

**PENGARUH AIR RENDAMAN KULIT BUAH BINTARO (*Cerbera odollam*  
Gaertn.) TERHADAP MORTALITAS *Helicoverpa armigera* Hubner**

**SKRIPSI**

**Oleh:  
MAULANA DIAN BAHTIARA  
NIM. 17620077**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2022**

**PENGARUH AIR RENDAMAN KULIT BUAH BINTARO (*Cerbera odollam*  
Gaertn.) TERHADAP MORTALITAS *Helicoverpa armigera* Hubner**

**SKRIPSI**

**Oleh:  
MAULANA DIAN BAHTIARA  
NIM. 17620077**

**diajukan Kepada:  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2022**

**PENGARUH AIR RENDAMAN KULIT BUAH BINTARO (*Cerbera odollam*  
Gaertn.) TERHADAP MORTALITAS *Helicoverpa armigera* Hubner**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**MAULANA DIAN BAHTIARA**  
NIM. 17620077

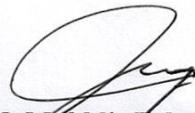
Telah Diperiksa dan Disetujui:  
Tanggal: ... Februari 2022

**Dosen Pembimbing I**



**Azizatur Rahmah, M.Sc**  
NIP.19860930 201903 2 011

**Dosen Pembimbing II**



**Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I**  
NIPT. 20142011409

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Biologi



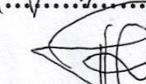
  
**Dr. Erika Sandi Savitri, M. P**  
NIP.19741018 200312 2 002

**PENGARUH AIR RENDAMAN KULIT BUAH BINTARO (*Cerbera odollam*  
Gaertn.) TERHADAP MORTALITAS *Helicoverpa armigera* Hubner**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**MAULANA DIAN BAHTIARA**  
NIM. 17620077

telah dipertahankan  
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai  
salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.)  
Tanggal: ... April 2022

<b>Penguji Utama</b>	: Dr. Dwi Suheriyanto, M.P NIP. 19740325 200312 1 001	(.....  )
<b>Ketua Penguji</b>	: Didik Wahyudi, M.Si NIP. 19860102 201801 1 001	(.....  )
<b>Sekretaris Penguji</b>	: Azizatur Rahmah, M.Sc NIP. 19860930 201903 2 011	(.....  )
<b>Anggota Penguji</b>	: Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I NIPT. 20142011409	(.....  )

Mengesahkan,  
Ketua Program Studi Biologi



  
Dr. Evika Sandi Savitri, M. P  
NIP. 19741018 200312 2 002

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah* tiada ucapan yang pantas diucapkan selain ungkapan syukur kepada Allah SWT. yang selalu memberi petunjuk, rahmat, dan anugerahNya yang tiada henti-hentinya datang menghampiri dalam diri ini ketika mencari ilmu sehingga karya tulis sederhana ini dapat terselesaikan meski tidak sempurna. Dengan selesainya tugas akhir ini, semoga Allah SWT memberikan manfaat terhadap ilmu yang saya dapatkan selama di bangku kuliah dan menjadikan keberkahan serta kemudahan kedepannya untuk tercapai segala tujuan dan cita-cita. Saya persembahkan sebuah karya ini kepada orang-orang yang selalu memberi dukungan dan semangat dalam menyelesaikannya, saya berterima kasih kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Marjono dan Ibu Misnari saya yang selalu memberikan nasehat, kasih sayang, doa dan motivasi kepada saya.
2. Keluarga saya yang selalu membantu dan memberikan semangat dalam proses apapun yang saya lakukan.
3. Dosen-dosenku yang saya ta'dzimi, Bu Azizatur Rahmah, Bapak M. Mukhlis Fahrudin, Bapak Dwi Suheriyanto, Bapak Didik Wahyudi, Bapak Suyono serta dosen-dosen biologi lainnya terima kasih atas waktu, pengalaman, dan kesabarannya dalam membimbing saya selama kuliah dan proses pengerjaan karya ini.
4. Teman-teman saya yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu yang senantiasa membantu, menemani, dan memberi semangat kepada saya selama proses pengerjaan skripsi ini. Semoga Allah selalu memberi keberkahan, kelancaran, dan kemudahan kepada kita dalam mencari ilmu dan segala urusan serta selalu dalam rahmat dan anugerahNya.

Semoga Allah SWT memberi balasan kebaikan dan mencatat sebagai amal jariyah. Semoga karya ini dapat bermanfaat bagi saya dan orang lain. Aamiin

## **MOTTO**

"Jangan malu dengan kegagalanmu, belajarlh darinya dan mulai lagi."  
(Richard Branson)

"Sebaik-baik manusia diantaramu adalah yang paling banyak manfaatnya bagi orang lain."

“Sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan”  
(QS. Al-Insyirah/94:6)

“Lakukan yang terbaik apa yang ada didepanmu. Insyaa Allah akan ada pintu rahmat yang dibukakan untuk dirimu dan akhiri semua dengan kata Alhamdulillah”

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Maulana Dian Bahtiar  
NIM : 17620077  
Program Studi : Biologi  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Pengaruh Air Rendaman Kulit Buah Bintaro (*Cerbera odollam* Gaertn.) Terhadap Mortalitas *Helicoverpa armigera* Hubner

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi akademik maupun hukum atas perbuatan tersebut.

Malang, 12 April 2022  
Yang membuat pernyataan,



Maulana Dian Bahtiar  
NIM. 17620077

## **PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI**

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

# **Pengaruh Air Rendaman Kulit Buah Bintaro (*Cerbera odollam* Gaertn.) Terhadap Mortalitas *Helicoverpa armigera* Hubner**

Maulana Dian Bahtiara

Program Studi Biologi, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri  
Maulana Malik Ibrahim Malang

## **ABSTRAK**

*Helicoverpa armigera* merupakan salah satu hama tanaman pertanian, sehingga perlu ditekan populasinya untuk meminimalisir penurunan hasil panen. Cara menekan populasi *H. armigera* salah satunya dengan pestisida. Terdapat dua jenis pestisida yaitu nabati dan sintetis. Pestisida sintetis selain berperan penting dalam meningkatkan produksi pertanian juga dapat memberikan dampak negatif bagi ekosistem dan lingkungan. Dampak negatif yang ditimbulkan mendorong usaha untuk menekan penggunaannya salah satunya melalui penggunaan pestisida nabati. *Cerbera odollam* atau dikenal dengan tanaman bintaro merupakan salah satu tanaman yang dapat digunakan sebagai pestisida nabati atau insektisida nabati. Alkaloid spesifik pada tanaman *C. odollam* adalah cerberin yang dapat membunuh hama. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) terhadap mortalitas *H. armigera*. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan konsentrasi yang terdiri dari lima taraf (0% (kontrol), 10%, 20%, 40%, dan 80%) dan masing-masing perlakuan diulang tiga kali. Air rendaman diaplikasikan ke larva *H. armigera* dengan menggunakan metode semprot. Efektivitas air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) terhadap larva *H. armigera* dilakukan dengan mengamati mortalitas (tingkat kematian larva) dan efek pemberian air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian insektisida nabati dengan cara penyemprotan air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) tidak berpengaruh secara signifikan terhadap mortalitas larva *H. armigera*. Efek pemberian air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) terhadap jumlah pupa dan imago tidak berpengaruh secara signifikan dengan masih terbentuknya pupa dan imago. Hanya sedikit yang mengalami kematian pada masing-masing perlakuan.

Kata kunci: larva *Helicoverpa armigera*, kulit buah *Cerbera odollam*, pestisida nabati

## **The Effect Soaking Water of Bintaro Fruit Peel (*Cerbera odollam* Gaertn.) on Mortality of *Helicoverpa armigera* Hubner**

Maulana Dian Bahtiara

Biology Program Study, Faculty of Science and Technology, The State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang

### ***ABSTRACT***

*Helicoverpa armigera* is one of the pests of agricultural crops, so its population needs to be suppressed to minimize the decline in crop yields. The solution to suppress the population of *H. armigera* is with pesticides, there are two types of pesticides, namely organic and synthetic. Synthetic pesticides besides playing an important role in increasing agricultural production can also have a negative impact on ecosystems and the environment. The negative impact caused encourages efforts to suppress its use, one of which is through the use of organic pesticides. *Cerbera odollam* or known as the bintaro plant is one of the plants that can be used as an organic pesticide or organic insecticide. The specific alkaloid in *C. odollam* plants is cerberin which can be killing pests. This study aims to determine the effectiveness of water immersion bintaro fruit peel (*C. odollam*) on the mortality of *H. armigera*. This study used a completely randomized design with a concentration consisting of five levels (0% (control), 10%, 20%, 40%, and 80%) and each treatment was repeated three times. The immersion water was applied to *H. armigera* larvae using the spray method. The effectiveness of bintaro fruit peel soaking water (*C. odollam*) on *H. armigera* larvae was carried out by observing mortality (larval mortality rate) and the effect of giving bintaro fruit skin soaking water (*C. odollam*). The results showed that the application of organic insecticides by spraying water soaked in bintaro fruit peel (*C. odollam*) did not significantly affect the mortality of *H. armigera* larvae. The effect of giving water soaking of bintaro fruit peel (*C. odollam*) on the number of pupa and imago did not significantly affect the formation of pupa and imago. Only a few died in each treatment.

Keywords: *Helicoverpa armigera* larvae, *Cerbera odollam* fruit peel, organic pesticides

تأثير نقع قشر فاكهة بينتارو بالماء (*Cerbera odollam* Gaertn.) على وفيات *Helicoverpa armigera*  
Hubner

مولانا ديان بختيارا

برنامج دراسة الأحياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة الدولة الإسلامية

مولانا مالك ابراهيم مالانج

مختلص البحث

*Helicoverpa armigera* هي واحدة من آفات المحاصيل الزراعية ، لذلك يجب قمع سكانها لتقليل الانخفاض في غلات المحاصيل. تتمثل إحدى طرق قمع تعداد جرثومة *H. armigera* في استخدام المبيدات الحشرية. هناك نوعان من المبيدات ، وهما المبيدات النباتية والاصطناعية. إلى جانب لعب المبيدات الاصطناعية دورًا مهمًا في زيادة الإنتاج الزراعي ، يمكن أن يكون لها أيضًا تأثير سلبي على النظم البيئية والبيئة. الآثار السلبية الناتجة تشجع الجهود المبذولة لقمع استخدامها ، أحدها من خلال استخدام مبيدات الآفات النباتية. *Cerbera odollam* أو المعروف باسم نبات البنتارو هو أحد النباتات التي يمكن استخدامها كمبيد حشري نباتي أو مبيد حشري نباتي. قلويدات معينة في نباتات *C. odollam* هي سيربيرين التي يمكن أن تقتل الآفات. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد فاعلية الغمر في الماء لقشر فاكهة بنتارو (*C. odollam*) على معدل وفيات *H. armigera*. استخدمت هذه الدراسة تصميمًا عشوائيًا تمامًا بتركيز يتكون من خمسة مستويات (0% (تحكم) و 10% و 20% و 40% و 80%) وتكرر كل علاج ثلاث مرات. تم وضع الماء الغاطس على يرقات *H. armigera* باستخدام طريقة الرش. تم إجراء فعالية ماء نقع قشر فاكهة بنتارو (*C. odollam*) على يرقات *H. armigera* من خلال ملاحظة معدل الوفيات (معدل وفيات اليرقات) وتأثير إعطاء ماء نقع قشر فاكهة البنتارو (*C. odollam*). أظهرت النتائج أن رش المبيدات النباتية عن طريق رش الماء المنقوع في قشر فاكهة البنتارو (*C. odollam*) لم يؤثر معنويًا على موت يرقات *H. armigera*. تأثير غمر قشر فاكهة بنتارو بالماء (*C. odollam*) على عدد خادرة و إيماجو لم يؤثر بشكل كبير على تكوين الخادرة و إيماجو. مات عدد قليل فقط في كل علاج.

الكلمات الأساسية : يرقات *Helicoverpa armigera* ، قشر الفاكهة *Cerbera odollam* ، مبيدات نباتية

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

*Bismillahirrohmaanirrohiim*, puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Pengaruh Air Rendaman Kulit Buah Bintaro (*Cerbera odollam* Gaertn.) Terhadap Mortalitas *Helicoverpa armigera* Hubner”. Tidak lupa pula shalawat dan salam disampaikan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW. yang telah menegakkan diinul Islam yang terpatri hingga akhirul zaman. Aamiin.

Berkat bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak maka penulis mengucapkan terima kasih yang tak terkira khususnya kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Hariani, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P selaku Ketua Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Azizatur Rahmah, M.Sc dan Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I selaku pembimbing I dan II, yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan dalam meluangkan waktu untuk membimbing penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
5. Suyono, M.P selaku Dosen wali, yang telah membimbing dan memberikan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
6. Seluruh dosen dan laboran di Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang setia menemani penulis dalam melakukan penelitian di laboratorium tersebut.
7. Bapak dan Ibu saya serta keluarga tercinta yang telah memberikan doa, dukungan serta motivasi kepada penulis.
8. Teman-teman seperjuangan Biologi.

Penulis menyadari akan banyaknya kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu, penulis memohon kritik dan saran dari pembaca. Semoga laporan ini dapat bermanfaat dan menambah ilmu pengetahuan untuk kita semua.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb*

Malang, ... April 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>MOTTO</b> .....	v
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIHAN TULISAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>مختص البحث</b> .....	x
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan .....	5
1.4 Hipotesis .....	6
1.5 Manfaat .....	6
1.6 Batasan Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	8
2.1 Bintaro ( <i>Cerbera odollam</i> Gaertn.) .....	8
2.1.1 Karakter morfologi .....	8
2.1.2 Klasifikasi .....	10
2.1.3 Daerah penyebaran .....	10
2.1.4 Manfaat .....	10
2.1.5 Kandungan metabolit sekunder .....	11
2.1.6 Mekanisme senyawa metabolit sekunder yang memberikan efek mortalitas pada hama .....	12
2.2 Pestisida Nabati .....	17
2.3 <i>Helicoverpa armigera</i> Hubner .....	18
2.3.1 Siklus hidup dan morfologi .....	18
2.3.2 Klasifikasi .....	27
2.3.3 Sebaran <i>Helicoverpa armigera</i> .....	27
2.3.4 Perilaku makan dan detoksifikasi .....	28
2.3.5 Efek kerusakan .....	30
2.4 Kajian Pestisida Nabati dalam Perspektif Al-Qur'an .....	31
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	36
3.1 Rancangan Penelitian .....	36
3.2 Waktu dan Tempat .....	36

3.3 Alat dan Bahan.....	36
3.3.1 Alat.....	36
3.3.2 Bahan.....	37
3.4 Prosedur Penelitian .....	37
3.4.1 Aklimatisasi larva uji .....	37
3.4.2 Pembuatan pestisida nabati kulit buah bintaro ( <i>C. odollam</i> ) .....	37
3.4.3 Pengenceran pestisida nabati kulit buah bintaro ( <i>C. odollam</i> ).....	38
3.4.4 Pengaplikasian pestisida nabati kulit buah bintaro ( <i>C. odollam</i> ).....	38
3.4.5 Teknik pengambilan data .....	38
3.5 Variabel Penelitian.....	39
3.6 Analisis Data.....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	41
4.1 Pengaruh Air Rendaman dan Konsentrasi Kulit Buah Bintaro ( <i>C. odollam</i> ) Terhadap Mortalitas Larva <i>H. Armigera</i> .....	41
4.2 Efek Pemberian Insektisida Nabati Air Rendaman Kulit Buah Bintaro ( <i>C. odollam</i> ) Terhadap Jumlah Pupa dan Imago <i>H. armigera</i> yang Terbentuk	50
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	56
5.1 Kesimpulan .....	56
5.2 Saran .....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	57
<b>LAMPIRAN</b> .....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1. Perbedaan instar larva <i>H. armigera</i> berdasarkan ukuran dan masa stadia	24
Tabel 4.1. Presentase Rata-rata Pengaruh Konsentrasi Air Rendaman Kulit Buah Bintaro ( <i>C. odollam</i> ) Terhadap Mortalitas Larva <i>H. armigera</i> .....	41
Tabel 4.2. Persentase Rata-rata Pembentukan Pupa dan Imago .....	50

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1. (A) Batang, (B) Daun, (C) Buah, dan (D) Bunga Bintaro ( <i>C. odollam</i> )	9
Gambar 2.2. Struktur Cerberin.....	14
Gambar 2.3. Struktur Dasar Flavonoid .....	15
Gambar 2.4. Struktur Saponin.....	16
Gambar 2.5. Struktur Tanin .....	16
Gambar 2.6. Siklus hidup <i>H. armigera</i> .....	20
Gambar 2.7. Empat tahap perkembangan telur <i>Helicoverpa</i> .....	21
Gambar 2.8. Larva <i>H. armigera</i> .....	24
Gambar 2.9. Terowongan masuk dan keluar yang terbentuk sebelum larva menjadi kepompong.....	25
Gambar 2.10. <i>Helicoverpa armigera</i> .....	26
Gambar 4.1. Feses yang Dikeluarkan pada Jam Ke-7 Setelah Pemberian Makan ....	44
Gambar 4.2. Kematian Larva (A) Instar Tiga pada Konsentrasi 10% dan (B) Instar Empat pada Konsentrasi 80% .....	46
Gambar 4.3. larva yang mengalami penghambatan pertumbuhan .....	47
Gambar 4.4. Penampakan Pupa pada (A) Konsentrasi 10% dan (B) Konsentrasi 80% .....	51
Gambar 4.5. Pupa yang Sudah Mati.....	52
Gambar 4.6. Penampakan Imago (A) Konsentrasi 10% dan (B) Konsentrasi 80% ...	53

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Prosedur Pembuatan Air Rendaman Kulit Buah Bintaro ( <i>C. odollam</i> ).....	63
2. Perlakuan Air Rendaman Kulit Buah Bintaro ( <i>C. odollam</i> ) terhadap Larva <i>H. Armigera</i> .....	65
3. Pengamatan Jumlah Kematian <i>H. Armigera</i> setiap 24 jam .....	66
4. Mortalitas Larva <i>H. Armigera</i> .....	67
5. Pembentukan Pupa <i>H. armigera</i> .....	68
6. Mortalitas Pupa <i>H. Armigera</i> .....	68
7. Pembentukan Imago <i>H. Armigera</i> .....	69
8. Uji Normalitas.....	69
9. Uji Homogenitas .....	70
10. Uji <i>One Way</i> ANOVA .....	70
11. Uji Tukey .....	71
12. Gambar Hasil Pengamatan.....	72
13. Bukti Konsultasi Pembimbing Biologi .....	77
14. Bukti Konsultasi Pembimbing Agama.....	78
15. Cek Plagiasi .....	79

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) merupakan salah satu hama penggerek buah berbagai tanaman hortikultura dan tersebar luas di sebagian besar wilayah tropis sampai subtropis antara 45°LU dan 45°LS (Mironidis, 2014). Di Indonesia penyebaran *H. armigera* cukup luas, mulai dataran tinggi sekitar 2000 mdpl sampai dataran rendah (Baliadi & Tengkan, 2008; Rufaida, 2014). Salah satu alasan yang menyebabkan penyebaran *H. armigera* cukup luas adalah kemampuan beradaptasinya yang tinggi. Kemampuan adaptasi *H. armigera* yang tinggi disebabkan karena sifatnya yang polifagi, memiliki mobilitas dan fekunditas yang tinggi serta bersifat *diapause* fakultatif (Mironidis, 2014).

Penggerek buah *H. armigera* merupakan hama yang sangat merusak dan menyebabkan kerusakan yang serius (Sharma *et al.*, 2019). Di kawasan Australia, Asia, Afrika, dan Eropa kerugian yang disebabkan oleh *H. armigera* sebesar lebih dari US\$ 2 miliar per tahun (Ginting dkk., 2019). Saat ini pestisida kimia banyak digunakan untuk menekan penyebaran *H. armigera* (Carneiro *et al.*, 2014).

Beberapa pestisida kimia yang saat ini digunakan untuk mengendalikan *H. armigera* adalah: indoxacarb, methoxyfenozide, emamectin benzoate, novaluron, chlorfenapyr, imidacloprid, fluvalinate, endosulfan, spinosad, abamectin, deltamethrin, cypermethrin, lambda-cyhalothrin karbaril, meto-mil, profenofos, thiodicarb, dan klorpirifos (Carneiro *et al.*, 2014). Penggunaan pestisida sintetis yang berlebihan dan terus-menerus dapat berdampak negatif pada ekosistem dan lingkungan (Muslihat &

Salbiah, 2020). Oleh karena itu, diperlukan penggunaan pestisida yang ramah lingkungan untuk produksi tanaman yang berkelanjutan. Salah satu pestisida yang ramah lingkungan yang dapat digunakan sebagai alternatif pestisida kimia adalah pestisida nabati (Samada & Tambunan, 2020).

Al-Quran secara tegas memerintahkan manusia sebagai khalifah di dunia untuk mengelola alam dan lingkungannya dengan baik agar tetap terjaga keseimbangannya, serta melarang berbuat kerusakan di muka bumi (Ibrahim dkk., 2017). Dalam firman Allah Q.S. Al-Qashash ayat 77, yaitu:

وَابْتَغِ فِيمَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنْ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ  
الْفُسَادَ فِي الْأَرْضِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ<sup>ط</sup> <sup>v</sup>

Artinya: “Dan, carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (pahala) negeri akhirat, tetapi janganlah kamu lupakan bagianmu di dunia. Berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan.” (Q.S. Al-Qashash [28]: 77)

Al-Qur'an dan Hadits Nabi Muhammad SAW. selain menjadi petunjuk hidup bagi manusia, juga merupakan sumber ilmu pengetahuan. Para ilmuwan telah mengungkapkan fakta ilmiah dengan berhasil membuktikan kebenaran Al-Qur'an dan Hadits Nabi melalui sejumlah besar penelitian yang dilakukan secara ilmiah. “*Simply Al-Quran has already explained early*”. Setiap kali ada penemuan besar, secara implisit Al-Qur'an dan Hadits Nabi telah menjelaskan terlebih dahulu. Al-Qur'an memiliki banyak ayat mutasyabihat yang berkaitan dengan ilmu pengetahuan, baik eksplisit maupun implisit (Herman, 2021).

Segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah pasti memiliki manfaat yang besar asalkan manusia mau mengkaji lebih dalam karena segala sesuatu yang diciptakan tidak ada sesuatu yang sia-sia. Dalam firman Allah Q.S. Ali Imran ayat 191, yaitu:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بٰطِلًا سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عٰذَابَ النَّارِ ۝

Artinya: “(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia. Mahasuci Engkau. Lindungilah kami dari azab neraka.” (Q.S. Ali Imran [3]: 191)

Ibnu Katsir menjelaskan dalam Q.S. Imran ayat 191 Allah menggambarkan beberapa ciptaan-Nya dan memerintahkan manusia untuk memikirkan dan mengkaji lebih dalam salah satu bukti kebenaran bahwa Allah sebagai Sang Pemilik atas alam raya ini. karena segala sesuatu yang diciptakan didalamnya terdapat tanda-tanda kebesaran dan kekuasaan Allah bagi orang-orang yang berpikir sebagai manusia yang ulul albab (Sofia, 2021).

Manusia sebagai khalifah Allah di dunia hendaknya menyadari tugasnya serta menjadi rahmat bagi alam sekitarnya dengan berkewajiban untuk memakmurkan bumi. Salah satunya dengan mengkaji lebih dalam lagi melalui penelitian, penggalian, serta pemanfaatan semua hukum Allah terhadap alam ciptaanNya sebagai cerminan ulul alba (Sofia, 2021). Salah satunya dengan memanfaatkan kandungan metabolit sekunder tumbuhan yang bisa digunakan sebagai pestisida nabati.

Tanaman yang memiliki potensi sebagai pestisida nabati dapat menjadi alternatif potensial untuk pengendalian hama, karena senyawa bioaktif yang

terkandung (Wu *et al.*, 2021). Beberapa tanaman yang saat ini banyak digunakan sebagai pestisida nabati diantaranya: mimba (Acharya *et al.*, 2017), bandotan, sirsak, suruh, jahe, jarak, serai (Zoubiri & Baaliouamer, 2014), kamboja (Aguoru *et al.*, 2016) dan bintaro (Sholahuddin *et al.*, 2018). Dari sekian tanaman diatas, bintaro merupakan salah satu tanaman yang memiliki kandungan alkaloid yang paling tinggi (Sholahuddin *et al.*, 2018), sehingga berpotensi untuk dijadikan pestisida nabati untuk *H. armigera*.

Bintaro (*C. odollam*) merupakan tanaman dari kelompok angiosperma dan termasuk tanaman dikotil dari famili Apocynaceae yang mempunyai kandungan racun tinggi (Menezes *et al.*, 2018). Bintaro (*C. odollam*) merupakan tumbuhan mangrove yang saat ini banyak dijadikan tumbuhan peneduh di daerah perkotaan (Susanti *et al.*, 2020). Bintaro memiliki senyawa alkaloid spesifik yang tersebar di seluruh bagian tanaman, terutama pada buahnya yang disebut dengan cerberin (Sholahuddin *et al.*, 2018). Cerberin merupakan senyawa spesifik golongan glikosida bebas N yang bertindak sebagai kardiotoxikitas kuat (Dewi *et al.*, 2018). Di kawasan Asia khususnya Indonesia, buah bintaro (*C. odollam*) banyak digunakan sebagai racun tikus (Susanti *et al.*, 2020).

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menyatakan ekstrak batang, buah, dan daun bintaro (*C. odollam*) mengandung senyawa alkaloid. Alkaloid yang terkandung dalam tanaman bintaro (*C. odollam*) bersifat racun, sebagai penghambat nafsu makan (*antifeedant*) dan insektisida bagi serangga (Susanti *et al.*, 2020). Menurut Utami (2010), ekstrak biji dan daging buah bintaro (*C. odollam*) memberikan efek kuat dalam membunuh serangga hama *Eurema* spp. dibandingkan ekstrak daunnya. 0,5% ekstrak biji dan daging buah bintaro (*C. odollam*) dapat mematikan 83,33% dan

56,67% hama *Eurema* spp., sedangkan 0,5 % ekstrak daun bintaro (*C. odollam*) dapat mematikan 53,33% hama *Eurema* spp. Penelitian yang dilakukan Muslihat & Salbiah (2020), menyatakan dari konsentrasi 40 g/l, 60 g/l, 80 g/l, dan 100 g/l, konsentrasi 40 g/l ekstrak tepung daun bintaro (*C. manghas*) dapat mematikan 70% *H. armigera* selama 65,6 jam.

Penelitian tentang pemanfaatan tanaman bintaro sebagai pestisida nabati hanya terbatas pada penggunaan daun, daging buah dan biji tetapi belum ada penelitian tentang pengaruh kulit buah bintaro sebagai pestisida nabati. Kulit buah bintaro merupakan bagian lapisan eksokarp dari buah bintaro yang mengandung alkaloid tinggi sehingga diduga kulit buah bintaro mempunyai potensi sebagai pestisida nabati. Oleh sebab itu peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Air Rendaman Kulit Buah Bintaro (*Cerbera odollam* Gaertn.) Terhadap Mortalitas *Helicoverpa armigera* Hubner”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Penelitian ini dirumuskan sebagai:

1. Bagaimana pengaruh insektisida nabati dari air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) terhadap mortalitas larva *H. armigera*?
2. Apakah terdapat efek pemberian insektisida nabati dari air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) terhadap jumlah pupa dan imago *H. armigera*?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh insektisida nabati dari air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) terhadap mortalitas larva *H. armigera*.

2. Untuk mengetahui efek pemberian insektisida nabati dari air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) terhadap jumlah pupa dan imago *H. armigera*.

#### **1.4 Hipotesis**

Hipotesis dari penelitian ini yaitu:

1. Terdapat pengaruh insektisida nabati dari air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) terhadap mortalitas larva *H. armigera*.
2. Terdapat efek pemberian insektisida nabati dari air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) terhadap jumlah pupa dan imago *H. armigera*.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat penelitian ini yaitu:

1. Sebagai sumber informasi ilmiah tentang kulit buah bintaro (*C. odollam*) sebagai pestisida nabati terhadap mortalitas larva *H. armigera*.
2. Memberikan landasan empiris tentang kulit buah bintaro (*C. odollam*) sebagai pestisida nabati.
3. Memberikan informasi kepada para petani tentang pemanfaatan tanaman bintaro (*C. odollam*) sebagai pestisida nabati untuk mengendalikan larva *H. armigera*.

#### **1.6 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kulit buah bintaro (*C. odollam*) yang diambil adalah buah yang sudah matang dan berwarna merah.
2. Penelitian ini menggunakan lima perlakuan dan tiga ulangan.
3. Konsentrasi ekstrak yang digunakan adalah 0% sebagai kontrol, 10%, 20%, 40%, dan 80%.

4. Objek penelitian ini adalah mortalitas larva *H. armigera* instar III dan pakan yang digunakan adalah organik babycorn.
5. Variable yang diamati adalah mortalitas larva *H. armigera* dan efek lanjutan perkembangan larva *H. armigera* yang menjadi pupa dan imago.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Bintaro (*Cerbera odollam* Gaertn.)

##### 2.1.1 Karakter morfologi

Bintaro (*Cerbera odollam* Gaertn.) merupakan tumbuhan dari famili Apocynaceae yang sangat beracun. Tumbuhan ini mampu tumbuh sampai 15 meter dan memiliki daun lanset berwarna hijau tua (Menezes *et al.*, 2018). Bintaro (*C. odollam*) memiliki akar tunggang, batang tegak berkayu berbentuk bulat dan berbintik-bintik hitam. Kulit kayu bertekstur halus dan berwarna abu-abu (Gambar 2.1A) (Angraini, 2017).

Daun bintaro merupakan daun tunggal, mempunyai tekstur berdaging dan berbentuk lonjong, tepi daun rata, ujung dan pangkalnya meruncing, pertulangan daun menyirip, permukaan licin, dengan ukuran panjang 15-20 cm, lebar 3-5 cm, panjang tangkai daun 2-5 cm (Islam & Ahmed, 2017) dan berwarna hijau tua mengkilap pada bagian atas dan hijau pucat di bagian bawah. Daun bintaro biasanya berjejalan di ujung cabang (Gambar 2.1B) (Chan *et al.*, 2016).

Bunganya besar dan terdiri dari kelopak putih dan bagian tengah berwarna kekuningan. Berbau seperti melati (Menezes *et al.*, 2018). Bunga tanaman ini merupakan bunga majemuk berkelamin dua berbentuk corong dengan 5 kelopak dan panjang tangkai putik 2-2,5 cm (Gambar 2.1D) (Islam & Ahmed, 2017). Buah bintaro (*C. odollam*) berbentuk bulat dan berubah dari hijau menjadi merah saat matang (Gambar 2.1C). Di tengah buah terdapat biji yang berukuran kira-kira 2 x 1,5 cm, dan mengandung sejumlah besar glikosida jantung yang dapat menyebabkan kematian jika

dikonsumsi (Menezes *et al.*, 2018). Buah Bintaro merupakan buah drupa (buah biji) yang terdiri dari tiga lapisan yaitu epikarp atau eksokarp (kulit bagian terluar buah), mesokarp (lapisan tengah berupa serat dan tempurung seperti sabut kelapa) dan endokarp (biji yang dilapisi kulit biji atau testa) (Hasan dkk., 2016).

Ada dua spesies yang paling umum adalah *C. odollam* Gaertn dan *C. manghas* L. Ciri yang membedakan keduanya antara lain bunga *C. odollam* memiliki mata kuning kecil dan buah berbentuk oval, sedangkan bunga *C. manghas* memiliki mata merah muda yang menonjol dan buah lebih memanjang menyerupai mangga (Chan *et al.*, 2016).



**Gambar 2.1. (A) Batang, (B) Daun, (C) Buah, dan (D) Bunga Bintaro (*C. odollam*)** (Rahman A. H. M. & Akter, 2015; Chan *et al.*, 2016)

### 2.1.2 Klasifikasi

Bintaro (*C. odollam*) diklasifikasikan sebagai berikut (Islam & Ahmed, 2017):

Kingdom	: Plantae
Phylum	: Tracheophyta
Subclass	: Asteridae
Order	: Gentianales
Family	: Apocynaceae
Genus	: <i>Cerbera</i>
Species	: <i>Cerbera odollam</i> Gaertn.

### 2.1.3 Daerah penyebaran

Bintaro (*C. odollam*) merupakan tumbuhan mangrove yang saat ini banyak dijadikan tumbuhan peneduh di daerah perkotaan (Susanti *et al.*, 2020). Daerah penyebaran tanaman ini meliputi Madagaskar, Tanzania, India, China, Taiwan, Jepang bagian Selatan, Myanmar, Indonesia, Thailand, daerah Melanesia hingga Australia (Utami dkk., 2010).

### 2.1.4 Manfaat

Kandungan senyawa golongan alkaloid yang tersebar di seluruh bagian bintaro (*C. odollam*) sepenuhnya beracun karena bersifat *repellent* dan *antifeedant* sehingga dapat dimanfaatkan sebagai insektisida nabati. Pada daunnya mengandung saponin, flavonoid dan kandungan spesifik dari bintaro (*C. odollam*) adalah Cerberin yang diketahui sangat beracun bagi serangga dan dapat menghambat aktivitas makan hama (Sholahuddin *et al.*, 2018). Bintaro juga berpotensi sebagai antikanker, antinosiseptif,

antibakteri, diuretik, sitotoksik, neurofarmakologis dan antioksidan (Rahman *et al.*, 2017).

Menurut Utami (2010), menyatakan ekstrak biji dan daging buah bintaro (*C. odollam*) memberikan efek kuat dalam membunuh serangga hama *Eurema* spp. dibandingkan ekstrak daunnya. Bintaro hampir tidak pernah terserang hama, sehingga diharapkan tanaman inang yang disemprot (perlakuan) dengan ekstrak bintaro terhindar dari serangan serangga hama (Susilo *et al.*, 2020).

### **2.1.5 Kandungan metabolit sekunder**

Senyawa metabolit sekunder yang terkandung pada bintaro (*C. odollam*) seperti saponin, polifenol, alkaloid, dan terpenoid. Alkaloid dan saponin merupakan metabolit sekunder yang mengandung N sedangkan flavonoid dan tanin merupakan senyawa fenolik yang semuanya bersifat polar, sehingga dapat larut dalam pelarut polar maupun semi polar. Setiap senyawa metabolit sekunder memiliki potensi yang berbeda sebagai pestisida nabati dan memiliki mekanisme kerja yang berbeda (Susilo *et al.*, 2019).

Cerberin merupakan senyawa spesifik golongan glikosida bebas N turunan alkaloid, yang bertindak sebagai kardiotosisitas kuat (Dewi *et al.*, 2018). Cerberin dapat berkontribusi terhadap kematian serangga karena memiliki sifat toksik yang dapat mengganggu saluran ion kalsium pada otot jantung larva (Sholahuddin *et al.*, 2018). Cerberin juga dapat meracuni dan merusak saraf pusat otak tikus. Cerberin yang tertelan oleh tikus dapat menyebabkan detak jantung tikus berhenti (Dewi *et al.*, 2018).

Biji bintaro (*C. odollam*) merupakan salah satu bagian yang paling beracun dibandingkan bagian lainnya. Metabolit sekunder yang terkandung, yaitu triterpenoid, saponin, steroid, dan alkaloid yang terdiri dari beberapa senyawa turunan seperti

cerberin, serberosida, nerifolin, dan thevetin (Utami, 2010). Menurut Bernshiteyn *et al.* (2020), kandungan senyawa cerberin pada biji bintaro (*C. odollam*) yang matang lebih tinggi 285,9 µg/g daripada biji bintaro (*C. odollam*) yang masih muda 2,3 µg/g.

### **2.1.6 Mekanisme senyawa metabolit sekunder yang memberikan efek mortalitas pada hama**

Pestisida nabati bintaro (*C. odollam*) dapat mempengaruhi perkembangan serangga melalui racun perut. Metabolit sekunder yang terkandung masuk ke dalam sistem pencernaan larva, diserap oleh dinding usus dan diedarkan bersama sistem hemolimfa ke seluruh tubuh dengan membawa zat makanan. Metabolit sekunder yang masuk ke dalam sistem pencernaan akan mempengaruhi proses fisiologis larva, termasuk mengganggu kerja enzim dan hormon (Susilo *et al.*, 2019).

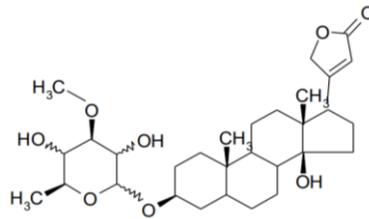
Metode penyemprotan pestisida nabati memungkinkan semua permukaan tubuh larva akan terkena terutama sisi posterior dan sebagian pestisida nabati akan menempel pada tubuh ventral saat larva berjalan sehingga memungkinkan pestisida nabati dapat masuk lewat kutikula tipis sebagai transportasi antarsegmen atau pada pori-pori tubuh. Selain melalui kulit, mekanisme penyerapan pestisida nabati juga dapat terjadi melalui saluran pencernaan, yaitu melalui makanan yang mengandung pestisida nabati (Purwani *et al.*, 2017).

Makanan masuk melalui *midgut* (saluran tengah), yang terdiri dari dua bagian, lambung dan ventrikel, yang mengeluarkan enzim pencernaan. Sebagian besar penyerapan pestisida nabati yang bersifat racun bagi lambung terjadi di bagian tengah saluran pencernaan (*midgut*). Saluran tengah adalah organ utama saluran pencernaan serangga dan mampu menyerap nutrisi dan mensekresikan enzim. Terganggunya

sekresi enzim dalam proses pencernaan makanan dapat mengakibatkan kekurangan energi sehingga larva akan mengalami kematian. Metabolit sekunder yang terkandung dalam pestisida tumbuhan akan terakumulasi dan menjadi racun di dalam tubuh larva. Racun tersebut akan menyebar melalui sel-sel ke seluruh tubuh dalam sistem peredaran hemolimfa. Mekanisme kematian larva tergantung pada jenis senyawa aktif yang terkandung dalam pestisida nabati (Purwani *et al.*, 2017).

Alkaloid merupakan zat yang bersifat racun bagi larva dan dapat menyebabkan kematian larva uji. Alkaloid dapat merusak membran sel dan merusak sel. Di saluran pencernaan larva, alkaloid dapat menyebabkan iritasi dengan merusak membran peritrofik. Alkaloid bekerja dengan bertindak sebagai racun perut. Ketika senyawa alkaloid masuk ke dalam tubuh larva dapat menyebabkan sistem pencernaannya terganggu. Racun tersebut masuk ke dalam larva melalui mulut larva (melalui makanan yang dimakannya) kemudian berlanjut ke kerongkongan, lambung, usus, dan anus (Sholahuddin *et al.*, 2018).

Cerberin merupakan senyawa spesifik golongan glikosida bebas N turunan alkaloid, yang bertindak sebagai kardiotosisitas kuat (Dewi *et al.*, 2018). Cerberin dapat berkontribusi terhadap kematian serangga karena memiliki sifat toksik yang dapat mengganggu saluran ion kalsium pada otot jantung larva (Sholahuddin *et al.*, 2018). Cerberin juga dapat meracuni dan merusak saraf pusat otak tikus. Cerberin yang tertelan oleh tikus dapat menyebabkan detak jantung tikus berhenti (Dewi *et al.*, 2018).



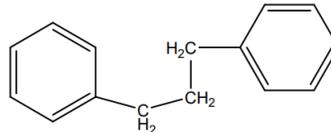
**Gambar 2.2. Struktur Cerberin** (Prasanth & Aiyalu, 2015)

Cerberin mengikat dan menghambat  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  -ATPase dalam sel jantung. Hal ini akan menyebabkan akumulasi kalium di luar sel (menyebabkan hiperkalemia), serta natrium di dalam sel akan terakumulasi. Peningkatan konsentrasi natrium intraseluler akan memperlambat aktivitas penukaran natrium kalsium pasif sehingga menyebabkan kalsium terkumpul di dalam sel. Peningkatan kalsium intraseluler memperpanjang potensial aksi jantung, yang menyebabkan penurunan denyut jantung (Menezes *et al.*, 2018).

Kandungan flavonoid pada bintangaro (*C. odollam*) dapat menyerang sistem saraf di beberapa organ vital serangga yang mengakibatkan saraf melemah, seperti melemahnya proses pernapasan yang menyebabkan kematian. Flavonoid bertindak sebagai inhibitor dengan menghambat atau mengurangi laju reaksi kimia, misalnya mempengaruhi mekanisme energi di mitokondria dengan menghambat sistem transpor elektron pada respirasi aerobik (Susanti *et al.*, 2020).

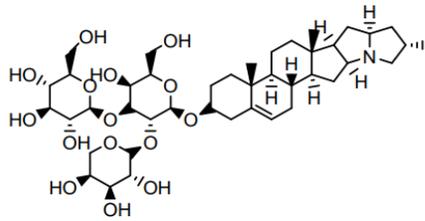
Senyawa flavonoid dapat berikatan dengan bagian hidrofilik dari membran sel karena mempunyai gugus hidroksil. Ikatan hidroksil flavonoid dapat menyebabkan kerusakan yang terjadi pada pompa kalium-natrium (Na-K). kerusakan pada pompa kalium-natrium menyebabkan terjadinya perbedaan gradien konsentrasi antara bagian luar sel dan bagian dalam sel sehingga mengakibatkan terjadinya kerusakan pada

membran sel. Ikatan hidroksil pada bagian hidrofilik flavonoid dapat menyebabkan terganggunya membran sel dengan menghambat sistem saluran sehingga menyebabkan membran tidak bisa mengatur fungsi permeabilitas membran dan dapat mempengaruhi berbagai kerja enzim. Penghambatan membran transpor aktif untuk mentransmisikan nutrisi, asam anorganik, mineral, dan protein dapat menyebabkan peningkatan permeabilitas membran dan mempengaruhi kebocoran isi sitoplasma (Purwani *et al.*, 2014).



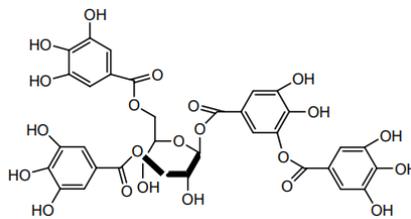
**Gambar 2.3. Struktur Dasar Flavonoid** (Noer dkk., 2018)

Saponin adalah salah satu senyawa yang paling beracun bagi serangga. Saponin memiliki sifat seperti deterjen dan diduga dapat meningkatkan penetrasi zat beracun karena melarutkan bahan lipofilik. Saponin yang bertindak sebagai racun kontak, masuk ke dalam tubuh larva melalui kutikula, atau berhubungan langsung dengan ekstrak bintaro, sehingga mempengaruhi sistem kerja saraf. Racun yang masuk ke dalam tubuh larva dapat menyebabkan terganggunya sistem saraf dengan cara menghambat kerja asetilkolin esterase. Fungsi asetilkolin esterase adalah untuk memecah asetilkolin menjadi kolin, asam asetat dan air. Ketika asetilkolin terakumulasi, pengiriman impuls selanjutnya tidak dapat diteruskan ke otak dan larva mengalami kejang terus menerus hingga kelumpuhan bahkan kematian (Sholahuddin *et al.*, 2018).



**Gambar 2.4. Struktur Saponin** (Noer dkk., 2018)

Tanin yang bertindak sebagai racun perut merupakan senyawa polifenol yang dapat membentuk senyawa kompleks dengan protein. Tanin tidak dapat dicerna dan memiliki kemampuan untuk mengikat protein, karbohidrat, vitamin dan mineral. Tanin dapat berikatan dengan lipid dan protein, serta pada enzim protease yang berperan dalam mengkatalis protein menjadi asam amino yang diperlukan untuk pertumbuhan larva. Ketika tanin berikatan dengan enzim protease maka akan menyebabkan terhambatnya kerja enzim tersebut sehingga dapat mengganggu proses metabolisme sel dan menyebabkan larva kekurangan energi. Akibatnya dapat menghambat pertumbuhan larva dan jika proses ini terus berlanjut maka akan menyebabkan kematian larva (Sholahuddin *et al.*, 2018).



**Gambar 2.5. Struktur Tanin** (Noer dkk., 2018)

## 2.2 Pestisida Nabati

Pestisida nabati dapat diterapkan sebagai alternatif dari penggunaan pestisida kimia karena terbukti efektif untuk pengendalian hama dan menghasilkan produk pertanian yang berkelanjutan tanpa meninggalkan residu (Samada & Tambunan, 2020). Beberapa faktor menunjukkan bahwa pestisida nabati merupakan alternatif yang sangat baik dari pestisida sintetis. Secara khusus, mereka sangat efektif, spesifik target dan memiliki risiko lingkungan yang lebih sedikit (Mishra *et al.*, 2015). Pestisida nabati dapat didefinisikan sebagai produk alami dari organisme hidup termasuk tanaman, hewan, mineral dan mikroorganisme yang aman bagi lingkungan (Adhikari *et al.*, 2020; Glare *et al.*, 2012). Pestisida nabati merupakan alternatif pestisida sintetis dan sediaan atau formulasi alami yang mengendalikan hama dengan mekanisme non-toksik dan ramah lingkungan (Adhikari *et al.*, 2020).

Penyaringan produk alami telah mendapat perhatian para peneliti di seluruh dunia. Banyak metabolit sekunder tumbuhan yang dikenal karena sifat insektisida dan dalam banyak kasus tumbuhan memiliki sejarah penggunaan sebagai pengobatan rumahan untuk membunuh atau mengusir serangga. Dalam beberapa dekade terakhir, penelitian tentang interaksi antara tanaman dan serangga telah mengungkapkan potensi penggunaan metabolit tanaman untuk tujuan insektisida nabati. Diketahui bahwa beberapa kandungan bioaktif selain flavonoid, alkaloids, saponin, tanin seperti kandungan minyak atsiri memiliki sifat insektisida. Minyak atsiri adalah salah satu zat paling terkenal yang diuji terhadap serangga. Senyawa ini bertindak sebagai fumigan, insektisida kontak, penolak, dan antifeedant serta dapat mempengaruhi beberapa

parameter biologis seperti laju pertumbuhan, rentang hidup dan reproduksi (Zoubiri & Baaliouamer, 2014).

Pestisida nabati mempengaruhi berbagai serangga dengan cara yang berbeda tergantung pada karakteristik fisiologis spesies serangga serta jenis tanaman insektisida. Komponen berbagai pestisida nabati dapat diklasifikasikan menjadi enam kelompok yaitu; penolak, pencegah/antifeedant makan, toksikan, penghambat pertumbuhan, kemosterilant/kemandulan, dan atraktan (Hikal *et al.*, 2017). Interaksi antara pestisida nabati dan hama secara alami bersifat biokimia sehingga hama tidak mungkin mengembangkan resistensi (Lengai *et al.*, 2020).

Pestisida nabati memiliki keunggulan dibandingkan pestisida kimia, yaitu lebih ramah lingkungan, tidak menimbulkan resistensi hama, dan tidak berbahaya bagi tanaman. Tanaman bintaro (*C. odollam*) merupakan salah satu jenis tanaman yang dapat digunakan sebagai insektisida nabati. Insektisida nabati yang diekstrak dari buah bintaro (*C. odollam*) lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan insektisida kimia dan hampir tidak membahayakan selama tidak digunakan secara berlebihan. Sifat ini juga menambah potensi insektisida nabati ini untuk digunakan secara teratur (Gibranadhi *et al.*, 2020).

## **2.3 *Helicoverpa armigera* Hubner**

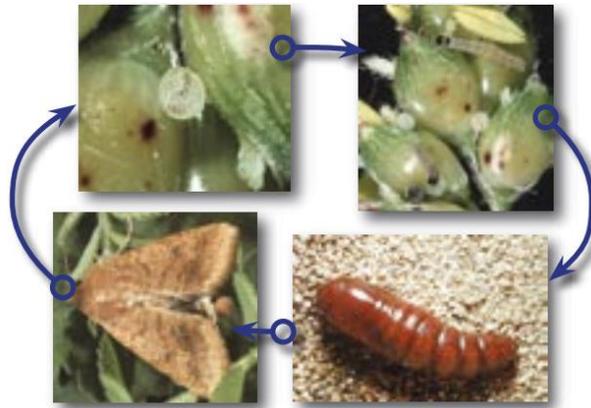
### **2.3.1 Siklus hidup dan morfologi**

*Helicoverpa armigera* (Hubner) merupakan salah satu hama pertanian yang dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman pertanian (Pinto *et al.*, 2017). Hama ini penyebab kerugian ekonomi yang serius pada tanaman karena memakan daun, bunga,

polong dan biji-bijian (Santos *et al.*, 2017) yang menyebabkan kerusakan yang serius (Sharma *et al.*, 2019).

Siklus hidup pada *H. armigera* mulai dari telur hingga dewasa terjadi selama 4-6 minggu pada musim panas sedangkan pada musim semi atau musim gugur terjadi selama 8-12 minggu (EFSA Panel on Plant Health (PLH), 2014). Rentang hidup dari telur hingga kematian ngengat dewasa yaitu, jantan menghabiskan 48 hingga 56 hari, sedangkan betina menghabiskan 49 hingga 57 hari (Sharma *et al.*, 2019). Penelitian yang dilakukan Herlinda (2005), menunjukkan bahwa siklus hidup *H. armigera* pada tanaman tomat dari telur hingga dewasa rata-rata 50-52 hari. Sementara itu, sebuah penelitian tahun 2001 melaporkan bahwa *H. armigera* yang diberi makan berupa polong kedelai memiliki siklus hidup rata-rata 42,59 hari, dengan rata-rata suhu sebesar 30°C selama masa penelitian. Suhu dapat mempengaruhi siklus hidup *H. armigera*. Semakin tinggi suhu maka akan mempercepat metabolisme dan pada akhirnya dapat mempercepat laju pertumbuhan dan perkembangan *H. armigera*.

*H. armigera* memiliki waktu generasi yang singkat, sekitar 30 hari di lapangan, dan hingga 12 generasi per tahun dengan kondisi yang optimal dan iklim tropis. Durasi tahap kehidupan yang berbeda berkurang seiring dengan kenaikan suhu, dengan optimal 32,5 °C (EPPO, 2021). Tahapan daur hidup *Helicoverpa* adalah telur, larva, pupa dan imago (ngengat) (gambar 2.6). Di daerah tropis, perkembangbiakan berlangsung secara terus-menerus, 11 hingga 12 generasi per tahun, tetapi hanya dua hingga lima generasi yang terjadi di daerah subtropis dan beriklim sedang (EFSA Panel on Plant Health (PLH), 2014).



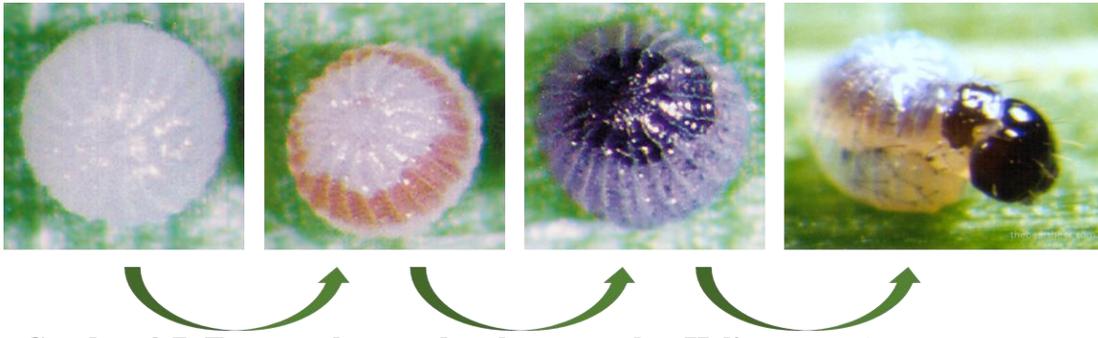
**Gambar 2.6. Siklus hidup *H. armigera*** (Department of Primary Industries and Fisheries, 2005)

a. Telur

Telur fertil menetas dalam waktu sekitar tiga hari pada suhu yang mendukung (rata-rata 27-28°C) (EPPO, 2021) dan 6-10 hari dalam kondisi dingin (Department of Primary Industries and Fisheries, 2005). Telur *Helicoverpa* yang baru diletakkan berwarna putih, berubah warna menjadi coklat muda selama 1-2 hari ke depan. Mendekati penetasan, kapsul kepala hitam dari larva yang sedang berkembang terlihat melalui kulit telur (gambar 2.7) (Department of Primary Industries and Fisheries, 2005). Telur berbentuk setengah bola dengan dasar datar dan bagian atas seperti dipahat dengan banyak tonjolan yang membentang dari satu ujung kutub ke kutub lainnya (Sharma *et al.*, 2019).

Telur diletakkan secara tunggal pada berbagai macam tanaman inang, biasanya di bagian atas tanaman pada atau dekat struktur bunga. Tanaman yang sedang berbunga, berbulu dan tinggi lebih menarik untuk oviposisi. Selama periode oviposisi, yang berlangsung 5-24 hari, seekor betina dapat bertelur lebih dari 3.000 butir, tetapi 700-2.200 adalah tingkat fekunditas total rata-rata yang diamati dari betina yang

muncul dari larva yang memakan inang yang berbeda (EFSA Panel on Plant Health (PLH), 2014).



**Gambar 2.7. Empat tahap perkembangan telur *Helicoverpa*** (Department of Primary Industries and Fisheries, 2005)

Tidak semua telur dapat menetas. Faktor perubahan lingkungan secara signifikan dapat mempengaruhi kehidupan telur dan pembentukan larva. Curah hujan yang tinggi dan angin dapat menyebabkan terlepasnya telur yang menempel di daun. Suhu tinggi juga dapat menyebabkan dehidrasi sehingga membuat telur tidak dapat menetas serta terjadi kematian pada larva yang sangat kecil (Department of Primary Industries and Fisheries, 2005).

#### b. Larva

Larva memiliki enam tahap instar, dengan waktu perkembangan tergantung pada suhu dan kualitas nutrisi inang. Suhu optimum untuk perkembangan 33,9°C. Larva dapat berpindah dari satu tanaman ke tanaman lain ketika terjadi kelangkaan makanan. Larva berkembang menjadi dewasa sepenuhnya membutuhkan waktu selama 4-6 minggu pada musim semi atau musim gugur dan 2-3 minggu pada musim panas (Department of Primary Industries and Fisheries, 2005). Tahap-tahap tersebut antara lain:

### 1. Instar Pertama

Larva yang baru menetas (*neonatus*) akan memakan kulit telur dan membuat lubang keluar. Larva yang baru menetas memiliki panjang 1 mm hingga 1,5 mm, dengan kepala berwarna coklat-hitam dan tubuh berwarna putih atau putih kekuningan, berbintik-bintik gelap. Pada awal keluar larva akan memakan dedaunan muda, dan kemudian pindah untuk memakan kuncup, bunga atau polong muda, bolls atau buah-buahan (Department of Primary Industries and Fisheries, 2005). Durasi larva instar pertama berkisar antara 2 sampai 4 hari (Sharma *et al.*, 2019).

### 2. Instar kedua

Secara morfologi larva instar kedua menyerupai larva instar pertama yang berwarna kekuningan sampai hijau muda. Kaki toraks berwarna lebih gelap dibandingkan dengan kaki perut. Instar kedua lebih aktif daripada instar pertama dan lebih suka buah segar dan lembut untuk makan. Larva memiliki panjang 3,37 mm hingga 5,96 mm dan lebar 0,63 mm hingga 0,86 mm. Durasi larva instar kedua berkisar antara 3 sampai 4 hari (Sharma *et al.*, 2019).

### 3. Instar Ketiga

Larva instar ketiga secara umum mirip dengan instar kedua tetapi berbeda dalam ukuran. Warna tubuhnya kekuningan hingga hijau muda, namun lebih gelap dari instar sebelumnya. Garis longitudinal punggung menonjol di kedua sisi instar ketiga. Panjang larva instar ketiga bervariasi mulai dari 7,13 mm hingga 9,96 mm, sedangkan lebar mulai dari 1,24 mm hingga 1,68 mm. Durasi larva instar ketiga berkisar antara 3 sampai 5 hari (Sharma *et al.*, 2019).

#### 4. Instar Keempat

Larva instar keempat menunjukkan variasi warna yang berbeda mulai dari hijau sampai coklat kehijauan. Garis-garis lateral pada tubuh larva berwarna putih kekuningan, tetapi garis-garis punggung memiliki warna yang bervariasi. Garis-garis itu terus menerus atau putus-putus. Panjang larva instar keempat berkisar antara 12,38 mm hingga 15,48 mm, sedangkan lebarnya berkisar antara 2,23 mm hingga 2,76 mm. Durasi larva instar keempat berkisar antara 3 sampai 5 hari (Sharma *et al.*, 2019).

#### 5. Instar Kelima

larva instar kelima menunjukkan pola warna hijau pucat dengan garis-garis punggung putus-putus dan garis-garis lateral terus menerus. Perut berwarna hijau kekuningan dan daerah toraks berwarna hijau tua saat moulting. Larva instar kelima lebih aktif dan agresif dibandingkan dengan tahap sebelumnya tetapi pada saat moulting, larva kurang aktif. Larva instar kelima memiliki panjang berkisar antara 19,38 mm hingga 21,94 mm dan lebar antara 3,04 mm hingga 3,46 mm. Durasi larva instar kelima berkisar antara 4 sampai 5 hari (Sharma *et al.*, 2019).

#### 6. Instar Keenam

Larva instar enam tampak pipih di bagian ventral tetapi tampak cembung di bagian punggung. Tubuhnya tampak berwarna hijau pucat dengan dua garis hitam membujur di sisi punggung dan bulu pendek (*setae*) tersebar di seluruh tubuh. Ciri-ciri larva pada saat moulting mirip dengan instar sebelumnya. Kaki berwarna hijau muda. Larva instar keenam memiliki panjang bervariasi mulai dari 25,45 mm hingga 30,34 mm dan lebar mulai dari 3,97 mm hingga 4,50 mm. Durasi larva instar keenam berkisar antara 4 sampai 6 hari (Sharma *et al.*, 2019).



**Gambar 2.8.** Larva *H. armigera* (Genç *et al.*, 2017)

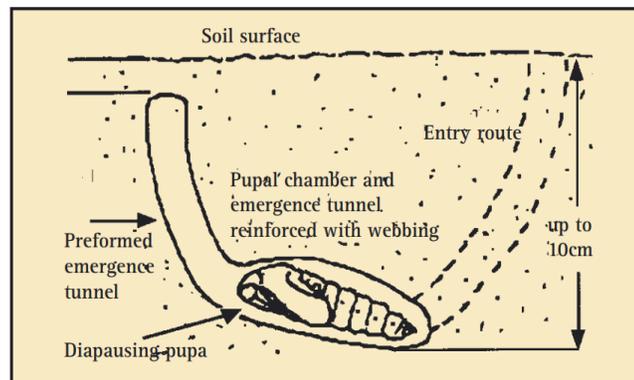
**Tabel 2.1.** Perbedaan instar larva *H. armigera* berdasarkan ukuran dan masa stadia (Department of Primary Industries and Fisheries, 2005; Sharma *et al.*, 2019)

Instar	Periode (hari)	Ukuran (mm)		Penampakan Larva
		Panjang	Lebar	
I	2 – 4	Panjang	1,34 - 1,82	
		Lebar	0,19 - 0,36	
II	3 – 4	Panjang	3,37 - 5,96	
		Lebar	0,63 - 0,86	
III	3 – 5	Panjang	7,13 - 9,96	
		Lebar	1,24 - 1,68	
IV	3 – 5	Panjang	12,38 - 15,48	
		Lebar	2,23 - 2,76	
V	4 – 5	Panjang	19,38 - 21,94	
		Lebar	3,04 - 3,46	
VI	4 – 6	Panjang	25,45 - 30,34	
		Lebar	3,97 - 4,50	

### c. Pupa

Setelah memasuki instar enam, larva masuk ke dasar tanah pada kedalaman 2,5-15,5 cm dan membuat terowongan di mana larva berkempang menjadi pupa (gambar 2.8), tetapi terkadang pupasi dapat ditemukan pada serasah daun atau pada tanaman (EFSA Panel on Plant Health (PLH), 2014). Pupa yang baru terbentuk berwarna hijau muda, kadang berwarna hijau kekuning-kuningan tetapi kemudian berubah menjadi coklat tua sebelum muncul ngengat (Sunita, 2017). Panjang pupa *H. armigera*

bervariasi dari 17,23 hingga 19,97 mm, sedangkan lebarnya berkisar antara 4,52 hingga 5,76 mm (Sharma *et al.*, 2019). Biasanya pupa akan berkembang menjadi ngengat dalam waktu 10-16 hari (Department of Primary Industries and Fisheries, 2005).



**Gambar 2.9. Terowongan masuk dan keluar yang terbentuk sebelum larva menjadi kepompong** (Department of Primary Industries and Fisheries, 2005)

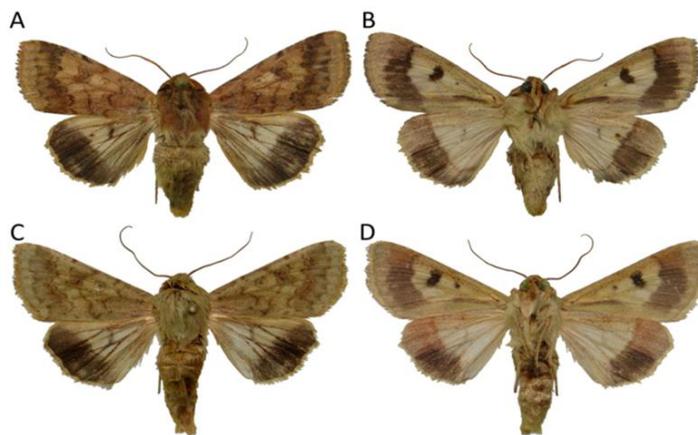
#### d. Imago

Mata majemuk ngengat *H. armigera* dewasa yang baru terbentuk berwarna coklat tua dan terletak menyamping di kepala. *H. armigera* memiliki sepasang antena *setaceous* di sisi punggung kepala di antara mata majemuk. Jenis mulut yang menyedot melingkar dan diletakkan di bawah kepala. Ngengat dewasa berukuran sedang dengan toraks lebar dengan sayap depan berwarna coklat kekuningan sedangkan kaki panjang dengan warna putih kotor menunjukkan penampakan bersisik (Sharma *et al.*, 2019).

Terdapat perbedaan pola warna antara ngengat jantan dan betina. Jantan berwarna abu-abu kehijauan sedangkan betina berwarna coklat oranye yang ditandai dengan adanya seberkas rambut di ujung perut. Ada rangkaian titik-titik di tepi dan tanda berbentuk ginjal hitam di bagian bawah setiap sayap depan. Bagian membran

transparan dari sayap depan ditutupi dengan sisik berwarna krem. Sayap belakang berwarna lebih terang dan memiliki bercak berwarna gelap di ujung. Panjang jantan dewasa bervariasi dari 16,20 hingga 18,21 mm dan lebarnya bervariasi dari 32,54 hingga 34,11 mm. Sedangkan panjang serangga betina bervariasi dari 18,78 hingga 21,45 mm dan lebarnya bervariasi dari 33,56 hingga 37,23 mm (gambar 2.9) (Sharma *et al.*, 2019).

Imago *H. armigera* yang baru muncul akan mencari makan, kawin dan memulai siklus baru (Department of Primary Industries and Fisheries, 2005). *H. armigera* termasuk serangga nocturnal. Umur imago rata-rata 8,5 hari dengan masa pra peneluran 2,3 hari. Perbandingan antara kelamin jantan dan betina adalah 1:1 (Baliadi & Tengkan, 2008). Rentang hidup dari telur hingga kematian ngengat dewasa yaitu, jantan menghabiskan 48 hingga 56 hari, sedangkan betina menghabiskan 49 hingga 57 hari (Sharma *et al.*, 2019).



**Gambar 2.10.** *Helicoverpa armigera*. A) Betina dalam tampilan dorsal. B) Betina dalam tampilan ventral. C) Jantan dalam tampilan dorsal. D) Jantan dalam tampilan ventral (Queiroz-S. *et al.*, 2018)

### 2.3.2 Klasifikasi

*H. armigera* termasuk ke dalam ordo Lepidoptera, famili Noctuidae (Baliadi & Tengkan, 2008). Klasifikasikan *H. armigera* adalah sebagai berikut (Pracaya, 2007):

Kingdom : Animalia  
Filum : Arthropoda  
Kelas : Insekta  
Ordo : Lepidoptera  
Famili : Noctuidae  
Genus : *Helicoverpa*  
Spesies : *Helicoverpa armigera*

### 2.3.3 Sebaran *Helicoverpa armigera*

*Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) merupakan salah satu hama utama berbagai tanaman hortikultura dan tersebar luas di sebagian besar wilayah tropis sampai subtropis antara 45°LU dan 45°LS (Mironidis, 2014). Penggerek buah *H. armigera* merupakan hama yang sangat merusak dan menyebabkan kerusakan yang serius (Sharma *et al.*, 2019). Di kawasan Australia, Asia, Afrika, dan Eropa kerugian yang disebabkan oleh *H. armigera* sebesar lebih dari US\$ 2 miliar per tahun (Ginting dkk., 2019). Di Indonesia penyebaran *H. Armigera* cukup luas, mulai dataran tinggi sekitar 2000 mdpl sampai dataran rendah (Baliadi & Tengkan, 2008; Rufaida, 2014).

*H. armigera* mempunyai kemampuan beradaptasi terhadap berbagai perubahan lingkungan sehingga mempunyai sebaran yang cukup luas. Kemampuan tersebut yang menjadi karakteristik *H. armigera* seperti polifagi, mobilitas tinggi, fekunditas tinggi dan diapause fakultatif (Mironidis, 2014). Karena sifatnya yang polifagi, *H. armigera*

dapat memakan dan menyelesaikan siklus hidupnya pada lebih dari 180 spesies tanaman inang (Haile *et al.*, 2021). Beberapa tanaman yang sering diserang oleh *H. armigera* yang dikenal di Indonesia seperti kedelai, jagung, kapas, kacang hijau, tomat, buah jeruk, (Queiroz-S. *et al.*, 2018), buncis, sorgum, bunga matahari, dan kacang tanah (Ginting dkk., 2019).

#### **2.3.4 Perilaku makan dan detoksifikasi**

Lepidoptera adalah ordo serangga yang signifikan dari perspektif pertanian. Keberhasilan ekologi mereka sangat tergantung pada taktik kemoreseptor adaptif yang memainkan peran penting dalam pemilihan inang, tempat bertelur, dan pasangan. Sistem kemoseptor bertindak sebagai antarmuka antara serangga dan lingkungannya karena merangsang persinyalan sebagai respons terhadap isyarat kimia eksternal (Agnihotri *et al.*, 2019).

Serangga lepidoptera mempunyai dua jenis utama organ sensorik yang berupa sensilla, yaitu reseptor gustatory dan reseptor olfactory. Reseptor gustatory tersebar pada bagian mulut, antena, sayap, dan ovipositor serangga serta terlibat dalam memunculkan berbagai perilaku. Serangga Lepidopteran memiliki dua jenis utama sensilla pada rahang atas mereka, sensilla lateral dan medial dikenal sebagai sensilla styloconica. Sensilla styloconica terdiri dari empat neuron reseptor gustatory dan satu neuron mekano-sensorik, yang terlibat dalam penginderaan rasa dan rangsangan dari luar (Agnihotri *et al.*, 2016). Neuron pengecap pada *H. armigera* memiliki reseptor gustatory pada ujung dendritik yang secara mendasar dapat membedakan antara nutrisi tanaman inang atau senyawa lainnya. (Agnihotri *et al.*, 2019).

Reseptor gustatory adalah salah satu molekul kemosensorik penting yang bertanggung jawab untuk mengatur berbagai peran perilaku dan fisiologis *H. armigera*. Reseptor gustatory memiliki peran khusus dalam mendeteksi berbagai gula tanaman inang dan dengan demikian dapat mempengaruhi perilaku makan pada *H. armigera*. Reseptor gustatory dapat merasakan molekul fruktosa dan terdapat juga pada jaringan otak untuk mendeteksi kadar fruktosa dalam hemolimfa dan mengatur perilaku makan larva serangga yang selanjutnya mengarah pada respons makan yang positif pada serangga (Agnihotri *et al.*, 2019).

Tanaman telah mengembangkan sistem pertahanan yang efektif untuk melindungi diri dari serangga herbivora dengan serangkaian senyawa sekunder tanaman yang merugikan dan serangga herbivora dapat mengembangkan berbagai mekanisme untuk mendetoksifikasi racun tanaman. Detoksifikasi serangga dapat dibagi menjadi tiga fase, fase I (oksidasi, hidrolisis, reduksi), fase II (konjugasi) dan fase III (ekskresi). Aktivitas multifungsi enzim sitokrom P450 monooksigenase (P450s) dalam sel-sel saluran pencernaan pada fase I berkontribusi pada mekanisme pertahanan biokimiawi terhadap toksin alami dan sintetik pada serangga, mulai dari fitokimia tanaman inang hingga insektisida sintetik (Wang *et al.*, 2018).

Serangga herbivora menggunakan mekanisme fisiologis serta perilaku untuk mengatasi senyawa pertahanan tanaman. Sebelum makanan tertelan, serangga menggunakan reseptor penciuman dan pengecap yang merespon secara selektif terhadap senyawa sekunder berbahaya. Setelah senyawa tertelan, diperlukan waktu hingga beberapa menit bagi serangga untuk mendeteksi senyawa berbahaya tersebut. Sebagai contoh yang dilakukan pada penelitian sebelumnya, ketika ulat grayak

(*Spodoptera frugiperda*) diberi diet yang mengandung indole 3-carbinol, pada awalnya mereka makan dengan penuh semangat, kemudian setelah 2-3 menit mereka berhenti makan dan tetap tidak bergerak. Perilaku makan selektif seperti itu memungkinkan serangga untuk menghindari senyawa berbahaya, dan pada akhirnya perilaku ini berkontribusi pada kelangsungan hidup serangga (Kuwar *et al.*, 2020).

### **2.3.5 Efek kerusakan**

*H. armigera* adalah hama utama tanaman ladang dan hortikultura di banyak bagian dunia dan, di Australia, dianggap sebagai salah satu hama pertanian yang paling penting. Larva hama ini memakan daun, kuncup dan bunga, mengembangkan polong, buah dan biji, dengan preferensi pada bagian reproduksi tanaman. Kerusakan disebabkan oleh lubang-lubang yang masuk ke dalam struktur reproduksi, yang dapat menyebabkan infeksi sekunder oleh patogen tanaman (EFSA Panel on Plant Health (PLH), 2014). Ada perbedaan cara masing-masing instar larva memakan inangnya. Instar pertama dan kedua lebih menyukai daun dan kuncup bunga. Sedangkan instar ketiga, keempat, kelima dan keenam lebih menyukai pada bagian daging buah (Herlinda, 2005).

Larva muda *H. armigera* memakan jaringan hijau daun, setelah memasuki instar III larva menuju bagian polong untuk memakan biji dengan cara menggigit kulit polong. Gigitan pada kulit polong akan meninggalkan tanda-tanda khas berupa lubang-lubang bundar. Pada waktu makan, biasanya kepala dan sebagian badan larva masuk ke dalam polong kedelai (Baliadi & Tengkano, 2008). Pada tanaman jagung, *H. armigera* betina bertelur dan diletakkan pada daun muda dan larva akan menyerang tongkol serta memakan biji-bijian yang sedang berkembang; pada tanaman tomat, buah

muda yang diserang akan jatuh, larva yang lebih besar akan menyerang buah yang lebih tua; dan pada tanaman kapas, larva akan menyerang bagian kuncup bunga, daun, pucuk dan buah kapas. *H. armigera* betina bertelur satu per satu, memberi jarak secara merata pada tanaman dan berpindah ke inang lain ketika kepadatan populasi menjadi sangat tinggi, sejumlah kecil larva dapat merusak banyak tanaman. Potensi hamanya semakin diperparah dengan kisaran inangnya yang sangat luas, fekunditasnya tinggi, kemampuannya untuk bermigrasi jarak jauh, kemampuannya untuk diapause fakultatif, sulitnya deteksi dan ketahanannya terhadap banyak insektisida (EFSA Panel on Plant Health (PLH), 2014).

#### **2.4 Kajian Pestisida Nabati dalam Perspektif Al-Qur'an**

Islam tidak mengenal sistem dikotomi-dualisme ilmiah. Ada dua cabang ilmu dalam Islam, yaitu ilmu agama dan ilmu umum, keduanya diberi porsi dan kedudukan yang seimbang. Pendapat lain menyatakan bahwa tidak ada pertentangan antara ilmu agama dengan ilmu pengetahuan. Keduanya merupakan satu kesatuan dan tidak dapat dipisahkan. Hal ini menunjukkan bahwa ajaran Islam berpihak pada ilmu pengetahuan, termasuk hal-hal yang berkaitan dengan kegiatan ilmiah. Ajaran Islam juga harus dimaknai secara utuh dan “kaffah”, utuh dan menyeluruh tanpa dikotomi apapun. Islam mencakup ilmu-ilmu multidisiplin, baik ilmu-ilmu sosial (*social sciences*) maupun ilmu-ilmu alam (*natural sciences*) (Herman, 2021).

Al-Quran secara tegas memerintahkan manusia sebagai khalifah di dunia untuk tidak berbuat kerusakan di muka bumi dan diperintahkan untuk mengelola alam dan lingkungan dengan baik agar tetap terjaga keseimbangan dan keberlangsungannya (Ibrahim dkk., 2017). Dalam firman Allah Q.S. Al-Qashash ayat 77, yaitu:

وَابْتِغِ فِيمَا أَنزَلَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنْ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ  
الْفَسَادَ فِي الْأَرْضِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ<sup>٧٧</sup>

Artinya: “Dan, carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (pahala) negeri akhirat, tetapi janganlah kamu lupakan bagianmu di dunia. Berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan.” (Q.S. Al-Qashash [28]: 77)

Al-Qur'an dan Hadits Nabi Muhammad SAW. selain menjadi petunjuk hidup bagi manusia, juga merupakan sumber ilmu pengetahuan. Para ilmuwan telah mengungkapkan fakta ilmiah dengan berhasil membuktikan kebenaran Al-Qur'an dan Hadits Nabi melalui sejumlah besar penelitian yang dilakukan secara ilmiah. “*Simply Al-Quran has already explained early*”. Setiap kali ada penemuan besar, secara implisit Al-Qur'an dan Hadits Nabi telah menjelaskan terlebih dahulu. Al-Qur'an memiliki banyak ayat mutasyabihat yang berkaitan dengan ilmu pengetahuan, baik eksplisit maupun implisit (Herman, 2021).

Segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah pasti memiliki manfaat yang besar asalkan manusia mau mengkaji lebih dalam karena segala sesuatu yang diciptakan tidak ada sesuatu yang sia-sia. Dalam firman Allah Q.S. Ali Imran ayat 191, yaitu:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ  
هٰذَا بَاطِلًا سُبْحٰنَكَ فَمِنَّا عَذَابَ النَّارِ<sup>٣١</sup>

Artinya: “(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia. Mahasuci Engkau. Lindungilah kami dari azab neraka.” (Q.S. Ali Imran [3]: 191)

Ibnu Katsir menjelaskan dalam Q.S. Imran ayat 191 Allah menggambarkan beberapa ciptaan-Nya dan memerintahkan manusia untuk memikirkan dan mengkaji lebih dalam salah satu bukti kebenaran bahwa Allah sebagai Sang Pemilik atas alam raya ini. karena segala sesuatu yang diciptakan didalamnya terdapat tanda-tanda kebesaran dan kekuasaan Allah bagi orang-orang yang berpikir sebagai manusia yang ulul albab (Sofia, 2021).

Manusia sebagai khalifah Allah di dunia hendaknya menyadari tugasnya serta menjadi rahmat bagi alam sekitarnya dengan berkewajiban untuk memakmurkan bumi. Salah satunya dengan mengkaji lebih dalam lagi melalui penelitian, penggalian, serta pemanfaatan semua hukum Allah terhadap alam ciptaanNya sebagai cerminan ulul alba (Sofia, 2021). Salah satunya dengan memanfaatkan kandungan metabolit sekunder tumbuhan yang bisa digunakan sebagai pestisida nabati.

Pestisida nabati mengalami perkembangan karena sifat eko-toksikologi mereka. Tanaman memainkan peran penting dalam sistem ekologi. Mereka dapat memberikan alternatif potensial untuk agen pengendalian serangga yang saat ini digunakan karena merupakan sumber yang kaya akan bahan bioaktif atau metabolit sekunder. Minyak atsiri adalah salah satu zat paling terkenal yang diuji terhadap serangga. Senyawa ini bertindak sebagai fumigan, insektisida kontak, penolak, dan antifeedant serta dapat mempengaruhi beberapa parameter biologis seperti laju pertumbuhan, rentang hidup dan reproduksi (Zoubiri & Baaliouamer, 2014).

Al-Qur'an menyinggung keberadaan ilmu tumbuhan sebelum ilmu pengetahuan modern berkembang hingga saat ini. Manusia sebagai khalifah hanya perlu mempelajari dan mengkaji apa yang sudah dijelaskan dalam Al-Qur'an secara lebih

luas. Hal ini sebagaimana firman Allah Q.S. An-Nahl ayat 11 dan Q.S. Asy-Syu'ara ayat 7-8 yaitu:

يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الشَّمْرَةِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ۝

Artinya: “Dengan (air hujan) itu Dia menumbuhkan untukmu tumbuh-tumbuhan, zaitun, kurma, anggur, dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berpikir.” (An-Nahl [16]: 11)

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ۝ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً وَمَا كَانَ أَكْثَرُهُمْ مُؤْمِنِينَ ۝

Artinya: “Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, betapa banyak Kami telah menumbuhkan di sana segala jenis (tanaman) yang tumbuh baik?. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kekuasaan Allah), tetapi kebanyakan mereka tidak beriman.” (Asy-Syu'ara [26]: 7-8)

Tugas umat manusia sebagai khalifah Allah SWT di muka bumi adalah menjaga dan mengelola lingkungan agar tetap lestari. Wujud implementasi dari keimanan seseorang yaitu memanfaatkan alam dan memeliharanya dengan tetap berorientasi kepada kemaslahatan (Mustakim, 2017). Dalam hal ini, perintah untuk menjaga dan melindungi lingkungan secara eksplisit dicantumkan dalam Q.S. Al-A'raf ayat 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ۝

Artinya: “Janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah diatur dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat dengan orang-orang yang berbuat baik.” (Al-A'raf [7]: 56)

Menjaga lingkungan hidup berarti memastikan bahwa lingkungan dimanfaatkan dengan bijaksana sehingga dapat berfungsi sebagaimana mestinya agar dapat memenuhi kebutuhan hidup dan tetap terjaga keberlangsungannya. Menjaga

lingkungan hidup berarti memastikan lingkungan dapat terwujud keselarasan, keseimbangan, dan kesejahteraan hidup manusia dan makhluk lainnya (Mustakim, 2017).

Manusia sebagai khalifah di dunia harus menjaga dan memberi kebermanfaatan bagi lingkungan sekitar agar keberlangsungan hidup berlanjut dan seimbang. Kewajiban memakmurkan bumi adalah bentuk rasa syukur atas rahmat yang sudah diberikan. Salah satu wujud rasa syukur yaitu dengan menggali, meneliti, dan memanfaatkan apa yang sudah disediakan oleh alam dengan tidak berlebihan agar terciptanya keseimbangan alam.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Rancangan Penelitian**

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental yang menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 jenis perlakuan dengan masing-masing 3 ulangan. Jenis perlakuan yang digunakan yaitu insektisida nabati dari air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) dan konsentrasi (K) sebagai berikut:

K0: konsentrasi air rendaman insektisida nabati 0% (kontrol)

K1: konsentrasi air rendaman insektisida nabati 10%

K2: konsentrasi air rendaman insektisida nabati 20%

K3: konsentrasi air rendaman insektisida nabati 40%

K4: konsentrasi air rendaman insektisida nabati 80%

#### **3.2 Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2021 sampai April 2022. Bertempat di Laboratorium Fisiologi Hewan Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dan Jl. Kanjuruhan, Gang II, No. 7b, Tlogomas, Lowokwaru (Rumah Kos).

#### **3.3 Alat dan Bahan**

##### **3.3.1 Alat**

Alat-alat yang digunakan yaitu toples, botol plastik, sprayer 100 ml, lateks, penggaris, blender, pisau, spuit (50 ml & 5 ml), wadah plastik, botol vial plastik, timbangan analitik, alat tulis, kamera, laptop, kain kasa, sendok, lakban, kertas label, tisu, dan corong.

### **3.3.2 Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan yaitu kulit buah bintaro (*C. odollam*), larva *H. armigera* instar III sebanyak 150 ekor, 2 L aquades, sabun cuci, air, dan jagung muda organik.

## **3.4 Prosedur Penelitian**

### **3.4.1 Aklimatisasi larva uji**

Larva *H. armigera* instar III sebanyak 150 ekor diperoleh dari Balitas Malang, ditempatkan dalam botol vial. Satu botol vial berisi satu larva dan jagung muda organik. Botol vial diletakkan dalam wadah besar dan dipindahkan ke Jl. Kanjuruhan, Gang II, No. 7b, Tlogomas, Lowokwaru (Rumah Kos). Jagung muda organik digunakan sebagai pakan larva.

### **3.4.2 Pembuatan pestisida nabati kulit buah bintaro (*C. odollam*)**

Pembuatan pestisida nabati dari kulit buah bintaro (*C. odollam*) menurut Tohir (2010) dalam Juliani & Yuliani (2017), yaitu dengan menggunakan pelarut air. Adapun langkah kerjanya adalah sebagai berikut: Menyiapkan kulit buah bintaro (*C. odollam*) yang berwarna merah (matang) sebanyak 100 gr. Kulit buah bintaro dipotong kecil-kecil kemudian dilarutkan dengan air dengan perbandingan 1:3 (w/v) dan ditambahkan sabun cuci cair sebanyak 3 ml. Pencampuran bahan dilakukan dengan menggunakan homogenizer/blender selama 15 menit. Setelah diblender, bahan dituangkan ke dalam toples dan direndam selama 24 jam. Hasil perendaman disaring dengan kain halus dan dimasukkan ke dalam botol plastik. Sebelum dilakukan pengaplikasian, larutan diencerkan dengan air sesuai konsentrasi yang dibutuhkan.

### **3.4.3 Pengenceran pestisida nabati kulit buah bintaro (*C. odollam*)**

Pembuat larutan air rendaman kulit buah bintaro dalam beberapa konsentrasi yang berbeda dilakukan sebagai berikut:

K0: Konsentrasi 0% (100 ml aquades)

K1: Konsentrasi 10% (10 ml air rendaman dan 90 ml aquades)

K2: Konsentrasi 20% (20 ml air rendaman dan 80 ml aquades)

K3: Konsentrasi 40% (40 ml air rendaman dan 60 ml aquades)

K4: Konsentrasi 80% (80 ml air rendaman dan 20 ml aquades)

### **3.4.4 Pengaplikasian pestisida nabati kulit buah bintaro (*C. odollam*)**

Langkah kerja dalam mengaplikasikan insektisida nabati menurut Aziz *et al.* (2019) yaitu: menyiapkan botol vial sebanyak 150 buah, kain kasa 150 lembar, karet 150 buah, kertas label 150 buah, dan larva *H. armigera* sebanyak 150 ekor; masukkan jagung muda organik segar (sebagai pakan) dan satu larva *H. armigera* pada tiap botol vial, satu konsentrasi terdiri dari 10 larva *H. armigera* dan 10 botol vial; kertas label ditulis sesuai konsentrasi masing-masing dan ditempatkan pada tiap botol vial sebagai penanda; dilakukan penyemprotan air rendaman menggunakan sprayer sesuai konsentrasi yang sudah ditentukan. Penyemprotan dilakukan sebanyak 5 kali semprot (0,5 ml) pada tiap larva sesuai konsentrasinya. Perlakuan penyemprotan dilakukan sekali dan selanjutnya dilakukan pengamatan setiap 24 jam. Pada hari ke-10 dilakukan penambahan pasir sebagai tempat perkembangan pupa sebanyak setengah botol vial.

### **3.4.5 Teknik pengambilan data**

Pengamatan dilakukan mulai larva instar 3 sampai instar akhir dengan mengamati kematian larva. Larva yang masih hidup terus diamati perkembangannya

sampai menjadi pupa dan imago. Pengamatan dilakukan setiap 24 jam selama 25 hari. Data kematian dihitung sebagai persentase dari jumlah kematian dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Utami, 2010):

$$\text{persen kematian \%} = \frac{\sum \text{larva yang mati}}{\sum \text{total larva}} \times 100\%$$

Jika kematian pada kontrol adalah 5-20%, koreksi persentase dilakukan sesuai dengan rumus Abbott (Wahyuni & Loren, 2015):

$$P = \frac{Po - Pc}{100 - Pc} \times 100\%$$

P : Persen mortalitas terkoreksi

Po : Persen mortalitas larva uji

Pc : Persen mortalitas larva kontrol

### 3.5 Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*), yaitu 0%, 10%, 20%, 40%, dan 80%. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah perkembangan hama *H. armigera* yang meliputi: mortalitas larva *H. armigera*, jumlah pupa dan imago yang terbentuk. Variable kontrol dalam penelitian ini adalah jenis tanaman yang digunakan untuk pakan, instar yang digunakan, dan tempat penelitian.

### 3.6 Analisis Data

Data presentase mortalitas larva *H. armigera* dianalisis dengan menggunakan *one way Anova* menggunakan SPSS 22 (Khumaira, 2021). Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, dilakukan uji normalitas dan homogenitas. Uji normalitas

dilakukan dengan statistik *Kolmogorov-Smirnov* dan *Shapiro-Wilk Test*. Sementara, uji homogenitas dilakukan dengan statistik *Levene's Test of Equality of Error Variance* dengan menggunakan program SPSS 22 (Emrisena dkk., 2018). Apabila hasil analisis berbeda nyata, maka akan dilanjutkan dengan uji Tukey (BNJ) pada taraf nyata 5% ( $\alpha=0,05$ ) dengan menggunakan program SPSS 22 (Khumaira, 2021).

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengaruh Air Rendaman dan Konsentrasi Kulit Buah Bintaro (*C. odollam*) Terhadap Mortalitas Larva *H. Armigera*

Konsentrasi air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) tidak berpengaruh nyata terhadap mortalitas larva (Tabel 4.1). Mortalitas larva berkisar antara 0 - 41,1% dimana mortalitas terendah terjadi pada konsentrasi 0% sebesar 0% dan mortalitas tertinggi terjadi pada konsentrasi 80% sebesar 41,1%. Pada konsentrasi 40% diperoleh mortalitas sebesar 34,4%, konsentrasi 20% diperoleh sebesar 30,7%, dan konsentrasi 10% sebesar 24,1%.

**Tabel 4.1. Presentase rata-rata pengaruh konsentrasi air rendaman kulit buah Bintaro (*C. odollam*) terhadap mortalitas larva *H. armigera***

No.	Konsentrasi Air Rendaman Kulit Buah Bintaro ( <i>C. odollam</i> )	Mortalitas Larva (%)
1.	0%	0 ± 0 <sup>a</sup>
2.	10%	24,1 ± 5,255 <sup>b</sup>
3.	20%	30,7 ± 8,923 <sup>b</sup>
4.	40%	34,4 ± 5,095 <sup>b</sup>
5.	80%	41,1 ± 8,404 <sup>b</sup>

Keterangan: mortalitas larva 0,00 (rata-rata mortalitas larva) ± 0,00 (standar deviasi), a/b: angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Tukey taraf 5%

Hasil yang tidak signifikan diduga terjadi karena ada beberapa faktor seperti kandungan senyawa metabolit sekunder pada kulit buah bintaro (*C. odollam*) lebih sedikit daripada biji buah bintaro (*C. odollam*) karena belum ada penelitian lebih lanjut tentang kadar fitokimia pada kulit buah bintaro (*C. odollam*). Selain itu diduga faktor pengencer atau pelarut yang digunakan berupa air belum bisa mengekstraksi senyawa

turunan yang bersifat fenolik secara maksimal. Menurut Septiana & Asnani (2012), pelarut air adalah senyawa yang paling polar dibandingkan dengan pelarut lain, sehingga komponen polar seperti karbohidrat juga terekstraksi sehingga menurunkan total fenol per berat sampel.

Pemberian insektisida nabati dengan cara penyemprotan air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) dengan berbagai konsentrasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap mortalitas *H. armigera* tetapi berpengaruh terhadap perilaku makan dan pertumbuhan. Metode penyemprotan ini dapat memberikan efek secara langsung maupun tidak langsung terhadap larva *H. armigera* karena dengan metode semprot ini dapat mengenai seluruh permukaan dan terserap melalui mulut dan celah antar segmen (kutikula) dibagian luar tubuh larva. Hal ini sesuai dengan Purwani *et al.* (2017), metode penyemprotan pestisida nabati memungkinkan seluruh permukaan tubuh larva akan terkena terutama sisi posterior dan sebagian pestisida nabati yang menempel pada permukaan daun akan menempel pada permukaan tubuh ventral saat larva berjalan dan dapat masuk melalui kutikula tipis sebagai transportasi antarsegmen atau pori-pori tubuh. Insektisida yang berperan sebagai racun kontak akan masuk melalui kulit (kutikula) dan ditranslokasikan ke bagian dalam tubuh serangga. Larutnya insektisida dalam lipid pada kutikula akan mempercepat laju penetrasi toksin ke dalam hemocoel (rongga tubuh yang berperan dalam peredaran hemolimfa) (Dono dkk, 2010).

Mekanisme penyerapan pestisida nabati, selain melalui kulit juga dapat melalui saluran pencernaan yaitu melalui makanan yang mengandung pestisida nabati. Makanan masuk ke saluran tengah (*midgut*) yang terdiri dari dua bagian, yaitu kantong lambung yang mensekresikan enzim pencernaan dan bagian ventrikel sehingga dapat

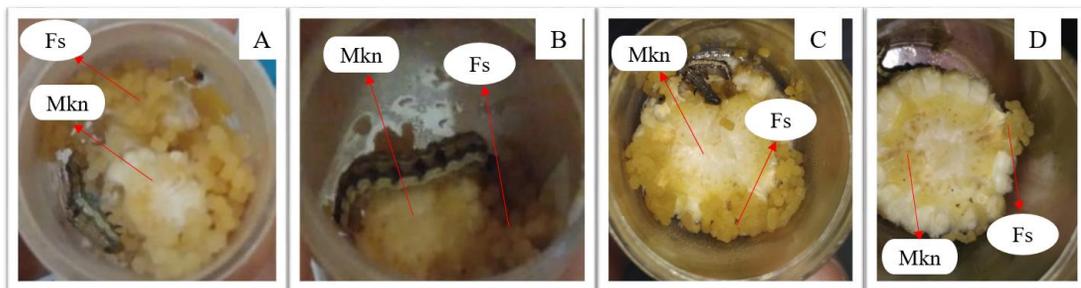
memberikan efek racun pada saluran pencernaan serta mengganggu proses pencernaan (Purwani *et al.*, 2017).

Paparan insektisida nabati dengan dosis/konsentrasi tertentu dapat menyebabkan perubahan perilaku larva, seperti mencari makan. Menurut Agnihotri *et al.* (2016), serangga lepidoptera mempunyai dua jenis utama organ sensorik yang berupa sensilla, yaitu reseptor gustatory dan reseptor olfactory. Reseptor gustatory tersebar pada bagian mulut, antena, sayap, dan ovipositor serangga serta terlibat dalam memunculkan berbagai perilaku. Serangga Lepidopteran memiliki dua jenis utama sensilla pada rahang atas larva, sensilla lateral dan medial dikenal sebagai sensilla styloconica. Sensilla styloconica terdiri dari empat neuron reseptor gustatory dan satu neuron mekano-sensorik, yang terlibat dalam penginderaan rasa dan rangsangan dari luar. Neuron pengecap pada *H. armigera* memiliki reseptor gustatory pada ujung dendritik yang secara mendasar dapat membedakan antara nutrisi tanaman inang atau senyawa lainnya (Agnihotri *et al.*, 2019).

Reseptor gustatory adalah salah satu molekul kemosensorik penting yang bertanggung jawab untuk mengatur berbagai peran perilaku dan fisiologis *H. armigera*. Reseptor gustatory memiliki peran khusus dalam mendeteksi berbagai gula pada tanaman inang sehingga dapat mempengaruhi perilaku makan pada *H. armigera*. Reseptor gustatory pada jaringan otak dapat merasakan molekul fruktosa dan mendeteksi kadar fruktosa dalam hemolimfa pada tubuh larva sehingga larva dapat mengatur perilaku makan dan respon terhadap makanan (Agnihotri *et al.*, 2019).

Efek pemberian insektisida nabati pada larva *H. armigera* menyebabkan stimulus atau intensitas makan yang lebih tinggi, semakin tinggi konsentrasi insektisida

nabati maka semakin tinggi pula tingkat makanan yang dihabiskan oleh larva. Hal ini diduga senyawa metabolit yang masuk ke tubuh larva berusaha didetoksifikasi oleh ketahanan tubuh larva melalui makanan yang diekskresikan. Hal ini dapat ditunjukkan pada feses yang semakin banyak dan peningkatan konsentrasi perlakuan insektisida nabati (Gambar 4.1). Menurut Dono dkk (2010), perubahan sensitivitas larva terhadap insektisida yang menyebabkan keracunan lambung dapat disebabkan oleh peningkatan resistensi dinding saluran pencernaan terhadap penetrasi insektisida serta peningkatan kadar enzim dan aktivitas enzim yang dapat mendetoksifikasi insektisida.



**Gambar 4.1. Feses yang Dikeluarkan pada Jam Ke-7 Setelah Pemberian Makanan.**  
 (A) Konsentrasi 80%, (B) Konsentrasi 40%, (C) Konsentrasi 20%, (D) Konsentrasi 10%, (Fs) feses, dan (Mkn) makanan

Insektisida nabati yang memiliki metabolit sekunder secara alami digunakan sebagai sistem pertahanan yang efektif untuk melindungi diri dari serangga herbivora. Sedangkan pada serangga herbivora dapat beradaptasi dari berbagai mekanisme untuk mendetoksifikasi racun tanaman atau senyawa metabolit sekunder tanaman. Detoksifikasi serangga dapat dibagi menjadi tiga fase, fase I (oksidasi, hidrolisis, reduksi), fase II (konjugasi) dan fase III (ekskresi). Pada fase I terdapat enzim sitokrom P450 monooksigenase (P450s) dalam sel-sel saluran pencernaan yang dihasilkan oleh

hepar untuk mendegradasi toksin alami dan sintetis pada serangga, baik dalam bentuk fitokimia tanaman inang hingga insektisida sintetis (Wang *et al.*, 2018). Pada fase II, hasil produk fase I terkonjugasi dengan berbagai senyawa endogen seperti gula, sulfat, fosfat, asam amino atau glutathione dengan bantuan enzim glutathione-S-transferases (GST) dan selanjutnya diekskresikan menjadi feses pada fase III (Saha, 2016; Navarro-Roldán *et al.*, 2020; Hodges & Minich, 2015; Wu *et al.*, 2021; Hilliou *et al.*, 2021). Pada fase I enzim P450 bertanggung jawab untuk mengurangi aktivitas toksin biologis, sedangkan pada fase II enzim GST dapat menurunkan lipofilisitas insektisida, sehingga dapat diekskresikan dengan cepat (Saha, 2016; Hilliou *et al.*, 2021).

Efek kematian larva pada penelitian ini terjadi lebih cepat pada konsentrasi 10% yaitu hari pertama setelah perlakuan pada beberapa sampel. Konsentrasi 10% memiliki tekstur yang encer dan tidak terlalu pekat serta tidak terlalu berbau sehingga memungkinkan larva masih bisa mentolerir dan cairan insektisida nabati yang mengandung sedikit senyawa metabolit sekunder yang mengenai seluruh permukaan tubuh larva dapat terserap melalui mulut dan celah antar segmen (kutikula) dibagian luar tubuh larva. Pada sampel tertentu larva mengalami kematian, hal ini terkait dengan kemampuan larva dalam menjaga daya tahan tubuhnya. Pada konsentrasi 80% menyebabkan kematian paling banyak tetapi efeknya cukup lambat. Konsentrasi 80% memiliki tekstur yang cukup pekat dan berbau sehingga cairan insektisida nabati yang mengenai seluruh permukaan tubuh larva dapat terserap melalui mulut dan celah antar segmen (kutikula) dibagian luar tubuh larva. Kemudian langsung terdeteksi oleh tubuh dan menyebabkan peningkatan perilaku makan untuk mendetoksifikasi racun dalam tubuh larva agar dapat diekskresikan melalui makanan yang keluar.

Serangga herbivora menggunakan mekanisme fisiologis serta perilaku untuk mengatasi senyawa metabolit sekunder. Sebelum makanan tertelan, serangga menggunakan reseptor penciuman dan pengecap yang merespon secara selektif terhadap senyawa sekunder berbahaya. Setelah senyawa tertelan, diperlukan waktu hingga beberapa menit bagi serangga untuk mendeteksi senyawa berbahaya tersebut. Seperti yang terjadi pada ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*) yang diberi diet mengandung indole 3-carbinol, pada awalnya mereka makan dengan penuh semangat, kemudian setelah 2-3 menit mereka berhenti makan (Kuwar *et al.*, 2020). Sehingga untuk mendetoksifikasi racun dalam tubuh, larva memakan makanannya lebih banyak agar bisa diekskresikan melalui makanannya. Kematian larva pada masing-masing konsentrasi ditandai dengan tubuh berwarna pucat gelap serta lembek dan terdapat cairan bening kekuningan yang keluar dari tubuhnya (Gambar 4.2).



**Gambar 4.2. Kematian Larva (A) Instar Tiga pada Konsentrasi 10% dan (B) Instar Empat pada Konsentrasi 80%**

Efek yang menghambat pertumbuhan larva terjadi pada beberapa konsentrasi mulai konsentrasi terendah sampai konsentrasi tertinggi yang ditunjukkan dengan nafsu makan larva yang menurun dan pergerakan yang melambat serta terjadi perubahan warna tubuh yang semakin pucat dan transparan atau memudar yang pada

akhirnya mengalami kematian (Gambar 4.3). Hal ini sesuai dengan Affandi & Handoko (2012), aplikasi pestisida nabati menyebabkan penurunan kemampuan pakan dan berjalan. Selain itu juga menyebabkan perubahan warna tubuh akibat proses infeksi. Warna tubuh berubah dari putih transparan atau hijau kekuningan atau kemerahan terang pada stadia larva, nimfa dan dewasa berturut-turut menjadi coklat tua atau hitam yang diikuti dengan kematian.



**Gambar 4.3. Larva yang mengalami penghambatan pertumbuhan**

Sebagian besar penyerapan pestisida nabati yang bersifat racun bagi lambung terjadi di bagian tengah saluran pencernaan (*midgut*). Saluran tengah adalah organ utama saluran pencernaan serangga dan mampu menyerap nutrisi dan mensekresikan enzim. Terganggunya sekresi enzim dalam proses pencernaan makanan dapat mengakibatkan kekurangan energi sehingga larva akan mengalami kematian. Metabolit sekunder yang terkandung dalam pestisida tumbuhan akan terakumulasi dan menjadi racun di dalam tubuh larva. Racun tersebut akan menyebar melalui sel-sel ke seluruh tubuh dalam sistem peredaran hemolimfa. Mekanisme kematian larva tergantung pada jenis senyawa aktif yang terkandung dalam pestisida nabati (Purwani *et al.*, 2017).

Pestisida nabati dapat mempengaruhi berbagai serangga dengan cara yang berbeda tergantung pada karakteristik fisiologis spesies serangga serta jenis tanaman insektisida. Komponen berbagai pestisida nabati dapat diklasifikasikan menjadi enam kelompok yaitu; penolak, pencegah/antifeedant makan, toksikan, penghambat pertumbuhan, kemosterilant/kemandulan, dan atraktan (Hikal *et al.*, 2017). Kandungan fitokimia pada kulit buah bintaro (*C. odollam*) belum diketahui secara spesifik karena belum ada penelitian lebih lanjut tetapi secara umum tanaman bintaro (*C. odollam*) mengandung senyawa tanin, flavonoid, saponin, dan alkaloid terutama pada bagian biji buah bintaro yang mengandung senyawa alkaloid tinggi yang berupa cerberin.

Senyawa tanin pada tanaman bintaro (*C. odollam*) yang bertindak sebagai racun perut merupakan senyawa polifenol yang dapat membentuk senyawa kompleks dengan protein. Tanin tidak dapat dicerna dan memiliki kemampuan untuk mengikat protein, karbohidrat, vitamin dan mineral. Tanin dapat berikatan dengan lipid dan protein, serta pada enzim protease yang berperan dalam mengkatalis protein menjadi asam amino yang diperlukan untuk pertumbuhan larva. Ketika tanin berikatan dengan enzim protease maka akan menyebabkan terhambatnya kerja enzim tersebut sehingga dapat mengganggu proses metabolisme sel dan menyebabkan larva kekurangan energi. Akibatnya dapat menghambat pertumbuhan larva dan jika proses ini terus berlanjut maka akan menyebabkan kematian larva (Sholahuddin *et al.*, 2018).

Kandungan flavonoid pada tanaman bintaro (*C. odollam*) dapat menyerang sistem saraf di beberapa organ vital serangga yang mengakibatkan saraf melemah, seperti melemahnya proses pernapasan yang menyebabkan kematian. Flavonoid bertindak sebagai inhibitor dengan menghambat atau mengurangi laju reaksi kimia,

misalnya mempengaruhi mekanisme energi di mitokondria dengan menghambat sistem transpor elektron pada respirasi aerobik (Susanti *et al.*, 2020).

Saponin yang terkandung pada tanaman bintaro (*C. odollam*) adalah salah satu senyawa yang paling beracun bagi serangga. Saponin memiliki sifat seperti deterjen dan diduga dapat meningkatkan penetrasi zat beracun karena melarutkan bahan lipofilik. Saponin yang bertindak sebagai racun kontak, masuk ke dalam tubuh larva melalui kutikula, atau berhubungan langsung dengan ekstrak bintaro, sehingga mempengaruhi sistem kerja saraf. Racun yang masuk ke dalam tubuh larva dapat menyebabkan terganggunya sistem saraf dengan cara menghambat kerja asetilkolin esterase. Fungsi asetilkolin esterase adalah untuk memecah asetilkolin menjadi kolin, asam asetat dan air. Ketika asetilkolin terakumulasi, pengiriman impuls selanjutnya tidak dapat diteruskan ke otak dan larva mengalami kejang terus menerus hingga kelumpuhan bahkan kematian (Sholahuddin *et al.*, 2018).

Pada tanaman bintaro (*C. odollam*) senyawa alkaloid yang menjadi senyawa spesifik adalah cerberin (Sholahuddin *et al.*, 2018). Cerberin merupakan senyawa spesifik golongan glikosida bebas N turunan alkaloid, yang bertindak sebagai kardiotoxikitas kuat (Dewi *et al.*, 2018). Cerberin adalah golongan alkaloid/glikosida (senyawa polar) yang diduga berkontribusi terhadap kematian serangga. Cerberin memiliki sifat toksik karena dapat mengganggu saluran ion kalsium pada otot jantung larva (Sholahuddin *et al.*, 2018). Cerberin juga dapat meracuni dan merusak saraf pusat otak tikus. Cerberin yang ditelan tikus menyebabkan detak jantung tikus berhenti (Dewi *et al.*, 2018).

Efek pemberian insektisida nabati kulit buah bintaro (*C. odollam*) dapat mengganggu berbagai proses fisiologis larva *H. armigera*. Senyawa metabolit sekunder yang dimiliki oleh tanaman bintaro (*C. odollam*) berupa senyawa tannin dapat mengganggu proses pencernaan serangga dan menghambat pertumbuhan larva, flavonoid dapat mempengaruhi sistem saraf dan mengganggu sistem respirasi aerob, saponin dapat bertindak sebagai racun kontak dengan mempengaruhi sistem saraf, dan cerberin yang merupakan turunan alkaloid dapat mengganggu kinerja jantung larva.

#### **4.2 Efek Pemberian Insektisida Nabati Air Rendaman Kulit Buah Bintaro (*C. odollam*) Terhadap Jumlah Pupa dan Imago *H. armigera* yang Terbentuk**

Pemberian insektisida nabati air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) terhadap jumlah pupa dan imago *H. armigera* menunjukkan semakin rendah konsentrasi maka semakin tinggi presentase pupa dan imago yang terbentuk (Tabel 4.2).

**Tabel 4.2. Persentase Rata-rata Pembentukan Pupa dan Imago**

<b>Perlakuan (%)</b>	<b>Pembentukan Pupa (%)</b>	<b>Kematian Pupa (%)</b>	<b>Pembentukan Imago (%)</b>
K0 (0%)	100	0	100
K1 (10%)	75,9	10	65,9
K2 (20%)	69,3	13,3	56
K3 (40%)	65,6	20,4	45,2
K4 (80%)	58,9	10,4	48,5

Berdasarkan Tabel 4.2 menunjukkan pembentukan pupa terendah terjadi pada konsentrasi 80% sebesar 58,9%, sedangkan pembentukan pupa tertinggi terjadi pada konsentrasi 0% yaitu sebesar 100%. Pada konsentrasi 10% presentase pembentukan pupa sebesar 75,9%, konsentrasi 20% diperoleh presentase pembentukan pupa sebesar

69,3%, dan konsentrasi 40% sebesar 65,6%. Keberhasilan pupa yang terbentuk diduga karena kemampuan larva yang mampu mendetoksifikasi dirinya melalui makanan yang diekskresikannya. Menurut Wang *et al.* (2018), serangga herbivora dapat mengembangkan berbagai mekanisme untuk mendetoksifikasi metabolit sekunder tanaman.

Pembentukan pupa dimulai dengan ditandai masuknya larva ke tanah pada hari ke-11 sampai ke-12 kemudian hari ke-14 pembentukan pupa dimulai. Pupa yang terbentuk dapat dilihat dari sisi bawah botol vial yang ditandai dengan perubahan bentuk dan warna. Pengamatan dilakukan pada hari ke-19 dikarenakan pada hari ke-14 sampai ke-18 kondisi pupa masih terlihat rentan untuk dilakukan pengamatan sehingga dikawatirkan akan terjadi kematian pupa akibat pembongkaran tanah atau pasir pada botol vial. Pengamatan pupa ini terlihat pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4. Penampakan Pupa pada (A) Konsentrasi 10% dan (B) Konsentrasi 80%**

Ada beberapa konsentrasi yang mengalami kematian pupa. Pada Tabel 4.2 menunjukkan kematian pupa tertinggi terjadi pada konsentrasi 40%, yaitu sebesar 20,4% sedangkan kematian pupa terendah terjadi pada konsentrasi 10% yaitu sebesar 10%. Kematian pupa ditandai dengan tubuh pupa berwarna pucat kehitaman serta

mengeluarkan cairan bening kekuningan (Gambar 4.5). Kematian pupa diduga karena senyawa yang terakumulasi pada fase larva sehingga mempengaruhi pupa dalam menyediakan energi untuk perkembangan menuju imago yang pada akhirnya mengalami kematian karena efek yang ditimbulkan pestisida nabati.

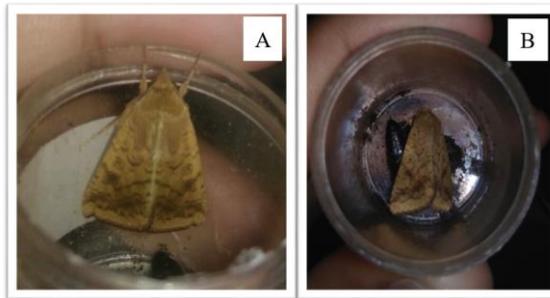


**Gambar 4.5. Pupa yang Sudah Mati**

Penyerapan pestisida nabati yang bersifat racun bagi lambung terjadi di bagian tengah saluran pencernaan (*midgut*). Saluran tengah adalah organ utama saluran pencernaan serangga dan mampu menyerap nutrisi dan mensekresikan enzim. Terganggunya sekresi enzim dalam proses pencernaan makanan dapat mengakibatkan kekurangan energi sehingga larva akan mengalami kematian. Metabolit sekunder yang terkandung dalam pestisida tumbuhan akan terakumulasi dan menjadi racun di dalam tubuh larva. Racun tersebut akan menyebar melalui sel-sel ke seluruh tubuh dalam sistem peredaran hemolimfa (Purwani *et al.*, 2017).

Pembentukan imago (Tabel 4.2) terjadi pada hari ke-25, dimana masing-masing presentase pembentukan imago sebesar 100% pada konsentrasi 0%, konsentrasi 10% sebesar 65,9%, konsentrasi 20% sebesar 56%, konsentrasi 40% sebesar 45,2%, dan konsentrasi 80% sebesar 48,5%. Imago yang terbentuk menunjukkan bahwa air

rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) tidak memberikan efek cacat tubuh, perlambatan pertumbuhan, dan perubahan struktur pada morfologi imago *H. armigera* (Gambar 4.6).



**Gambar 4.6. Penampakan Imago (A) Konsentrasi 10% dan (B) Konsentrasi 80%**

Penelitian ini dapat dinyatakan bahwa air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) tidak memiliki hasil yang signifikan terhadap mortalitas larva *H. armigera* sedangkan efek pemberian air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) terhadap jumlah pupa dan imago yakni tidak berpengaruh terhadap kematian pupa dengan masih terbentuknya sejumlah pupa dan imago serta tidak terjadi kecacatan pada struktur morfologi pada masing-masing perlakuan. Penelitian tentang pengaruh kulit buah bintaro (*C. odollam*) sebagai insektisida nabati juga dilakukan oleh Tarmadi *et al.* (2018), menyatakan bahwa ekstrak kulit buah bintaro (*C. odollam*) tidak berpengaruh nyata terhadap *Aedes aegypti*. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Meisyara *et al.* (2020), menyatakan juga bahwa ekstrak kulit buah bintaro (*C. odollam*) tidak berpengaruh nyata terhadap *Culex quinquefasciatus*.

Sebelum berkembangnya ilmu pengetahuan modern seperti ilmu pengetahuan saat ini, keberadaan metabolit sekunder pada tumbuhan yang dapat digunakan sebagai

pestisida nabati telah tersirat dalam Al-Qur'an. Manusia sebagai khalifah hanya perlu mengkaji apa yang telah dijelaskan dalam Al-Qur'an secara lebih luas. Dalam firman Allah Q.S. Asy-Syu'ara ayat 7-8 yaitu:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ۚ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً ۚ وَمَا كَانَ أَكْثَرُهُمْ مُؤْمِنِينَ ۝

Artinya: “Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, betapa banyak Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam (tumbuh-tumbuhan) yang baik?. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kekuasaan Allah), tetapi kebanyakan mereka tidak beriman.” (Asy-Syu'ara [26]: 7-8)

Dalam tafsir Al Mishbah: Ayat ini menjelaskan bahwa keanekaragaman tumbuh-tumbuhan dengan berbagai manfaat merupakan bukti keniscayaan keesaan Allah swt. yang menumbuhkan semua ini. Sesungguhnya kewujudan pelbagai tumbuh-tumbuhan di muka bumi ini adalah bukti yang nyata tentang kewujudan Yang Maha Pencipta (Qurais Shihab, 2002). Pemanfaatan metabolit sekunder yang terdapat dalam tumbuhan sebagai pestisida nabati merupakan bukti nyata keesaan Allah. Pestisida nabati digunakan sebagai alternatif pestisida sintetik dan sediaan atau formulasi alami dalam mengendalikan hama dengan mekanisme non-toksik dan ramah lingkungan (Adhikari *et al.*, 2020). Dalam Q.S. Al-Qashash ayat 77, yaitu:

وَابْتَغِ فِيمَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنْ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ الْفَسَادَ فِي الْأَرْضِ ۚ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ ۝

Artinya: “Dan, carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (pahala) negeri akhirat, tetapi janganlah kamu lupakan bagianmu di dunia. Berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan.” (Q.S. al-Qashash [28]: 77)

Al-Quran secara tegas memerintahkan manusia untuk mengelola alam dan lingkungan dengan baik agar tetap terjaga keseimbangan dan keberlangsungannya dengan cara terus mengkaji apa yang sudah dianugerahkan Allah kepada manusia serta diperintahkan untuk tidak berbuat kerusakan di muka bumi (Ibrahim dkk., 2017). Oleh karena itu, manusia sebagai khalifah di dunia harus menjaga dan memberi kebermanfaatan bagi lingkungan sekitar agar keberlangsungan hidup berlanjut dan seimbang. Kewajiban memakmurkan bumi adalah bentuk rasa syukur atas rahmat yang sudah diberikan. Salah satu wujud rasa syukur yaitu dengan menggali, meneliti, dan memanfaatkan apa yang sudah disediakan oleh alam dengan tidak berlebihan agar terciptanya keseimbangan alam.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat diambil kesimpulan antara lain:

1. Air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap mortalitas larva *H. armigera*.
2. Efek pemberian air rendaman kulit buah bintaro (*C. odollam*) terhadap jumlah pupa dan imago yakni tidak berpengaruh terhadap kematian pupa dengan masih terbentuknya sejumlah pupa dan imago pada masing-masing perlakuan.

#### **5.2 Saran**

Saran yang diberikan berdasarkan penelitian ini, yaitu tidak disarankan menggunakan bagian kulit buah bintaro sebagai pestisida nabati tetapi disarankan untuk menggunakan bagian lain seperti bunga yang masih belum banyak diteliti.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, K., Niraula, D., & Shrestha, J. 2020. Use of Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) as a Biopesticide in Agriculture: A review. *Journal of Agriculture and Applied Biology*. 1(2): 100-117.
- Acharya, P., Mir, S. A., & Nayak, B. 2017. Competence of Biopesticide and Neem in Agriculture. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. 2(6): 2958-2964.
- Affandi, A., & Handoko, H. 2012. The Potency Of Botanical Pesticides To Control Acarine *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari: Tetranychidae). *AGRIVITA, Journal of Agricultural Science*. 34(1): 84-93.
- Agnihotri, A. R., Zunjarrao, S. S., Nagare, M., & Joshi, R. S. 2019. Diminution of Feeding Response in *Helicoverpa armigera* by Inhibition or Silencing of Sugar Gustatory Receptor. *bioRxiv*. 599324.
- Agnihotri, A.R., Roy, A.A., Joshi, R.S., 2016. Gustatory Receptors in Lepidoptera: Chemosensation and Beyond. *Insect Molecular Biology*. 25(5): 519-529.
- Angraini, Yenni. 2017. Uji Fitokimia dan Toksisitas dari Ekstrak Daun Bintaro *Cerbera odollam* Gaerthn Terhadap *Artemia salina* Leach. *Skripsi*. Departemen Biologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar.
- Aguoru, C. U., Offia, K. L., & Olasan, J. O. 2016. Insecticidal Efficacy of Plumeria Species Leaf Extract on Two Economically Important Insects Populations: Mosquito (*Anopheles*) and Bean Weevils (*Callosobruchus maculatus*). *Journal of Herbal Medicine Research*. 1(2): 1-9.
- Aziz, A., T. C. Maigoda, Y. Alza, Z. Ikhwan and R. Sahknan. 2019. An Effectiveness Test Analysis Of Sea Mango Seeds Extract (*Cerbera manghas*) Andpapaya Leaves Extract (*Carica papaya*) In Controlling The Vector Of Aedes Aegypti Mosquitos. *World Journal of Pharmaceutical and Life Sciences*. 5: 7-13.
- Baliadi, Yuliantoro & Wedanimbi Tengkano. 2008. Ulat Pemakan Polong *Helicoverpa armigera* Hubner: Biologi, Perubahan Status dan Pengendaliannya pada Tanaman Kedelai. *Buletin Palawija*. 16: 37-50.
- Bernshteyn, M., Adams, S. H., & Gada, K. 2020. A case of attempted suicide by *Cerbera odollam* seed ingestion. *Case reports in critical care*. 2020: 1-5.
- Chan, E. W. C., Wong, S. K., Chan, H. T., Baba, S., & Kezuka, M. 2016. *Cerbera* are coastal trees with promising anticancer properties but lethal toxicity: A short review. *Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences*. 25(3): 161-169.
- Carneiro, E., Silva, L.B., Maggioni, K., dos Santos, V.B., Rodrigues, T.F., Reis, S.S. and Pavan, B.E. .2014. Evaluation of Insecticides Targeting Control of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). *American Journal of Plant Sciences*. 5: 2823-2828.
- Department of Primary Industries and Fisheries. 2005. Insect Understanding *Helicovrpa* Ecology and Biology In Southern Quensland: Know The Enemy to Manage It Better. *Article of Queensland Government*.

- Dewi, M. S., Subchan, W., & Prihatin, J. 2018. Effectiveness of Bintaro Seeds Extract (*Cerbera odollam* Gaertn.) on Armyworm (*Spodoptera litura* (Fabricius) Mortality. *BIOEDUKASI: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*. 16(1): 31-38.
- Dono, D., Ismayana, S., Idar, I., Prijono, D., & Muslikha, I. 2010. Status dan Mekanisme Resistensi Biokimia *Crociodolomia pavonana* (F.)(Lepidoptera: Crambidae) Terhadap Insektisida Organofosfat Serta Kepekaannya Terhadap Insektisida Botani Ekstrak Biji *Barringtonia asiatica*. *Jurnal Perhimpunan Entomologi Indonesia*. 7(1): 9-27.
- EFSA Panel on Plant Health (PLH). 2014. Scientific Opinion on the pest categorisation of *Helicoverpa armigera* (Hübner). *EFSA Journal*. 12(10): 3833.
- Emrisena, A., Abdurrahman, & Suyanto, E. 2018. Pengaruh Model Pembelajaran *Problem Based Learning* Terhadap Keterampilan Proses Sains Ditinjau Dari *Self-Efficacy* Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika*. 6(2): 196-208.
- EPPO. 2021. *Helicoverpa armigera*. EPPO datasheets on pests recommended for regulation. Available online. <https://gd.eppo.int>. Diakses pada 26 November 2021.
- Genç, H., Yücel, S., & Akçal, A. 2017. Observation of *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuide) infestation on *Gladiolus grandiflorus* (Iridaceae) in Çanakkale. *COMU Journal of Agriculture Faculty*. 5(1): 105-114.
- Ginting, Sempurna, Teguh Santoso, Yayi Munara K., Ruly Anwar, & Lisdari Sudirman. 2019. Patogenitas Cendawan *Lecanicillium* sp. PTN01 terhadap Penggerek Tongkol Jagung *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Berita Biologi*. 18(1): 13-24.
- Glare, T., J. Caradus, W. Gelernter, T Jackson and N. Keyhani et al., 2012. Have biopesticides come of age? *Trends Biotechnol.* 30(5): 250-258.
- Haile, Fikru, Tim Nowatzki, & Nicolas Storer. 2021. Overview of Pest Status, Potential Risk, and Management Considerations of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) for U.S. Soybean Production. *Journal of Integrated Pest Management*. 12(1): 1-10.
- Hasan, R., Tedja, T., Riani, E., & Sugiarti, S. 2016. Pengaruh Aktivasi Fisika dan Kimia Arang Aktif Buah Bintaro Terhadap Daya Serap Logam Berat Krom. *Biopropal Industri*. 7(1): 35-45.
- Herlinda, Siti. 2005. Bioekologi *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) pada Tanaman Tomat. *Jurnal Agria*. 2(1): 32-36.
- Herman, M. 2021. Integrasi dan Interkoneksi Ayat-Ayat Al-Quran dan Hadist dengan Ikatan Kimia. *Jurnal Education And Development*. 9(2): 317-327.
- Hikal, W. M., Baeshen R. S. & Hussein A.H. Said-Al Ahl. 2017. Botanical insecticide as simple extractives for pest control. *Cogent Biology*. (3)1: 1-16.
- Hilliou, F., Chertemps, T., Maïbèche, M., & Le Goff, G. 2021. Resistance in the genus *Spodoptera*: key insect detoxification genes. *Insects*. 12(6): 544.
- Hodges, R. E., & Minich, D. M. 2015. Modulation of metabolic detoxification pathways using foods and food-derived components: a scientific review with clinical application. *Journal of nutrition and metabolism*.

- Ibrahim, Rustam, A. Mufrod Teguh Mulyo, & Lilis Fatimah. 2017. Konsep Ramah Lingkungan dalam Perspektif Alquran, Hadis, dan Kitab Kuning di Pesantren. *MADANIA*. 21(2): 209-220.
- Islam, Md. Siddiqul & Zebunnesa Ahmed. 2018. A Pharmacological And Phytochemical Review Of *Cerbera Odollam* A Plant With Significant Ethnomedicinal Value. *European Journal Of Pharmaceutical And Medical Research*. 4(12): 19-21.
- Juliani, W. & Yuliani. 2017. Uji Efektivitas Ekstrak Daun Kipahit (*Tithonia diversifolia*) dan Daun Saliara (*Lantana camara* L.) Terhadap Mortalitas Kepinding Tanah (*Scotinophara coarctata*). *Agroscience*. 7(2): 320-325.
- Julaily, N., Mukarlina dan T.R. Setyawati. 2013. Pengendalian Hama pada Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) Menggunakan Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya* L.). Universitas Tanjungpura. Pontianak. *Jurnal Protobiont*. 2 (3): 171-175.
- Juliati, J., Mardhiansyah, M., & Arlita, T. 2016. Uji Beberapa Konsentrasi Ekstrak Daun Bintaro (*Cerbera manghas* L.) Sebagai Pestisida Nabati Untuk Mengendalikan Hama Ulat Jengkal (*Plusia* SP.) Pada Trembesi (*Samanea Saman* (Jacq.) Merr.). *Jom Faperta UR*. 3(1).
- Khumaira, Fuadella. 2021. Pestisida Nabati Ekstrak Daun Gamal (*Gliricidia sepium* Jacq. Kunth) Terhadap Ulat Daun (*Spodoptera exigua* Hubner) Tanaman Bawang Merah. *Skripsi*. Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Kuwar, S. S., Pauchet, Y., & Heckel, D. G. 2020. Effects of class-specific, synthetic, and natural proteinase inhibitors on life-history traits of the cotton bollworm *Helicoverpa armigera*. *Archives of insect biochemistry and physiology*. 103(4): e21647.
- Lengai, G. M., Muthomi, J. W., & Mbega, E. R. 2020. Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*. 7.
- Meisyara, D., Tarmadi, D., Zulfitri, A., Fajar, A., Ismayati, M., Himmi, S. K., ... & Yusuf, S. 2020. Larvicidal Activity of Bintaro (*Cerbera odollam*) against *Culex quinquefasciatus*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 591(1): 012010.
- Menezes, R. G., Usman, M. S., Hussain, S. A., Madadin, M., Siddiqi, T. J., Fatima, H., ... Luis, S. A. 2018. *Cerbera odollam* toxicity: A review. *Journal of Forensic and Legal Medicine*. 58: 113-116.
- Mironidis, George K. 2014. Development, survivorship and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) under fluctuating temperatures. *Bulletin of Entomological Research*. 104: 751-764.
- Mishra, J., S. Tewari, S. Singh and N.K. Arora. 2015. Biopesticides: Where we stand. *Plant Microbes Symbiosis: Applied Facets*. 9: 37-75.
- Muslihat & Desita Salbiah. 2020. Uji Beberapa Konsentrasi Ekstrak Tepung Daun Bintaro (*Cerbera manghas* L.) Terhadap Hama Penggerek Tongkol Jagung Manis (*Helicoverpa armigera* Hubner). *Jurnal Dinamika Pertanian*. 36(1): 21-28.

- Mustakim. 2017. Pendidikan Lingkungan Hidup Dan Implementasinya Dalam Pendidikan Islam (Analisis Surat Al-A'raf Ayat 56-58 Tafsir Al Misbah Karya M. Quraish Shihab). *Journal Of Islamic Education* 2(1): 1-27.
- Navarro-Roldán, M. A., Bosch, D., Gemenó, C., & Siegwart, M. 2020. Enzymatic detoxification strategies for neurotoxic insecticides in adults of three tortricid pests. *Bulletin of Entomological Research*. 110(1): 144-154.
- Noer, S., Pratiwi, R. D., & Gresinta, E. 2018. Penetapan Kadar Senyawa Fitokimia (Tanin, Saponin Dan Flavonoid Sebagai Kuersetin) Pada Ekstrak Daun Inggu (*Ruta angustifolia* L.). *Jurnal Ilmu-ilmu MIPA*. 18: 19-29.
- Pinto, Fábio A., Marcos V.V. Mattos, Farley W.S. Silva, Silma L. Rocha, and Simon L. Elliot. 2017. The Spread of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and Coexistence with *Helicoverpa zea* in Southeastern Brazil. *Insects*. 8(3): 87.
- Pracaya. 2007. *Hama dan Penyakit Tanaman*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Prasanth, S. S., & Aiyalu, R. 2015. Quantitative determination of cerberin in seed extract of *Cerbera odollam* and rat serum by high performance thin layer chromatography. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 5(3): 061-069.
- Purwani, K. I., Wijayawati, L., Nurhatika, S., Sa'Diyah, N. A., & Arifiyanto, A. 2014. Bintaro (*Cerbera odollam*) leaf extract as a potential biological pest control toward Spodopteralitura F. mortality. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.* 4(4): 18-23.
- Purwani, K. I., Nurhatika, S., Ermavitalini, D., Saputro, T. B., & Budiarti, D. S. 2017. Reducing the level of leaves damage of (*Brassica rapa*) caused by armyworm (*Spodoptera litura* F.) through liquid bioinsecticide formulation of bintaro (*Cerbera odollam*) leaves extract. *AIP Conference Proceedings*. 1854: 1-9.
- Queiroz-S., L., M. M. Casagrande, & A. Specht. 2018. Morphological Characterization of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae: Heliiothinae). *Neotropical Entomology*. 47: 517-542.
- Qurais Shihab. 2002. *Tafsir Al Misbah Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an Vol. 10*. Jakarta: Lentera hati
- Rahman A. H. M., Mahbubur & Mahfuza Akter. 2015. Taxonomy and Traditional Medicinal Uses of Apocynaceae (Dogbane) Family of Rajshahi District, Bangladesh. *Research & Reviews: Journal of Botanical Sciences*. 4: 1-12.
- Rahman, M. S., Faisal, A., Hasan, C. M., Ahsan, M., & Masud, M. M. 2017. Chemical and biological investigations of *Cerbera odollam* Gaertn. *Dhaka University Journal of Pharmaceutical Sciences*. 16(2): 179-186.
- Rufaida, Ulya .2014. Patogenisitas isolat lokal jamur *Metarhizium anisopliae* (Metsch) terhadap *Helicoverpa armigera* hubner. *Skripsi*. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Santos, V. , Silva, L. , Carneiro, E. , Silva, A. , Lopes, G. , Pavan, B. and Rodrigues, T. 2017. Comparative Study of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) Preference for Bt and Non-Bt Soybean Cultivars. *American Journal of Plant Sciences*. 8: 2483-2500.
- Samada, L. H. & Tambunan, U. S. F. 2020. Biopesticides as Promising Alternatives to Chemical Pesticides: A Review of Their Current and Future Status. *OnLine Journal of Biological Sciences*. 20(2): 66-76.

- Saha, Dhiraj. 2016. Biochemical insecticide resistance in tea pests. *Insecticides resistance*. 347-390.
- Septiana, A.T dan A. Asnani. 2012. Kajian sifat fisikokimia ekstrak rumput laut *Sargassum duplicatum* menggunakan berbagai pelarut dan metode ekstraksi. *Agrointek*. 6(1): 22-28.
- Sharma, V. G., Sushil Kumar & Srinivas G. 2019. Biology of *Helicoverpa armigera* (Hubner) on tomato in South Gujarat. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 7(5): 532-537.
- Sholahuddin, A. H., Subchan, W., & Prihatin, J. 2018. Toxicity of granules of bintaro leaf extract (*Cerbera odollam* Gaertn.) on armyworm (*Spodoptera litura* Fab.). *BIOEDUKASI: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*. 17(1): 15-21.
- Sofia, W. N. 2021. Interpretasi Imam Al-Maraghi dan Ibnu Katsir Terhadap Q.S. Ali Imran Ayat 190-191: Imam Al-Maraghi and Ibn Kathir's Interpretation of Q.S. Ali Imran Verses 190-191. *Tafkir: Interdisciplinary Journal of Islamic Education*. 2(1): 41-57.
- Sunita, S. 2017. Taxonomy and biology of *Helicoverpa armigera*. *International Journal of Global Science Research*. 4(2): 617-622.
- Susanti, Rini, Risnawati, & Wiznie Fadhillah. 2020. A Qualitative test of Primary and Secondary Metabolites of Bintaro Plant as a Rat (*Rattus argentiventer*) Pest Repellent. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. 5(5): 1300-1303.
- Susilo, Achmadi, Dwi Haryanta, & Tatuk Tojibatus Sa'adah. 2020. The Effect of Bintaro (*Cerbera manghas*) Leaf Extract on Transmission of Aphids (Homoptera) in Chili (*Capsicum annum*) Plants. *International Journal Of Biology And Biomedical Engineering*. 14: 239-250.
- Susilo, A., Haryanta, D., & Sa'adah, T. T. 2019. Response of Riptortus linearis towards the application of Bintaro (*Cerbera manghas*) leaf extract. *EurAsian Journal of BioSciences*. 13(2): 2217-2224.
- Tarmadi, D., Gunandini, D. J., & Yusuf, S. 2018. Larvicidal Activity of *Cerbera odollam* Gaertn Against a Dengue Vector, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Springer, Singapore: Sustainable Future for Human Security*. 175-188.
- Utami, S., Syaufina, L., & Haneda, N. F. 2010. Daya racun ekstrak kasar daun bintaro (*Cerbera odollam* Gaertn.) terhadap larva *Spodoptera litura* fabricius. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 15(2): 96-100.
- Utami, S. 2010. Aktivitas Insektisida Bintaro (*Cerbera odollam* Gaertn.) Terhadap Hama *Eurema* spp. pada Skala Laboratorium. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 7(4): 211-220.
- Wahyuni, D., & Loren, I. 2015. Perbedaan Toksisitas Ekstrak Daun Sirih (*Piper Betle* L.) Dengan Ekstrak Biji Srikaya (*Annona squamosa* L.) Terhadap Larva Nyamuk *Aedes aegypti* L. *Saintifika*. 17(1): 38-48.
- Wang, H., Shi, Y., Wang, L., Liu, S., Wu, S., Yang, Y., ... & Wu, Y. 2018. CYP6AE gene cluster knockout in *Helicoverpa armigera* reveals role in detoxification of phytochemicals and insecticides. *Nature communications*. 9(1): 1-8.

- Wu, Y., Ren, D., Gao, C., Li, J., Du, B., Wang, Z., & Qian, S. 2021. Recent advances for alkaloids as botanical pesticides for use in organic agriculture. *International Journal of Pest Management*. 1-11.
- Wu, C., Ding, C., Chen, S., Wu, X., Zhang, L., Song, Y., ... & Zeng, R. 2021. Exposure of *Helicoverpa armigera* Larvae to plant volatile organic compounds induces cytochrome P450 monooxygenases and enhances larval tolerance to the insecticide methomyl. *Insects*. 12(3): 238.
- Zoubiri, Safia & Baaliouamer, Aoumeur. 2014. Potentiality of plants as source of insecticide principles. *Journal of Saudi Chemical Society*. 18: 925-938.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Prosedur Pembuatan Air Rendaman Kulit Buah Bintaro (*C. odollam*)

No	Prosedur	Gambar
1	Menyiapkan kulit buah bintaro ( <i>C. odollam</i> ) yang berwarna merah (matang).	
2	Dicuci sampai bersih dan ditiriskan.	
3	Kulit buah bintaro ( <i>C. odollam</i> ) dikupas dan dicincang.	
4	Ditimbang kulit buah bintaro ( <i>C. odollam</i> ) sebanyak 100 gr.	

5	<p>Kulit buah bintaro (<i>C. odollam</i>) diekstrak dengan cara diblender/homogenizer selama 15 menit menggunakan pelarut air dengan perbandingan 1:3 (w/v) dan ditambahkan sabun cuci cair sebanyak 3 ml.</p>	
6	<p>Hasil ekstraksi dituangkan ke dalam toples dan dibiarkan selama 24 jam.</p>	
7	<p>Kemudian disaring menggunakan kain halus dan dimasukkan ke dalam toples atau botol plastik.</p>	
8	<p>larutan tersebut diencerkan dengan air sesuai dengan konsentrasi yaitu: 10 %, 20%, 40%, dan 80%.</p>	

**Lampiran 2.** Perlakuan Air Rendaman Kulit Buah Bintaro (*C. odollam*) terhadap Larva *H. Armigera*

No	Perlakuan	Gambar
1	Perlakuan Ekstrak Kulit Buah Bintaro ( <i>C. odollam</i> ) terhadap Larva <i>H. armigera</i> menggunakan metode penyemprotan sesuai konsentrasi yang sudah ditentukan sebanyak 5 kali semprot (0,5 ml) pada tiap botol vial.	
2	Masing-masing perlakuan diletakkan sesuai pada tempat yang sudah ditentukan.	
3	Pada hari ke-10 dilakukan penambahan pasir sebagai tempat perkembangan pupa sebanyak setengah botol vial.	
4	Pada hari ke-19 dilakukan pembongkaran pasir untuk mengamati pupa.	

**Lampiran 3.** Pengamatan Jumlah Kematian *H. Armigera* setiap 24 jam

Perlakuan	Ulangan	Pengamatan Jumlah Kematian <i>H. armigera</i> pada 24 Jam Ke-																							Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	i..	25	
K0 (0%)	I	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K1 (10%)	I	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4
	II	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	4	
	III	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	4
K2 (20%)	I	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4
	II	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5
	III	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	6
K3 (40%)	I	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	6
	II	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	6
	III	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	6
K4 (80%)	I	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	6
	II	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5
	III	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	6

Catatan:

1. Pada konsentrasi tinggi intensitas makan larva semakin banyak, sedangkan pada konsentrasi rendah intensitas makan larva lebih sedikit.
2. Pada konsentrasi rendah tingkat kematian larva lebih cepat daripada konsentrasi tinggi.
3. Larva yang intensitas makannya sangat rendah mengalami perlambatan pertumbuhan dan perkembangan.
4. Pada hari ke-10 dilakukan penambahan pasir sebanyak setengah botol vial sebagai tempat perkembangan dan pertumbuhan pupa.
5. Pada hari ke-11 dan ke-12, larva mulai masuk ke dalam pasir.

6. Pada hari ke-14 larva yang sudah masuk ke dalam pasir mulai mengalami perubahan menjadi pupa.
7. Pada hari ke-13 sampai seterusnya, larva yang tidak masuk ke dalam pasir merupakan larva yang mengalami perlambatan pertumbuhan dan perkembangan (seperti perlambatan perubahan instar) yang kemudian mengalami kematian.
8. Pada hari ke-19 dilakukan pengamatan pupa dengan cara membongkar pasir pada vial.
9. Kematian pupa terbanyak terdapat pada konsentrasi 40%.
10. Pada konsentrasi 80% kematian pupa lebih sedikit dibandingkan pada konsentrasi 20%.
11. Pupa yang mati ditandai dengan perubahan warna pupa menjadi hitam.

#### Lampiran 4. Mortalitas Larva *H. armigera*

Perlakuan	Ulangan	$\Sigma$ Larva Uji (Ekor)	$\Sigma$ Kematian Larva (Ekor)	Mortalitas (%)	Mortalitas Terkoreksi (%)	Rata-rata Mortalitas Terkoreksi (%)
K0 (0%)	I	10	1	10	0	0
	II	10	0	0	0	
	III	10	0	0	0	
K1 (10%)	I	10	3	30	22,2	24,1
	II	10	2	20	20	
	III	10	3	30	30	
K2 (20%)	I	10	3	30	22,2	30,7
	II	10	4	40	40	
	III	10	3	30	30	
K3 (40%)	I	10	4	40	33,3	34,4
	II	10	4	40	40	
	III	10	3	30	30	
K4 (80%)	I	10	4	40	33,3	41,1
	II	10	4	40	40	
	III	10	5	50	50	

**Lampiran 5. Pembentukan Pupa *H. armigera***

Perlakuan	Ulangan	Jumlah Pembentukan Pupa	Pembentukan Pupa (%)	Pembentukan Pupa Terkoreksi (%)	Rata-rata Pembentukan Pupa Terkoreksi (%)
K0 (0%)	I	9	90	100	100
	II	10	100	100	
	III	10	100	100	
K1 (10%)	I	7	70	77,8	75,9
	II	8	80	80	
	III	7	70	70	
K2 (20%)	I	7	70	77,8	69,3
	II	6	60	60	
	III	7	70	70	
K3 (40%)	I	6	60	66,7	65,6
	II	6	60	60	
	III	7	70	70	
K4 (80%)	I	6	60	66,7	58,9
	II	6	60	60	
	III	5	50	50	

**Lampiran 6. Mortalitas Pupa *H. armigera***

Perlakuan	Ulangan	Jumlah Kematian Pupa	Mortalitas Pupa (%)	Mortalitas Pupa Terkoreksi (%)	Rata-rata Mortalitas Pupa Terkoreksi (%)
K0 (0%)	I	1	10	0	0
	II	0	0	0	
	III	0	0	0	
K1 (10%)	I	1	10	0	10
	II	2	20	20	
	III	1	10	10	
K2 (20%)	I	1	10	0	13,3
	II	1	10	10	
	III	3	30	30	
K3 (40%)	I	2	20	11,1	20,4
	II	2	20	20	
	III	3	30	30	
K4 (80%)	I	2	20	11,1	10,4
	II	1	10	10	
	III	1	10	10	

**Lampiran 7.** Pembentukan Imago *H. armigera*

Perlakuan	Ulangan	Jumlah Pembentukan Imago	Pembentukan Imago (%)	Pembentukan Imago Terkoreksi (%)	Rata-rata Pembentukan Imago Terkoreksi (%)
K0 (0%)	I	8	80	100	100
	II	10	100	100	
	III	10	100	100	
K1 (10%)	I	6	60	77,8	65,9
	II	6	60	60	
	III	6	60	60	
K2 (20%)	I	6	60	77,8	56
	II	5	50	50	
	III	4	40	40	
K3 (40%)	I	4	40	55,6	45,2
	II	4	40	40	
	III	4	40	40	
K4 (80%)	I	4	40	55,6	48,5
	II	5	50	50	
	III	4	40	40	

**Lampiran 8.** Uji Normalitas

Tests of Normality <sup>a</sup>							
		Kolmogorov-Smirnov <sup>b</sup>			Shapiro-Wilk		
	Perlakuan	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Ulangan	Konsentrasi 10	.305	3	.	.905	3	.403
	Konsentrasi 20	.199	3	.	.995	3	.864
	Konsentrasi 40	.255	3	.	.963	3	.630
	Konsentrasi 80	.219	3	.	.987	3	.783

a. Ulangan is constant when Perlakuan = Konsentrasi 0. It has been omitted.

b. Lilliefors Significance Correction

Keterangan:

- Jika nilai sig.> 0,05 maka data berdistribusi normal.

- Jika nilai sig.< 0,05 maka data tidak berdistribusi normal.

### Lampiran 9. Uji Homogenitas

#### Test of Homogeneity of Variances

Ulangan

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.855	4	10	.195

Keterangan:

- Jika nilai sig.> 0,05 maka data homogen.
- Jika nilai sig.< 0,05 maka data tidak homogen.

### Lampiran 10. Uji *One Way* ANOVA

#### Descriptives

Ulangan

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					Konsentrasi 0	3		
Konsentrasi 10	3	24.067	5.2548	3.0339	11.013	37.120	20.0	30.0
Konsentrasi 20	3	30.733	8.9226	5.1515	8.568	52.898	22.2	40.0
Konsentrasi 40	3	34.433	5.0954	2.9418	21.776	47.091	30.0	40.0
Konsentrasi 80	3	41.100	8.4042	4.8521	20.223	61.977	33.3	50.0
Total	15	26.067	15.6100	4.0305	17.422	34.711	.0	50.0

#### ANOVA

Ulangan

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3003.753	4	750.938	18.422	.000
Within Groups	407.640	10	40.764		
Total	3411.393	14			

Keterangan:

- Jika nilai Asymp. Sig. > 0,05 maka tidak ada perbedaan signifikan atau  $H_0$  diterima atau  $H_1$  ditolak.
- Jika nilai Asymp. Sig. < 0,05 maka ada perbedaan signifikan atau  $H_0$  ditolak atau  $H_1$  diterima.

### Lampiran 11. Uji Tukey

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: Ulangan

Tukey HSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Konsentrasi 0	Konsentrasi 10	-24.0667*	5.2131	.007	-41.223	-6.910
	Konsentrasi 20	-30.7333*	5.2131	.001	-47.890	-13.577
	Konsentrasi 40	-34.4333*	5.2131	.000	-51.590	-17.277
	Konsentrasi 80	-41.1000*	5.2131	.000	-58.257	-23.943
Konsentrasi 10	Konsentrasi 0	24.0667*	5.2131	.007	6.910	41.223
	Konsentrasi 20	-6.6667	5.2131	.709	-23.823	10.490
	Konsentrasi 40	-10.3667	5.2131	.336	-27.523	6.790
	Konsentrasi 80	-17.0333	5.2131	.052	-34.190	.123
Konsentrasi 20	Konsentrasi 0	30.7333*	5.2131	.001	13.577	47.890
	Konsentrasi 10	6.6667	5.2131	.709	-10.490	23.823
	Konsentrasi 40	-3.7000	5.2131	.950	-20.857	13.457
	Konsentrasi 80	-10.3667	5.2131	.336	-27.523	6.790
Konsentrasi 40	Konsentrasi 0	34.4333*	5.2131	.000	17.277	51.590
	Konsentrasi 10	10.3667	5.2131	.336	-6.790	27.523
	Konsentrasi 20	3.7000	5.2131	.950	-13.457	20.857
	Konsentrasi 80	-6.6667	5.2131	.709	-23.823	10.490
Konsentrasi 80	Konsentrasi 0	41.1000*	5.2131	.000	23.943	58.257
	Konsentrasi 10	17.0333	5.2131	.052	-.123	34.190
	Konsentrasi 20	10.3667	5.2131	.336	-6.790	27.523
	Konsentrasi 40	6.6667	5.2131	.709	-10.490	23.823

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

### Ulangan

Tukey HSD<sup>a</sup>

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Konsentrasi 0	3	.000	
Konsentrasi 10	3		24.067
Konsentrasi 20	3		30.733
Konsentrasi 40	3		34.433
Konsentrasi 80	3		41.100
Sig.		1.000	.052

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

#### Keterangan:

- Jika nilai Sig. > 0,05 maka tidak ada perbedaan signifikan atau  $H_0$  diterima atau  $H_1$  ditolak.
- Jika nilai Sig. < 0,05 maka ada perbedaan signifikan atau  $H_0$  ditolak atau  $H_1$  diterima.

#### Lampiran 12. Gambar Hasil Pengamatan

No	Gambar	Keterangan
1		Kematian larva pada instar 3 konsentrasi 10 % yang ditandai dengan larva berwarna pucat kehitaman.

2		<p>Kematian larva pada instar 4 pada konsentrasi 80% yang ditandai dengan larva berwarna pucat kehitaman.</p>
3		<p>Penampakan larva instar 4</p>
4		<p>Penampakan pupa pada konsentrasi 10%</p>

5		Penampakan bentuk ruang sebagai tempat perkembangan larva pada konsentrasi 80%
6		Penampakan kematian pupa yang ditandai dengan pupa berwarna warna hitam
7		Penampakan imago konsentrasi 80%

8		Penampakan imago konsentrasi 10 %
9		Penampakan larva yang tidak mengalami perkembangan menjadi pupa

10	 <p data-bbox="781 237 833 275">b</p> <p data-bbox="781 583 833 621">b</p> <p data-bbox="781 909 833 947">c</p> <p data-bbox="781 1276 833 1314">d</p>	<p data-bbox="971 233 1365 331">Feses yang Dikeluarkan pada Jam Ke-7 Setelah Pemberian Makan.</p> <p data-bbox="971 338 1235 375">(a) Konsentrasi 80%</p> <p data-bbox="971 382 1235 420">(b) Konsentrasi 40%</p> <p data-bbox="971 426 1235 464">(c) Konsentrasi 20%</p> <p data-bbox="971 470 1235 508">(d) Konsentrasi 10%.</p>
----	--	--

**Lampiran 13. Bukti Konsultasi Pembimbing Biologi**

KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
**PROGRAM STUDI BIOLOGI**  
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. (0341) 558933, Fax. (0341) 558933

**KARTU KONSULTASI SKRIPSI**

Nama : Maulana Dian Bahtiar  
NIM : 17620077  
Program Studi : S1 Biologi  
Semester : Genap TA 2021/2022  
Pembimbing : Azizatur Rahmah, M.Sc  
Judul Skripsi : Pengaruh Air Rendaman Kulit Buah Bintaro (*Cerbera odollam* Gaertn.) Terhadap Mortalitas *Helicoverpa armigera* Hubner

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	09/10/2021	Proposal Skripsi	
2.	11/10/2021	BAB I, II, dan III	
3.	15/10/2021	ACC Proposal Skripsi	
4.	19/01/2022	BAB IV dan V	
5.	26/01/2022	BAB IV dan V	
6.	27/01/2022	BAB IV dan V	
7.	02/02/2022	BAB IV dan V	
8.	03/02/2022	BAB IV dan V	
9.	04/02/2022	ACC Naskah Skripsi	
10.	11/02/2022	Revisi Naskah Skripsi	
11.	12/02/2022	ACC Naskah Skripsi	

Pembimbing Skripsi,

Azizatur Rahmah, M.Sc  
NIP.19860930 201903 2 011



Malang, 12 April 2022  
Ketua Program Studi,

Dr. Evika Sandi Savitri, M. P  
NIP.19741018 200312 2 002

**Lampiran 14. Bukti Konsultasi Pembimbing Agama**

KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
**PROGRAM STUDI BIOLOGI**  
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp (0341) 558933, Fax. (0341) 558933

**KARTU KONSULTASI SKRIPSI**

Nama : Maulana Dian Bahtiar  
NIM : 17620077  
Program Studi : S1 Biologi  
Semester : Genap TA 2021/2022  
Pembimbing : Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I  
Judul Skripsi : Pengaruh Air Rendaman Kulit Buah Bintaro (*Cerbera odollam* Gaertn.) Terhadap Mortalitas *Helicoverpa armigera* Hubner

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	12/10/2021	Proposal Skripsi	
2.	14/10/2021	ACC Proposal Skripsi	
3.	02/02/2022	BAB IV dan V (ACC Naskah Skripsi)	
4.	30/03/2022	Revisi Integrasi (ACC)	

Pembimbing Skripsi,

Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I  
NIPT. 20142011409

Malang, April 2022  
Ketua Program Studi,

Dr. Erika Sandi Savitri, M. P  
NIP. 19741018 200312 2 002

## Lampiran 15. Cek Plagiasi



KEMENTERIAN AGAMA  
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
 MALANG  
 FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
**PROGRAM STUDI BIOLOGI**  
 Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp (0341) 558933, Fax. (0341) 558933

---

**Form Checklist Plagiasi**

Nama : Maulana Dian Bahtiara  
 NIM : 17620077  
 Judul Skripsi : Pengaruh Air Rendaman Kulit Buah Bintaro (*Cerbera odollam* Gaertn.) Terhadap Mortalitas *Helicoverpa armigera* Hubner

No.	Tim Checkplagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1.	Azizatur Rohmah, M.Sc	20%	
2.	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
3.	Bayu Agung Prahardika, M.Si		

Mengetahui,  
 Ketua Program Studi  
  
 Dr. Evika Sandi Savitri, M. P  
 NIP. 19741018 200312 2 002

