di sekitar pucuk daun tanaman jagung yang masih muda. Selain itu, gejala lain yang dapat ditimbulkan dari hama penggerek daun ini adalah akan ditemukannya serbuk kasar di sekitar pucuk daun muda tanaman jagung yang dapat mematikan tanaman jagung karena menyerang titik tumbuh tanaman jagung (Nonci dkk., 2019).



Gambar 5. Gejala serangan ulat grayak pada tanaman jagung (Dokumentasi pribadi, 2022).

Berdasarkan pernyataan Trisyono dkk. (2019), *S. frugiperda* termasuk kedalam hama yang dapat merusak seluruh fase hidup dari tanaman jagung namun tingkat kerusakan tertinggi akan ditemukan pada fase awal pertumbuhan atau fase vegetatif. Stadia yang paling merusak tanaman jagung dapat ditemukan pada stadia larva, khususnya instar 3 karena pada stadia ini, larva memiliki tipe mulut menggigit dan mengunyah yang dimanfaatkan untuk merusak tanaman target yang dilengkapi dengan mandible keras (Deole and Paul, 2018).

S. frugiperda merupakan hama yang merusak daun dengan cara menggerak, dimana pada setiap instar dapat ditemukan gejala kerusakan yang berbeda. Larva instar 1 masih memakan jaringan daun yang ada di dekatnya dengan meninggalkan gejala akhir lapisan daun yang transparan. Larva instar 2 dan 3 mulai memakan bagian daun secara luas dan menyebar sampai pada bagian dalam daun sehingga hanya menyisakan bagian tulang daun saja dan pada stadia larva ini juga memiliki sifat kanibalisme yang tinggi (Nonci dkk., 2019).

2.1.4. Pengendalian ulat grayak jagung (*Spodoptera frugiperda*)

Menurut Nonci dkk. (2019), terdapat beberapa cara untuk mengendalikan hama *S. frugiperda*, diantaranya adalah:

- a. Pemilihan benih dan varietas tanaman jagung yang tahan.
- b. Mencegah terusnya tersedianya tanaman jagung muda dengan cara penanaman benih secara serentak.
- c. Menggunakan pupuk dengan cukup dan tidak berlebihan.
Penggunaan metode *Push and Pull*, dengan cara tumpang tindih tanaman jagung dengan tanaman lain yang tidak disukai larva *S. frugiperda* agar ulat kekurangan nutrisi dan pertumbuhannya terganggu.
- d. Melakukan pengendalian secara mekanis.
- e. Melakukan pengendalian secara hayati dengan musuh alami yang terdiri dari parasitoid (Famili Platygasteridae, Braconidae, dan Trichogrammatidae), predator (dengan Famili Forficulidae, Carcinophoridae, Coccinellidae dan Carabidae) dan entomopatogen (*Bacillus thuringiensis* (Bt), *Metarhizium anisopliae*, *Metarhizium rileyi*, dan *Beauveria bassiana*, nematoda dan protozoa).
- f. Menggunakan ekstrak tumbuhan untuk insektisida nabati.

2.2. Pengertian Insektisida

Pestisida berasal dari dua kata yaitu “pest” yang berarti hama dan “cida” yang berarti pembunuh (Sudarmo, 1990). Menurut Kaimudin dkk. (2020), insektisida merupakan biosida yang sengaja dibuat untuk meracuni organisme tertentu seperti serangga.

Menurut Anshori dan Prasetiyono, (2016) terdapat beberapa jenis insektisida yang banyak digunakan petani diantaranya adalah organofosfat, karbamat, piretroit, avermectin dan organoklorin.

2.2.1. Organofosfat

Organofosfat merupakan jenis insektisida yang terdiri dari ester dan asam fosfat atau asam tiofosfat. Jenis insektisida ini dapat bersifat sangat toksik terhadap hewan bertulang belakang yang akan menghambat penyaluran impuls saraf dengan mengikat enzim asetilkolinesterase (Dhamayanti dan Saftarina, 2018).

Menurut Susilawati dkk., (2016), insektisida organofosfat banyak digunakan oleh petani karena tidak bersifat resisten terhadap serangga dan tidak persisten terhadap tanah serta bersifat selektif. Selain itu organofosfat juga merupakan jenis insektisida yang meninggalkan sedikit residu di dalam tanah karena insektisida golongan ini memiliki sifat mudah terurai dan terdegradasi.

2.2.2. Karbamat

Karbamat merupakan salah satu jenis insektisida yang efektif dalam membunuh serangga karena dapat menyebabkan gangguan sistem saraf dengan adanya karbamilasi dari enzim asetilkolinesterase jaringan serta menyebabkan penumpukan asetilkolin pada sambungan kolinergik neuroefektor dan pada sambungan acetal muscle myoneural dan dalam autonomic ganglion. Pada saat penghambatan enzim terjadi, maka jumlah acetylcholine akan meningkat dan berikatan dengan reseptor muskarinik dan nikotinik pada sistem saraf pusat dan perifer.

Hal ini akan menyebabkan gejala keracunan pada seluruh bagian tubuh serangga (Ananto, 2017).

2.2.3. Piretroid

Piretroid merupakan salah satu jenis insektisida yang mempengaruhi sistem saraf pada serangga. Insektisida ini menyebabkan serangga mengalami hipereksitasi (kegelisahan) dan konvulsi (kejang) akibat adanya hambatan kerja akson sehingga aksi potensial dan stimulus saraf akan terjadi secara terus menerus (Ghifarri, 2013).

2.2.4. Avermektin

Avermektin merupakan salah satu jenis pestisida yang bersifat insektisida dan althemintik sehingga sering digunakan dalam mengatasi hama dan cacing parasit. Senyawa ini merupakan hasil dari fermentasi mikroba tanah yaitu *Streptomyces avermitilis*. Avermektin diisolasi dari delapan struktur yang berbeda yang dibagi lagi menjadi dua komponen yaitu empat komponen utama dan empat komponen kecil. Komponen utama terdiri dari A_{1a}, A_{2a}, B_{1a} dan B_{2a} dan empat komponen kecil terdiri dari A_{1b}, A_{2b}, B_{1b}, dan B_{2b} (Batiha *et al.*, 2020).

2.2.5. Organoklorin

Organoklorin merupakan jenis pestisida yang tidak ramah lingkungan dikarenakan sifatnya yang persisten terhadap tanah, sulit terurai dan terdegradasi sehingga berbahaya bagi lingkungan dan manusia. Paparan dari pestisida ini dapat menyebabkan penyakit dari mulai sakit perut, penyakit kanker, kerusakan fungsi hati, ginjal, gangguan

sistem endokrin, jantung hingga perkembangan motorik dan mental (Cahyaningrum dkk., 2018).

Menurut Anshori & Prasetyono, (2016), saat ini penggunaan pestisida golongan organoklorin sudah dilarang dan dicabut peredarannya dari pasaran. Hal ini dikarenakan pestisida organoklorin mempunyai tingkat toksisitas dan persistensi yang sangat tinggi yakni mencapai 30 tahun.

2.3. Mekanisme Kerja Insektisida terhadap Tubuh Serangga

Berdasarkan cara masuk (*mode of entry*) racun kedalam tubuh serangga, insektisida dibagi menjadi 3 jenis yang berbeda, yaitu racun perut (*stomach poison*), racun kontak (*contact poison*) dan racun pernapasan (*fumigants*) (Joharina dan Alfiah, 2017).

2.3.1. Racun Perut (*stomach poison*)

Mekanisme kerja insektisida racun perut sama halnya dengan mekanisme masuknya makanan kedalam tubuh serangga. Insektisida ini harus termakan dan masuk melalui mulut serangga yang kemudian masuk kedalam perut dan saluran pencernaan, sehingga serangga yang biasanya diracun dengan insektisida racun perut akan mempunyai tipe mulut menggigit dan mengisap (Joharina dan Alfiah, 2017).

Senyawa toksik insektisida ini akan mengganggu sistem metabolisme pada tubuh serangga, karena senyawa ini menembus dinding usus sehingga mengganggu sistem pencernaan pada tubuh serangga dan mengganggu aktivitas pada serangga karena tubuh serangga tersebut

kekurangan energi, menyebabkan kejang dan lama-kelamaan akan mati (Safirah dkk., 2016).

2.3.2. Racun Kontak (*contact poison*)

Racun kontak dapat terjadi ketika serangga bersentuhan langsung dengan insektisida. Senyawa toksik yang bersentuhan langsung dengan serangga akan langsung terserap oleh tubuh serangga melalui kulit dan akan menyebar pada bagian tubuh lain tempat insektisida bekerja aktif misalnya sel saraf (Kristiawan dkk., 2019). Senyawa yang menyerang sistem saraf akan mengganggu aktivitas dari serangga sehingga menyebabkan kematian pada serangga (Mumba dan Rante, 2020).

Menurut Hutabarat dkk., (2015), senyawa toksik yang terserap melalui kulit serangga akan menyebabkan ketidakseimbangan ion-ion pada sel saraf sehingga menyebabkan kematian pada serangga. Hal ini dapat terjadi karena senyawa toksik yang diserap kulit akan masuk ke dalam sistem pencernaan dan dinding usus serta menyebar menuju sistem saraf.

2.3.3. Racun pernafasan (*fumigants*)

Insektisida *fumigants* merupakan insektisida yang masuk kedalam tubuh serangga melalui sistem pernapasan sehingga digunakan tanpa harus memperhatikan tipe mulut serangga karena insektisida ini berbentuk gas sehingga harus berhati-hati ketika menggunakan insektisida ini di dalam ruangan (Joharina dan Alfiah, 2017).

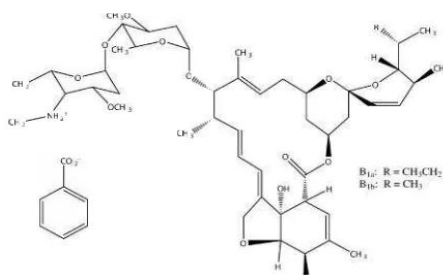
Menurut Rustam dkk., (2018), senyawa toksik yang masuk kedalam tubuh serangga melalui sistem pernafasan akan mengikat enzim

kolinesterase yang ada dalam darah untuk menghidrolisis asetilkolin. Ketika enzim ini berikatan langsung dengan bahan aktif dari senyawa toksik, maka akan mengakibatkan penurunan aktivitas dari enzim itu sendiri, sehingga terjadi peningkatan asetilkolin dan menyebabkan gangguan pada enzim tersebut karena tidak dapat menyampaikan rangsangan pada impuls saraf. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya gerakan otot yang tidak dapat dikendalikan karena perintah dari sel saraf sehingga menyebabkan kematian pada serangga.

2.4. Insektisida *Emamektin Benzoat*

Emamektin benzoate merupakan salah satu bahan aktif dalam golongan avermektin pada pestisida yang efektif dalam pengendalian larva lepidoptera yang berasal dari hasil fermentasi bakteri *Streptomyces avermitilis* (Actinomycetes). Garam benzoat dalam *emamektin benzoate* terbukti paling beracun terhadap sebagian besar hama Lepidoptera (Abduallah, 2011)

Emamektin benzoate tersusun atas emamektin B_{1a} dan emamektin B_{1b} yang memiliki efek racun perut dan sedikit efek racun sistemik yang diserap melalui akar tanaman (**Gambar 6**). Pestisida ini bekerja sebagai racun saraf terhadap serangga dengan cara menstimulasi gamma amino asam butirat (Exttoxnet, 1996).



Gambar 6. Struktur molekul *Emamektin benzoate* B_{1a}: C₄₉H₇₅NO₁₃-C₇H₆O₂
B_{1b}: C₄₈H₇₃NO₁₃-C₇H₆O₂ (Dybas dkk., 1989).

Insektisida *emamektin benzoate* memiliki sifat neurotoksin dengan menyebabkan terjadinya kelumpuhan akibat adanya pengikatan *emamektin benzoat* pada saluran klorida di membran persinaps sel saraf pada serangga sehingga meningkatkan permeabilitas membrane sel saraf terhadap ion klorida, dan menyebabkan hiperpolarisasi secara terus menerus sehingga menyebabkan terjadinya depresi pada sistem saraf pusat (Husni, 2007). Hal ini sesuai dengan pernyataan Bird *et al.* (2022), bahwa *emamektin benzoate* merupakan hasil fermentasi dari mikroorganisme tanah berupa *Streptomyces avermitilis*, dimana insektisida ini dapat mengikat saluran klorida *GABA-gated* serta menyebabkan aktivasi saluran bersifat ireversibel (tidak dapat diubah) sehingga mengakibatkan gangguan pada fungsi saraf.

2.5. Pengaruh Subletal *Emamektin Benzoat* terhadap Serangga

Emamektin benzoat merupakan generasi kedua dari avermektin yang dapat mengganggu aktivitas neurotransmitter dan menginduksi perkembangan neurotoksisitas dan kardiotoxikisitas pada organisme target. Konsentrasi subletal dari *emamektin benzoat* bekerja dengan cara mempengaruhi aktivitas enzim detoksifikasi yang bertanggung jawab untuk mengurangi toksisitas insektisida. Selain itu, *emamektin benzoat* dapat menginduksi perubahan histologis pada organ penting serangga target, seperti dinding tubuh, tubuh lemak, otot, usus tengah, dan tubulus Malpighi. Efek subletal negatif dari *emamektin benzoat* dapat mengganggu efek histologis generasi induk serangga dan kemudian mempengaruhi parameter reproduksi generasi keturunan. Selain itu, *emamektin benzoat* dapat menginduksi apoptosis dan kerusakan DNA, yang juga dapat merusak fungsi fisiologis sel pada generasi induk serangga (Liu *et al.*, 2022).

Barrania (2019) menjelaskan bahwa perlakuan subletal terhadap larva instar 2 *S. littoralis* dengan LC_5 dan LC_{10} *emamektin benzoat* mempengaruhi bobot

larva, durasi larva, pupasi, bobot rata-rata pupa, dan tingkat kemunculan dewasa. Selain itu penelitian Liu *et al.* (2022) menunjukkan bahwa konsentrasi subletal dari *emamektin benzoate* dapat mempengaruhi siklus hidup dimana dapat memperpanjang waktu perkembangan pupa, periode oviposisi, dan umur panjang, serta mengurangi bobot pupa, dan tingkat penetasan pada generasi induk *S. frugiperda* dalam kondisi laboratorium.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kebun Percobaan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung yang berlokasi di Desa Negara Ratu, Natar, Lampung Selatan yang dilaksanakan pada bulan Mei sampai Oktober 2022.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain lup untuk mengamati telur ulat grayak jagung, pinset untuk mengambil sampel ulat, kandang untuk perkembangbiakkan imago, kertas label untuk menandai wadah uji, sarung tangan, toples untuk wadah pembiakan larva, gelas plastik untuk tempat melarutkan insektisida, pipet tetes dan mikropipet untuk mengambil larutan insektisida, gelas ukur untuk mengukur larutan, kamera untuk dokumentasi, dan alat tulis.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain insektisida dengan bahan aktif *emamektin benzoate*, air untuk melarutkan insektisida, madu untuk pakan ngengat ulat grayak jagung, daun jagung untuk pakan ulat grayak jagung dan serangga uji berupa ulat grayak jagung yang diperoleh dari daerah Natar, Lampung Selatan.

3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang terdiri dari 2 perlakuan dan 16 kali ulangan. Perlakuan pertama kontrol dan perlakuan kedua dengan konsentrasi LC₁₀. Masing-masing unit percobaan terdiri dari 10 ekor larva *Spodoptera frugiperda* instar 3 (Rustam dan Tarigan, 2021). Sehingga jumlah serangga uji yang digunakan sebanyak 320 ekor. Penentuan jumlah pengulangan ditentukan berdasarkan rumus Federer yaitu $(t-1)(n-1) \geq 15$, dimana t adalah jumlah perlakuan dan n adalah pengulangan dari setiap perlakuan. Sehingga diperoleh $n \geq 16$.

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Pengumpulan Serangga uji (*Spodoptera frugiperda*)

Larva (meliputi semua instar yang didapatkan) atau telur *S. frugiperda* yang diperoleh dari lapangan selanjutnya dipelihara di dalam toples persegi dengan diberi pakan daun jagung segar. Pergantian pakan dilakukan setiap hari. Larva-larva tersebut dipelihara sampai menjadi imago, kemudian dibiakkan lagi hingga menghasilkan larva instar 3. Pemilihan larva instar 3 dalam pengujian karena instar 3 merupakan stadia dimana larva sedang aktif makan sehingga menimbulkan banyak kerusakan (Russianzi *et al.*, 2021).

3.4.2. Pembiakan massal serangga (*rearing*)

Pemeliharaan massal *S. frugiperda* dilakukan untuk memenuhi kebutuhan ulat pada saat uji aktivitas insektisida. Metode *rearing* diawali dengan pemeliharaan larva serangga yang diperoleh dari perkebunan jagung di Natar, Lampung Selatan. Pemeliharaan larva dilakukan pada wadah plastik berukuran 15 cm × 9,5 cm × 5 cm yang diberi lubang dan ditutup dengan kain kasa pada bagian sampingnya. Larva dipelihara dengan memberikan makanan berupa daun jagung segar, kemudian kotoran ulat yang terdapat pada kotak tersebut tersebut dibersihkan setiap hari. Setelah larva menjadi pupa, pupa dipindahkan pada kandang berukuran 73 cm × 61 cm × 61 cm yang terbuat dari kayu dan dilapisi oleh jaring-jaring. Pada kotak tersebut diletakkan pakan berupa madu dan tanaman jagung dalam pot sebagai medium peletakkan telur bagi serangga yang telah dewasa (**Gambar 7**).



Gambar 7. Kandang Imago *S. frugiperda*

3.4.3. Uji Aktivitas Insektisida

Pengujian aktivitas insektisida menggunakan metode *residual effect* dengan menggunakan pakan daun jagung yang terdiri dari uji pendahuluan dan uji lanjutan (Wulansari dkk., 2021). Pengujian diawali dengan memotong daun jagung berukuran 4×4 cm kemudian direndam menggunakan larutan insektisida dengan konsentrasi yang telah ditentukan (kontrol; 0,33 ppm; 3,3 ppm; 33 ppm, 330 ppm) selama ± 15 detik sampai larutan membasahi seluruh permukaan daun jagung, selanjutnya dikeringkan dengan cara dianginkan-anginkan di atas kain. Untuk kontrol, daun jagung direndam dengan menggunakan air saja tanpa larutan insektisida. Setelah daun jagung kering, sebanyak 3 lembar daun jagung ditempatkan pada wadah uji, kemudian diletakkan 1 larva instar 3 pada masing-masing wadah uji (Wulansari dkk., 2021).

a. Uji pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan dengan beberapa konsentrasi yang berbeda yaitu kontrol; 0,33 ppm; 3,3 ppm; 33 ppm dan 330 ppm. Uji ini dilakukan untuk menentukan taraf konsentrasi yang dapat menyebabkan mortalitas larva uji sebanyak 10% (LC_{10}). Pada uji pendahuluan, digunakan 20 ekor larva instar 3 pada setiap perlakuan. Sehingga terdapat 100 ekor larva instar 3 yang digunakan.

b. Uji lanjutan

Uji lanjutan dilakukan dengan konsentrasi nilai LC_{10} yang diperoleh dari uji pendahuluan serta kontrol. Pada uji lanjutan, digunakan 10 ekor larva instar 3 pada setiap perlakuan yang terdiri

dari 16 kali ulangan. Sehingga terdapat 320 ekor larva instar 3 yang digunakan.

3.4.4. Parameter pengamatan

a. Mortalitas larva

Pengamatan tingkat mortalitas dilakukan pada interval 24 jam atau hingga terjadi kematian sebelum menjadi pupa (Zarate *et al*, 2011). Untuk menghitung persentase mortalitas larva *S. frugiperda* menggunakan rumus:

$$M = \frac{d}{N} \times 100\%$$

dengan M = Persentase mortalitas, d = Jumlah larva uji yang mati, N = Jumlah keseluruhan larva uji (Siahaya dan Rumthe, 2014).

b. Waktu perkembangan larva sampai menjadi imago

Waktu perkembangan larva dihitung dari mulai larva menetas sampai menjadi imago (Zarate *et al*, 2011).

c. Fekunditas (Jumlah Telur)

Untuk menentukan jumlah telur, masing-masing pasangan diisolasi dalam kandang (tinggi 10 cm × diameter 10 cm), sesuai tanggal kemunculan, dengan jumlah 5 pasang/perlakuan. Telur yang baru diletakkan, kemudian dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam toples bersih. Jumlah telur yang diletakkan semalaman dihitung dengan bantuan mikroskop/lup. Hal ini diulang setiap hari sampai imago betina mati (± 10 hari) (Haq, I.U., *et al*. 2021).

3.5. Analisis Data

3.5.1. LC₁₀ dan LC₅₀

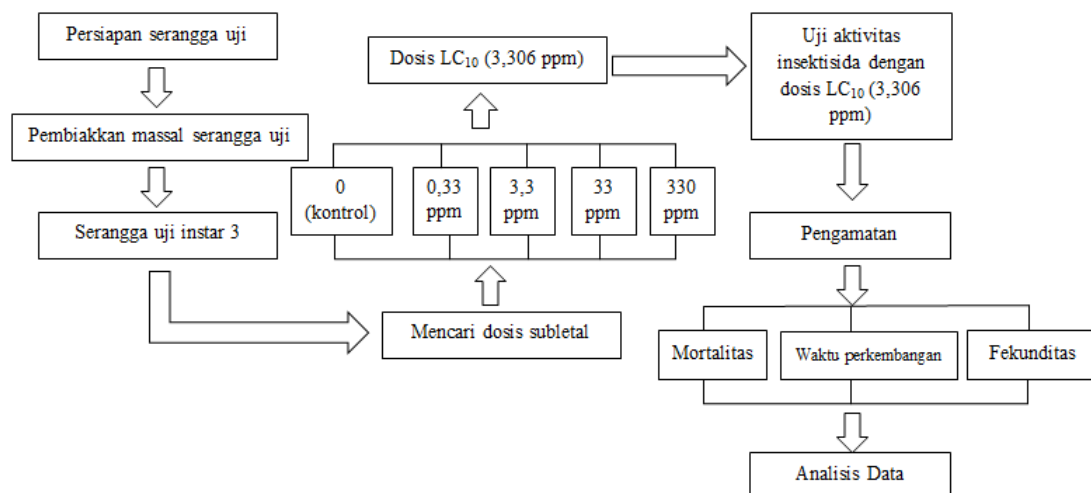
Data mortalitas digunakan untuk menentukan nilai LC₁₀ dan LC₅₀ dari insektisida *emamektin benzoat*. Data ini dianalisis menggunakan analisis Probit menurut *Finney* (1971) dengan *software* SPSS 25.

3.5.2. Efek subletal

Efek subletal yang berupa mortalitas larva, waktu perkembangan stadia larva sampai menjadi imago dianalisis menggunakan uji *Mann-Whitney*, sedangkan fekunditas (jumlah telur) dianalisis menggunakan Uji-T dengan *software* SPSS 25.

3.5.3. Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian dituliskan pada diagram alir (**Gambar 8**) berikut:



Gambar 8. Diagram alir penelitian.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa insektisida *emamektin benzoat* dengan konsentrasi subletal berpengaruh secara signifikan terhadap:

1. Mortalitas larva *S. frugiperda* pada LC₁₀ menyebabkan kematian mencapai 90%, sedangkan tingkat kematian pada kelompok kontrol sebesar 1,88%.
2. Waktu perkembangan stadia larva sampai menjadi imago *S. frugiperda* pada LC₁₀ yakni rerata selama 28,16 hari sedangkan pada kelompok kontrol selama 23,79 hari.
3. Fekunditas *S. frugiperda* pada LC₁₀ menghasilkan telur rerata sebanyak 107,75 butir sedangkan pada kelompok kontrol menghasilkan telur sebanyak 865,8 butir.

5.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai efek subletal insektisida *emamektin benzoat* terhadap serangga non-target ataupun musuh alami dari *S. frugiperda*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduallah, G.M. 2011. Potency and Residual Activity of Emamectin Benzoate and Spinetoram on *Spodoptera littorals* (Boisduval). *Journal of African Entomology*. 19(3): 733-737.
- Adhayani, W. 2021. *Tingkat Populasi Dan Serangan Hama Ulat grayak jagung (Spodoptera Frugiperda J.E. Smith) Pada Tanaman Jagung Dengan Aplikasi Ekstrak Buah Maja (Aegle Marmelos L. Corr) Dan Daun Biduri (Calatropis Gigantea L. Dryand)*. Skripsi. Universitas Hasanudin.
- Aldillah, R. 2017. Strategi Pengembangan Agribisnis Jagung di Indonesia. *Jurnal Analisis Kebijakan Pertanian*. 15(1): 43-66.
- Ananto, A.D. 2017. Desain Senyawa Turunan Karbamat Sebagai Insektisida Baru Menggunakan Metode In Silico. *Journal of Islamic Science and Technology*. 3(1): 21-34.
- Anshori, A. dan Prasetyono, C. 2016. Pestisida Pada Budidaya Kedelai Di Kabupaten Bantul D. I. Yogyakarta. *Journal of Sustainable Agriculture*. 31(1): 38-44.
- Arifin, S.H.A. 2021. *Morfologi Dan Siklus Hidup Spodoptera frugiperda J.E Smith (Lepidoptera: Noctuidae) dengan Pakan Daun Kedelai (Glycine Max L) Di Laboratorium*. Skripsi. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- As'ad, M.F., Kaidi dan Syarief, M. 2018. Status Resistensi Walang Sangit (*Leptocorisa acuta* F.) Terhadap Insektisida Sintetik dan Kepekaannya terhadap *Beauveria bassiana* pada Tanaman Padi. *Journal of Applied Agricultural Sciences*. 2(1): 79-86.
- Baehaki, S.E, Iswanto, E.H. dan Munawar, D. 2016. Resistensi Wereng Coklat terhadap Insektisida yang Beredar di Sentra Produksi Padi. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 35(2): 99-108.

- Batiha, G.E.S., Alqahtani, A., Ilesanmi, O.B., Saati, A.A., El-Mleeh, A., Hetta, H.F. and Beshbishy, A.M. 2020. Avermectin Derivatives, Pharmacokinetics, Therapeutic and Toxic Dosages, Mechanism of Action, and Their Biological Effects. *Pharmaceuticals*. 13(196): 1-37.
- Barrania A.A. 2019. Effects of some insecticides on some biological parameters of cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Alexandria Science Exchange*. 40(2): 307–313.
- Bird, L., Miles, M., Quade, A. and Spafford, A. 2022. Insecticide resistance in Australian *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) and development of testing procedures for resistance surveillance. *PLoS ONE*. 17(2): 1-20.
- CABI. 2019. *Spodoptera frugiperda* Fall Armyworm). <https://www.cabi.org/ISC/fallarmyworm>. Diakses 22 Mei 2022.
- Cahyaningrum, D., Denny, H.M. dan Adi, M.S. 2018. Kandungan Pestisida Organoklorin dalam Air Susu Ibu di Daerah Pertanian Bawang Merah Kabupaten Brebes. *Jurnal Promosi Kesehatan Indonesia*. 13(1): 32-45.
- Dagar, V.S. and Kumar, S. 2018. Emamectin benzoate: Potential larvicide and antifeedant agent against cotton Bollworm *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Applied and Natural Science*. 10(2): 564 -571.
- Dagar, V. S., Mishra, M. and Kumar, S. 2020. Effect of dietary stress of emamectin benzoate on the fitness cost of American bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808). *International Journal of Tropical Insect Science*. 40 (2): 1069-1077.
- Data Indonesia. 2022. Produksi Jagung Indonesia Capai 22,5 Juta Ton pada 2020. <https://dataindonesia.id/>. Diakses pada 1 September 2022.
- Deshmukh, S., Kalleshwaraswamy, C.M., Maruthi, M.S. And Pavithra, H.B. 2018. Biology of invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on maize. *Indian Journal of Entomology*. 80(3): 540-543.
- Deole, S. and Paul, N. 2018. First report of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), their nature of damage and biology on maize crop at Raipur, Chhattisgarh. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 6(6): 219-221.
- Dhamayanti, F.A. dan Saftarina, F. 2018. Efek Neurobehavioral akibat Paparan Kronik Organofosfat pada Petani. *Jurnal Agromedicine*. 5(1): 498-502.

- Chapman, R. F., & Chapman, R. F. 1998 . *The insects: Structure and function*. USA. Cambridge university press.
- Dewi, S. 2018. Toksisitas campuran insektisida emamektin benzoat dan klorfenapir terhadap ulat daun kubis *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae). Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Dono, D., Hidayat, S., Nasahi, C., & Anggraini, E. (2008). Pengaruh ekstrak biji *Barringtonia asiatica* L. (Kurz) (Lecythidaceae) terhadap mortalitas larva dan fekunditas *Crocidolomia pavonana* F. (Lepidoptera: Pyralidae). *Jurnal Agrikultura*. 19(1): 5-14.
- Dybas, R.A, dan Rabu, J.R. 1989. 4'' deoxy-4''methyl amino-4''epiavermectin B1 hydroclorid (MK 423): A Novel Avermectin Insecticide for Crop Protection. In: *British Crop Protection Conference Pest and Disease*. British Crop Protection Council Croydon. London. p. 57-64.
- El-Sheikh, ESA, 2015. Comparative toxicity and sublethal effects of emamectin benzoate, lufenuron and spinosad on *Spodoptera littoralis* Boisd. (Lepidoptera: Noctuidae). *Crop Protection*. 67 (2015): 228–234.
- Exttoxnet. 1996. *Extension Toxicology Network: Abamectin*. <http://exttoxnet.orst.edu/pips/abamecti.htm>. Diakses pada 1 September 2022.
- Fattah, A. dan Hamka. 2011. Tingkat Serangan Hama Penggerek Tongkol, Ulat grayak jagung dan Belalang pada Jagung di Sulawesi Selatan. Balai Pengkaji Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan dan Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Sulawesi Selatan. *Seminar Nasional Seredia Hal*. 382-387.
- Finney, D.J. 1971. *Probit Analysis*. London. Cambridge University Press.
- Firmansyah, E. dan Ramadhan, R.A.M. 2021. Tingkat serangan *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith Pada Pertanaman Jagung di Kota Tasikmalaya dan Perkembangannya di Laboratorium. *Jurnal Agroekoteknologi*. 14(2): 87-90.
- Ghanim, M. and Ishaaya, I. 2011. Insecticides with Novel Modes of Action Mechanism and Resistance Management. https://www.researchgate.net/publication/272817377_Insecticides_with_Novel_Modes_of_Action_Mechanism_and_Resistance_Management. Diakses pada 22 November 2022.

- Ghiffari, A. 2013. Deteksi Resistensi Insektisida Sintetik Piretroid Pada *Aedes aegypti* (L.) Strain Palembang Menggunakan Teknik *Polymerase Chain Reaction*. *Aspirator*. 5(2): 37-44.
- Goergen, G., Kumar, P. L., Sankung, S. B., Togola, A., and Tamo, M., 2016. First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa. *Plos One*. 11(10): 1-9.
- Haq. I.U., Khursyid, A., Inayat, R., Kexin, Z., Changzhon, L., Ali, S., Zuan, A.T.K., Alhasyimi, A., and Abbasi, A.M. 2021. Silicon-based induced resistance in maize against fall armyworm [*Spodoptera frugiperda*] (Lepidoptera: Noctuidae)]. *PLoS ONE* .16(11): 1-16.
- Husni, M. 2007. *Uji Teratogenitas Emamektin Benzoate secara In Ovo*. Skripsi. Universitas Andalas, Padang.
- Hutabarat, N.K., Oemry, S. dan Pinem, M.I. 2015. Uji Efektivitas Termitisida Nabati Terhadap Mortalitas Rayap (*Coptotermes curvinagthus* Holmgren) (Isoptera : Rhinotermitidae) di Laboratorium. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 3(1): 103-111.
- Igyuve, T.M., Ojo, G.O.S., Ugbaa, M.S. And Ochigbo, A.E. 2018. Fall ArmyWorm (*Spodoptera Frugiperda*); It's Biology, Impact And Control On Maize Production In Nigeria. *Nigerian Journal Of Crop Science*. 5(1) : 70-79.
- Innaja, C.L. 2015. Uji Resistensi Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.) terhadap Insektisida Bahan Aktif Sipermetrin pada Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) Serta Pemanfaatannya sebagai Buku Ilmiah Populer. Skripsi. Universitas Jember, Jember.
- ITIS (Integrated Taxonomic Information System). 2019. *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith, 1797). https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=117472#null. Diakses pada 22 May 2022.
- Jelita, S.F., Setyowati, G.W., Ferdinand, M., Zuhrotun, A. dan Megantara, S. Uji Toksisitas *Infusa acalypha* Siamensis Dengan Metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT). *Jurnal Farmaka*. 18(1): 14-22.
- Joharina, A.S. dan Alfiah, S. 2017. Descriptive Analysis of Household Insecticide Community. *Jurnal Vektora*. 4 (1): 23-32.
- Kaimudin, S.N., Sumbono, A. dan Istiqomah. 2020. Identifikasi Toksisitas Larutan *Smilax* sp. Terhadap Perilaku Culicidae. *Biolearning Journal*. 7(2):49-55.

- Kementerian Pertanian. 2019. *Pengenalan Fall Armyworm (Spodoptera frugiperda J. E. Smith) Hama Baru pada Tanaman Jagung di Indonesia*. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Jakarta 64 p.
- Kementerian Pertanian. 2021. Studi Biologi dan Morfometri Ulat grayak jagung (*Spodoptera frugiperda*) di Laboratorium BBPOPT. <https://bbpopt.tanamanpangan.pertanian.go.id/>. Diakses pada 1 September 2022.
- Kristiawan, A., Suharto dan Jadmiko, W. 2019. Uji Efektivitas Insektisida Nabati Berbahan Biji Mimba (*Azadirachta indica* A. Juss) Dan Limbah Daun Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) Untuk Mengendalikan *Spodoptera litura* F. *Berkala Ilmiah Pertanian*. 2, (1): 30-33.
- Liu, Z.K., Li, X.L., Tan, X.F., Yang, M.F., Indrees, A., Liu, J.F., Song, S.J. and Shen, J. 2022. Sublethal Effects of *Emamectin Benzoate* on Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Agriculture*. 12(959):1-13.
- Maharani, Y., Dewi, V.K., Puspasari, L.T dan Rizkie, L. 2019. Cases of Fall ArmyWorm *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) Attack on Maize in Bandung, Garut and Sumedang District, West Java. *Cropsaver Journal of Plant Protection*. 2(1):38.
- Megasari, D. dan Khoiri, S. 2021. Tingkat serangan ulat grayak jagung tentara *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) pada pertanaman jagung di Kabupaten Tuban, Jawa Timur, Indonesia. *Jurnal Agroekoteknologi*. 14(1):1-5.
- Mokbel, E.S. and Amal Huesien. 2020. Sublethal effect of *emamectin benzoate* on life table parameters of the cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisd.). *Bulletin of the National Research Centre*. 44(155):1-8.
- Moustafa, M.A.M., Kákai Á., Awad ,M., and Fónagy, A. 2016. Sublethal effects of spinosad and emamectin benzoate on larval development and reproductive activities of the cabbage moth, *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae). *Crop Protection*. 90(2016):197-204.
- Mumba, A.S. dan Rante, C.S. 2020. Pengendalian Hama Kutu Daun (*Aphis gossypii*) Pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.) Dengan Menggunakan Ekstrak Serai Wangi (*Cymbopogon nardus* L.). *Jurnal Agroekoteknologi Terapan*. (2): 35-38.

- Muamalah, S. 2006. *Uji Insektisida Emamektin Benzoat Terhadap Mortalitas Larva Crocidolomia pavonana (Fabricius) Pada Tanaman Kubis Di Cisarua Bandung*. Institut Pertanian Bogor.
- Nandrawati, Sempurna. G dan Agustin. 2019. *Identifikasi Hama Baru Dan Musuh Alaminya Pada Tanaman Jagung, Di Kelurahan Sidomulyo, Kecamatan Seluma, Bengkulu*. Skripsi. Universitas Bengkulu.
- Nonci, N., Kalqutny, S.H., Mirsam. H., Muis, A., Azrai, M. dan Aqil M. 2019. *Pengenalan Fall Armyworm (Spodoptera frugiperda J.E. Smith) Hama Baru pada Tanaman Jagung di Indonesia*. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros.
- Pasta, I., Ete, A., dan Barrus, H.N. 2015. Tanggapan Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays* L. Saccharata) Pada Aplikasi Berbagai Pupuk Organik. *Jurnal Agroteknis*. 3 (2): 168-177.
- Putra, I.L.I. dan Martina, N.D. 2021. Siklus Hidup *Spodoptera frugiperda* Dengan Pemberian Pakan Kangkung dan Daun Bawang di Laboratorium. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*. 26 (3): 386–391.
- Russianzi, W., Anwar, R. and Triwidodo, H. 2021. Biostatistics Of Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* In Maize Plants In Bogor, West Java, Indonesia. *Biodiversity*. 22: 3463-3469.
- Rustam, R. dan Tarigan, A.C. 2021. Uji Konsentrasi Ekstrak Serai Wangi Terhadap Mortalitas Ulat grayak jagung Jagung. *Jurnal Dinamika Pertanian*. 37 (3):199-208.
- Rustam, R., Sutikno, A. dan Laila, J. 2018. Uji Beberapa Dosis Tepung Daun Gamal (*Gliricidia sepium* Jacq.) terhadap Hama *Sitophilus oryzae* L. pada Beras di Penyimpanan. *Jurnal Agroteknologi Tropika*. 7(2):90-100.
- Safirah, R., Widodo, N. dan Budiyanto, M.A.K. 2016. Uji Efektifitas Insektisida Nabati Buah *Crescentia cujete* Dan Bunga *Syzygium aromaticum* Terhadap Mortalitas *Spodoptera litura* Secara *In Vitro* Sebagai Sumber Belajar Biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*. 2(3): 265-276.
- Santoso, A. 2010. *Statistik untuk Psikologi Dari Blog Menjadi Buku*. Yogyakarta. Penerbit Universitas Sanata Dharma
- Septian, R.D., Afifah, L., Surjana, T., Saputro, N.W. dan Enri, U. 2021. Identifikasi dan Efektivitas Berbagai Teknik Pengendalian Hama Baru Ulat grayak jagung *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith pada Tanaman Jagung Berbasis PHT-Biointensif. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*. 26 (4): 521-529.

- Siahaya, V.G. 2021. Pengaruh Dosis/Konsentrasi Subletal Terhadap Berbagai Perilaku Serangga. *Jurnal Agrologia*. 10 (1): 25-38.
- Siahaya, V.G. dan Rumthe, R.Y. 2014. Uji Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya*) Terhadap Larva *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Agrologia*. 3(2): 112-116.
- Sudarmo, S. 1990. *Pengendalian Serangan Hama Jagung*. Yogyakarta. Penerbit Kanisius.
- Susilawati, N.P.A., Suprihatin, I.E. dan Suastuti, N.G.A.M.D.A. 2016. *Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*. 4(1):18-23.
- Tarwotjo, U., Situmorang, J., Seosilohadi, R.C.H. dan Martono, E. 2014. Monitoring Resistensi Populasi *Plutella xylostella*, L Terhadap Residu Emamektin Benzoat di Sentra Produksi Tanaman Kubis Propinsi Jawa Tengah. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 21(2): 202-212.
- Taufika, R., Sumatmi, S. dan Nugroho, S.A. 2020. Efek Subletal campuran ekstrak daun srikaya (*Annona squamosa* L.) dan rimpang kunyit (*Curcuma domestica* L.) terhadap larva *Spodoptera litura* F. *Jurnal Agromix*. 11(1): 66-78.
- Trisyono Y, Suputa, V Aryuwandari, M Hartaman dan Jumari. (2019). Occurrence of heavy infestation by the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, a new alien invasive pest, in corn in Lampung Indonesia. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 23(1): 156-160.
- Wulansari, R., Hidayat, Y. dan Dono, D. 2021. Aktivitas Insektisida Campuran Minyak Mimba (*Azadirachta indica*) dan Minyak Jarak Kepyar (*Ricinus communis*) terhadap *Spodoptera frugiperda*. *Jurnal Agrikultura*. 32 (3): 207 – 218.
- Wyckhuys K, and O'Neil, R. (2006). Population dynamics of *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) and associated arthropod natural enemies in Honduran subsistence maize. *Crop Protection*. 25(11): 1180-1190.
- Yuantari, M.G.C., Widianarko, B. dan Sunoko H.R. Analisis Risiko Paparan Pestisida terhadap Kesehatan Petani. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 10(2): 239-245.
- Yuliana, H. dan Rasyid, M.I. 2019. Efek Perbedaan Pelarut Terhadap Uji Toksisitas Ekstrak Pineung Nyen Teusale. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*. 6(2) 347-352.
- Zarate, N., Diaz, O., Martinez, A.M. Figueroa, J.I., Schneider, M.I., Smagge, G., Vinuela, E., Budia, F. and Pineda, S. 2011. Lethal and Sublethal Effects of Methoxyfenozide on the Development, Survival and Reproduction of the Fall

Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).
Neotropical Entomology. 40(1): 129-137.

Ziaee, M. and Sohrabi, F. 2022. Lethal and sublethal effects of emamectin benzoate on the tomato leafminer, *Tuta absoluta*. *Journal of Applied Research in Plant Protection*. 10(4): 91-97.