

UJI TOKSISITAS KULIT BUAH BINTARO PADA *Helicoverpa armigera* Hubner Di LABORATORIUM

Oleh

ABDUL AZIZ



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2019**

UJI TOKSISITAS KULIT BUAH BINTARO PADA *Helicoverpa armigera* Hubner Di LABORATORIUM

Oleh

ABDUL AZIZ

155040201111065

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG
2019**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan dosen pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas diajukan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, 18 Oktober 2019

Abdul Aziz



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Uji Toksisitas Kulit Buah Bintaro pada *Helicoverpa armigera* Hubner di Laboratorium

Nama : Abdul Aziz

NIM : 155040201111065

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi



Disetujui
Pembimbing Utama,

Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU.
NIP. 19550403 198303 1 003

Diketahui,
Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan

Luqman Qurrata Aini, SP., M.Si., PhD.
NIP. 19720919 199802 1 001

Tanggal Persetujuan :



LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Dr. Ir. Retno Dyah Puspitarini, MS.
NIP. 19580112 198203 2 002

Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU.
NIP. 19550403 198303 1 003

Penguji III

Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS.
NIP. 19590705 198601 1 003

Tanggal Lulus :



Skripsi ini kupersembahkan untuk keluargaku terutama kedua orang tuaku yang telah memberikan semangat, dukungan, dan do'a yang tiada henti

RINGKASAN

Abdul Aziz. 155040201111065. Uji Toksisitas Kulit Buah Bintaro pada *Helicoverpa armigera* Hubner di Laboratorium. Dibawah bimbingan Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU. sebagai pembimbing.

Hama penting tanaman jagung diantaranya adalah *Helicoverpa armigera* yang menyerang tongkol jagung. *H. armigera* dapat menyebabkan kehilangan hasil mencapai 80%. Selain tanaman jagung, *H. armigera* juga menjadi hama penting pada tanaman tomat, kedelai, dan kapas. Pengendalian *H. armigera* yang dilakukan oleh petani masih menggunakan pestisida sintetis yang dianggap lebih praktis dan efektif, namun penggunaan pestisida sintetis dalam jangka panjang dapat menimbulkan dampak negatif pada mahluk hidup dan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian pada *H. armigera* yang lebih ramah lingkungan guna menekan penggunaan pestisida sintetis, salah satunya menggunakan pestisida nabati. Tanaman bintaro merupakan salah satu tanaman yang berpotensi sebagai pestisida nabati karena tanaman ini mempunyai senyawa fenol, steroid, dan saponin yang berperan sebagai insektisida. Penelitian ini bertujuan untuk menguji konsentrasi yang berbeda ekstrak kulit buah bintaro pada *H. armigera*.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2019 sampai bulan Mei 2019 di Laboratorium Toksikologi dan Laboratorium Hama, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Penelitian ini dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan enam perlakuan yaitu konsentrasi 0, 3.000, 6.000, 9.000, 12.000, dan 15.000 ppm dengan empat kali ulangan. Total perlakuan adalah 24 dan setiap perlakuan menggunakan 20 larva uji instar dua atau tiga sehingga total larva uji yang dibutuhkan sebanyak 480 larva. Metode pengujian dengan cara perendaman pakan jagung manis 25-50 gr setiap perlakuan selama lebih kurang dua menit dan diletakkan dalam wadah pengujian yang telah berisi satu larva uji. Variable pengamatan meliputi mortalitas larva, penurunan aktivitas makan larva, dan perubahan larva menjadi pupa atau imago. Data kemudian dianalisis menggunakan sidik ragam dengan taraf kesalahan 5% menggunakan Microsoft Excel dan persentase mortalitas larva dianalisis menggunakan analisis probit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian ekstrak kulit buah bintaro pada *H. armigera* berpengaruh nyata pada mortalitas larva, penurunan aktivitas makan larva, dan perubahan larva menjadi pupa. Pada perubahan pupa menjadi imago tidak memberikan pengaruh nyata. Ekstrak kulit buah bintaro menyebabkan mortalitas *H. armigera* tertinggi pada konsentrasi 15.000 ppm. Nilai LC_{50} ekstrak kulit buah bintaro pada mortalitas *H. armigera* terdapat pada konsentrasi 13.451 ppm dan nilai LT_{50} adalah 105 jam setelah aplikasi. Ekstrak kulit buah bintaro mampu menurunkan aktivitas makan larva *H. armigera* tertinggi pada konsentrasi 15.000 ppm. Selain itu, ekstrak kulit buah bintaro mampu menurunkan persentase perubahan larva menjadi pupa tertinggi pada konsentrasi 15.000 ppm.

SUMMARY

Abdul Aziz. 155040201111065. Toxicity Test of Bintaro Rind Extract on *Helicoverpa armigera* Hubner in Laboratory. Supervised by Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU.

Helicoverpa armigera is one of the important pests which attack cob of corn plants. *H. armigera* can cause yield losses of up to 80%. In addition of corn plants, *H. armigera* is an important pest in tomato, soybean and cotton plant. The pest control of *H. armigera* is carried out by farmers still using synthetic pesticides, which are considered more practical and effective, but use of synthetic pesticides in long-term can have a negative impact on living things and the environment. Consequently, more eco-friendly pest control of *H. armigera* is needed to reduce the use of synthetic pesticides, one of which used botanical pesticides. Bintaro plants are one of the plants that have the potential to be botanical pesticides because binatro plants have phenol compounds, steroids, and saponins that act as insecticides. This research aims to test the effect of bintaro rind extract on *H. armigera* at different levels of concentration.

This research was conducted from February 2019 to May 2019 at the Toxicology Laboratory and Pest Laboratory 2, Department of Pest and Plant Diseases, Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang. This research was conducted using a randomized complete design with six concentrations of treatments namely 0, 3.000, 6.000, 9.000, 12.000, and 15.000 ppm with four replications. Total of treatment is 24 and each treatment uses 20 larvae two or three instar larvae so that the total required test larvae are 480 larvae. The method of testing by soaking sweet corn 25-50 gr each treatment for two minutes at a predetermined extract concentration and placed in a test cup containing one of *H. armigera* larvae. Variable observations included mortality of larvae, decreased eating activity of larvae, and transformation of larvae into pupae or imago. The data analyzed using ANOVA (*Analysis of Variance*) with an error rate of 5% using Microsoft Excel and the percentage of larval mortality was analyzed using the probit analysis.

The results showed that bintaro rind extract with different concentrations had a significant effect on mortality of larvae, decreased eating activity of larvae, and transformation of larvae into pupae. On observed the transformation of pupae into imago didn't have a significantly different effect. Bintaro rind extracts also affect to the imago malformation. Bintaro rind extract at a concentration of 15.000 ppm caused the highest mortality of *H. armigera*. LC_{50} value of bintaro rind extract on *H. armigera* mortality was at a concentration of 13.451 ppm and LT_{50} value was at a 105 hours after application. Bintaro rind extract can the highest reduce the eating activity of *H. armigera* larvae at a concentration of 15.000 ppm. In addition, bintaro rind extract can the heighest reduce the percentage of larval transformation into pupae at a concentration of 15.000 ppm.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan topik “Uji Toksisitas Kulit Buah Bintaro pada *Helicoverpa armigera* Hubner di Laboratorium”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1) Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

Selama penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan, saran, dukungan, dan pembelajaran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU., selaku dosen pembimbing utama yang telah menyetujui dan membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi dengan baik.
2. Luqman Qurrata Aini, SP., M.Si., PhD., selaku ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
3. Kedua orang tua dan kakak-kakak yang telah membantu dalam hal materi, do’a, dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Teman-teman khususnya Istighfarrindang Fajrin, Shinta Ayu Adelia, dan Nur Hasanah Anwar yang telah membantu dan memberikan saran serta dukungannya selama ini.

Penulis berharap semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi banyak pihak dan memberikan sumbangan pemikiran dalam kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, 10 September 2019

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lombok, Nusa Tenggara Barat pada tanggal 10 September 1996 dari pasangan Bapak M. Husni dan Ibu Bq. Sabariah. Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 02 Bagik Papan di Lombok Timur pada tahun 2003. Kemudian melanjutkan pendidikan ke SMPN 03 Pringgabaya di Lombok Timur pada tahun 2009. Pada tahun 2012 sampai 2015 penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 01 Aikmel di Lombok Timur dengan mengambil jurusan IPA. Tahun 2015 terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis menerima beasiswa Peningkatan Prestasi Akademik (PPA) dari Kemristekdikti. Pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Minat Hama dan Penyakit Tumbuhan Laboratorium Toksikologi Pestisida.

Selama menjadi mahasiswa di Fakultas Pertanian, penulis mengikuti kegiatan magang kerja di SEAMEO Biotrop Bogor selama dua bulan. Penulis pernah mengikuti kepanitiaan di acara Proteksi (Pendidikan Dasar dan Orientasi Terpadu Keprofesian) tahun 2018 sebagai koordinator divisi protektor.

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Hipotesis	3
1.4 Manfaat	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Helicoverpa armigera</i> Hubner (Lepidoptera: Noctuidae)	4
2.1.1 Klasifikasi <i>H. armigera</i>	4
2.1.2 Morfologi dan Biologi <i>H. armigera</i>	4
2.1.3 Kisaran Inang <i>H. armigera</i>	8
2.1.4 Ekologi dan Penyebaran <i>H. armigera</i>	8
2.1.5 Gejala Serangan <i>H. armigera</i>	9
2.1.6 Pengendalian	9
2.2 Tanaman Bintaro	11
2.2.1 Klasifikasi Tanaman Bintaro	11
2.2.2 Morfologi Tanaman Bintaro	11
2.2.3 Kandungan Senyawa Kimia Tanaman Bintaro	12
2.3 Pestisida Nabati	16
2.3.1 Pestisida Nabati	16
2.3.2 Prinsip Kerja Pestisida Nabati	17
2.4 Metode Ekstraksi	18
2.4.1 Maserasi	18
2.4.2 Sokletasi	19
2.4.3 Perkolasi	19
2.4.4 Ultrasound – Assisted Solvent Extraction	20



2.4.5 Reflux dan Destilasi Uap	20
III. METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.3 Metode.....	22
3.3.1 Perbanyakkan Larva <i>H. armigera</i>	22
3.3.2 Pembuatan Ekstrak Kulit Buah Bintaro.....	23
3.3.3 Pengujian Ekstrak Kulit Buah Bintaro pada Larva <i>H. armigera</i> ...	24
3.3.4 Analisis Data.....	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Uji Toksisitas Ekstrak Kulit Buah Bintaro pada Mortalitas <i>H. armigera</i> ...	28
4.2 Konsentrasi Mematikan (LC ₅₀) dan Waktu Mematikan (LT ₅₀) Ekstrak Kulit Buah Bintaro pada <i>H. armigera</i>	30
4.3 Uji Ekstrak Kulit Buah Bintaro pada Penurunan Aktivitas Makan Larva <i>H. armigera</i>	33
4.4 Uji Ekstrak Kulit Buah Bintaro pada Perubahan dan Malformasi Larva menjadi Pupa dan Imago <i>H. armigera</i>	35
V. PENUTUP.....	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	44



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Telur <i>H. armigera</i>	4
2.	Larva <i>H. armigera</i>	5
3.	Morfologi Larva <i>H. armigera</i>	6
4.	Pupa <i>H. armigera</i>	7
5.	Imago <i>H. armigera</i> ; a: Betina, b: Jantan	8
6.	Kerusakan Jagung oleh Larva <i>H. armigera</i>	9
7.	Bagian Tanaman Bintaro; a: Pohon, b: Daun, c: Bunga, d: Buah	12
8.	Struktur Senyawa <i>Cerberin</i>	13
9.	Struktur Senyawa Saponin	14
10.	Struktur Senyawa Steroid	15
11.	Struktur Senyawa; a: Flavonoid, b: Tanin	16
12.	Alat Ekstraksi; a: Maserasi, b: Sokletasi, c: Perkolasi, d: Ultrasound – Assisted Solvent, e: Reflux dan Destilasi Uap	21
13.	Sangkar Perbanyakkan; a: Telur, Pupa dan Imago, b: Larva Instar 1, c: Larva Instar 2-6	23
14.	Larva <i>H. Armigera</i> setelah Aplikasi Ekstrak Kulit Buah Bintaro; a: Hidup, b: Mati	29
15.	Grafik Hubungan Konsentrasi Ekstrak Kulit Buah Bintaro dengan Mortalitas <i>H. armigera</i>	31
16.	Pupa <i>H. armigera</i> dari Hasil Uji Aplikasi Ekstrak Kulit Buah Bintaro; a: Normal, b: Mati	36
17.	Imago <i>H. armigera</i> dari Hasil Uji Aplikasi Ekstrak Kulit Buah Bintaro; a: Normal, b: Tidak Normal	38

Lampiran

1.	Telur <i>H. armigera</i> pada Sangkar Perbanyakkan; a: Utuh, b: Rusak, c: Hampir Menetas	45
2.	Larva <i>H. armigera</i> pada Sangkar Perbanyakkan; a: Instar1, b: Pergantian Kulit, c: Instar 5	45
3.	Pupa <i>H. armigera</i> pada Sangkar Perbanyakkan; a: Proses Prapupa, b: Gagal, c: Berhasil	45
4.	Imago <i>H. armigera</i> pada Sangkar Pengamatan; a: Tidak Normal, b: Normal, c: Imago di Sangkar Perbanyakkan	45
5.	Proses Pengeringan Kulit Buah Bintaro; a: Basah, b: Pengeringan menggunakan Oven, c: Penimbangan Kulit Buah Bintaro yang Kering	46
6.	Proses Pembuatan Ekstrak Murni Kulit Buah Bintaro; a: Serbuk Kulit Buah Bintaro, b: Pengadukan Ekstrak, c: Evaporasi Ekstrak	46
7.	Proses Aplikasi Ekstrak Kulit Buah Bintaro; a: Ekstrak Murni, b: Perendaman Pakan dengan Ekstrak, c: Aplikasi Ekstrak pada Larva <i>H. armigera</i>	46
8.	Kematian Larva setelah Aplikasi Ekstrak Kulit Buah Bintaro	46



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Larva <i>H. armigera</i> Instar I-VI Berdasarkan Ukuran dan Masa Stadia	5
2.	Kandungan Senyawa Kimia pada Bagian Tanaman Bintaro	16
3.	Konsentrasi Pengujian Ekstrak Kulit Buah Bintaro.....	24
4.	Klasifikasi Efektivitas Pestisida Nabati	25
5.	Kriteria Penurunan Aktivitas Makan	26
6.	Rerata Persentase Mortalitas <i>H. armigera</i> setelah Aplikasi Ekstrak Kulit Buah Bintaro	28
7.	Estimasi Nilai LC ₅₀ dan LC ₉₀ Ekstrak Kulit Buah Bintaro pada <i>H. armigera</i>	31
8.	Estimasi Nilai LT ₅₀ Ekstrak Kulit Buah Bintaro pada Mortalitas <i>H. armigera</i>	32
9.	Rerata Persentase Penurunan Aktivitas Makan Larva <i>H. armigera</i>	33
10.	Rerata Persentase Keberhasilan Perubahan Larva menjadi Pupa <i>H. armigera</i>	35
11.	Rerata Persentase Keberhasilan Perubahan Pupa menjadi Imago <i>H. armigera</i>	37

Lampiran

1.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>H. armigera</i> 24 Jam setelah Aplikasi Ekstrak Kulit Buah Bintaro	47
2.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>H. armigera</i> 48 Jam setelah Aplikasi Ekstrak Kulit Buah Bintaro	47
3.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>H. armigera</i> 72 Jam setelah Aplikasi Ekstrak Kulit Buah Bintaro	47
4.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>H. armigera</i> 96 Jam setelah Aplikasi Ekstrak Kulit Buah Bintaro	47
5.	Analisis Ragam Persentase Penurunan Aktivitas Makan Larva <i>H. armigera</i> setelah Aplikasi Ekstrak Kulit Buah Bintaro.....	47
6.	Analisis Ragam Persentase Keberhasilan Perubahan Larva menjadi Pupa <i>H. armigera</i>	48
7.	Analisis Ragam Persentase Keberhasilan Perubahan Pupa menjadi Imago <i>H. armigera</i>	48



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan hama merupakan salah satu faktor penghambat dalam usaha untuk meningkatkan kualitas produk pangan. Salah satu hama yang cukup berbahaya dan sangat berpengaruh pada pertumbuhan tanaman yakni *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). Hama *H. armigera* merupakan salah satu hama yang bersifat polifag. Serangga ini tersebar luas di daerah tropis dan subtropis (Jackai *et al.*, 1990). Ngengat atau imago *H. armigera* mampu menyebar jauh mengikuti arah angin atau bahkan melawan arah angin. Larva *H. armigera* dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman jagung, tomat, kacang-kacangan, kapas, dan tembakau (Sanjaya *et al.*, 2004). Tanaman yang paling banyak diserang adalah tanaman jagung dan tanaman tomat. Kerusakan oleh larva *H. armigera* pada tanaman jagung yakni pada tongkol jagung mencapai 80% (Achmad dan Tandiang, 2001) dan kerusakan pada buah tomat dapat mencapai 80% (Uhan dan Suriatmadja, 1993) sehingga dibutuhkan pengendalian pada *H. armigera*.

Upaya petani dalam mengendalikan *H. armigera* pada umumnya menggunakan bahan kimia sintetis yang berupa insektisida karena dianggap lebih efektif, mempunyai hasil yang lebih cepat, dan lebih mudah dalam penerapannya. Penggunaan bahan kimia sintetis oleh petani tidak lagi mengindahkan aturan dosis dan konsentrasi yang dianjurkan. Penggunaan bahan kimia sintetis dapat merugikan dalam jangka panjang karena dapat membunuh organisme bukan target, menyebabkan resistensi hama, menyebabkan peledakan hama sekunder, menurunkan biodiversitas, dan meninggalkan efek residu bagi tanaman dan lingkungan sehingga dapat membahayakan kesehatan baik manusia maupun hewan ternak (Laoh *et al.*, 2003). Untuk menghindari kejadian tersebut, maka dibutuhkan pengendalian yang efektif dan ramah lingkungan, salah satunya dengan menggunakan pestisida nabati.

Negara Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai biodiversitas yang tinggi dan merupakan negara yang berpotensi untuk memanfaatkan dan mengembangkan pestisida nabati. Pestisida nabati merupakan pestisida yang diperoleh dari tumbuhan (Suryaningsih dan Hadisorganda, 2004).

Pestisida nabati bekerja pada target dan ramah lingkungan karena cepat terurai dan tidak menjadi residu bagi tanaman dan lingkungan. Ada banyak tanaman yang berpotensi sebagai pestisida nabati, namun tidak terlalu diperhatikan oleh masyarakat. Salah satu tanaman yang berpotensi sebagai pestisida nabati yakni tanaman bintaro (*Cerbera manghas* Linnaeus) (Gentianale: Apocynaceae). Ciri khas tanaman bintaro yakni mengeluarkan getah yang berwarna putih dan agak kental apabila dilukai. Bagian buah tanaman bintaro mempunyai potensi yang paling tinggi sebagai insektisida nabati dibandingkan dengan daun, ranting, dan kulit batang karena mengandung zat racun yang paling banyak. Tanaman bintaro mempunyai kandungan zat sebagai insektisida untuk membunuh serangga yang bekerja secara racun kontak apabila terkena tubuh serangga dan racun lambung apabila termakan oleh serangga (Utami, 2010).

Seluruh bagian tanaman bintaro mengandung senyawa toksik golongan alkaloid yang bersifat racun saraf, penolak, dan penghambat makan (Towaha, 2011). Tanaman bintaro mengandung senyawa yang berpotensi sebagai racun antara lain flavonoid, alkaloid, tanin, steroid, triterpenoid, dan saponin yang berpotensi sebagai insektisida, antifungi, antioksidatif, antitumor, dan antibakteri (Utami, 2010). Salah satu kandungan tanaman bintaro yakni senyawa flavonoid. Senyawa flavonoid adalah senyawa fenol yang mempunyai sifat desinfektan yang bekerja dengan cara mendenaturasi protein. Apabila flavonoid mendenaturasi protein, maka akan mengakibatkan bahan makanan yang berada dalam pencernaan tidak dapat disalurkan keseluruh bagian tubuh serangga sehingga serangga akan mengalami kekurangan ATP dan lama-kelamaan serangga akan mengalami kematian (Sastrodiharjo, 1984).

Tanaman bintaro banyak ditemukan di lingkungan sekitar yang digunakan sebagai penghias kota dan penghijauan, namun sedikit masyarakat yang mengetahui manfaat tanaman bintaro sebagai pestisida nabati. Tanaman bintaro merupakan tanaman yang berbahaya karena mengandung *cerberine* yang termasuk dalam golongan alkaloid dan flavonoid terutama pada bagian buahnya yang bersifat toksik yang dapat digunakan untuk mengendalikan serangga. Berdasarkan penelitian ini, diharapkan ekstrak buah bintaro dapat digunakan

untuk mengendalikan serangga hama yang bersifat toksik, penolak (*repellent*), dan penghambat makan (*antifeedant*) *H. armigera*.

1.2 Tujuan

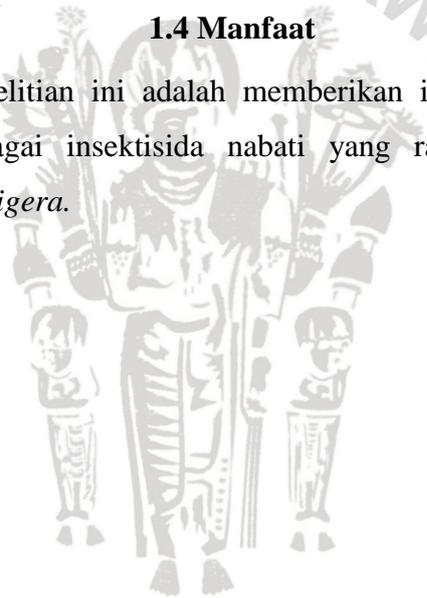
Tujuan penelitian ini adalah mengkaji konsentrasi yang berbeda ekstrak kulit buah bintaro pada mortalitas larva, penurunan aktivitas makan larva, dan perubahan larva menjadi pupa atau imago *H. armigera*.

1.3 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah peningkatan konsentrasi ekstrak kulit buah bintaro menyebabkan peningkatan mortalitas larva, menurunkan aktivitas makan larva, dan mengganggu perubahan dari larva menjadi pupa atau imago *H. armigera*.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi tentang potensi tanaman bintaro sebagai insektisida nabati yang ramah lingkungan dalam mengendalikan *H. armigera*.



I. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae)

2.1.1 Klasifikasi *H. armigera*

Taksonomi hama *H. armigera* termasuk dalam kingdom: Animalia, filum: Arthropoda, kelas: Insekta, ordo: Lepidoptera, famili: Noctuidae, genus: *Helicoverpa*, spesies: *H. armigera* Hubner (Pracaya, 2007).

2.1.2 Morfologi dan Biologi *H. armigera*

Hama *H. armigera* adalah serangga hama yang perkembangbiakannya mengalami metamorfosis sempurna (holometabola) yang terdiri dari empat stadia hidup yang dimulai dari telur, larva, pupa, hingga menjadi imago (Daha *et al.*, 1998). Secara umum, imago betina meletakkan telur pada bagian tanaman yang mempunyai banyak rambut dan kasar seperti daun pucuk, batang, kelopak bunga, dan rambut tangkai bunga (Herlinda, 2005). Telur *H. armigera* berbentuk bulat seperti setengah kubah, gepeng pada bagian yang menempel di daun, memiliki alur melingkar dengan garis tengah sekitar 0,5-1,0 mm, berwarna kuning muda dan lama-kelamaan berubah menjadi warna kuning tua (Gambar 1). Telur yang akan menetas mengalami perubahan warna dari abu-abu menjadi hitam. Ukuran telur berkisar antara 0,4-0,55 mm. Masa prapeneluran sekitar satu hari dan pada hari kedua imago betina meletakkan telurnya. Lama stadia telur berkisar 2-4 hari (Herlinda, 2005).



Gambar 1. Telur *H. armigera* (Czepak *et al.*, 2013)

Larva *H. armigera* mempunyai beberapa warna seperti putih kekuningan, hijau, hijau kekuningan, hijau kecoklatan, coklat tua, ungu kehitaman dengan warna kepala hitam (Gambar 2) (Baliadi dan Tengkano, 2008). Larva yang baru

keluar dari telur mempunyai bentuk silinder dan berwarna kuning pucat. Terdapat enam stadia larva dengan kisaran waktu 14-25 hari (Hill, 1975). Instar 1 biasanya berlangsung selama 3 hari, instar 2 selama 4 hari, instar 3 dl 3 hari, instar 4 selama 4 hari, instar 5 selama 3 hari, dan instar 6 selama 8 hari (Anonymous, 2005) (Tabel 1). Perbedaan instar larva dapat diketahui berdasarkan mandibel yang mengelupas dan ukuran larva. Mandible yang mengelupas biasanya disebut dengan *molting* atau pergantian kulit (eksoskeleton) yang dipengaruhi oleh hormon-hormon tertentu dalam tubuh serangga. Hormon yang berperan pada pergantian kulit serangga adalah hormon ekdison. Hormon ekdison memicu pergantian kulit serangga yang disekresi dari kelenjar protoraks, terletak dibelakang kepala. Tubuh serangga akan mengalami pertumbuhan, sedangkan eksoskeleton tidak mengalami pertumbuhan sehingga serangga harus melakukan *molting* atau pergantian kulit (eksoskeleton) beberapa kali dalam hidupnya supaya serangga dapat bertahan hidup untuk meneruskan generasinya (Baliadi dan Tengkan, 2008).

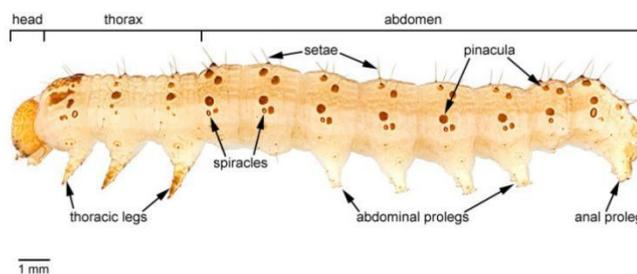


Gambar 2. Larva *H. armigera* (Widodo, 2014)

Tabel 1. Larva *H. armigera* Instar I-VI Berdasarkan Ukuran dan Masa Stadia (Anonymous, 2005)

Instar	Ukuran panjang larva (mm)	Penampakan larva	Masa Stadia (Hari)
I	1-3		3
II	4-7		4
III	8-13		3
IV	14-23		4
V	24-28		3
VI	29-30		8

Larva *H. armigera* biasanya mempunyai tiga garis putih pucat, gelap, atau terang yang memanjang pada kedua bagian sisi tubuh larva. Bagian tubuh larva terdiri dari kepala, dada, dan perut (Gambar 3). Larva mengalami beberapa kali pergantian warna tubuh selama perkembangannya menjadi dewasa sesuai dengan instarnya mulai dari warna hijau, kuning, dan coklat dengan beberapa kombinasi warna pada tubuh larva (Baliadi *et al.*, 2008). Setiap instar mempunyai cara makan yang berbeda pada tanaman jagung. Larva instar satu dan dua akan berada pada bagian pucuk tongkol dan memakan rambut dan biji jagung yang masih muda. Pada larva instar tiga sampai instar enam akan menyebar dan memakan seluruh bagian tongkol jagung dengan cara menggerakkan tongkol dan kemudian memakan biji jagung. Semakin lama, biji tongkol jagung akan habis atau mengalami pembusukan sehingga jagung tidak dapat dipanen. Selain itu, perbedaan cara makan setiap instar juga terdapat pada tanaman tomat. Pada instar satu dan dua lebih menyukai makan daun dan pucuk bunga. Pada larva instar tiga sampai instar enam akan makan daging buah tomat dengan cara memasukkan kepala dan sebagian tubuhnya ke dalam buah tomat. Buah tomat yang digerek akan berlubang dan berwarna coklat kehitaman. Semakin lama buah tomat akan mengalami pembusukan sehingga buah tomat akan jatuh sebelum waktu panen. Perbedaan warna pada setiap larva dipengaruhi oleh pakannya. Larva *H. armigera* yang diberi polong kedelai yang berwarna hijau menyebabkan tubuhnya berwarna hijau (Effendy dan Herlinda, 2001). Stadia larva bersifat kanibalis yang dimulai dari instar tiga sampai instar enam sehingga jarang ditemukan dua atau lebih larva yang menggerakkan pada satu kuncup bunga, bunga, dan buah (Sudarmo, 1987).



Gambar 3. Morfologi Larva *H. armigera* (Czepak *et al.*, 2013)

Fase prapupa yakni fase yang masih dalam bentuk larva, namun aktifitas makannya berkurang yang berlangsung selama satu sampai empat hari. Larva

pada fase ini akan terlihat pendek, lemah, dan pucat yang cenderung untuk membenamkan diri di tanah atau seresah dan kemudian berganti kulit menjadi pupa. Fase prapupa dan pupa terjadi di dalam tanah atau seresah yang kedalamannya tergantung pada kekerasan tanah. Pada umumnya pupa terbentuk pada kedalaman 2,5-17,5 cm (Gambar 4). Serangga ini kadang-kadang membentuk pupa pada permukaan tumpukan limbah tanaman atau pada kotorannya yang terdapat pada tanaman (Pabbage *et al.*, 2013).



Gambar 4. Pupa *H. armigera* (Widodo, 2014)

Fase yang terakhir adalah fase imago atau ngengat yang berlangsung selama 2-25 hari. Imago aktif pada malam hari untuk makan dan berkembang biak. Pakan imago *H. armigera* berupa nektar atau sari bunga yang merupakan cairan manis kaya dengan gula yang diproduksi oleh bunga dari tumbuhan yang sudah mekar. Selain itu, pakan imago juga berupa madu yang mengandung nutrisi berupa fruktosa, glukosa, maltosa, dan sukrosa. Imago terbang cukup jauh mengikuti arah angin maupun melawan arah angin. Imago *H. armigera* mempunyai sayap depan berwarna coklat dan terdapat satu bintik hitam. Pada sayap belakang bagian tepi berwarna hitam, sedangkan pada pangkalnya berwarna putih-kecokelatan. Imago jantan dan betina cukup mudah untuk dibedakan dari sayapnya. Pada sayap imago betina mempunyai pola bercak pirang tua (merah), sedangkan pada sayap imago jantan mempunyai pola bercak yang berwarna kehijauan pada ujung sayapnya (Gambar 5) (Herlinda, 2005). Nisbah kelamin jantan dan betina 1 : 1. Setelah kawin, imago betina mampu meletakkan telur setiap hari dan dapat menghasilkan telur 200-2000 butir telur selama hidupnya. Apabila hasil monitoring pada kondisi lapangan menunjukkan awal kemunculan imago *H. armigera*, maka perlu diwaspadai bahwa imago mampu hidup dan terus bertelur selama 10 sampai 20 hari (Sudarmo, 1987).



Gambar 5. Imago *H. armigera*; a: Betina, b: Jantan (Czepak *et al.*, 2013)

2.1.3 Kisaran Inang *H. armigera*

Fase yang dapat menurunkan hasil budidaya baik kualitas maupun kuantitas adalah fase larva. Larva *H. armigera* adalah spesies polifag yang berarti menyerang beberapa tanaman. Larva *H. armigera* menyerang lebih dari 60 jenis tanaman budidaya dan tanaman liar. Larva *H. armigera* dilaporkan menyerang 67 famili inang antara lain asteraceae, fabaceae, malvaceae, poaceae, dan solanaceae (Czepak *et al.*, 2013)

Tanaman inang yang paling penting bagi *H. armigera* yakni tanaman jagung, tomat, kedelai, kapas, kacang merpati, kacang tunggak, dan sorgum. Tanaman inang lain yakni rosa, pelargonium, krisan, kacang tanah, kacang polong, rami, jarak, okra, tembakau, kentang, rerumputan, dan berbagai tanaman sayuran (Pracaya, 2007). Kerusakan yang diakibatkan oleh larva *H. armigera* pada tongkol jagung dan buah tomat dapat mencapai 80% dan tercatat bahwa *H. armigera* merupakan hama utama pada tanaman jagung dan tanaman tomat, sedangkan kerusakan pada polong kedelai dapat mencapai 35,5% (Herlinda, 2005).

2.1.4 Ekologi dan Penyebaran *H. armigera*

Serangga *H. armigera* mempunyai mobilitas dan kemampuan hidup yang tinggi bahkan dalam kondisi yang tidak menguntungkan. Serangga ini mempunyai kemampuan beradaptasi yang tinggi karena mempunyai sifat polifagus yang mampu beradaptasi pada beberapa tanaman inang. Selain itu, serangga *H. armigera* mudah menyebar karena pada fase imago serangga ini merupakan serangga imigran yang dapat menempuh jarak terbang hingga 1000 km (Czepak *et al.*, 2013).

Serangga *H. armigera* tersebar dari daerah tropis hingga daerah subtropis dan mampu hidup dengan baik pada ketinggian 0-2000 mdpl. Daerah penyebaran serangga *H. armigera* di antaranya Eropa, Asia, Afrika, dan Kepulauan Helena (Czepak *et al.*, 2013).

2.1.5 Gejala Serangan *H. armigera*

Gejala tanaman yang terserang larva *H. armigera* bervariasi karena terdapat perbedaan cara makan setiap instar larva. Instar satu dan dua lebih menyukai daun dan pucuk bunga/tunas. Pada daun yang terserang akan membentuk lubang acak dan pada tunas akan menyebabkan tunas rontok sebelum sempat menjadi bunga atau daun. Sedangkan pada instar tiga, empat, lima, dan enam serangga ini lebih menyukai daging buah, polong, dan tongkol dengan cara membuat lubang dan memasukkan kepala hingga sebagian tubuhnya pada buah, polong, dan tongkol (Gambar 6). Lubang yang dibentuk larva *H. armigera* secara melingkar dan dikelilingi oleh bekas kotorannya. Kerusakan yang berat akan menyebabkan buah, polong, atau tongkol membusuk atau pucat yang kemudian jatuh (Daha *et al.*, 1998). Ambang pengendalian *H. armigera* apabila dilihat secara langsung yakni terdapat dua larva setiap tanaman pada umur 45 hari setelah tanam atau intensitas serangan mencapai 2% (Marwoto *et al.*, 2001).



Gambar 6. Kerusakan Jagung oleh Larva *H. armigera* (Herlinda, 2005)

2.1.6 Pengendalian

Pengendalian serangga *H. armigera* dapat dilakukan secara kultur teknis, pemanfaatan musuh alami, dan kimiawi.

I. Kultur Teknis

Teknik pengendalian dengan kultur teknis dapat dilakukan dengan memperhatikan cara budidaya seperti tanam serempak agar tidak tersedia inang bagi serangga hama secara berkelanjutan, tumpang sari untuk meningkatkan

biodiversitas sehingga serangan hama akan rendah, pergiliran tanaman dengan bukan tanaman inang serangga, pengumpulan dan pemusnahan larva, sanitasi selektif pada tanaman inang, menggunakan tanaman perangkap, dan pengolahan tanah yang baik (Baliadi *et al.*, 2008).

II. Pemanfaatan Musuh Alami

Pemanfaatan musuh alami merupakan salah satu yang digunakan sebagai dasar pemikiran ekologi dan konsep PHT. Pemanfaatan musuh alami untuk mengendalikan *H. armigera* dapat menggunakan parasitoid dan patogen serangga. Musuh alami yang digunakan seperti *Trichogramma japonicum* Ashmead (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Eriborus argentiopilosus* Cameron (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Paedarus fasciatus* Curtis (Coleoptera: Staphylinidae). Pathogen serangga yang dapat digunakan yakni Spodoptera *litura* Nucleopolyhedrovirus Murphy (SINPV) (Caudovirales: Baculoviridae) dan jamur *Beauveria bassiana* Vuill (Hypocreales: Clavicipitaceae). Predator *H. armigera* di Indonesia adalah *Pristhesancus papuensis* Stal (Hemiptera: Reduviidae), *Gminatus nigroscutellatus* Stal (Hemiptera: Reduviidae), *Cermatulus nasalis* Westwood (Hemiptera: Pentatomidae), dan *Labidura riparia* Pallas (Dermaptera: Labiduridae) (Baliadi *et al.*, 2008). Pemanfaatan musuh alami *Trichogramma* sp. dapat menurunkan penggunaan insektisida sebesar 42%. Terdapat beberapa predator larva *H. armigera* antara lain *Deraeocoris indianus* Carvalho (Hemiptera: Miridae), *Campylomma lividicornis* Reuter (Hemiptera: Miridae), *P. fasciatus*, dan beberapa spesies kumbang family Coccinellidae (Nurindah dan Sunarto, 1991). *P. fasciatus* merupakan predator dominan yang mampu memangsa telur dan larva *H. armigera* instar 1 sebanyak 45 butir telur dan 18 larva per hari (Sujak dan Sunarto, 1997).

III. Kimiawi

Aplikasi bahan kimia sintetis seperti insektisida dilakukan apabila kerusakan yang ditimbulkan oleh hama melebihi batas ambang ekonomi dan pengendalian lainnya tidak mampu untuk mengendalikan hama. Penggunaan bahan kimia sintetis seperti insektisida harus sesuai dengan anjuran yang tertera dalam label. Beberapa insektisida seperti permethrin, monokrotofos, dekametrin, endosulfan, dan piretrois sintetis dapat memberikan hasil pengendalian yang baik

apabila diaplikasikan segera setelah penetasan telur dan sesuai dengan dosis anjuran. Namun, bahan kimia sintetis sulit larut sehingga dapat menjadi residu didalam tanah yang berbahaya bagi kesehatan tanaman, hewan, dan manusia sehingga diperlukan pengendalian yang lebih ramah lingkungan. Fenomena resisten hama *H. armigera* terhadap insektisida telah dilaporkan dari beberapa daerah yang menggunakan insektisida secara berlebihan, sehingga perlu dilakukan pemantauan oleh pihak terkait terhadap penggunaan insektisida (Baliadi *et al.*, 2008).

2.2 Tanaman Bintaro

2.2.1 Klasifikasi Tanaman Bintaro

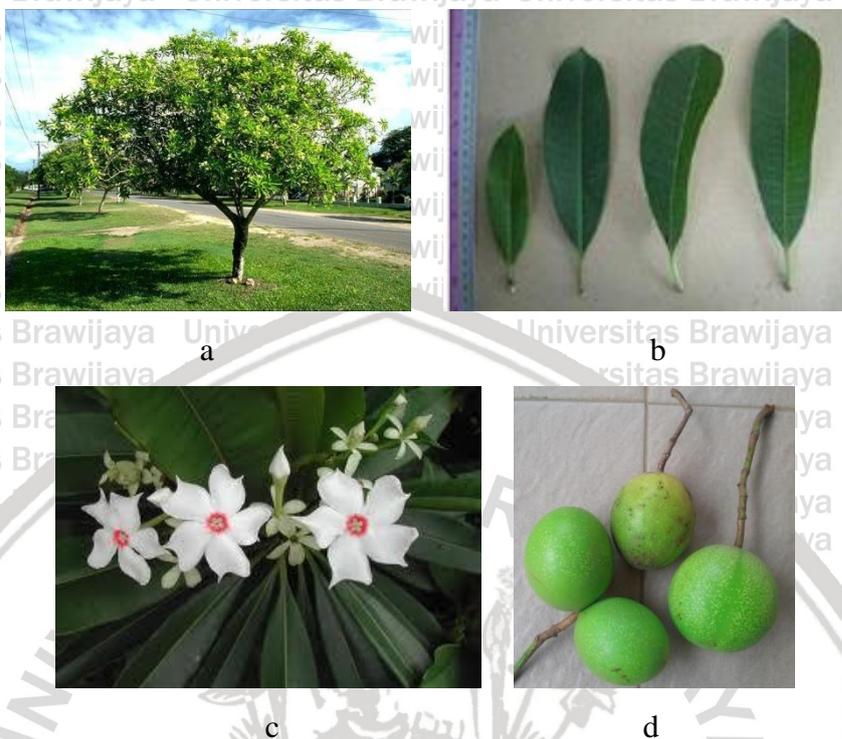
Tanaman bintaro merupakan anggota kingdom: Plantae, divisi: Spermatophyta, kelas: Dicotyledoneae, ordo: Contortae, famili: Apocynaceae, genus: *Cerbera*, dan spesies: *Cerbera manghas* Linnaeus (Utami, 2010).

2.2.2 Morfologi Tanaman Bintaro

Tanaman bintaro mempunyai ciri-ciri dengan ketinggian 4-6 meter, batang tegak berkayu, mempunyai banyak percabangan, bentuk bulat dan berbintil-bintil hitam, kulit batangnya tebal dan berkerak (Gambar 7a). Tanaman bintaro mempunyai daun tunggal dengan duduk dan tersebar, bangun bulat telur terbalik sampai dengan lanset, permukaan licin, tulang daun menyirip dengan panjang 15-20 cm dan lebar 3-5 cm (Gambar 7b). Daun bintaro biasanya berjejalan di ujung batang, bunganya berwarna putih, berbau harum dan terletak di ujung batang. Bunga tanaman bintaro berbentuk terompet dan terdapat pada ujung pedikel samosa dengan lima petal yang sama dan korola berbentuk tabung (Gambar 7c).

Bunga bintaro merupakan bunga majemuk yang berkelamin dua (hermaprodit) dengan panjang tangkai putik 2-2,5 cm, kepala sari bagian bunga berwarna coklat, sedangkan kepala putiknya berwarna hijau keputih-putihan. Buah bintaro merupakan buah yang berbiji dengan serat *lignoselulosa* yang menyerupai buah kelapa dan berbentuk bulat, berwarna hijau pucat saat masih muda dan berwarna merah saat sudah matang (Gambar 7d). Biji bintaro berbentuk pipih dan panjang.

Tanaman bintaro mempunyai akar tunggang dan berwarna coklat. Seluruh bagian tanaman bintaro mengandung getah yang kental dan berwarna putih seperti susu (Steenis, 2005).



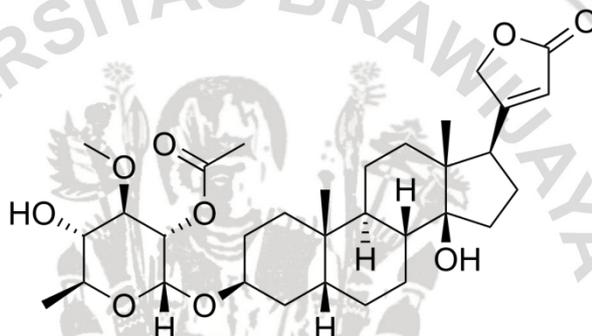
Gambar 7. Bagian Tanaman Bintaro; a: Pohon, b: Daun, c: Bunga, d: Buah
(Pranowo, 2010)

2.2.3 Kandungan Senyawa Kimia Tanaman Bintaro

Ekstrak buah bintaro terdeteksi kuat mengandung senyawa alkena, amida, alkaloid, dan ester berdasarkan analisis GCMS, flavonoid, tanin, steroid, dan saponin berdasarkan analisis fitokimia. Ekstrak biji bintaro dapat memengaruhi bioaktivitas larva *Pteroma plagiophleps* Hampson (Lepidoptera: Psychidae) dan *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) (Utami, 2010). Ekstrak daun dan kulit buah bintaro mempunyai efek mortalitas pada rayap *Coptotermes* sp. (Tarmadi *et al.*, 2007).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, tanaman bintaro mempunyai berbagai efek seperti insektisida, antifungi, antioksidan, dan antitumor. Bintaro mengandung beberapa senyawa metabolit sekunder seperti saponin, polifenol, terpenoid, dan alkaloid. Senyawa ini bersifat polar karena mengandung nitrogen dan senyawa golongan fenol sehingga larut dalam pelarut polar atau semipolar (Sa'diyah *et al.*, 2013).

Semua bagian pada buah bintaro terdapat senyawa *cerberin*, *enolide*, dan *neriifolin* yang mempunyai potensi untuk mengganggu sistem kerja jantung (kardioksitas). *Cerberin* merupakan senyawa *monoasetil neriifolin* yang merupakan senyawa utama pada tanaman bintaro yang mempunyai zat beracun dengan rasa pahit (Gambar 8) (Gaillard *et al.*, 2004). Selain itu, *cerberin* juga termasuk ke dalam golongan alkaloid dan glikosida yang berperan pada kematian larva. Senyawa *cerberin* dapat menyebabkan terganggunya sistem kerja dalam tubuh larva (Lepidoptera, Coleoptera, Diptera) yang dapat menyebabkan ketidaknormalan pada pertumbuhan dan perkembangan larva. *Cerberin* merupakan senyawa *monoasetil neriifolin* yang dapat mempengaruhi detak jantung larva dan mengganggu saluran ion kalsium di miokard (Utami, 2010).



Gambar 8. Struktur Senyawa *Cerberin* (Gaillard *et al.*, 2004)

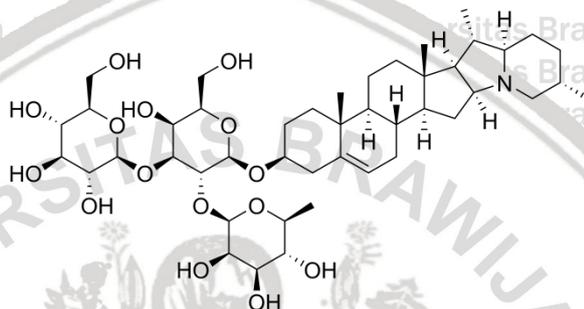
Berdasarkan analisis fitokimia, ditemukan beberapa zat yang berada pada buah bintaro yakni saponin, steroid, dan senyawa fenol (flavonoid dan tanin) yang menunjukkan bahwa ekstrak buah bintaro memiliki sifat antibakteri, sitotoksik, dan sebagai depresan sistem saraf pusat karena adanya zat alkaloid dan saponin (Utami, 2010)

Selain pada buah, seluruh tanaman bintaro mengandung senyawa yang berpotensi sebagai racun antara lain flavonoid, tanin, steroid, triterpenoid, saponin, dan alkaloid yang berpotensi sebagai antifungi, insektisida, antioksidatif, antitumor, dan antibakteri (Utami, 2010).

Senyawa saponin yang terdapat pada buah bintaro bersifat toksik pada serangga yang dapat menghambat aktivitas makan serangga (Utami, 2010).

Aktivitas makan dihambat karena saponin menurunkan enzim pencernaan serta menghambat absorpsi makanan. Saponin dapat menyebabkan degradasi kutikula

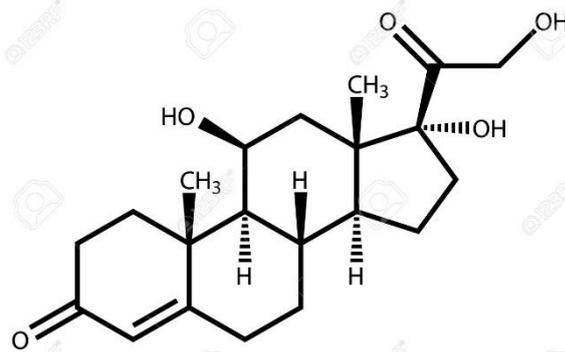
bahkan sampai kutikula menghilang yang dapat mengakibatkan cairan tubuh larva banyak yang keluar dan masuk melalui saluran pernafasan sehingga tubuh larva akan menjadi rusak. Saponin dapat mengganggu pertumbuhan dengan cara menghambat pengelupasan eksoskeleton larva sehingga tidak dapat berkembang ke fase selanjutnya (Chaieb, 2010). Saponin terdiri dari sapogenin yaitu bagian yang bebas dari glikosida yang disebut *Aglycone*. Sapogenin mengikat sakarida yang panjangnya mencapai 11 unit monosakarida dan yang terpanjang mempunyai ukuran antara 2-5 unit (Gambar 9) (Noer *et al.*, 2018).



Gambar 9. Struktur Senyawa Saponin (Noer *et al.*, 2018)

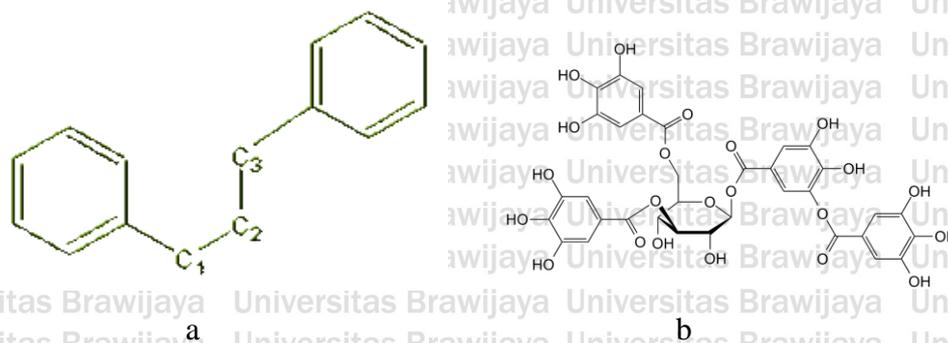
Senyawa steroid yang terdapat pada bagian buah bintangoro dapat menghambat pergantian kulit pada larva sehingga mengganggu proses perkembangan larva menjadi fase selanjutnya karena steroid mempunyai struktur yang mirip dengan hormon ecdison yang berperan dalam pergantian kulit pada serangga (Yunita *et al.*, 2009). Hormon ecdison adalah hormon yang memicu pergantian kulit serangga. Ecdison disekresi dari sepasang kelenjar endokrin yang disebut kelenjar protoraks, terletak dibelakang kepala. Pada serangga, produksi ecdison itu sendiri dikontrol oleh hormon yang disebut sebagai hormon otak. Sekresi ecdison secara bertahap dan setiap pembebasan hormon tersebut akan merangsang pergantian kulit. Selain merangsang pergantian kulit, hormon ecdison juga mendorong perkembangan karakteristik dari perkembangan ulat menjadi imago, sehingga apabila terganggu hormon ini maka perkembangan serangga juga akan terganggu.

Steroid adalah senyawa organik lemak sterol tidak terhidrolisis yang didapat dari hasil reaksi penurunan dari terpena atau skualena. Steroid merupakan senyawa yang memiliki kerangka dasar triterpena asiklik yang mempunyai struktur dasar yang terdiri dari 17 atom karbon yang membentuk tiga cincin sikloheksana (C_6H_{12}) dan satu cincin siklopentana (C_5H_{10}) (Gambar 10) (Noer *et al.*, 2018).



Gambar 10. Struktur Senyawa Steroid (Noer *et al.*, 2018)

Senyawa fenol (tanin dan flavonoid) yang terkandung dalam tanaman bintaro dapat menghambat proses pencernaan makanan karena mengganggu penyerapan dengan mengikat protein di saluran pencernaan sehingga pertumbuhan dan perkembangan terganggu karena kurangnya nutrisi yang dibutuhkan oleh serangga terutama protein. Hal ini dapat terjadi karena flavonoid berperan sebagai antioksidan yang mempunyai sifat racun perut (*stomach poisoning*) yang bekerja apabila senyawa tersebut masuk ke dalam tubuh serangga yang akan mengganggu organ pencernaan serangga. Sebagian besar flavonoid yang terdapat pada tumbuhan terikat pada gula sebagai glikosida dalam bentuk senyawa dan jarang ditemukan dalam bentuk unsur tunggal. Flavonoid mempunyai kerangka dasar karbon yang terdiri dari 15 atom karbon dengan dua cincin benzena (C₆) terikat oleh rantai propane (C₃) (Gambar 11a) (Noer *et al.*, 2018). Selain itu, terdapat senyawa tanin yang dapat menurunkan aktivitas enzim digestif seperti protease dan amilase. Senyawa tanin juga dapat memblokir ketersediaan protein dengan membentuk senyawa kompleks yang sukar dicerna oleh serangga sehingga dapat menurunkan kemampuan mencerna bagi serangga. Terdapat dua bentuk tanin yakni tanin yang mudah terhidrolisis dan tanin yang terkondensasi. Tanin yang mudah terhidrolisis merupakan polimer *gallic* atau *ellagic acid* yang berikatan ester dengan sebuah molekul gula, sedangkan tanin yang terkondensasi merupakan senyawa flavonoid dengan ikatan karbon-karbon. Struktur senyawa tanin terdiri dari cincin benzena (C₆) yang berikatan dengan gugus hidroksil (-OH) (Gambar 11b) (Noer *et al.*, 2018).



Gambar 11. Struktur Senyawa; a: Flavonoid, b: Tanin (Noer *et al.*, 2018)

Berikut ini adalah tabel hasil uji fitokimia dari kandungan senyawa pada setiap bagian tanaman bintaro yang berpotensi sebagai racun (Tabel 2).

Tabel 2. Kandungan Senyawa Kimia pada Bagian Tanaman Bintaro (Utami, 2010)

Kelompok	Biji	Daging Buah	Daun	Ranting	Kulit Batang
Flavonoid	-	+	+	+	+
Tannin	-	-	+	-	-
Steroid	+	+	++	+	+
Triterpenoid	+	-	-	-	-
Saponin	+++	+	+	-	-
Alkaloid	+	-	-	-	-

Keterangan: - : Tidak terdeteksi ++ : Positif kuat
 + : Positif +++ : Positif sangat kuat

2.3 Pestisida Nabati

2.3.1 Pestisida Nabati

Pestisida nabati merupakan hasil ekstraksi bagian tertentu dari tanaman baik dari daun, buah, biji, batang, dan akar yang mengandung senyawa metabolit sekunder dengan berbagai jenis senyawa aktif seperti alkaloid, fenolik, terpenoid dan zat kimia lainnya yang bersifat racun pada hama dan penyakit tertentu.

Pestisida nabati umumnya digunakan untuk mengendalikan hama (bersifat insektisidal) maupun penyakit (bersifat bakterisidal). Bahan nabati merupakan cadangan yang besar dan bervariasi yang telah ada di alam sehingga pestisida



nabati mempunyai potensi yang sangat besar untuk dijadikan sebagai pengendalian hama dan penyakit yang ramah lingkungan. Terdapat 1.800 jenis tanaman yang dapat dijadikan sebagai pestisida nabati (Sastrosiswojo, 2002). Di

Indonesia, diperkirakan terdapat 235 famili tumbuhan yang mengandung senyawa beracun. Famili tumbuhan yang dianggap berpotensi sebagai insektisida nabati antara lain asteraceae, fabaceae, dan euphorbiaceae (Sastrosiswojo, 2002). Selain

bersifat sebagai insektisida nabati, tumbuhan tersebut juga memiliki sifat sebagai fungisida, nematisida, moluskisida, bakterisida, mitisida maupun rodentisida.

Pestisida nabati berfungsi sebagai: (1) *repellent* yaitu senyawa yang menolak kehadiran serangga karena mempunyai aroma yang menyengat dan mencegah

serangga meletakkan telur serta menghentikan proses penetasan telur; (2)

antifeedant, yaitu senyawa yang menghambat serangga memakan tanaman yang

telah disemprot; (3) racun syaraf; dan (4) *attractant*, yaitu senyawa yang dapat

memikat kehadiran serangga yang dapat dipakai sebagai perangkap. Selain itu,

pestisida nabati juga mempunyai kelebihan dan kekurangan (Suriana, 2012).

Kelebihan pestisida nabati sebagai berikut: (1) pembuatannya mudah dan murah

sehingga memungkinkan untuk dibuat dalam skala rumah tangga oleh petani; (2)

tidak meninggalkan residu pada lingkungan sehingga aman bagi makhluk hidup

lainnya; (3) tidak menimbulkan keracunan bagi tanaman; (4) tidak menimbulkan

resisten pada hama; (5) mempunyai spektrum pengendalian yang luas; (6) hasil

pertanian lebih sehat dan terlindungi dari bahan kimia yang berbahaya.

Kekurangan pestisida nabati sebagai berikut: (1) daya racun rendah sehingga daya

kerjanya lebih lambat; (2) cepat terurai sehingga perlu diaplikasikan lebih sering;

(3) daya simpan relatif pendek; (4) tidak praktis; (5) mudah rusak dan tidak tahan

terhadap sinar matahari (Ramulu, 1999).

2.3.2 Prinsip Kerja Pestisida Nabati

Pestisida nabati mempunyai prinsip kerja yang spesifik dalam mengendalikan hama dan penyakit. Ada tiga prinsip kerja pestisida nabati yakni

menolak kedatangan hama dan penyakit, menghambat pertumbuhan dan

perkembangan hama dan penyakit, dan merusak kerja sistem dalam tubuh hama

dan penyakit. Cara kerja pengendalian pada hama dan penyakit dapat dilakukan

dengan cara tunggal maupun perpaduan beberapa cara pengendalian. Secara

umum, pestisida nabati mempunyai mekanisme kerja dalam pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) yakni menolak makanan, mengurangi nafsu makan, mengganggu komunikasi serangga, menghambat proses reproduksi serangga betina, merusak perkembangan telur, larva, dan pupa, menghambat pergantian kulit, serta menghambat perkembangan patogen penyakit.

Cara kerja pestisida nabati dalam tubuh serangga atau yang dikenal dengan *mode of action* dan cara masuk atau *mode of entry*. *Mode of action* adalah cara kerja pestisida nabati untuk merusak sistem kerja dalam tubuh serangga atau penyakit sasaran. Sistem kerja yang dimaksud biasanya berupa protein dan enzim. Cara kerja pestisida nabati dalam tubuh organisme pengganggu tanaman (OPT) sebagai berikut: (1) racun perut/lambung yang dapat merusak sistem pencernaan jika tertelan oleh serangga; (2) racun kontak yang dapat membunuh atau mengganggu perkembangan serangga apabila mengenai tubuh serangga; (3) racun pernafasan, biasanya berbentuk gas atau bahan yang mudah menguap yang dapat membunuh serangga jika terhisap oleh sistem pernafasan serangga; (4) racun saraf yang dapat mengganggu sistem kerja saraf serangga; (5) racun protoplasmik yang bekerja dengan cara merusak protein dalam sel tubuh OPT; (6) racun sistemik yang bekerja dengan cara masuk ke dalam sistem jaringan tanaman dan ditranslokasikan ke seluruh bagian tanaman, sehingga pestisida nabati dapat beracun apabila dihisap, dimakan, atau terkena tubuh OPT (Astuti, 2016).

2.4 Metode Ekstraksi

Ekstraksi merupakan proses pemisahan bahan dari campurannya dengan menggunakan pelarut. Jenis-jenis ekstraksi yang dapat digunakan terbagi menjadi beberapa metode sebagai berikut;

2.4.1 Maserasi

Ekstraksi dengan metode maserasi merupakan cara yang cukup sederhana yang dilakukan dengan cara memasukkan serbuk tanaman yang telah dihaluskan dan pelarut yang sesuai ke dalam wadah yang tertutup rapat. Proses ekstraksi dihentikan ketika tercapai keseimbangan antara konsentrasi senyawa dalam pelarut dengan konsentrasi zat terlarut (sel tanaman). Setelah proses ekstraksi, pelarut dipisahkan dari sampel dengan penyaringan. Untuk mendapatkan filtrat

yang baik dari hasil ekstraksi, perlu disaring menggunakan kertas saring. Kualitas hasil penyaringan tergantung dari kertas saring yang digunakan. Setelah didapatkan filtrat, selanjutnya menguapkan pelarut, untuk mendapatkan hasil penguapan pelarut digunakan alat penguap yakni *rotary evaporator* yang berfungsi untuk menguapkan pelarut dan menyisakan ekstrak tumbuhan dalam labu. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi penguapan seperti tekanan vakum, suhu air yang bersirkulasi, dan putaran labu. Setelah penguapan selesai, akan dihasilkan ekstrak tumbuhan yang dapat berbentuk padatan (*solid*) atau cairan (*liquid*). Ekstrak yang dihasilkan dari ekstraksi awal disebut sebagai ekstrak kasar (*crude extract*) (Mukhriani, 2014).

2.4.2 Sokletasi

Ekstraksi dengan metode sokletasi merupakan proses pemisahan suatu komponen yang terdapat dalam zat padat dengan cara penyaringan berulang-ulang dengan menggunakan pelarut tertentu, sehingga semua komponen yang diinginkan akan terisolasi. Ekstraksi sokletasi dilakukan dengan menempatkan serbuk sampel dalam sarung selulosa (dapat menggunakan kertas saring) dalam klonsong yang ditempatkan di atas labu dan dibawah kondensor. Pelarut yang sesuai dimasukkan kedalam labu dan suhu pemanas diatur di bawah suhu reflux (Mukhriani, 2014).

2.4.3 Perkolasi

Ekstraksi perkolasi merupakan ekstraksi dengan menggunakan pelarut yang selalu baru hingga semua pelarut tertarik dengan sempurna (*exhaustive extraction*), umumnya dilakukan pada suhu kamar. Tahapan perkolasi penetesan pelarut serta penampungan perkolatnya hingga didapat volume satu sampai lima kali jumlah bahan. Proses keberhasilan ekstraksi dengan cara perkolasi dipengaruhi oleh selektifitas pelarut, kecepatan alir pelarut dan suhunya, ukuran simplisia tidak boleh terlalu halus karena dapat menyumbat pori-pori saringan perkolator.

Ekstraksi dengan metode perkolasi dilakukan dengan cara serbuk sampel dibasahi secara perlahan dalam sebuah perkolator. Perkolator merupakan wadah silinder yang dilengkapi dengan kran pada bagian bawah. Pelarut ditambahkan pada bagian atas serbuk sampel dan dibiarkan menetes perlahan pada bagian

bawah. Kelebihan dari metode ini adalah sampel senantiasa dialiri oleh pelarut baru. Sedangkan kerugiannya adalah jika sampel dalam perkulator tidak homogen maka pelarut akan sulit menjangkau seluruh area (Mukhriani, 2014).

2.4.4 Ultrasound – Assisted Solvent

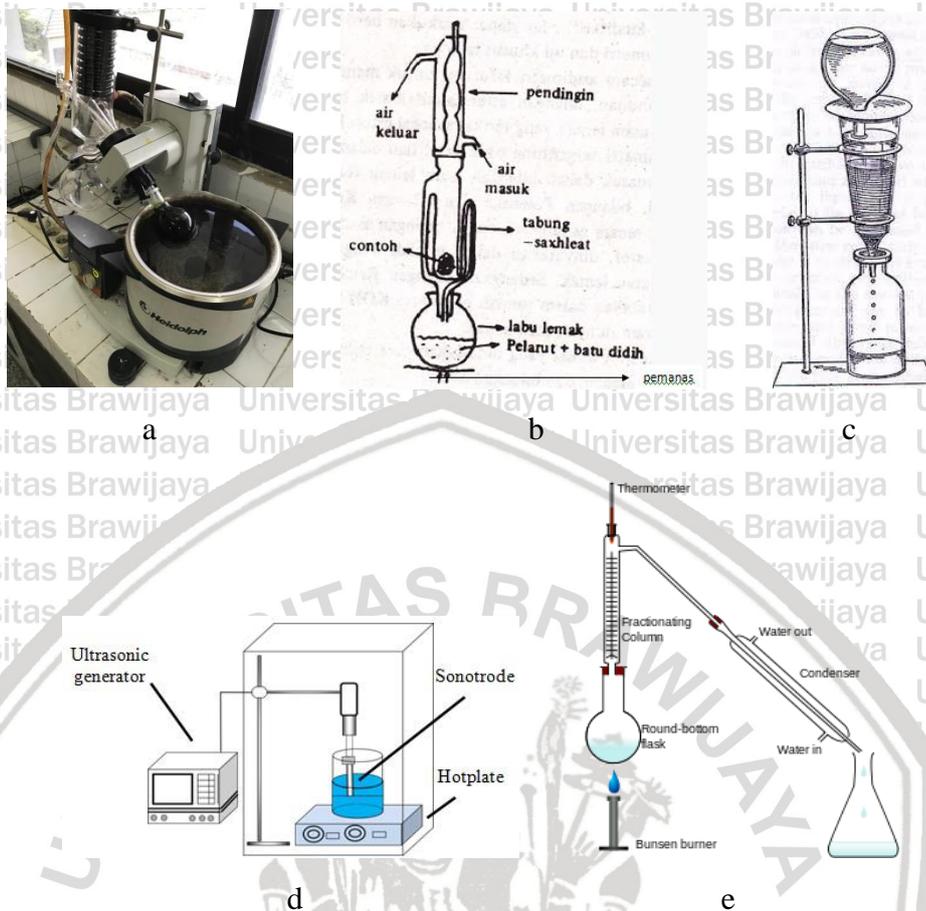
Metode ini merupakan metode maserasi yang dimodifikasi dengan menggunakan bantuan *ultrasound* (sinyal dengan frekuensi tinggi, 20 kHz).

Wadah yang berisi serbuk sampel ditempatkan dalam wadah *ultrasonic* dan *ultrasound*. Hal ini dilakukan untuk memberikan tekanan mekanik pada sel hingga menghasilkan rongga pada sampel. Kerusakan pada sel dapat menyebabkan peningkatan kelarutan senyawa dalam pelarut dan meningkatkan hasil ekstraksi (Mukhriani, 2014).

2.4.5 Reflux dan Destilasi Uap

Refluks adalah proses ekstraksi dengan pelarut yang dididihkan beserta simplisia selama waktu tertentu dengan jumlah pelarut yang konstan karena pelarut terus bersirkulasi didalam refluks (menguap, didinginkan, kondensasi, kemudian menetes kembali ke menstrum di dalam alat). Umumnya dilakukan pengulangan pada residu pertama sebanyak tiga sampai lima kali hingga didapat proses ekstraksi sempurna (*exhaustive extraction*). Pada metode reflux, sampel dimasukkan bersama pelarut ke dalam labu yang dihubungkan dengan kondensor. Pelarut dipanaskan hingga mencapai titik didih. Uap terkondensasi dan kembali kedalam labu.

Destilasi uap memiliki proses yang sama dengan cara mengalirkan uap air pada simplisia yang umumnya dilakukan pada kandungan kimia simplisia yang mudah menguap seperti minyak atsiri, sehingga uap air menarik kandungan zat didalam simplisia yang kemudian terkondensasi bersama-sama menghasilkan ekstrak cair (campuran). Selama pemanasan, uap terkondensasi dan destilat (terpisah sebagai 2 bagian yang tidak saling bercampur) ditampung dalam wadah yang terhubung dengan kondensor (Mukhriani, 2014).



Gambar 12. Alat Ekstraksi; a: Maserasi, b: Sokletasi, c: Perkulasi, d: Ultrasound – Assisted Solvent, e: Reflux dan Destilasi Uap (Mukhriani, 2014)

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2019 sampai dengan bulan Mei 2019 di Laboratorium Toksikologi dan Laboratorium Hama Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan yaitu blender, timbangan analitik, *vacuum rotary evaporator*, *orbital shaker*, tabung Erlenmeyer 250 ml, gelas Beker 500 ml, corong gelas, saringan, kertas saring, kain tile warna putih, aluminium foil, plastik wrap, kertas label, kapas, tisu, sendok, pisau, gunting, kuas, karet gelang, kamera, alat tulis, sangkar perbanyakan yang terdiri dari stoples plastik (d: 12 cm; t: 20 cm), plastik persegi panjang (p: 30 cm; l: 15 cm; t: 10 cm), dan wadah plastik perbanyakan (d: 8 cm; t: 8 cm), dan wadah plastik perlakuan (d: 5 cm; t: 5 cm).

Bahan-bahan yang digunakan yaitu kulit buah bintaro agak matang sampai matang yakni berwarna kemerahan yang didapat dari daerah Malang, biji jagung manis, aquades, etanol 96% dan larva *H. armigera* yang didapat dari tanaman jagung.

3.3 Metode

3.3.1 Perbanyakan Larva *H. armigera*

Larva *H. armigera* yang didapat kemudian dibawa ke laboratorium dan dipelihara secara individual di dalam wadah plastik yang bagian tutupnya telah dilubangi menggunakan jarum dan diberikan pakan biji jagung manis. Larva dipelihara secara terpisah dengan individu lainnya karena perilakunya yang kanibal. Apabila larva telah mencapai instar 5 atau 6, wadahnya diisi tanah sebagai media untuk perubahan dari larva menjadi pupa. Setelah 5 hari, pupa dikeluarkan dari tanah dan dimasukkan ke dalam stoples plastik yang ditutup menggunakan kain tile berwarna putih dengan perbandingan betina dan jantan yakni 2 : 1 atau 3 : 1. Imago yang muncul diberikan pakan madu 10% yang diencerkan dengan air dan diresapkan pada kapas. Telur yang diletakkan pada kain tile dimasukkan kedalam stoples plastik yang ditutup menggunakan tisu dan diikat menggunakan karet gelang (Gambar 13a). Telur yang menetas dipindahkan

kedalam wadah plastik persegi panjang yang bagian tutupnya dilubangi dan lubangnya ditutup menggunakan kain tile dan diberi biji jagung manis beserta tongkolnya sebagai pakan (Gambar 13b). Setelah larva mencapai instar 2 atau 3, larva dipisahkan kedalam wadah plastik masing-masing 1 larva setiap wadah dan diberi biji jagung manis secukupnya (Gambar 13c).



Gambar 1. Sangkar Perbanyakan; a: Telur, Pupa dan Imago, b: Larva Instar 1, c: Larva Instar 2-6

3.3.2 Pembuatan Ekstrak Kulit Buah Bintaro

Pembuatan ekstrak kulit buah bintaro dilakukan menggunakan ekstraksi maserasi yang dimodifikasi dari Ningrum (2012). Hal ini karena ekstraksi maserasi sederhana dan mudah dilakukan serta tidak melalui proses pemanasan sehingga kerusakan bahan dapat diminimalisir.

Buah tanaman bintaro diambil sekitar 20-30 buah yang agak matang yaitu berwarna agak merah atau matang yaitu berwarna merah. Buah kemudian dipisahkan dari kulitnya. Kulit buah kemudian dicuci dengan air dan dipotong-potong kecil berukuran lebih kurang 2 cm. Kulit buah yang telah dipotong kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 40-60⁰C selama 48-72 jam sampai kulit buah bintaro kering. Setelah kering, kulit buah tersebut dihaluskan menggunakan blender sampai berbentuk serbuk halus. Serbuk halus kemudian dimaserasi menggunakan pelarut organik etanol 96% yang bersifat polar dengan perbandingan 1 : 3 (50 gram serbuk buah bintaro : 150 ml etanol 96%). Campuran dimasukkan kedalam tabung erlenmeyer dan tabung erlenmeyer ditutup rapat menggunakan aluminium foil dan plastik wrap supaya tidak terjadi penguapan bahan. Selanjutnya campuran yang telah dimasukkan kedalam tabung erlenmeyer diaduk menggunakan *orbital shaker* selama 24 jam (Hasnah dan Fardhisa, 2012).

Setelah 24 jam pengadukan, campuran kemudian disaring menggunakan corong

gelas yang dilapisi kertas saring. Filtrat yang didapat dari hasil shaker dipisahkan dengan pelarut etanol 96% dengan alat *rotary vacuum evaporator* pada suhu 70°C selama 2 jam. Hasil ekstrak murni kulit buah bintaro dimasukkan kedalam botol kaca dan ditutup menggunakan aluminium foil dan plastik wrap supaya tidak terjadi penguapan saat penyimpanan. Ekstrak yang dihasilkan kemudian disimpan dalam lemari es pada suhu $\leq 4^{\circ}\text{C}$ hingga saat digunakan. Penelitian ekstrak kulit buah bintaro menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan (Tabel 3) dan 4 kali ulangan.

Tabel 1. Konsentrasi Pengujian Ekstrak Kulit Buah Bintaro

Perlakuan	Konsentrasi (ppm)
Ekstrak Kontrol (aquades)	1 liter
Kulit buah bintaro	3.000
Kulit buah bintaro	6.000
Kulit buah bintaro	9.000
Kulit buah bintaro	12.000
Kulit buah bintaro	15.000

3.3.3 Pengujian Ekstrak Kulit Buah Bintaro pada Larva *H. armigera*

Pengujian dilakukan dengan metode perendaman biji jagung manis sekitar 25-50 gr sebagai pakan pada setiap perlakuan. Larva *H. armigera* yang sehat dan telah mencapai instar 2 atau 3 diletakkan dalam wadah plastik perlakuan masing-masing satu larva dan diaklimatisasikan selama lebih kurang 1 jam.

Tahap pengujian yakni biji jagung manis direndam pada masing-masing konsentrasi larutan ekstrak dan aquades (kontrol) selama lima menit, setelah itu dikeringanginkan diatas nampan plastik pada suhu ruangan sekitar 2 menit sampai tidak ada larutan yang menetes. Kemudian dimasukkan kedalam wadah plastik yang telah berisi larva uji. Pengamatan dilakukan pada mortalitas dan penurunan aktivitas makan larva *H. armigera* selama 96 jam, dan dilanjutkan dengan pengamatan perubahan larva menjadi pupa dan imago.

Pengamatan mortalitas larva dilakukan untuk menghitung jumlah larva yang mati akibat perlakuan yang diberikan. Mortalitas larva *H. armigera* dinyatakan dalam bentuk persen dan diamati pada 24, 48, 72, dan 96 jam setelah aplikasi (JSA). Perhitungan persentase mortalitas *H. armigera* pada masing-

masing ulangan disetiap perlakuan dilakukan dengan rumus sebagai berikut (Bedjo, 2005):

$$P = \frac{n}{n+m} \times 100\%$$

yang P adalah persentase mortalitas larva, n adalah jumlah larva yang mati, dan m adalah jumlah larva yang hidup.

Efektivitas pestisida nabati diklasifikasikan berdasarkan mortalitas (Tabel 4) (Priyono, 1998).

Tabel 2. Klasifikasi Efektivitas Pestisida Nabati

Mortalitas Serangga Uji	Kategori
$x \geq 95\%$	Sangat kuat
$75\% \leq x \leq 95\%$	Kuat
$60\% \leq x \leq 75\%$	Cukup kuat
$40\% \leq x \leq 60\%$	Sedang
$25\% \leq x \leq 40\%$	Agak lemah
$5\% \leq x \leq 25\%$	Lemah
$x \leq 5\%$	Tidak aktif

Apabila pada kontrol terdapat kematian tidak melebihi 20%, maka dilakukan perhitungan persen koreksi kematian dengan rumus (Abbott, 1987) sebagai berikut;

$$P = \frac{x-y}{x} \times 100\%$$

yang P adalah mortalitas terkoreksi, x adalah serangga yang hidup pada kontrol, dan y adalah serangga yang hidup pada perlakuan.

Untuk mengetahui kemampuan ekstrak kulit buah bintaro dalam menurunkan kemampuan makan larva *H. armigera* dilakukan dengan cara membandingkan berat pakan yang dimakan dengan perlakuan ekstrak kulit buah bintaro dan tanpa ekstrak kulit buah bintaro. Pengamatan dimulai dengan menimbang berat biji jagung manis sebelum dan sesudah aplikasi dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Tohir, 2010):

$$FD = 1 - \frac{T}{C} \times 100\%$$

yang FD adalah persentase penurunan aktivitas makan larva, T adalah berat pakan yang dimakan pada perlakuan, dan C adalah berat pakan yang dimakan pada kontrol.

Persentase hasil penurunan aktivitas makan dikategorikan berdasarkan kriteria berikut (Tabel 5) (Tohir, 2010);

Tabel 3. Kriteria Penurunan Aktivitas Makan

Persentase Penurunan Aktivitas Makan	Kriteria
> 80%	Kuat
61-80%	Sedang
40-60%	Lemah
<40%	Sedikit atau tidak ada

Perhitungan dilakukan untuk mengetahui larva yang tahan pada pengujian ekstrak kulit buah bintaro dengan konsentrasi tertentu dan berubah menjadi pupa dengan rumus sebagai berikut (Bedjo, 2005):

$$I = \frac{i}{n} \times 100\%$$

yang I adalah persentase larva yang menjadi pupa, n adalah jumlah larva yang diuji, dan i adalah jumlah larva yang menjadi pupa.

Selain itu, perhitungan juga dilakukan untuk mengetahui jumlah imago yang muncul. Imago yang muncul dihitung berdasarkan pupa yang hidup dengan rumus sebagai berikut (Utami, 2010):

$$\sum \text{Imago} = \frac{\sum \text{Imago yang muncul}}{\sum \text{Pupa yang hidup}} \times 100\%$$

Selain pengamatan ketahanan larva pada pengujian, dilakukan juga pengamatan pengaruh akibat ekstrak kulit buah bintaro pada malformasi pada fase pupa maupun imago yang muncul.

3.3.4 Analisis Data

Data mortalitas larva harian, penurunan aktivitas makan larva, dan perubahan larva menjadi pupa atau imago yang diperoleh akan dianalisis dengan analisis ragam menggunakan Microsoft Excel. Apabila hasil analisis ragam perlakuan berbeda nyata maka akan dilakukan uji lanjut dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan taraf kesalahan 5%.



Persentase mortalitas dan nilai toksisitas dari ekstrak kulit buah bintaro akan diolah menggunakan analisis probit bantuan *software* Hsin Chi (1997).



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Toksisitas Ekstrak Kulit Buah Bintaro pada Mortalitas *H. armigera*

Berdasarkan hasil analisis ragam pengujian ekstrak kulit buah bintaro pada beberapa konsentrasi dan waktu pengamatan menunjukkan pengaruh yang nyata pada mortalitas *H. armigera* (Tabel lampiran 1, 2, 3, dan 4). Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah bintaro mempunyai daya racun yang dapat menyebabkan kematian pada *H. armigera*. Konsentrasi ekstrak kulit buah bintaro yang tinggi menyebabkan mortalitas larva *H. armigera* tinggi. Hal ini terlihat dari hasil rerata persentase mortalitas dari pengujian konsentrasi ekstrak kulit buah bintaro dan waktu pengamatan pada *H. armigera* (Tabel 6).

Tabel 1. Rerata Persentase Mortalitas *H. armigera* setelah Aplikasi Ekstrak Kulit Buah Bintaro

Perlakuan EKBB (ppm)	Rerata Mortalitas <i>H. armigera</i> (%)			
	24 JSA ± SB	48 JSA ± SB	72 JSA ± SB	96 JSA ± SB
Kontrol	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a
3.000	7,5 ± 2,5 b	11,3 ± 4,8 b	12,5 ± 4,8 b	12,5 ± 6,5 b
6.000	11,3 ± 2,5 b	16,3 ± 2,5 b	20,0 ± 4,1 c	21,3 ± 2,5 c
9.000	18,8 ± 4,8 c	23,8 ± 4,8 c	28,8 ± 4,8 d	30,0 ± 4,1 d
12.000	30,0 ± 5,8 d	37,5 ± 6,5 d	41,3 ± 7,5 e	43,8 ± 6,3 e
15.000	41,3 ± 6,3 e	51,3 ± 6,3 e	56,3 ± 9,5 f	61,3 ± 9,5 f

Keterangan : angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%. JSA: Jam Setelah Aplikasi, EKBB: Ekstrak Kulit Buah Bintaro, ppm: *Part permilion*, SB: Simpangan Baku.

Tingkat pengujian ekstrak kulit buah bintaro lebih tinggi secara nyata dibandingkan dengan kontrol. Pada pengamatan 24 dan 48 JSA, peningkatan konsentrasi ekstrak menyebabkan peningkatan mortalitas larva uji, kecuali pada perlakuan 3.000 ke 6.000 ppm. Pada pengamatan 72 dan 96 JSA, peningkatan konsentrasi ekstrak menyebabkan peningkatan mortalitas larva uji. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi ekstrak kulit buah bintaro yang semakin tinggi akan menyebabkan mortalitas larva *H. armigera* semakin tinggi. Sesuai pendapat Widakdo dan Setiadevi (2017) bahwa semakin tinggi konsentrasi pestisida nabati ekstrak tanaman bintaro, maka semakin menurun populasi serangga yang diuji. Selain itu, pendapat Marhaeni (2001) bahwa semakin tinggi konsentrasi yang digunakan, maka kandungan bahan aktif dalam larutan semakin banyak sehingga

daya racun pestisida nabati semakin tinggi. Terlihat pada aplikasi ekstrak kulit buah bintaro 96 JSA, mortalitas larva tertinggi dijumpai pada konsentrasi 15.000 ppm dan mortalitas larva terendah dijumpai pada konsentrasi 3.000 ppm. Suatu pengujian mortalitas dapat dinyatakan efektif apabila mortalitas mencapai $\geq 50\%$ dari populasi serangga yang diujikan. Efektivitas pada pengujian ini baru terlihat pada 48 JSA yakni pada konsentrasi 15.000 ppm.

Ciri-ciri larva *H. armigera* normal yang masih hidup, warna tubuhnya terang agak kekuningan dan tergantung dari warna larva, bagian kepalanya berwarna kuning terang, dan bergerak aktif (Gambar 14a). Pada larva yang mati setelah aplikasi ekstrak kulit buah bintaro yaitu tubuhnya berubah warna menjadi gelap atau menjadi kehitaman yang dimulai dari kepala hingga seluruh tubuh larva, berbau tidak sedap, tubuhnya mengkerut, tidak ada gerakan, dan lama kelamaan akan mengering (Gambar 14b).



Gambar 1. Larva *H. armigera* setelah Aplikasi Ekstrak Kulit Buah Bintaro; a: Hidup, b: Mati

Gejala perubahan yang terjadi pada larva yang mati diduga karena senyawa metabolit sekunder yang ada dalam ekstrak kulit buah bintaro yang termakan dan masuk ke dalam tubuh larva sebagai racun perut dan racun saraf. Hal ini terjadi karena sebagian besar efek racun perut terjadi pada saluran pencernaan bagian tengah (*midgut*) serangga. Saluran bagian tengah merupakan organ utama pada pencernaan serangga karena saluran tersebut merupakan organ yang menyerap nutrisi dan sekresi enzim. Apabila sistem pencernaan terganggu akan berakibat pada terganggunya kelangsungan hidup serangga. Ekstrak kulit buah bintaro mampu mengakibatkan terganggunya proses metabolisme dalam tubuh serangga uji. Hal ini dapat dilihat dari menurunnya aktivitas larva

H. armigera dan lama kelamaan larva tidak menunjukkan adanya pergerakan (mati) setelah aplikasi ekstrak kulit buah bintaro. Sebagian besar senyawa metabolit sekunder yang bekerja sebagai racun perut adalah senyawa flavonoid.

Sesuai pendapat Utami (2010) bahwa flavonoid dapat ditemukan hampir pada semua bagian tanaman bintaro. Selain itu, Cahyadi (2009) mengemukakan bahwa senyawa alkaloid dan flavonoid dapat menjadi racun perut atau disebut *stomach poisoning*. Flavonoid bekerja pada sitosol dan akan mempengaruhi sistem pencernaan larva sehingga larva akan mengalami anoreksia dan mengalami malnutrisi sehingga akan mengganggu pertumbuhan larva bahkan dapat mengakibatkan larva mati. Selain itu, flavonoid juga bekerja untuk mengendurkan otot serangga yang dapat berpengaruh pada perubahan warna kulit serangga dan berkurangnya aktivitas serangga sehingga dalam waktu tertentu dapat menyebabkan kematian pada serangga. Selaras pernyataan Hernani dan Nurdjanah (2009) bahwa flavonoid mempunyai aktivitas biologi sebagai pengendur otot serangga.

4.2 Konsentrasi Mematikan (LC₅₀) dan Waktu Mematikan (LT₅₀) Ekstrak Kulit Buah Bintaro pada *H. armigera*

Daya racun suatu pestisida nabati dapat ditentukan menggunakan nilai LC₅₀ (*Median Lethal Concentration*) dan LT₅₀ (*Median Lethal Time*). Nilai LC₅₀ dan LT₅₀ mempunyai hubungan korelasi dengan mortalitas larva yang diuji. Hubungan korelasi antara konsentrasi dengan mortalitas dapat dihitung menggunakan analisis probit. Analisis probit adalah metode perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan nilai toksisitas suatu jenis insektisida pada serangga uji yang dapat diketahui dari nilai LC₅₀ dan LT₅₀. Nilai LC₅₀ dan LT₅₀ digunakan untuk menentukan tingkat konsentrasi dan waktu efektif yang dibutuhkan untuk mematikan 50% serangga uji dari seluruh serangga yang diujikan. Semakin rendah nilai LC₅₀, maka semakin tinggi daya racun insektisida tersebut. Oleh karena itu, nilai LC₅₀ ekstrak kulit buah bintaro pada *H. armigera* diperlukan untuk mengetahui konsentrasi yang efektif dalam mengendalikan *H. armigera* (Tabel 7).

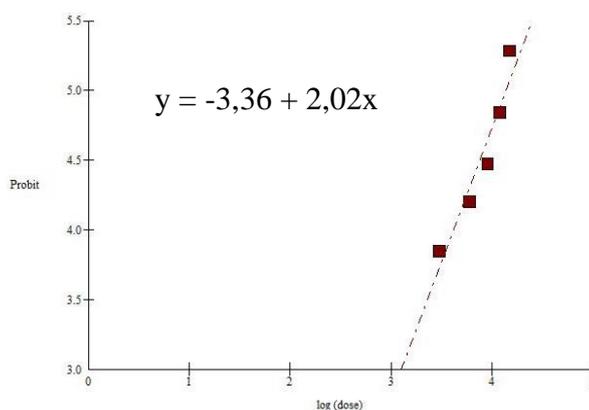
Tabel 2. Estimasi Nilai LC₅₀ dan LC₉₀ Ekstrak Kulit Buah Bintaro pada *H. armigera*

Perlakuan	LC ₅₀ (ppm)	LC ₉₀ (ppm)	Persamaan Regresi	SE	Batas Acuan LC ₅₀ (ppm)	
					Bawah	Atas
EKBB	13.451	57.726	$y = -3,36 + 2,02x$	0,3	9.886,4	29.041,3

Keterangan : EKBB: Ekstrak Kulit Buah Bintaro, LC₅₀: *Lethal concentration* 50%, SE: *Strandart Error*, ppm: *Part Permillion*

Nilai LC₅₀ dari ekstrak kulit buah bintaro yaitu 13.451 ppm dan nilai LC₉₀ sebesar 57.726 ppm dengan persamaan regresi $y = -3,36 + 2,02x$ (Tabel 7).

Ekstrak kulit buah bintaro sebesar 13.451 ppm berarti bahwa untuk menyebabkan kematian larva *H. armigera* sebesar 50% membutuhkan ekstrak kulit buah bintaro sebesar 13.451 ppm. Tingkat konsentrasi ekstrak mempunyai hubungan dengan mortalitas *H. armigera* (Gambar 15).



Gambar 2. Grafik Hubungan Konsentrasi Ekstrak Kulit Buah Bintaro dengan Mortalitas *H. armigera*

Data mortalitas diatas menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah bintaro mempunyai daya racun yang efektif pada *H. armigera* karena mampu membunuh setengah populasi serangga uji. Menurut Dadang dan Prijono (2008) bahwa ekstrak pestisida nabati tergolong efektif apabila mampu membunuh setengah dari populasi hewan yang diuji. Namun, keefektifan nilai LC₅₀ sebesar 13.451 ppm masih tergolong dalam kategori rendah. Pendapat Meyer *et al.* (1982) bahwa daya racun tinggi jika nilai LC₅₀ kurang dari 1.000 ppm, sedang jika konsentrasi 1.000-10.000 ppm, dan rendah jika konsentrasi lebih dari 10.000 ppm. Berdasarkan persamaan regresi yaitu $y = -3,36 + 2,02x$ (Tabel 7) dengan nilai koefisien regresi variable konsentrasi (x) sebesar 2,02% yang berarti bahwa setiap penambahan

konsentrasi sebesar 3.000 ppm dapat menyebabkan mortalitas larva *H. armigera* sebesar 2,02%. Nilai koefisien regresi variable konsentrasi (x) sebesar 2,02% menunjukkan bahwa tingkat mortalitas memiliki hubungan yang searah atau positif dengan regresi tersebut (Gambar 15). Persamaan regresi digunakan untuk menentukan konsentrasi yang tepat dalam menentukan persentase kematian serangga yang diuji.

Selain untuk menentukan konsentrasi ekstrak kulit buah bintaro yang efektif, data mortalitas juga dapat digunakan untuk menentukan waktu yang efektif untuk membunuh 50% serangga yang diuji (LT₅₀). LT₅₀ yaitu waktu efektif yang dibutuhkan untuk membunuh 50% serangga yang diuji pada konsentrasi yang ditentukan. Hubungan antara waktu dan mortalitas *H. armigera* dapat ditentukan dari konsentrasi pestisida nabati yang digunakan yaitu 3.000, 6.000, 9.000, 12.000, dan 15.000 ppm, sehingga diperoleh estimasi nilai LT₅₀ (Tabel 8).

Tabel 3. Estimasi Nilai LT₅₀ Ekstrak Kulit Buah Bintaro pada Mortalitas *H. armigera*

Perlakuan	Konsentrasi (ppm)	Nilai LT ₅₀ (Jam)	Persamaan Regresi
EKBB	3.000	32622	$y = 2,70 + 0,59x$
	6.000	1201	$y = 2,81 + 0,70x$
	9.000	619	$y = 3,24 + 0,62x$
	12.000	167	$y = 3,63 + 0,61x$
	15.000	44	$y = 3,22 + 1,04x$

Keterangan : EKBB: Ekstrak Kulit Buah Bintaro, ppm: *part permillion*, LT₅₀: *Lethal Time 50*

Waktu yang dibutuhkan untuk membunuh 50% *H. armigera* tergantung pada konsentrasi yang diberikan. Berdasarkan hasil LT₅₀ dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak kulit buah bintaro yang diaplikasikan, maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk membunuh larva *H. armigera*. Hal ini selaras pernyataan Gassa (2011) bahwa konsentrasi ekstrak pestisida yang semakin tinggi akan memberikan pengaruh yang semakin cepat pada kematian serangga. Hasil pengamatan pada konsentrasi dengan waktu terlalu lama untuk mematikan 50% *H. armigera* yaitu 3.000 ppm dan waktu tercepat untuk membunuh 50% larva *H. armigera* yaitu 15.000 ppm. Nilai LC₅₀ yang efektif mematikan 50% serangga uji *H. armigera* yaitu 13.451 ppm dan nilai LT₅₀ sebesar 105 JSA yang berarti pada konsentrasi 13.451 ppm yang dibutuhkan untuk membunuh 50% serangga uji *H. armigera* diperlukan waktu 105 jam.

Data penelitian ini pada konsentrasi 9.000 ppm dengan ekstraksi kulit buah bintaro menghasilkan mortalitas *H. armigera* sebesar 30% dalam jangka waktu 96 JSA. Penelitian Gokok (2017) pada konsentrasi 9.000 ppm ekstraksi buah bintaro menghasilkan mortalitas *S. litura* sebesar 43,5% dalam jangka waktu 96 JSA. Hal ini terjadi karena kandungan bahan aktif pada daging buah bintaro lebih banyak dibandingkan dengan kulit buah bintaro. Menurut Tarmadi (2013) bahwa daging buah memiliki daya bunuh paling tinggi pada larva dibandingkan dengan kulit batang, kulit buah dan daun. Hasil mortalitas tertinggi pada konsentrasi 15.000 ppm. Rerata mortalitas dan kecepatan mematikan larva menggunakan pestisida sintetis termasuk dalam kategori kuat dan sangat kuat meskipun dengan konsentrasi yang lebih rendah dari pestisida nabati. Hal ini menunjukkan bahwa pestisida nabati kulit buah bintaro masih belum bisa mengimbangi keefektifan pestisida sintetis. Menurut Sinaga (2009) bahwa pestisida nabati mempunyai daya racun yang rendah sehingga tidak dapat langsung mematikan serangga, namun relatif lebih aman pada tanaman, manusia, dan lingkungan.

4.3 Uji Ekstrak Kulit Buah Bintaro pada Penurunan Aktivitas Makan Larva *H. armigera*

Pengamatan dilakukan untuk mengetahui pengaruh ekstrak kulit buah bintaro pada kemampuan makan larva selama 96 JSA. Aplikasi ekstrak kulit buah bintaro pada berbagai tingkatan konsentrasi berpengaruh nyata pada rerata persentase penurunan aktivitas makan larva *H. armigera* (Tabel 9 dan Tabel lampiran 5).

Tabel 4. Rerata Persentase Penurunan Aktivitas Makan Larva *H. armigera*

Perlakuan	Konsentrasi (ppm)	Penurunan Aktivitas Makan (%)	Kriteria
	Kontrol	-	-
EKBB	3.000	12,7 a	Sedikit/Tidak ada
	6.000	19,7 b	Sedikit/Tidak ada
	9.000	26,2 c	Sedikit/Tidak ada
	12.000	50,2 d	Lemah
	15.000	58,1 e	Lemah

Dari hasil penelitian diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak kulit buah bintaro, maka semakin tinggi penurunan aktivitas makan larva

H. armigera. Hal ini terjadi karena semakin tinggi konsentrasi, maka semakin tinggi kandungan bahan aktif yang berfungsi sebagai zat penurun aktivitas makan serangga. Penurunan aktivitas makan dihitung berdasarkan bobot pakan yang dikonsumsi oleh larva *H. armigera*. Rerata nilai penurunan aktivitas makan terendah terdapat pada aplikasi ekstrak kulit buah bintaro dengan konsentrasi 3.000 ppm dan nilai rerata penurunan aktivitas makan tertinggi pada konsentrasi 15.000 ppm. Penurunan aktivitas makan pada konsentrasi 15.000 ppm yaitu 58,1% termasuk ke dalam kategori lemah. Berdasarkan pendapat Tohir (2010) bahwa penurunan aktivitas makan sebesar 40 - 60% termasuk ke dalam kriteria lemah.

Penurunan aktivitas makan diduga terjadi karena senyawa yang terkandung dalam ekstrak kulit buah bintaro yang masuk kedalam tubuh serangga dapat merusak sistem pencernaan serangga. Menurut Kurniadisari *et al.* (2017) bahwa penurunan aktivitas makan disebabkan oleh kandungan bahan aktif yang terdapat pada tanaman bintaro dan memiliki sifat penghambat nafsu makan serangga dengan cara mengganggu sistem pencernaan serangga. Beberapa senyawa dalam tanaman bintaro yang berperan penting dalam penurunan aktivitas makan larva yaitu saponin dan tanin. Saponin bekerja merusak sistem pencernaan makanan yang ada di dalam tubuh serangga dengan cara mengganggu kerja enzim pencernaan. Selaras pernyataan Yunita *et al.* (2009) bahwa saponin bekerja dengan cara menurunkan aktivitas enzim pencernaan (protease dan amilase) sehingga menyebabkan terganggunya penyerapan makanan. Selain itu, terdapat tanin yang bekerja dengan cara mengikat protein dalam sistem pencernaan yang diperlukan serangga untuk pertumbuhan sehingga proses penyerapan protein dalam sistem pencernaan menjadi terganggu. Menurut Westerdarp (2006) bahwa tanin merupakan polifenol tanaman yang larut dalam air dan dapat menggumpalkan protein. Apabila protein menggumpal, maka protein akan sukar diserap oleh sistem pencernaan serangga sehingga tidak dapat digunakan oleh serangga sebagai zat untuk pertumbuhan serangga yang berakibat pada terganggunya pertumbuhan dan perkembangan serangga.

4.4 Uji Ekstrak Kulit Buah Bintaro pada Perubahan dan Malformasi Larva menjadi Pupa dan Imago *H. armigera*

Larva *H. armigera* yang tidak mati setelah aplikasi ekstrak kulit buah bintaro dibiarkan untuk melanjutkan hidupnya ke fase pupa. Pembentukan pupa erat kaitannya dengan mortalitas larva. Semakin tinggi mortalitas larva, maka semakin sedikit pupa yang terbentuk. Pengamatan hasil aplikasi ekstrak kulit buah bintaro pada larva *H. armigera* menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah bintaro dapat mengganggu pembentukan pupa. Pengamatan mortalitas dilakukan selama 96 JSA dan setelah pengamatan mortalitas dilanjutkan dengan pengamatan pembentukan pupa. Hasil pengujian ekstrak kulit buah bintaro pada beberapa tingkatan konsentrasi yang diaplikasikan berpengaruh nyata pada keberhasilan perubahan larva menjadi pupa (Tabel 10 dan Tabel lampiran 6).

Tabel 5. Rerata Persentase Keberhasilan Perubahan Larva menjadi Pupa *H. armigera*

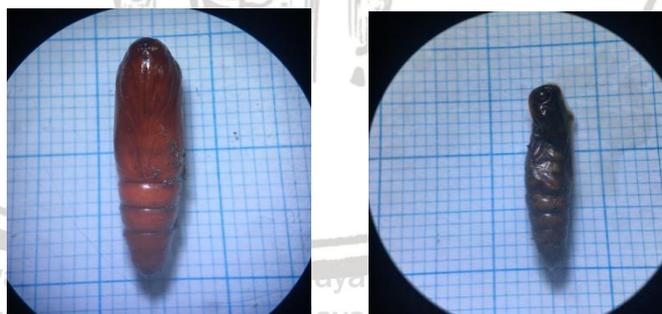
Perlakuan	Konsentrasi (ppm)	Perubahan Larva Menjadi Pupa (%)
EKBB	Kontrol	100,0 c
	3.000	85,6 b
	6.000	87,6 b
	9.000	96,9 c
	12.000	86,9 b
	15.000	68,7 a

Ekstrak kulit buah bintaro mampu menghambat pembentukan pupa. Jumlah perubahan larva menjadi pupa berbanding lurus dengan mortalitas larva, sedangkan persentase perubahan larva menjadi pupa tidak selalu berbanding lurus dengan mortalitas larva. Persentase pembentukan pupa tertinggi terdapat pada konsentrasi 9.000 ppm, sedangkan persentase pembentukan pupa terendah terdapat pada konsentrasi 15.000 ppm. Hal ini diduga karena setiap larva mempunyai kekuatan yang berbeda terhadap zat racun.

Perbedaan persentase perubahan larva menjadi pupa diduga dapat disebabkan oleh senyawa metabolit sekunder ekstrak kulit buah bintaro yang masuk ke dalam tubuh serangga pada fase larva maupun prapupa yang dapat mempengaruhi pergantian kulit sehingga larva tidak dapat menyelesaikan perubahan menjadi pupa. Senyawa metabolit sekunder yang berperan dalam

pergantian kulit serangga yaitu saponin dan steroid yang ada dalam ekstrak kulit buah bintaro. Menurut Yunita *et al.* (2009) bahwa Kandungan steroid dapat menghambat proses pergantian kulit (*molting*) larva. Selain itu, pendapat Sa'diyah *et al.* (2013) bahwa saponin merupakan senyawa yang dapat mengganggu proses ekdisis. Ekdisis atau pergantian kulit dibutuhkan oleh serangga untuk mencapai tahap dewasa sehingga dapat berkembang biak. Terganggunya proses pergantian kulit larva akan menyebabkan terganggunya perubahan larva menjadi pupa yang berakibat pada kerusakan pupa dan juga dapat berakibat pada malformasi imago yang muncul.

Berdasarkan pengamatan pada pupa *H. armigera* setelah aplikasi ekstrak kulit buah bintaro menunjukkan bahwa pupa normal mempunyai ukuran yang lebih panjang sekitar 2 cm, warna oranye tua, dan pupa terasa keras apabila disentuh (Gambar 16a), sedangkan pupa tidak normal atau mengalami malformasi berukuran lebih pendek sekitar 1,6 cm, berwarna coklat kehitaman sampai hitam, dan pupa akan terasa lebih lunak dan rusak apabila tersentuh (Gambar 16b). Kandungan senyawa kulit buah bintaro dapat mengganggu fisiologi serangga. Menurut Untung (2006) bahwa senyawa flavonoid, tanin, dan steroid berpengaruh buruk pada fisiologi serangga hama baik bersifat sementara maupun tetap. Terganggunya fisiologi serangga hama akan berakibat pada mortalitas pupa, malformasi morfologi, dan malformasi imago yang muncul.



a

b

Gambar 3. Pupa *H. armigera* dari Hasil Uji Aplikasi Ekstrak Kulit Buah Bintaro; a: Normal, b: Mati

Pupa normal yang masih hidup setelah aplikasi ekstrak kulit buah bintaro dibiarkan untuk terus berkembang ke fase imago. Aplikasi ekstrak kulit buah bintaro pada berbagai tingkatan konsentrasi yang diaplikasikan tidak berpengaruh

nyata pada keberhasilan perubahan pupa menjadi imago (Tabel 11 dan Tabel lampiran 7).

Tabel 6. Rerata Persentase Keberhasilan Perubahan Pupa menjadi Imago *H. armigera*

Perlakuan	Konsentrasi (ppm)	Perubahan Pupa Menjadi Imago (%)
EKBB	Kontrol	95,0
	3.000	89,8
	6.000	87,1
	9.000	82,3
	12.000	89,3
	15.000	81,3

Ekstrak kulit buah bintaro memberikan pengaruh yang tidak nyata pada persentase perubahan pupa menjadi imago *H. armigera*. Jumlah perubahan larva menjadi imago berbanding lurus dengan mortalitas larva, sedangkan persentase perubahan larva atau pupa menjadi imago tidak selalu berbanding lurus dengan mortalitas larva. Hal ini diduga karena pupa yang berhasil terbentuk mempunyai kemampuan yang berbeda untuk bertahan hidup dan berubah menjadi imago baik normal maupun tidak normal.

Hasil pengamatan pada imago *H. armigera* setelah aplikasi ekstrak kulit buah bintaro didapatkan imago yang muncul normal dan tidak normal. Imago normal mempunyai ukuran yang lebih panjang sekitar 2 cm, sayap lurus, antena sempurna dan terbang dengan sempurna (Gambar 17a), sedangkan imago tidak normal atau mengalami malformasi berukuran lebih pendek sekitar 1,6 cm, sayap menggulung dan kecil, antena tidak beraturan, dan imago tidak dapat terbang (Gambar 17b). Malformasi imago diduga terjadi karena kandungan senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak kulit buah bintaro seperti saponin yang ada dalam ekstrak kulit buah bintaro yang menyebabkan terganggunya hormon pergantian kulit serangga. Terganggunya hormon pergantian kulit serangga menyebabkan terganggunya metamorfosis serangga yang dapat berakibat pada malformasi serangga. Menurut Untung (2006) senyawa fenol, saponin dan steroid berpengaruh buruk pada fisiologi serangga yang dapat menyebabkan gangguan pada metamorfosis dan malformasi imago yang muncul. Malformasi imago berakibat pada kehidupan imago karena imago tidak bisa

mencari makan dan berkembang biak sehingga imago yang mengalami malformasi mempunyai masa hidup yang lebih singkat dibandingkan dengan imago yang normal.



a

b

Gambar 4. Imago *H. armigera* dari Hasil Uji Aplikasi Ekstrak Kulit Buah Bintaro; a: Normal, b: Tidak Normal



V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Ekstrak kulit buah bintaro pada *H. armigera* berpengaruh nyata pada mortalitas larva, penurunan aktivitas makan larva, perubahan larva menjadi pupa, dan malformasi. Pada perubahan pupa menjadi imago tidak berpengaruh nyata. Ekstrak kulit buah bintaro pada konsentrasi 15.000 ppm menyebabkan mortalitas tertinggi. Nilai LC_{50} ekstrak kulit buah bintaro pada mortalitas *H. armigera* terdapat pada konsentrasi 13.451 ppm dan nilai LT_{50} adalah 105 jam setelah aplikasi. Ekstrak kulit buah bintaro mampu menurunkan aktivitas makan larva *H. armigera* tertinggi pada konsentrasi 15.000 ppm. Selain itu, ekstrak kulit buah bintaro mampu menurunkan persentase perubahan larva menjadi pupa tertinggi pada konsentrasi 15.000 ppm.

5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut menggunakan ekstrak kulit buah bintaro perlu dilakukan dengan tingkat kematangan buah <50% untuk mengetahui pengaruh kematangan buah pada mortalitas, penurunan aktivitas makan, pembentukan pupa dan imago, serta malformasi *H. armigera*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, W. S. 1987. Abbott's formula a method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of The American Mosquito Control Association* 3 (2): 302-303.
- Achmad, T. A., dan Tandiang, J. 2001. Dinamika populasi hama utama tanaman jagung pada pola tanam berbasis jagung. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros, Sulawesi Selatan.
- Anonymous. 2005. Field guide to pests, beneficials, diseases and disorders of vegetables in Northern Australia. Departement of Primary Industries and Fisheries, Australia.
- Astuti, R. B. 2016. Pengaruh pemberian pestisida organik dari daun mindi (*Melia azedarach* L.), daun pepaya (*Carica papaya* L.), dan campuran daun pepaya (*Carica papaya* L.) dan daun mindi (*Melia azedarach* L.) terhadap hama dan penyakit tanaman cabai merah (*Capcicum annum* L.). Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
- Baliadi, Y., Tengkan, W., Bedjo, dan Purwanto. 2008. Validasi rekomendasi pengendalian hama secara terpadu kedelai di lahan sawah dengan pola pergiliran tanaman padi-kedelai-kedelai. *Jurnal Agritek* 16 (3): 492-500.
- Baliadi, Y., dan Tengkan, W. 2008. Ulat pemakan polong *Helicoverpa armigera* Hubner: biologi, perubahan status dan pengendaliannya pada tanaman kedelai. *Jurnal Buletin Palawija* 16 (3): 37-50.
- Bedjo. 2005. Pemanfaatan biopestisida *SINPV* dan *HaNPV* untuk pengendalian *Spodoptera litura* dan *Helicoverpa armigera* pada tanaman kedelai. *Jurnal Suara Perlindungan* 1(3): 1-6.
- Cahyadi, R. 2009. Uji toksisitas akut ekstrak etanol buah pare (*Momordica carantica* L.) terhadap larva *Artemia salina* Leach dengan metode brine shrimp lethality test (BST). Skripsi. Program Pendidikan Sarjana Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro, Semarang.
- Chaieb, I. 2010. Saponin as insecticide: a review. *Journal of Plant Protection* 5 (1): 39-50.
- Czepak, C., Albernaz, K. C., Vivan, L. M., Guimaraes, H. O., and Carvalhais, T. 2013. First reported occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, Goiania 43 (1): 110-113.
- Dadang dan Prijono, D. 2008. insektisida nabati : prinsip, pemanfaatan, dan pengembangan. departemen proteksi tanaman bogor. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Daha, L., Rauf, A., Sosromarsono, S., Kartosuwondo, U., dan Manuwoto, S. 1998. Ekologi *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) di pertanian kedelai. *Jurnal Buletin HPT* 10 (2): 10-16.

- Effendy, T. A., dan Herlinda, S. 2001. Biologi *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) pada kedelai dan pengendaliannya menggunakan ekstrak batang *Aglaia* sp. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi Palembang, Sumatera Selatan.
- Gaillard, Y., Krishnamoorthy, A., and Bevalot, F. 2004. *Cerbera odollam*: a 'suicide tree' and cause of death in the state of Kerala, India. *Journal of Ethnopharmacology* 95 (2-3): 123–126.
- Gassa, A. 2011. Pengaruh buah pinang (*Areca catechu*) terhadap mortalitas keong emas (*Pomacea canaliculata*) pada berbagai stadia. *Jurnal Fitomedika* 7 (3): 171-174.
- Gokok, S. 2017. Uji Toksisitas bioinsektisida ekstrak metanol buah bintaro (*Cerbera odollam* L.) terhadap mortalitas ulat grayak (*Spodoptera litura*) pada pakan daun tomat. Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
- Hasnah, H., dan Fardhisa, A. 2012. Effects of rhizome extract of sweet flag (*Acorus calamus* L.) on mortality of grayak caterpillar *Spodoptera litura* F. *Jurnal Floratek* 7 (1): 115-124.
- Herlinda, S. 2005. Bioekologi *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) pada tanaman tomat. *Jurnal Agria* 2 (1): 32-36.
- Hernani, dan Nurdjanah, R. 2009. Aspek pengeringan dalam mempertahankan kandungan metabolit sekunder pada tanaman obat. *Jurnal Perkembangan Teknologi TRO* 21 (2): 33-39.
- Hill, D. S. 1975. *Agricultural insects pest of the topics and their control*. Cambridge University Press, England.
- Jackai, L. E. N., Paniizi, A. R., Kundu, G. G., and Srivastava, K. 1990. Insect pests of soybean in the tropics, p. 91-156. In: Singh (Ed.). *Insect pests of tropical food legumes*. John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore.
- Kurniadisari, F., Gayatri, Y., dan Ghoni, A. 2017. Pengaruh pemberian berbagai konsentrasi filtrat daun bintaro (*Cerbera manghas*) terhadap aktivitas gerak belalang kembara (*Locusta migratoria*). *Journal of Biology Study Center* 5 (1): 53-63.
- Laoh, J. H., Puspita, F., dan Hendra. 2003. Kerentanan larva *Spodoptera litura* F. terhadap virus *Nuclear Polyhedrosis*. *Jurnal Natur Indonesia* 5 (2): 145-151.
- Marhaeni, K.S. 2001. Pengaruh beberapa konsentrasi ekstrak biji sirsak (*Annona muricata* L.) terhadap perkembangan *Spodoptera litura* (Lepidoptera, Noctuidae). Skripsi. Universitas Pembangunan Nasional, Surabaya.
- Meyer, B. N., Ferrigni, N. R., Putnam, J. E., Jacobsen, L. B., Nichols, D. E., and McLaughlin, J. L. 1982. Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plant constituent. *Journal of Planta Medica* 45 (2): 31-34.
- Mukhriani. 2014. Ekstraksi, pemisahan senyawa, dan identifikasi senyawa aktif. *Jurnal Kesehatan* 7 (2): 55-65.

- Ningrum, R. 2012. Studi potensi biofungisida ekstrak daun bintaro (*Cerbera manghas*) dalam mengendalikan jamur patogen *Phytophthora capsici* pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* Longa). Skripsi. Jurusan Biologi Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Nurindah, S., dan Sunarto, D. A. 1991. Pengendalian *Helicoverpa armigera* (Hubner) dengan parasitoid telur *Trichogrammatoidea armigera* N. pada kapas. Jurnal Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat 6 (2): 86-93.
- Pabbage, M. S., Adnan, A. M., Nonci, N. 2013. Pengelolaan hama prapanen jagung. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros.
- Pracaya. 2007. Hama dan penyakit tanaman edisi revisi. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Pranowo, D. 2010. Bintaro (*Cerbera manghas* Linn) tanaman penghasil minyak nabati. Jurnal Tanaman Rempah dan Industri 1 (23): 90-91.
- Prijono, D. 1998. Potensi, kendala, dan strategi pengembangan pestisida nabati. materi pelatihan. Departemen Proteksi Tanaman IPB, Bogor.
- Ramulu, U. S. 1979. Chemistry of insecticides and fungicides. Oxford And IBH, Publishing Co. New Delhi.
- Sa'diyah, N. A., Purwani, K. I., dan Wijayanti, L. 2013. Pengaruh ekstrak daun bintaro (*Cerbera odollam*) terhadap perkembangan ulat grayak (*Spodoptera litura* F.). UPT Tanaman Pangan dan Hortikultura, Surabaya.
- Sanjaya, Y., Noloperbowo, W., dan Anggraeni, T. 2004. Konsumsi makan dan pertumbuhan larva *Helicoverpa armigera* toleran terhadap pemaparan *Helicoverpa armigera* nuclear polyhedrosis virus (HaNPV). Jurnal Matematika dan Sains 9 (4): 295-300.
- Sastrodiharjo, S. 1984. Pengantar entomologi terapan. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Sastrosiswojo, S. 2002. Kajian sosial ekonomi dan budaya penggunaan biopestisida di Indonesia. Makalah pada Lokakarya Keanekaragaman Hayati Untuk Perlindungan Tanaman, Tanggal 7 Agustus 2002, Yogyakarta.
- Sinaga, R. 2009. Uji efektivitas pestisida nabati terhadap hama *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) pada tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum* L.). Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Stennis, V. 2005. Flora untuk sekolah di Indonesia. PT. Pradya Paramita, Jakarta.
- Sudarmo. 1987. Pengendalian hama dan penyakit. Kanisius, Yogyakarta.
- Sujak, S., dan Sunarto, D. A. 1997. Biologi dan potensi *Faederus fasciatus* Curt. (Staphylinidae, Coleoptera) pemangsa telur *Helicoverpa armigera* Hubner, P: 77-80. Dalam, Mangoendihardjo, S., dan Mardihusodo, S. J. (eds). Prosiding makalah pendukung seminar nasional pengendalian hayati. Jilid 2, Pusat Studi Pengembangan Hayati Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suryaningsih, E., dan Hadisorganda, W. 2004. Pestisida botani untuk mengendalikan hama dan penyakit pada tanaman sayuran. Balai Penelitian

Sayuran. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bandung.

Tarmadi, D., Prianto, A. H., Guswenrivo, I., Kartika, T., dan Yusuf, S. 2007. Pengaruh ekstrak bintaro (*Cerbera odollam* Gaertn) dan kecubung (*Brugmansia candida* Pers) terhadap rayap tanah *Coptotermes* sp. *Journal of Tropical Wood Science and Technology* 5 (1): 38-42.

Tarmadi, D. 2013. Aktivitas larvasida ekstrak bintaro (*Cerbera manghas*) terhadap nyamuk *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Thesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Tohir, A. M. 2010. Teknik ekstraksi dan aplikasi beberapa pestisida nabati untuk menurunkan palatabilitas ulat grayak (*Spodoptera litura* Fabr) di laboratorium. *Jurnal Buletin Teknik Pertanian* 15 (1): 37-40.

Towaha, J., Indriati, G., dan Balittri. 2011. Bintaro (*Cerbera manghas*) sebagai pestisida nabati: *Jurnal Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri* 17 (1): 4-6.

Uhan, T. S., dan Suriaatmadja, R. E. 1993. Pengendalian ulat buah tomat (*Helicoverpa armigera* Hubn) dengan insektisida organophosphat dan pirethroid buatan. *Jurnal Buletin Penelitian Hortikultura* 25 (4): 29-34.

Untung, K. 2006. Pengantar pengelolaan hama terpadu edisi ke-2. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Utami, S. 2010. Aktivitas insektisida bintaro (*Cerbera odollam* Gaertn) terhadap hama *Eurema* spp. pada skala laboratorium. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman* 7 (4): 211-220.

Westendarp, H. 2006. Effects of tannins in animal nutrition. *Journal of Dutsch Tierarztl Wochenschr* 113 (7): 264-268.

Widakdo, D. W. P. J., dan Setiadevi, S. 2017. Respon hama ulat buah melon terhadap aplikasi pestisida nabati buah bintaro (*Cerbera manghas* L) pada berbagai konsentrasi. *Journal of Agrotech Research* 1 (2): 48-51.

Widodo, D. 2014. Hama ulat *Helicoverpa armigera* Hubner pada tanaman kacang tanah. Balai Besar Pelatihan Pertanian Ketindan, Malang.

Yunita, E. A., Nanik, H. S., dan Jafon, W. H. 2009. Ekstrak daun teklan (*Eupatorium riparium*) terhadap mortalitas dan perkembangan *Aedes aegyptii*. *Jurnal Bioma* 11 (1): 11-17.