

UJI EFEKTIVITAS EKSTRAK DAUN PEPAYA (*Carica papaya* L.), DAUN SIRSAK (*Anona muricata* L.), DAN KOMBINASINYA TERHADAP *Crocidolomia pavonana* F. (Lepidoptera: Pyralidae)

Oleh:

FLORENTINA SANDY LARASATI



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2019**

UJI EFEKTIVITAS EKSTRAK DAUN PEPAYA (*Carica papaya* L.), DAUN SIRSAK (*Anona muricata* L.), DAN KOMBINASINYA TERHADAP *Crocidolomia pavonana* F. (Lepidoptera Pyralidae)

OLEH:

FLORENTINA SANDY LARASATI
155040207111087

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

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi 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 ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, November 2019

Penulis

LEMBAR PERSETUJUAN

Penelitian : Uji Efektivitas Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya* L.),
Daun Sirsak (*Anona muricata* L.), Dan Kombinasinya
Terhadap *Crocidolomia pavonana* F. (Lepidoptera:
Pyrilidae)

Nama Mahasiswa : Florentina Sandy Larasati

NIM : 155040207111087

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Toto Himawan, SU.
NIP. 19551119 198303 1 002

Tita Widjayanti, SP. M.Si.
NIP. 198708192019032011

Mengetahui

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

Tita Widjayanti, . SP. M.Si.
NIP. 198708192019032011

Penguji III

Penguji IV

Dr. Ir. Toto Himawan, SU.
NIP. 19551119 198303 1 002

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 hentiya

RINGKASAN

Florentina Sandy Larasati. 155040207111087. Uji Efektivitas Ekstrak Daun Pepaya (*Carica Papaya* L.), Daun Sirsak (*Anona Muricata* L.), dan Kombinasinya Terhadap *Crocidolomia pavonana* F. (Lepidoptera Pyralidae). Dibawah Bimbingan Dr. Ir. Toto Himawan, SU. sebagai Pembimbing Utama dan Tita Widjayanti, SP. MSi. sebagai Pembimbing Pendamping.

Kerusakan tanaman kubis akibat serangan *C. pavonana* dapat menurunkan produksi hingga 100%. Salah satu usaha pengendalian *C. pavonana* yang ramah lingkungan adalah dengan menggunakan insektisida nabati. Tanaman yang dapat dijadikan bahan insektisida nabati yaitu tanaman pepaya dan tanaman sirsak. Kandungan alkaloid, terpenoid dan flavonoid pada pepaya bersifat racun bagi serangga. Selain itu, senyawa anonin yang terkandung dalam tanaman sirsak bersifat sebagai penolak bagi serangga. Untuk meningkatkan efektivitas insektisida maka dapat dilakukan dengan pencampuran insektisida. Penggunaan insektisida dalam bentuk campuran telah direkomendasikan karena lebih efisien dan dosis yang digunakan lebih rendah dibanding penggunaan dosis insektisida secara terpisah.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Toksikologi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang mulai bulan Januari 2019 sampai April 2019. Penelitian terdiri dari 3 percobaan yaitu ekstrak daun pepaya, ekstrak daun sirsak dan kombinasi terhadap *C. pavonana* dengan 6 konsentrasi yaitu 0 ppm (kontrol), 1000 ppm, 2000 ppm, 3000 ppm, 4000 ppm, dan 5000 ppm. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok Faktorial (RAKF) yang terdiri dari empat ulangan. Daun pepaya, daun sirsak, dan kombinasinya diekstraksi menggunakan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 80%. Penelitian menggunakan serangga uji yang diperoleh dari koleksi Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (BALITTAS) Malang. Hasil Mortalitas diperoleh menggunakan software Polo Plus untuk mengetahui nilai LC_{50} dan LT_{50} . Kemudian dilanjutkan uji lanjut menggunakan DMRT dengan taraf 5 %.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak kombinasi daun pepaya dan daun sirsak memiliki efektivitas terbaik dalam mengendalikan *C. pavonana* dengan nilai LC_{50} pada konsentrasi 2425 ppm dan nilai LT_{50} selama 118 jam setelah aplikasi. Selain itu ekstrak kombinasi daun pepaya dan daun sirsak efektif menekan perkembangan pupa dan imago dengan nilai kemunculan pupa dan imago paling rendah. Ekstrak kombinasi pada konsentrasi 5000 ppm memiliki nilai kemunculan larva menjadi pupa sebesar 26,25% dan pupa menjadi imago sebesar 25%. Kombinasi ekstrak daun pepaya dan daun sirsak bersifat sinergis dengan nilai NS (Nisbah Sinergistik) EDP (Ekstrak Daun Pepaya) sebesar 1,47 kali lipat dan ekstrak EDS (Ekstrak Daun Sirsak) sebesar 1,74 kali lipat.

SUMMARY

Florentina Sandy Larasati. 155040207111087. Effectiveness Test of Papaya Leaf Extract (*Carica Papaya* L.), Soursop Leaf (*Anona Muricata* L.), and Its Combination of Larvae *Crocidolomia pavonana* F. (Lepidoptera Pyralidae). Supervised by Dr. Ir. Toto Himawan, SU. as First Supervisor and Tita Widjayanti, SP. MSi. as Second Supervisor

The attack of *C. pavonana* on cabbage can reduce production up to 100 %. The effort that can be done to control *C. pavonana* is by using phyto-insecticide. Plants that can be used as phyto-insecticides are papaya and soursop leaf. The content of alkaloids, terpenoids and flavonoids in papaya is toxic to insects. In addition, anonin compounds in soursop leaf can be used as repellents. Mixing phyto-insecticides can improve their effectiveness. Mixing insecticides has been recommended because it is more efficient and less dosage used than the use of a single dose of insecticide

The study was carried out in the Toxicology Laboratory of the Department of Plant Pests and Diseases, Faculty of Agriculture, Brawijaya University Malang from January 2019 to April 2019. The study consisted of 3 trials, there were papaya leaf extract, soursop leaf extract and their combination of *C. pavonana* with 6 concentrations of 0 ppm (control), 1000 ppm, 2000 ppm, 3000 ppm, 4000 ppm, and 5000 ppm. This study used a randomized block design Factorial (RBDF) consisting of four replications. Papaya leaf, soursop leaf and their combination were extracted using maceration method using 80% ethanol. The study used test insects obtained from the collection of the Sweetener and Fiber Crop Research Institute (BALITTAS) Malang. Mortality results were obtained using the Polo Plus software to find out LC₅₀ and LT₅₀. Then it was followed by further testing using DMRT with a level of 5%.

The results showed that the combination of papaya and soursop leaves had the best effectiveness in controlling *C. pavonana* with LC₅₀ value at a concentration of 2425 ppm and the value of LT₅₀ for 118 hours after application. In addition, the combination of papaya leaves and soursop leaves were effectively suppressed the development of pupae and imago with the lowest pupae and imago emergence values. The combination of papaya leaf extract and soursop leaf was synergistic with NS value (Synergistic Ratio) EDP (Papaya Leaf Extract) of 1.47 and EDS (Soursop Leaf Extract) extract of 1.74.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa (YME) yang dengan rahmat dan hidayah-Nya telah menuntun penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Uji Efektivitas Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya* L.), Daun Sirsak (*Anona muricata* L.) Dan Kombinasinya Terhadap *Crocidolomia pavonana* F. (Lepidopteras: Pyralidae)”.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada Dr. Ir. Toto Himawan, SU. dan Tita Widjayanti, SP., M.Si., selaku dosen pembimbing atas segala kesabaran, nasihat, arahan dan bimbingannya kepada penulis. Ucapan terima kasih juga sampaikan kepada Ketua Jurusan Luqman Qurrata Aini, SP., M.Si., PhD., beserta seluruh dosen atas bimbingan dan arahan yang selama ini diberikan serta kepada karyawan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya atas fasilitas dan bantuan yang diberikan.

Penghargaan yang tulus penulis berikan kepada kedua orangtua dan kakak atas doa, cinta, kasih sayang, pengertian dan dukungan yang diberikan kepada penulis. Juga kepada teman-teman atas dukungan, bantuan dan kebersamaan selama ini.

Malang, November 2019

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 14 Mei 1998 sebagai putri kedua dari dua bersaudara dari Bapak Rudy S dan Ibu Yuliasih Nurmawati.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDS Rumah Kita Jakarta pada tahun 2003 sampai 2009, kemudian penulis melanjutkan ke SMPN 18 Jakarta pada tahun 2009 dan selesai pada tahun 2012. Pada tahun 2012 sampai tahun 2015 penulis studi di SMAN 4 Jakarta. Pada tahun 2015 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur, melalui jalur SPMK.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah aktif dalam kepanitiaan AVG (Agriculture Vaganza) pada tahun 2017 dan ISS (Indonesian Student Summit) pada tahun 2017.

DAFTAR ISI

RINGKASAN.....	i
SUMMARY.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
RIWAYAT HIDUP.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
I. PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang.....	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.4 Hipotesis.....	Error! Bookmark not defined.
1.5 Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
II. TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1 <i>Crocidolomia pavonana</i> F. (Lepidoptera: Pyralidae) .	Error! Bookmark not defined.
defined.	
2.2 Pengendalian <i>Crocidolomia pavonana</i> F.	Error! Bookmark not defined.
2.3 Pestisida Nabati	Error! Bookmark not defined.
2.4 Tanaman Pepaya	Error! Bookmark not defined.
2.5 Tanaman Sirsak	Error! Bookmark not defined.
III. METODOLOGI	Error! Bookmark not defined.
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2 Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.3 Pelaksanaan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.4 Metode Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.5 Variabel Pengamatan	Error! Bookmark not defined.
3.6 Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1 Pengaruh Ekstrak Daun Pepaya, Daun Sirsak, dan Kombinasinya Terhadap Mortalitas <i>Crocidolomia pavonana</i>	Error! Bookmark not defined.
defined.	
4.2 Toksisitas Ekstrak Daun Pepaya, Daun Sirsak dan Kombinasinya terhadap <i>Crocidolomia pavonana</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3 Pengaruh Ekstrak Daun pepaya, Daun Sirsak dan Kombinasinya Terhadap kemunculan Pupa dan Imago <i>Crocidolomia pavonana</i> ...	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	

4.4 Nisbah Sinergistik	Error! Bookmark not defined.
V. KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	<i>C. pavonana</i> . a) Telur, b) Larva, c) Pupa, dan d) Imago..	Error! Bookmark not defined.
2.	Gejala serangan <i>C. pavonana</i>	Error! Bookmark not defined.
3.	Daun Pepaya	Error! Bookmark not defined.
4.	Tanaman Sirsak (a) sirsak; (b) daun; (c) bunga; (d) buah	Error! Bookmark not defined.
5.	Grafik Hubungan Konsentrasi Ekstrak Daun Pepaya, Daun Sirsak , Dan Kombinasinya Terhadap <i>C.pavonana</i>	Error! Bookmark not defined.
6.	Pupa dan Imago <i>C. pavonana</i>	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Nomor.	Teks	Halaman
1.	Kandungan Fitokimia Daun Pepaya	Error! Bookmark not defined.
2.	Konsentrasi Ekstrak Daun Pepaya, Daun Sirsak, dan Kombinasinya	Error! Bookmark not defined.
3.	Persentase Mortalitas Hama <i>C. pavonana</i> setelah Aplikasi Ekstrak Daun Pepaya (EDP), Ekstrak Daun Sirsak (EDS), dan Kombinasi Ekstrak Daun Pepaya dan Daun Sirsak (EDC)	Error! Bookmark not defined.
4.	Nilai LC50 dan LT50 Ektrak Daun Pepaya, Daun Sirsak dan Kombinasinya	Error! Bookmark not defined.
5.	Nilai Kemunculan Pupa dan Imago <i>Crocidolomia pavonana</i> .	Error! Bookmark not defined.
6.	Nisbah Sinergistik	Error! Bookmark not defined.

Nomor	Lampiran	Halaman
1.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 24 Jam Setelah Aplikasi Ekstrak Daun Pepaya, Daun Sirsak, dan Kombinasinya	Error! Bookmark not defined.
2.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 48 Jam Setelah Aplikasi Ekstrak Daun Pepaya, Daun Sirsak, dan Kombinasinya	Error! Bookmark not defined.
3.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 72 Jam Setelah Aplikasi Ekstrak Daun Pepaya, Daun Sirsak, dan Kombinasinya	Error! Bookmark not defined.
4.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 96 Jam Setelah Aplikasi Ekstrak Daun Pepaya, Daun Sirsak, dan Kombinasinya	Error! Bookmark not defined.
5.	Analisis Ragam Persentase Persentase Larva Menjadi Pupa	Error! Bookmark not defined.

6. Analisis Ragam Persentase Pupa Menjadi Imago**Error! Bookmark not defined.**

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kubis merupakan salah satu komoditas hortikultura yang digemari oleh penduduk Indonesia. Kubis berasal dari daerah subtropis yang telah lama dikenal dan di budidayakan di Indonesia. Dalam menghasilkan kubis yang berkualitas sering terdapat kendala, salah satunya yakni serangan hama ulat krop kubis (*Crocidolomia pavonana* F.). Serangan *Crocidolomia pavonana* berpengaruh terhadap produksi kubis di Indonesia. Menurut data (Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, 2014) produksi kubis menurun selama periode 2013-2014. Produksi kubis pada tahun 2013 adalah 1.480.625 ton dan menurun menjadi 1.435.833 ton pada tahun 2014. Menurut Trizelia (2001) kerusakan yang ditimbulkan oleh *C.pavonana* dapat menurunkan hasil sampai 100 %.

Pengendalian hama ulat krop kubis umumnya menggunakan insektisida kimiawi. Penggunaan insektisida kimiawi dinilai petani lebih mudah dan cepat menunjukkan hasil. Namun penggunaan insektisida kimiawi yang tidak sesuai dengan dosis dan anjuran dapat mengakibatkan resistensi, resurgensi hama dan masalah lingkungan lainnya. Hal ini sesuai dengan pendapat Herminanto (1997) yang menyatakan bahwa penggunaan insektisida yang tidak tepat waktu, dosis dan interval penyemprotannya dapat menimbulkan masalah baru yaitu semakin resistensinya hama terhadap insektisida, timbulnya resurgensi hama, ledakan populasi hama dan pencemaran lingkungan.

Untuk mengurangi dampak negatif dari penggunaan insektisida sintetik, pengendalian hama ulat krop kubis dapat dilakukan dengan pemanfaatan bahan nabati sebagai insektisida nabati. Penggunaan insektisida nabati memiliki kelebihan yakni bahan yang mudah diperoleh dan harga yang ekonomis. Menurut Syakir (2011) penggunaan insektisida nabati bersifat ramah lingkungan dan aman bagi manusia serta ternak dikarenakan insektisida nabati berbahan dasar alami sehingga mudah terurai di alam.

Tanaman pepaya dan sirsak dapat dimanfaatkan sebagai insektisida nabati karena memiliki kandungan alkaloid, terpenoid dan flavonoid yang sangat beracun bagi serangga (Julaily et al., 2013). Sukorini (2003) melaporkan bahwa

daun pepaya tua dapat digunakan sebagai pestisida organik terhadap *Plutella xylostella*. Menurut Julaily et al., (2013) daun pepaya dapat digunakan sebagai insektisida alami terhadap *C. pavonana*.

Menurut Kardinan (2000), daun sirsak mengandung senyawa acetogenin antara lain asimisin, bulatasin, dan squamosin. Senyawa anonain yang terkandung dalam ekstrak *Annona* sp bersifat sebagai penolak serangga (Priyono, 1999)

Menurut Tjokronegoro (1987) ekstrak daun sirsak menyebabkan kematian larva *Bombyx mori* pada konsentrasi 3,5 mg dalam 1 g pakan buatan serta bersifat anti makan terhadap *C. pavonana*. Menurut penelitian (Rizal et al., 2010) daun sirsak sebagai insektisida nabati dalam bentuk serbuk kering efektif mengendalikan hama kutu beras (*Sitophilus oryzae* L.) dapat menyebabkan kematian 50 %. Hasil penelitian. Salbiah *et.al* (2011) ekstrak daun pepaya pada konsentrasi 2,70 % efektif mematikan kutu daun *Aphis gossypii* sebesar 95 %. Sedangkan hasil uji lanjut BNT pada taraf 5 % terlihat bahwa konsentrasi ekstrak daun pepaya 40 g/l air yang setara dengan 4 % telah menyebabkan mortalitas total kutu daun sebesar 98 %.

Untuk meningkatkan efektivitas pestisida maka dilakukan pencampuran pestisida. Berdasarkan hasil penelitian efektivitas campuran ekstrak daun sirsak dan daun pepaya dalam pengendalian *Plutella xylostella* menunjukkan hasil bahwa campuran kedua ekstrak tersebut bersifat sinergis dan memiliki nilai mortalitas sebanyak 83,69 % dan nilai NS (Nisbah Sinergistik) sebesar 1,52 (Mayestic, 2016). Pencampuran pestisida diharapkan dapat memberi dampak yang lebih signifikan dalam pengendalian hama. Menurut Priyono (2003), campuran beberapa senyawa aktif dari tumbuhan dapat berdampak sinergis, antagonis dan netral. Penggunaan insektisida dalam bentuk campuran telah direkomendasikan karena lebih efisien dan dosis yang digunakan lebih rendah dibanding penggunaan dosis insektisida secara terpisah (Yuswati dan Priyono, 2004). Dapat dikatakan bahwa pencampuran ekstrak daun pepaya, daun sirsak dan kombinasinya lebih efektif dalam mengendalikan hama pada tanaman. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang “Efektivitas Ekstrak Daun pepaya (*Carica papaya* L.), Daun sirsak (*Annona muricata* L.) Dan Kombinasinya Terhadap *Crocidolomia pavonana*”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah : a) Bagaimana efektivitas ekstrak daun pepaya, daun sirsak, dan kombinasinya terhadap mortalitas *C. pavonana*, b) Apakah ekstrak daun pepaya, daun sirsak, dan kombinasinya memiliki daya racun terhadap *C. pavonana*, c) Bagaimana pengaruh ekstrak daun pepaya, daun sirsak, dan kombinasinya terhadap perkembangan pupa dan imago *C. pavonana* , d) Apakah kombinasi ekstrak daun pepaya dan daun sirsak bersifat sinergis terhadap *C. pavonana*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah : a) Untuk mengetahui efektivitas ekstrak daun pepaya (EDP), ekstrak daun sirsak (EDS) dan kombinasinya terhadap mortalitas *C. pavonana*, b) Untuk mengetahui LC50 dan LT50 ekstrak daun pepaya, daun sirsak, dan kombinasinya terhadap *C. pavonana*, c) Untuk mengetahui pengaruh ekstrak daun pepaya, ekstrak daun sirsak dan kombinasinya terhadap pembentukan pupa dan imago *C. pavonana*, d) Untuk mengetahui sinergisme kombinasi ekstrak daun pepaya dan daun sirsak terhadap mortalitas *C. pavonana*.

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah : a) Ekstrak daun pepaya, daun sirsak, dan kombinasinya pada semua konsentrasi yang diuji memiliki efek mematikan terhadap *C. pavonana*, b) Ekstrak daun pepaya, daun sirsak, dan kombinasinya memiliki daya racun terhadap larva *C. pavonana*, c) Ekstrak daun pepaya, daun sirsak, dan kombinasinya berpengaruh terhadap pembentukan pupa dan imago *C. pavonana*., d) Ekstrak daun pepaya dan daun sirsak bersifat sinergis terhadap mortalitas *C. pavonana*.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi pada masyarakat khususnya petani dalam memilih alternatif pengendalian *C. pavonana* dengan memanfaatkan ekstrak daun pepaya, daun sirsak dan kombinasinya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Crocidolomia pavonana* F. (Lepidoptera: Pyralidae)

2.1.1 Klasifikasi *C. pavonana* F.

Salah satu hama yang menyerang tanaman kubis adalah *Crocidolomia binotalis* Zeller (Lubiss, 1982) atau sekarang dikenal dengan *C. pavonana* Fabricus. *C. pavonana* diklasifikasikan ke dalam Kingdom: Animalia, Phylum: Arthropoda, Class: Insecta, Ordo: Lepidoptera, Family: Pyralidae, Genus: *Crocidolomia*, Species: *C. pavonana* Fabricus (CAB International, 1999)

2.1.2 Bioekologi *C. pavonana* F.

Telur *Crocidolomia. pavonana* diletakkan di balik daun secara berkelompok, jumlah tiap kelompok sekitar 11 - 18, dan setiap kelompok berisi sekitar 30 - 80 butir telur. Telur berbentuk pipih dan menyerupai genteng rumah, berwarna jernih (gambar 1.a). Diameter telur berkisar antara 1-2 mm. Stadium telur berlangsung selama 3 hari. Masa inkubasi telur rata-rata 4 hari pada suhu antara 26.0 dan 33.2 °C.

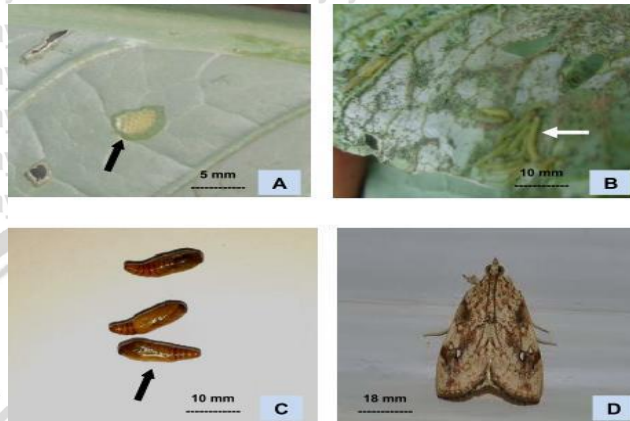
Larva yang baru menetas hidup berkelompok di balik daun. Sesudah 4 - 5 hari larva bergerak ke titik tumbuh. Larva yang baru menetas berwarna kelabu, kemudian berubah menjadi hijau muda dan kemudian berubah menjadi pupa. Masa pupa berlangsung sekitar 10 hari (gambar 1b). Menjelang berpupa, larva instar IV akan berhenti makan dan mengalami perubahan warna kulit dari hijau menjadi cokelat. Pupa di dalam kokon yang tipis dan berwarna cerah serta ditutupi butir-butir tanah. Pupa berwarna coklat dengan ukuran kurang lebih 1 cm dan terbentuk di dalam tanah (Gambar 1c).

Ngengat dewasa (Gambar 1. d) muncul sekitar 10 hari kemudian. Pada punggungnya terdapat 3 baris putih kekuning-kuningan dan dua garis di samping, kepala berwarna hitam dan memiliki panjang sekitar 18 mm. Sisi kiri dan kanan punggung warnanya lebih tua dan ada rambut dari kitin yang warnanya hitam.

Bagian sisi perut berwarna kuning. Panjang imago dapat mencapai 18 - 25 mm dan selama hidupnya dapat menghasilkan 11-18 kelompok telur yang masing-masing mengandung 30-80 butir telur. Imago betina mempunyai abdomen yang lebih besar daripada imago jantan. Imago jantan dapat dibedakan dari imago

betina dengan adanya rambut-rambut berwarna cokelat tua pada tepi anterior sayap depan

Daur hidup *C. pavonana* sekitar 22 - 30 hari tergantung pada lingkungan, suhu, dan kelembaban disekitarnya (Ahmad, 2007) Berikut adalah Gambar 1. *C. pavonana*.



Gambar 1. *C. pavonana*. a) Telur, b) Larva, c) Pupa, dan d) Imago (Ahmad, 2007)

2.1.3 Gejala Serangan

Crocidolomia pavonana sangat merusak tanaman kubis pada saat stadia larva dengan memakan daun kubis terutama bagian krop yang dibentuk oleh salutan daun-daun muda di bagian tengah tanaman kubis (Widiana dan Zeswita, 2012). Saat bagian tengah telah hancur, larva pindah ke ujung daun dan kemudian turun ke daun yang lebih tua. Tanaman yang terserang bisa hancur seluruhnya jika ulat krop kubis tidak segera dikendalikan. Ketika serangan *C. pavonana* sebesar 7,14%, produksi kubis dapat mencapai 1,71 ton/ha. Sedangkan ketika serangan *C. pavonana* sebesar 90%-100%, produksi kubis turun menjadi 0,31 ton/ha (Paat dan Taulu, 2012). Berikut adalah Gambar 2 gejala serangan *C. pavonana*.



Gambar 2. Gejala serangan *C. pavonana* (Ahmad, 2007)

Gejala serangan menyerang titik tumbuh sehingga sering disebut ulat jantung kubis. Ulatnya kecil berwarna hijau lebih besar dari ulat tritip, jika sudah besar garis-garis coklat, jika diganggu agak malas untuk bergerak. Larva muda bergerombol di permukaan bawah daun kubis dan meninggalkan bercak putih pada daun yang dimakan. Larva instar ketiga sampai kelima memencar dan menyerang pucuk tanaman kubis sehingga menghancurkan titik tumbuh. Akibatnya tanaman mati atau batang kubis membentuk cabang dan beberapa krop yang kecil-kecil. Ulat krop atau ulat jantung kubis dikenal sebagai hama yang sangat rakus secara berkelompok dapat menghabiskan seluruh daun dan hanya meninggalkan tulang daun saja. Pada populasi tinggi terdapat kotoran berwarna hijau bercampur dengan benang-benang sutera. Ulat krop juga masuk dan memakan krop sehingga tidak dapat dipanen sama sekali (Kalshoven, 1981). Larva instar ketiga sampai kelima memencar dan menyerang pucuk tanaman kubis sehingga menghancurkan titik tumbuh. Akibatnya tanaman mati atau batang kubis membentuk cabang dan beberapa krop yang kecil-kecil. Larva muda memakan daun dan meninggalkan lapisan epidermis yang kemudian berlubang setelah lapisan epidermis kering. Setelah mencapai instar ketiga larva memencar dan menyerang daun bagian lebih dalam menggerek ke dalam krop dan menghancurkan titik tumbuh sehingga tanaman akan segera mati (Kalshoven, 1981).

2.2 Pengendalian *Crocidolomia pavonana* F.

Kultur teknis

Menurut Patt *et al.*, (2012) menyatakan bahwa pengendalian secara kultur teknis (Cultural control) pada prinsipnya merupakan cara pengendalian dengan memanfaatkan lingkungan untuk menekan perkembangan populasi hama. Pengendalian ini merupakan pengendalian yang bersifat preventif, dilakukan sebelum serangan hama terjadi dengan tujuan agar populasi OPT (Organisme Pengganggu Tanaman) tidak meningkat sampai melebihi ambang kendalinya (Uhan dan Sutarya, 2005).

Menggunakan tanaman perangkap. Tanaman brasika tertentu seperti caisin lebih peka dapat ditanam sebagai border untuk dijadikan tanaman perangkap, dengan maksud agar hama ulat krop terfokus pada tanaman perangkap. (Latief, 2003). Penanaman kubis secara tumpang sari bersamaan dengan tanaman yang

tidak disukai hama ulat daun kubis dapat mengurangnya. Misalnya tumpang sari kubis dengan tanaman tomat/bawang daun (Widyastuti et al., 2005).

Mekanik

Cara ini dapat dilakukan dengan mengumpulkan hama ulat krop, memasukkan ke dalam kantong plastik, dan memusnahkannya. Namun untuk areal luas perlu pertimbangan tenaga dan waktu (Agrina, 2008).

Biologi

Pengendalian dengan cara biologis biasa dilakukan dengan menggunakan musuh alami. Musuh alami antara lain yakni parasitoid telur *Starnia inconspicuides* Bar. (Diptera: Tachinidae) dan parasitoid larva *Eriborus argenteopilosus* (Cameron) (Hymenoptera: Ichneumonidae). Tingkat parasitisasi oleh kedua spesies tersebut rendah sehingga pengendalian dengan musuh alami tidak efektif. (Sastrosiswojo & Setiawati, 2003).

Kimia

Secara kimia, yaitu dengan penggunaan insektisida alami seperti akar tuba, daun pucung tembakau dan lengkuas dan disemprotkan pada daun, batang dan bagian lainnya yang belum terserang (Triharso, 2006)

2.3 Pestisida Nabati

2.3.1 Pestisida Nabati

Pestisida nabati merupakan suatu pestisida yang dibuat dari tumbuhan yang residunya mudah terurai di alam sehingga aman bagi lingkungan dan kehidupan makhluk hidup lainnya. Tumbuhan yang dapat digunakan sebagai pestisida nabati antara lain tembakau, mimba, mindi, mahoni, srikaya, sirsak, tuba, dan juga berbagai jenis gulma seperti babandotan (Samsudin, 2008). Teknik pengendalian hama merupakan pengendalian hama terpadu diharapkan dapat menciptakan lingkungan yang aman.

Menurut Thamrin et al., (2005) pestisida nabati adalah pestisida yang bahan aktifnya berasal dari tumbuhan atau bagian tumbuhan seperti akar, daun, batang atau buah. Bahan-bahan ini diolah menjadi berbagai bentuk, antara lain bahan mentah berbentuk tepung, ekstrak atau resin yang merupakan hasil pengambilan cairan metabolit sekunder dari bagian tumbuhan atau bagian tumbuhan dibakar untuk diambil abunya dan digunakan sebagai pestisida.

2.3.2 Cara Kerja Pestisida

Pada dasarnya, bahan alami yang mengandung senyawa bioaktif dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu bahan alami dengan kandungan senyawa bersifat anti-fitopatogenik (antibiotik pertanian), bersifat fitotoksik atau mengatur pertumbuhan tanaman (fitotoksin, hormon tanaman dan sejenisnya), dan bahan alami dengan kandungan senyawa yang bersifat aktif terhadap serangga (hormon serangga, feromon, antifeedant, repelen, atraktan, dan insektisida) (Takahashi 1981). Secara umum, mekanisme kerja pestisida nabati dalam melindungi tanaman dari OPT yaitu secara langsung menghambat proses reproduksi serangga hama khususnya serangga betina, mengurangi nafsu makan, menyebabkan serangga menolak makanan, merusak perkembangan telur, larva dan pupa sehingga perkembangbiakan serangga hama terganggu, serta menghambat pergantian kulit.

Berdasarkan cara kerjanya (sifatnya), Takahashi (1981) menggolongkan pestisida nabati sebagai kelompok repelen, yaitu menolak kehadiran serangga misalnya karena bau yang menyengat, kelompok antifeedant yang dapat mencegah serangga memakan tanaman yang telah disemprot, menghambat reproduksi serangga betina, sebagai racun syaraf dan dapat mengacaukan sistem hormon di dalam tubuh serangga, kelompok atraktan, yakni pestisida nabati yang dapat memikat kehadiran serangga sehingga dapat dijadikan sebagai senyawa perangkap serangga dan juga untuk mengendalikan pertumbuhan jamur/ bakteri (Marianah 2016), serta kelompok pestisida nabati yang menurunkan preferensi serangga dalam mengakses sumber makanan.

2.3.3 Metode Ekstraksi Pestisida

Ekstraksi merupakan proses pemisahan bahan dari campurannya dengan menggunakan pelarut yang sesuai. Proses ekstraksi khususnya untuk bahan yang berasal dari tumbuhan adalah sebagai berikut: 1. Pengelompokkan bagian tumbuhan (daun, bunga, dll), pengeringan dan penggilingan bagian tumbuhan, 2. Pemilihan pelarut, 3. Pelarut polar: air, etanol, metanol, dan sebagainya, 4. Pelarut semipolar: etil asetat, diklorometan, dan sebagainya, 5. Pelarut non polar : n-heksan, petroleum, klorofom, dan sebagainya (Mukhriani, 2014). Menurut Mukhriani (2014), metode ekstraksi terbagi sebagai berikut:

a. Maserasi

Maserasi merupakan metode sederhana yang paling banyak digunakan.

Metode ini dilakukan dengan memasukkan serbuk tanaman dan pelarut yang sesuai ke dalam wadah inert yang tertutup rapat pada suhu kamar. Proses ekstraksi dihentikan ketika tercapai kesetimbangan antara konsentrasi senyawa dalam pelarut dengan konsentrasi dalam sel tanaman. Setelah proses ekstraksi, pelarut dipisahkan dari sampel dengan penyaringan. Kerugian utama dari metode maserasi ini adalah memakan banyak waktu, pelarut yang digunakan cukup banyak, dan besar kemungkinan beberapa senyawa hilang. Selain itu, beberapa senyawa mungkin saja sulit diekstraksi pada suhu kamar. Namun disisi lain, metode maserasi dapat menghindari rusaknya senyawa-senyawa yang bersifat termolabil.

b. Ultrasound – Assisted Solvent Extraction

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 sel dapat menyebabkan peningkatan kelarutan senyawa dalam pelarut dan meningkatkan hasil ekstraksi.

c. Perkolasi

Pada metode perkolasi, serbuk sampel dibasahi secara perlahan dalam sebuah perkolator (wadah silinder yang dilengkapi dengan kran pada bagian bawahnya). 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 perkolator tidak homogen maka pelarut akan sulit menjangkau seluruh area. Selain itu, metode ini juga membutuhkan banyak pelarut dan memakan banyak waktu.

d. Soxhlet

Metode ini dilakukan dengan menempatkan serbuk sampel dalam sarung selulosa (dapat digantikan kertas saring) dalam klonsong yang ditempatkan di atas labu dan dibawah kondensor. Pelarut yang sesuai dimasukkan kedalam labu dan suhu penangas diatur dibawah suhu reflux. Keuntungan dari metode ini adalah

proses ekstraksi yang kontinu, sampel terekstrasi oleh pelarut murni hasil kondensasi sehingga tidak membutuhkan banyak pelarut dan tidak memakan banyak waktu. Kerugiannya adalah senyawa yang bersifat termolabil dapat terdegradasi karena ekstrak yang diperoleh terus menerus pada titik didih.

e. Reflux dan Destilasi Uap

Pada metode reflux, sampel dimasukkan bersama pelarut kedalam labu yang dihubungkan dengan kondensor. Pelarut dipanaskan hingga mencapai titik didih.

Uap terkondensasi dan kembali kedalam labu. Destilasi uap memiliki proses yang sama dan biasanya digunakan untuk mengekstraksi minyak esensial (campuran berbagai senyawa menguap). Selama pemanasan, uap terkondensasi dan destilat (terpisah sebagai 2 bagian yang tidak saling bercampur) ditampung dalam wadah yang terhubung dengan kondensor.

2.4 Tanaman Pepaya

2.4.1 Klasifikasi Pepaya

Menurut Tjitrosoepomo (2004), tanaman pepaya berdasarkan taksonominya sebagai berikut Kingdom: Plantae, Divisi: Spermatophyta, Kelas: Angiospermae, Ordo: *Caricales*, Suku: *Caricaceae*, Genus: *Carica*, Spesies: *Carica papaya* Linn. Berikut adalah Daun pepaya pada Gambar 3.



Gambar 3. Daun Pepaya (Paull dan Duarte, 2011)

2.4.2 Morfologi Pepaya

Daun merupakan bagian penting dari tanaman dan menjadi tempat untuk berfotosintesis. Menurut Tyas (2008) mengatakan bahwa daun pepaya merupakan daun tunggal, berukuran besar, menjari, bergerigi dan juga mempunyai bagian-bagian tangkai daun dan helaian daun (lamina). Daun pepaya mempunyai bangun bulat atau bundar, ujung daun yang lancip, tangkai daun panjang dan berongga. Permukaan daun licin sedikit mengkilat. Dilihat dari susunan tulang daunnya, daun pepaya termasuk daun-daun yang bertulang menjari.

Batang (caulis) merupakan bagian yang penting untuk tempat tumbuh tangkai daun dan tangkai buah. Bentuk batang pada tanaman pepaya yang berbentuk bulat, dengan permukaan batang yang memperlihatkan berkas-berkas tangkai daun. Arah tumbuh batang yaitu tegak lurus yaitu arahnya lurus ke atas. Permukaan batang tanaman pepaya yaitu licin. Batangnya berongga, umumnya tidak bercabang atau bercabang sedikit, dan tingginya dapat mencapai 5-10 m (Tyas, 2008).

Akar pepaya merupakan akar dengan sistem akar tunggang (radix primaria), karena akar lembaga tumbuh terus menjadi akar pokok yang bercabang-cabang menjadi akar-akar yang lebih kecil. Bentuk akar bulat dan berwarna putih kekuningan (Tyas, 2008).

2.4.3 Kandungan Senyawa Pepaya

Kandungan aktif daun pepaya menurut Trizelia (2001) yaitu enzim papain. Papain merupakan suatu enzim protease yang ada pada daun pepaya. Enzim papain bekerja sebagai enzim protease yang dapat menyerang dan melarutkan komponen penyusun kutikula serangga (Trizelia, 2001). Selain Enzim papain, terdapat beberapa senyawa-senyawa yang dapat dibuktikan melalui uji fitokimia.

Enzim papain juga berfungsi sebagai enzim protease yang dapat menyerang dan melarutkan komponen penyusun kutikula serangga pada tanaman yang telah disemprot dengan ekstrak daun pepaya. Tanaman pepaya dapat dimanfaatkan sebagai insektisida nabati karena memiliki kandungan alkaloid, terpenoid dan flavonoid yang sangat beracun bagi serangga (Julaily et al., 2013). Sukorini (2003) melaporkan bahwa daun pepaya tua dapat digunakan sebagai pestisida organik terhadap *Plutella xylostella*. Menurut Julaily et al., (2013) daun pepaya dapat digunakan sebagai insektisida alami terhadap *C. pavonana*. Uji fitokimia

dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya komponen-komponen bioaktif yang terdapat pada sampel uji. Dari uji fitokimia yang dilakukan oleh Astuti dan Nafsiati (2009) daun pepaya mengandung flavonoid, saponin, dan alkaloid.

Namun pada pengujian fitokimia yang dilakukan Julaily et al. (2013), ekstrak daun pepaya mengandung berbagai golongan senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, polifenol, kuinon, dan terpenoid. Kandungan metabolit sekunder pada daun pepaya dalam bentuk dimana karparina alkaloid menghambat proses metabolisme tubuh dalam larva, mengganggu hormon pertumbuhan, dan mencerna protein dalam tubuh larva sebagai kekurangan pangan dan akhirnya mati (Utomo et al., 2010). Daun pepaya terdapat senyawa fenolik yang dapat menyebabkan lisis di dalam tubuh larva (Rahman, 2008). Berikut adalah Tabel 1 kandungan Fitokimia daun pepaya.

Tabel 1. Kandungan Fitokimia Daun Pepaya

Bahan Aktif	Kandungan (ppm)
Alkaloid	1.300 – 4000
Flavonoid	0 – 2000
Tannin	5000 – 6000
Dehydrocarpaine	1.000
Pseudocarpaine	100

Keterangan: ppm: Part Permiliion

Sumber : Astuti, 2009

2.5 Tanaman Sirsak

2.5.1 Klasifikasi Sirsak

Menurut Sunarjono (2005) tanaman sirsak memiliki taksonomi adalah Kingdom: Plantae, Divisi: Spermatophyta, Sub divisi: Angiospermae, Kelas: Dicotyledonae, Ordo: Polycarpiceae, Famili: Annonaceae, Genus: *Annona*, Spesies: *Annona muricata* L.

2.5.2 Morfologi Sirsak

Morfologi dari daun sirsak adalah berbentuk bulat dan panjang dengan bentuk daun menyirip dengan ujung daun meruncing, permukaan daun mengkilap, serta berwarna hijau muda sampai hijau tua. Terdapat banyak putik di dalam satu bunga sehingga diberi nama bunga berpistil majemuk. Sebagian bunga terdapat dalam lingkaran, dan sebagian lagi membentuk spiral atau terpencah, tersusun secara hemisiklis. Mahkota bunga yang berjumlah 6 sepalum yang terdiri dari dua lingkaran, bentuknya hampir segitiga, tebal, dan kaku, berwarna kuning keputih-

putihan, dan setelah tua mekar dan lepas dari dasar bunganya. Bunga umumnya keluar dari ketiak daun, cabang, ranting, atau pohon bentuknya sempurna (hermaprodit) (Sunarjono, 2005). Tanaman sirsak memiliki batang berbentuk bulat dan bercabang. Daun berbentuk bulat telur, ujung runcing dan berwarna hijau kekuningan. Buah berbentuk bulat dan berwarna hijau, biji berbentuk bulat telur, keras berwarna hitam (Van Steenis, 2005). Berikut adalah tanaman sirsak pada Gambar 4.



Gambar 4. Tanaman Sirsak (a) sirsak; (b) daun; (c) bunga; (d) buah (De Sousa et al.)

2.5.3 Kandungan Senyawa Sirsak

Daun sirsak memiliki kandungan senyawa acetogenin, antara lain asimisin, bulactanin dan squamosin. Pada konsentrasi tinggi, senyawa acetogenin memiliki keistimewaan sebagai antifeedant. Dalam hal ini dapat menurunkan nafsu makan serangga hama. Sedangkan pada konsentrasi rendah bersifat racun perut yang bisa mengakibatkan kematian pada hama tersebut. Senyawa asetoginin bersifat sitotoksik sehingga menyebabkan kematian sel. Salah satunya yakni bulatacin yang dapat menghambat kerja enzim NADH- ubiquinone reduktase yang diperlukan dalam respirasi mitokondria dalam tubuh serangga (Septerina, 2002).

Menurut Lestari *et al.* (2016) adanya senyawa asetoginin yang terdapat didalam ekstrak daun sirsak dapat menghambat terbentuknya ATP pada proses respirasi sehingga menyebabkan pembentukan energi terhambat kemudian volume tubuh akan menyusut yang ditandai dengan mengkerutnya tubuh kemudian menyebabkan kematian. Menurut Dadang (1999) tanaman sirsak dapat mengendalikan hama *C. pavonana* di laboratorium. Daun sirsak mengandung Flavonoid dimana flavonoid merupakan salah satu senyawa yang terkandung

dalam ekstrak daun sirsak yang berfungsi sebagai inhibitor pernapasan dengan kata lain mampu menurunkan laju reaksi kimia sehingga sistem pernapasan pada hama tersebut terganggu (Muta'il dan Purwani, 2015). Daun sirsak dapat berfungsi sebagai insektisida, larvasida, repelent dan antifeedant yang bekerja sebagai racun kontak dan racun perut (Kardinan, 2000). Menurut Kardinan (2000) ekstrak daun sirsak dapat dimanfaatkan untuk menanggulangi hama belalang dan hama lainnya.



III. METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Toksikologi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

Pengolahan data akan dilaksanakan di Fakultas Pertanian. Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Januari 2019 sampai April 2019.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Erlemeyer 250 ml, gelas ukur 10 ml, gunting, kuas, penggaris, cutter, gelas ukur, bola hisap, spatula, kertas whatman No.1, kertas label, toples kecil, mikro pipet, pisau, isolasi, lem, plastik wrap, alumunium foil, cawan petri, mika akrilik, petridish olfaktometer, blender, alat Orbital shaker, rotary vacuum evaporator, timbangan analitik, pinset, kain kasa, corong, alat tulis dan kamera.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah hama ulat krop kubis *C. pavonana* larva instar II, etanol 80%, daun pepaya (*Carica papaya* L.) dan daun Sirsak (*Anona muricata* L.).

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Persiapan Serangga Uji

Serangga uji *C. pavonana* pada penelitian ini adalah stadia larva instar II yang diperoleh dari koleksi Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (BALITAS) Malang. *C. pavonana* yang diperoleh dipelihara dalam toples plastik dan diberi pakan daun kubis segar. Pemberian pakan dilakukan setiap hari. Serangga uji yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 20 ekor setiap perlakuan.

3.3.2 Proses Ekstraksi Daun Pepaya dan Daun Sirsak

Pembuatan ekstrak daun pepaya, daun sirsak, dan kombinasinya menggunakan metode maserasi. Menurut Wong Shu Tong (2001), pembuatan ekstrak dilakukan dengan cara mencuci daun yang telah diperoleh dari lapang. Setelah daun dicuci kemudian dikering-anginkan selama 5 hari dibawah sinar matahari. Selanjutnya daun sirsak dan daun pepaya dihancurkan secara terpisah menggunakan blender sampai berbentuk seperti serbuk dan kemudian disaring

menggunakan ayakan. Daun sirsak dan daun pepaya yang telah diayak masing-masing ditimbang sebanyak 20 gram kemudian ditambahkan etanol 80 % sebanyak 100 ml erlenmeyer 250 ml dan ditutup menggunakan alumunium foil agar tidak tumpah. Kemudian dilanjutkan dengan pengocokan selama 24 jam menggunakan orbital shaker pada suhu kamar. Setelah itu ekstrak daun sirsak dan daun pepaya disaring menggunakan kertas whatman No.1 untuk memisahkan filtrat dan residu. Filtrat yang didapat dipisahkan dari alkohol menggunakan alat rotary vacuum evaporator pada suhu 50 °C. Evaporasi dilakukan hingga benar-benar didapatkan ekstrak daun sirsak dan daun pepaya yang murni. Ekstrak itu merupakan bagian yang terpisah dari etanol yang telah diberikan sebelumnya. Hasil evaporasi disimpan pada suhu dibawah 5 °C. Masing-masing larutan ekstrak daun sirsak dan daun pepaya tersebut kemudian digunakan sebagai larutan induk (Wong Shu-Tong, 2001).

3.3.3 Pengujian Ekstrak Daun Pepaya, Daun sirsak, dan Kombinasinya Terhadap Mortalitas Larva *C. pavonana*

Penelitian ini menggunakan metode celup daun. Metode ini dilakukan dengan metode pencelupan pakan. Daun yang sudah dipotong berukuran 8 cm x 8 cm kemudian dicelupkan kedalam ekstrak daun pepaya, daun sirsak, dan kombinasinya selama 1 menit. Daun yang sudah dicelupkan pada masing-masing ekstrak kemudian dikering anginkan dan dimasukkan kedalam toples yang kemudian diinfestasikan 20 larva instar II pada setiap perlakuan (Hasnah et al., 2012).

3.4 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan rancangan acak kelompok faktorial (RAKF). Dalam penelitian ini terdapat tiga percobaan yaitu 1) perlakuan ekstrak daun pepaya terhadap *C. pavonana*, 2) perlakuan ekstrak daun sirsak terhadap *C. pavonana*, dan 3) perlakuan kombinasi ekstrak daun pepaya dan daun sirsak terhadap *C. pavonana*. Masing-masing percobaan terdapat 6 perlakuan konsentrasi yaitu 1000 ppm, 2000 ppm, 3000 ppm, 4000 ppm, dan 5000 ppm, dan 1 kontrol dengan 4 kali ulangan sehingga terdapat 24 unit pada masing-masing percobaan. Masing-masing perlakuan terdapat 20 larva *C. pavonana* instar II yang telah diinfestasikan ke dalam toples yang telah diberi pakan perlakuan. Berikut adalah

konsentrasi ekstrak daun pepaya, daun sirsak dan kombinasi yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Konsentrasi Ekstrak Daun Pepaya, Daun Sirsak, dan Kombinasinya

No	Ekstrak Daun Pepaya (EDP)	Ekstrak Daun Sirsak (EDS)	Ekstrak Daun Kombinasi (EDC)
1	A1= 0 (Kontrol)	A1= 0 (Kontrol)	A1= 0 (Kontrol)
2	A2= 1000 ppm	A2= 1000 ppm	A2= 1000 ppm
3	A3= 2000 ppm	A3= 2000 ppm	A3= 2000 ppm
4	A4= 3000 ppm	A4= 3000 ppm	A4= 3000 ppm
5	A5= 4000 ppm	A5= 4000 ppm	A5= 4000 ppm
6	A6= 5000 ppm	A6= 5000 ppm	A6= 5000 ppm

Keterangan: EDP:Ekstrak Daun Pepaya; EDS:Ekstrak Daun Sirsak; EDC: Ekstrak Daun Kombinasi; ppm: Part Per Milion

3.5 Variabel Pengamatan

3.5.1 Mortalitas *Crocidolomia pavonana*

Pengamatan mortalitas dilakukan pada 4 kali pengamatan yaitu pada 24, 48, 72, 96 jam setelah aplikasi (JSA). Persentase mortalitas larva dihitung dengan cara membandingkan jumlah larva yang mati setelah perlakuan dengan jumlah larva yang diinvestasikan pada saat awal perlakuan. Hama ulat *C. pavonana* yang mati diketahui dengan tidak adanya pergerakan saat disentuh dengan kuas.

Persen mortalitas larva dihitung menggunakan rumus (Hidayati dan Tita, 2013)

$$Po = \frac{a}{b} \times 100 \%$$

Dimana Po adalah persentase kematian yang diamati, a adalah jumlah larva yang mati dalam setiap kelompok perlakuan, b adalah jumlah seluruh larva dari setiap perlakuan.

Apabila terdapat kematian pada kontrol tidak lebih dari 20 %, maka persen kematian *C. pavonana* dikoreksi menggunakan rumus Abbot (1987) sebagai berikut:

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

Dimana P adalah persentase kematian terkoreksi, X adalah persentase serangga hidup pada kontrol, Y adalah persentase serangga hidup pada perlakuan.

3.5.2 Penentuan LC₅₀ dan LT₅₀

Penentuan LC₅₀ dilakukan untuk mengetahui kisaran konsentrasi yang mampu mematikan larva *C. pavonana*, sedangkan LT₅₀ dilakukan untuk mengetahui kisaran waktu ekstrak daun pepaya, daun sirsak, dan kombinasinya yang dapat mematikan larva *C. pavonana*. Pada penelitian ini digunakan 6 konsentrasi (Tabel 2) pada masing-masing ekstrak yaitu ekstrak daun pepaya, daun sirsak dan kombinasinya. Setiap perlakuan diulang empat kali dengan menggunakan 20 ekor larva instar II. Nilai LC₅₀ diperoleh dengan menghitung kematian larva disetiap kelompok konsentrasi, sedangkan nilai LT₅₀ diperoleh dengan menghitung jumlah larva yang mati disetiap waktu pengamatan. Larva yang mati diketahui dengan tidak adanya pergerakan saat disentuh dengan kuas.

Penentuan LC₅₀ dan LT₅₀ dianalisis menggunakan analisis probit dengan bantuan software Hsin Chi.

3.5.3 Keberhasilan Fase Pupa Menjadi Imago

Keberhasilan terbentuknya pupa menjadi imago diamati ± 5 – 15 hari setelah pengamatan larva. Persentase imago yang terjadi dihitung pada setiap perlakuan kemudian dibandingkan dengan jumlah larva yang diinvestasikan (Carpinera, 2015).

$$P = \frac{a}{b} \times 100 \%$$

Keterangan:

P = Persentase terjadinya imago

a = Jumlah pupa yang terbentuk

b = Jumlah larva yang diinvestasikan

3.5.4 Nisbah Sinergistik

Nilai nisbah sinergistik (NS) diperoleh dari nilai LC₅₀ yang didapatkan dari mortalitas *C. pavonana* pada masing-masing perlakuan. Perhitungan NS dapat diperoleh dengan menggunakan rumus (Hamilton dan Attia, 1997):

$$NS = \frac{LC50 \text{ Insektisida Tunggal}}{LC50 \text{ Insektisida Nabati}} \times 100 \%$$

Keterangan:

NS>1 = Campuran mempunyai efek sinergistik

NS=1 = Netral (tidak mempunyai efek sinergistik)

NS<1= Campuran mempunyai efek antagonistik

3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan ANOVA (Analysis of Variance) dan selanjutnya apabila terdapat perbedaan nyata pada setiap perlakuan maka dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) dengan taraf

kesalahan 5 %. Untuk mengetahui Median Lethal Concentrate (LC₅₀) dan Median

Lethal Time (LT₅₀) dianalisis menggunakan aplikasi software Hsin Chi.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian Ekstrak daun pepaya, daun sirsak dan kombinasinya, dapat diketahui bahwa masing-masing ekstrak bersifat toksik terhadap *C. pavonana* dan kombinasi ekstrak daun pepaya dan daun sirsak bersifat sinergis terhadap pengendalian *C.pavonana*.

4.1 Pengaruh Ekstrak Daun Pepaya, Daun Sirsak, dan Kombinasinya Terhadap Mortalitas *Crocidolomia pavonana*

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa ekstrak daun pepaya (*Carica papaya* L.) pada masing-masing konsentrasi memberikan pengaruh terhadap kematian (mortalitas) *C. pavonana*. Rata-rata mortalitas *C. pavonana* pada masing-masing ekstrak disajikan pada Tabel 3.

Tabel 1. Persentase Mortalitas Hama *C. pavonana* setelah Aplikasi Ekstrak Daun Pepaya (EDP), Ekstrak Daun Sirsak (EDS), dan Kombinasi Ekstrak Daun Pepaya dan Daun Sirsak (EDC)

Mortalitas <i>C. pavonana</i> setelah aplikasi Ekstrak Daun Pepaya					
		Mortalitas <i>C.pavonana</i> %			
Perlakuan	Konsentrasi	24 JSA ±SB	48 JSA ±SB	72JSA±SB	96 JSA ± SB
EDP	1000 ppm	2,50±2,89 a	5,00±4,08a	11,25±4,7b	20,00 ±4,08b
	2000 ppm	2,50±2,89 a	7,50±2,89b	15,00±0,0c	25,00± 4,08c
	3000 ppm	3,75±2,50 b	12,50±2,89c	25,00±4,0f	38,75±2,50 f
	4000 ppm	10,00±4,08f	21,25±2,50e	35,00±4,0h	52,50±2,89 h
	5000 ppm	15,00±4,08h	32,50±6,45h	46,25±6,2j	68,75 ±2,50l
Mortalitas <i>C. pavonana</i> setelah aplikasi Ekstrak Daun Sirsak					
EDS	1000 ppm	3,75± 2,50 b	3,75± 2,50 a	8,75±2,50a	17,50 ±2,89a
	2000 ppm	3,75 ±2,50 b	8,75 ±2,50 b	15,00±4,0c	26,25 ±6,29c
	3000 ppm	5,00 ±0,00 c	12,50±2,89c	22,50±6,4e	32,50 ±5,00e
	4000 ppm	6,25 ±2,50 d	16,25±4,79d	25,00±7,1f	37,50 ±5,00f
	5000 ppm	8,75 ±4,79 e	21,25±2,50e	43,75±4,7i	65,00 ±4,08k
Mortalitas <i>C. pavonana</i> setelah aplikasi Kombinasi Ekstrak Daun Pepaya dan Daun Sirsak					
EDC	1000 ppm	5,00 ± 0,5c	11,25±2,50c	18,75±2,5d	28,75 ±2,50d
	2000 ppm	6,25 ± 0d	16,25±4,79d	28,75±6,3g	42,50 ±5,00g
	3000 ppm	11,25 ± 1,3g	23,75±2,50f	36,25±4,7h	56,25 ±2,50i
	4000 ppm	17,5 ± 0,5i	28,75±2,50g	42,50±2,8i	62,50 ±5,00j
	5000 ppm	22,50 ± 1,0j	35,00±4,08i	51,25±4,8k	71,25±2,50m

Keterangan: Angka diikuti dengan huruf yang berbeda pada kolom menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf 5%. EDP: Ekstrak Daun Pepaya; EDS: Ekstrak Daun Sirsak; EDC: Ekstrak

Kombinasi Daun Pepaya dan Daun Sirsak; ppm : Part Permiliion, SB: Simpangan Baku; JSA: Jam Setelah Aplikasi

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa tingkat mortalitas *C. pavonana* ditentukan oleh tingkat konsentrasi yang di uji. Pada penelitian ini, semakin tinggi konsentrasi maka kandungan bahan aktif dalam ekstrak semakin tinggi, sehingga mortalitas *C.pavonana* meningkat. Nilai mortalitas tertinggi terdapat pada ekstrak kombinasi daun pepaya dan daun Sirsak yaitu sebesar 71,25 % pada pengamatan 96 JSA. Fitmaya (2006) menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi insektisida yang diberikan maka semakin tinggi pula kandungan aktifnya sehingga dapat meningkatkan gangguan metabolisme dalam hewan uji dan menyebabkan rerata kematian semakin meningkat. Menurut Moriarty (1969) dosis insektisida mempengaruhi populasi serangga melalui perubahan kemampuan hidup dan reproduksi serta materi genetik dari generasi yang bertahan hidup.

Berdasarkan data diatas dapat diketahui bahwa kombinasi ekstrak daun pepaya dan daun sirsak bekerja sinergis dalam mengendalikan *C. pavonana*. Dinata (2009) menyatakan kombinasi insektisida nabati digunakan dengan harapan dapat memberikan efek yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman tunggalnya. Menurut Li *et al.* (1990) menyatakan bahwa Efek sinergis terjadi apabila masing masing komponen mempunyai efek tertentu dan kombinasi komponen dapat memberikan efek yang lebih tinggi daripada kalkulasi masing-masing efek komponen tunggalnya. Proses formulasi atau campuran merupakan proses untuk memperbaiki sifat-sifat bahan teknis agar sesuai untuk keperluan penyimpanan, penanganan, aplikasi, peningkatan efektifitas, atau keamanan bagi manusia dan lingkungan (Untung, 2006).

Mortalitas *C. pavonana* dapat dipengaruhi oleh sifat racun dari ekstrak daun pepaya yang diberikan. Menurut Dinata (2009), kandungan flavonoid yang terkandung di dalam daun pepaya memiliki sifat insektisida. Flavonoid menyerang beberapa organ saraf pada beberapa organ vital serangga, sehingga timbul suatu pelemahan saraf, seperti pernafasan dan timbul kematian. Oleh karena itu, kandungan flavonoid tersebut berpengaruh terhadap nilai mortalitas *C. pavonana*. Menurut Agnetha (2008), flavonoid bekerja sebagai inhibitor pernafasan. Inhibitor merupakan zat yang menghambat atau menurunkan laju

reaksi kimia, flavonoid juga mengganggu mekanisme energi didalam mitokondria dengan menghambat sistem pengangkutan elektron.

Ekstrak daun pepaya juga mengandung senyawa golongan alkaloid, terpenoid, flavonoid dan asam amino yang sangat beracun bagi serangga pemakan tumbuhan. Sebagaimana dikemukakan oleh Sukorini (2003) yang menyatakan bahwa kandungan kimia yang dapat berperan sebagai pestisida dari daun pepaya adalah nimbadiol, 3- desasetil sakinin salanol, azadiradion, aapoksia adalah papain alkaloid karoain, pседokarpain, glikosit, karposit, dan samponin. Enzim papain merupakan racun kontak yang masuk ke dalam tubuh hama melalui lubang-lubang alami dari tubuhnya. Setelah masuk, racun akan menyebar ke seluruh tubuh dan menyerang sistem saraf sehingga dapat mengganggu aktivitas hama. Enzim papain bekerja sebagai enzim protease yang dapat menyerang dan melarutkan komponen penyusun kutikula serangga (Trizelia, 2001). Enzim papain juga berfungsi sebagai enzim protease yang dapat menyerang dan melarutkan komponen penyusun kutikula serangga pada tanaman yang telah disemprot dengan ekstrak daun pepaya. Saponin dan tanin pada ekstrak daun pepaya dapat menghambat pertumbuhan yang menyebabkan mekanisme penghambatan makan, sehingga larva menjadi kelaparan akhirnya tidak mampu mencapai berat kritisnya untuk dapat tumbuh menjadi pupa (Yunita, 2009). Menurut (Danusulistyo, 2011) kandungan saponin dalam daun pepaya dapat menghambat kerja enzim yang menyebabkan penurunan kerja alat pencernaan dan penggunaan protein. Sifat-sifat saponin ini yaitu berbasa dalam air, mempunyai sifat detergen yang baik dan beracun bagi binatang berdarah dingin, mempunyai aktivitas hemolisis, tidak beracun bagi binatang berdarah panas, mempunyai sifat anti eksodatis dan inflamatori. Saponin juga dapat menurunkan tegangan permukaan selaput kulit larva serta mampu mengikat sterol bebas dalam pencernaan makanan. Sterol merupakan prekursor dari hormon ekdison sehingga dengan menurunnya persediaan sterol akan mengganggu proses ganti kulit pada serangga.

Menurut Mulyaman *et al.* (2000) daun sirsak mengandung senyawa acetogenin antara lain acimicin, bulatacin dan squamocin. Pada konsentrasi tinggi senyawa acetogenin memiliki keistimewaan sebagai antifeedant. Dalam hal ini serangga hama tidak lagi memakan bagian tanaman yang disukainya. Sedangkan

pada konsentrasi rendah, bersifat racun perut yang mengakibatkan serangga hama menyebabkan kematian. Daun sirsak juga mengandung tanin yang bersifat toksik bagi serangga. Menurut Dadang (1999), Tanin merupakan senyawa yang dapat menghambat ketersediaan protein dengan membentuk kompleks yang kurang bisa dicerna oleh serangga, sedangkan menurut Mulyaman *et al.* (2000) menyatakan bahwa senyawa acetogenin bersifat sebagai toksin yang dapat meracuni sel-sel lambung. Claus (1961) menambahkan bahwa tanaman sirsak mengandung isoquanolin yang termasuk golongan alkaloid. Alkaloid merupakan senyawa yang bersifat basah yang terdapat dalam tanaman tertentu dalam jumlah yang relatif kecil dan mempengaruhi aktivitas biologi. Lebih lanjut Panda dan Gurdev (1995), menyatakan bahwa isoquanolin alkaloid merupakan senyawa yang menyebabkan serangga tidak makan, dalam hal ini bersifat sebagai antifeedant. Ditambahkan oleh Dadang (1999) bahwa antifeedant merupakan senyawa yang secara substansi tidak memberikan penolakan aktivitas makan tetapi memberikan rasa ketidaksukaan pada serangga. Kombinasi kedua ekstrak bersifat sinergis, hal ini diketahui dari hasil analisis data yang menyatakan bahwa nilai mortalitas ekstrak kombinasi memiliki nilai tertinggi dibandingkan ekstrak tunggal. Mortalitas Ekstrak kombinasi mencapai 71,25% pada 96 JSA pada 5000 ppm, dibandingkan dengan nilai mortalitas ekstrak tunggal daun pepaya yang hanya mencapai 68,75 dan ekstrak daun sirsak yang hanya mencapai angka 65 %.

Dinata (2009) menyatakan kombinasi insektisida nabati digunakan dengan harapan dapat memberikan efek yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman tunggalnya. Menurut Li *et al.* (1990) menyatakan bahwa Efek sinergis terjadi apabila masing masing komponen mempunyai efek tertentu dan kombinasi komponen dapat memberikan efek yang lebih tinggi daripada kalkulasi masing-masing efek komponen tunggalnya. Proses formulasi atau campuran merupakan proses untuk memperbaiki sifat-sifat bahan teknis agar sesuai untuk keperluan penyimpanan, penanganan, aplikasi, peningkatan efektifitas, atau keamanan bagi manusia dan lingkungan (Untung, 2006). Untuk insektisida campuran yang bersifat sinergistik penggunaannya dapat meningkatkan efisiensi aplikasi karena insektisida campuran digunakan pada dosis yang lebih rendah dibandingkan dengan dosis komponen masing-masing secara terpisah (Abizar and Priyono, 2011

4.2 Toksisitas Ekstrak Daun Pepaya, Daun Sirsak dan Kombinasinya terhadap *Crocidolomia pavonana*

LC₅₀ (Median Lethal Dose) merupakan konsentrasi yang dibutuhkan untuk mematikan 50% serangga uji. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa pada tiap perlakuan konsentrasi ekstrak yang diberikan berpengaruh nyata terhadap kematian *C. pavonana*. Nilai LC₅₀ dan LT₅₀ ekstrak daun pepaya, daun sirsak dan kombinasinya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Nilai LC₅₀ dan LT₅₀ Ekstrak Daun Pepaya, Daun Sirsak dan Kombinasinya

Perlakuan	LC ₅₀ (ppm)	LC ₉₀ (ppm)	LT ₅₀ (Jam)	Persamaan Regresi	SE	Batas	
						Bawah	Atas
EDP	3566	17006	110 J,84'	$y = -6,71 + 1,89 x$	0,28	2701,3	5670,9
EDS	4236	21983	126 J,66'	$y = -6,50 + 1,79 x$	0,24	3242,7	6506,2
EDC	2425	16570	109 J,69'	$y = -5,19 + 1,54 x$	0,23	2039,1	2808,4

Keterangan : EDP: Ekstrak Daun Pepaya; EDS: Ekstrak Daun Sirsak; EDC: Ekstrak Kombinasi Daun Pepaya dan Daun Sirsak; LC₅₀: Median Lethal Dose; SE: Slope Error/ Tingkat Kesalahan

Pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa nilai LC₅₀ dari ekstrak daun pepaya adalah 3566 ppm, dan nilai LC₉₀ yaitu 17006 ppm. Nilai LT₅₀ didapatkan dari perhitungan interpolasi dari setiap konsentrasi. LT₅₀ yang dapat dilihat pada tabel lampiran 13. Nilai LT₅₀ Ekstrak daun pepaya yaitu 110 J, 84' setelah aplikasi.

Pada perlakuan ekstrak daun sirsak, didapatkan nilai LC₅₀ yaitu 4236 ppm, dan nilai LC₉₀ yaitu 21983. LT₅₀ ekstrak daun sirsak yaitu 126 J, 66' setelah aplikasi.

Pada perlakuan ekstrak kombinasi daun pepaya dan daun sirsak didapatkan nilai LC₅₀ yaitu sebesar 2425 ppm dan nilai LC₉₀ sebesar 16570 ppm. Ekstrak kombinasi daun pepaya dan daun sirsak yang dapat mematikan 50% serangga uji yaitu 2039,1 ppm. Nilai LT₅₀ ekstrak kombinasi daun pepaya dan daun sirsak yaitu 109 j, 69' setelah aplikasi.

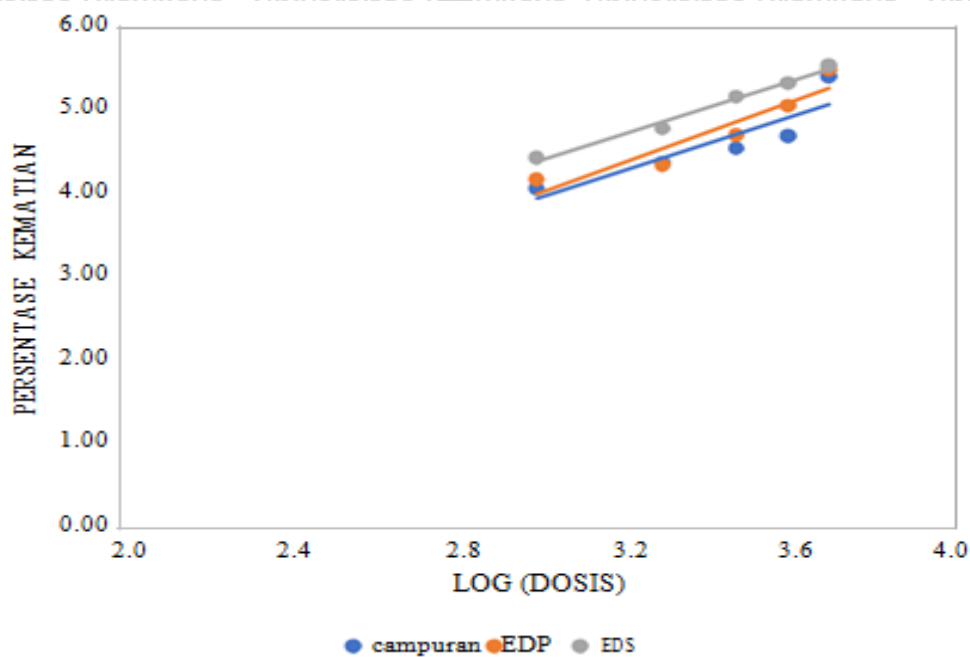
Berdasarkan data dapat diketahui bahwa ekstrak kombinasi daun pepaya dan daun sirsak memiliki nilai LC₅₀ dan LT₅₀ paling efektif dibandingkan dengan perlakuan ekstrak tunggal. Nilai LC₅₀ ekstrak kombinasi adalah 2425 ppm dan LT₅₀ 109 j, 69' setelah pengamatan, sedangkan pada ekstrak tunggal daun

pepaya memiliki nilai LC_{50} sebesar 3566 ppm dan LT_{50} 110 j, 84' setelah aplikasi dan ekstrak daun sirsak sebesar 4236 ppm dan LT_{50} sebesar 126 j, 66' setelah aplikasi. Dapat diketahui bahwa ekstrak kombinasi lebih bersifat toksik dibandingkan dengan ekstrak tunggal, hal ini dikarenakan dosis paling efektif yang diperlukan untuk mematikan 50 % *C. pavonana* yaitu pada ekstrak kombinasi dengan hanya 2425 ppm dengan waktu terendah yaitu 109 j, 69' setelah aplikasi. Ekstrak kombinasi bersifat paling toksik dibandingkan dengan ekstrak tunggal, hal ini dikarenakan kombinasi kedua ekstrak tersebut bersifat sinergis sehingga dapat bekerja lebih efektif terhadap *C. pavonana*. Efek sinergisme disebabkan oleh cara kerja dari masing-masing kandungan senyawa berbeda. Flavonoid merupakan senyawa pertahanan tumbuhan yang bersifat menghambat nafsu makan serangga (Dinata, 2009) dan kandungan saponin dari ekstrak daun sirsak dapat menghambat kerja enzim proteolitik yang menyebabkan penurunan aktivitas enzim pencernaan dan penggunaan protein (Suparjo, 2008).

Menurut Untung (2006) pengujian tingkat toksisitas terhadap larva uji dilakukan dengan memberikan melalui makanan (oral), aplikasi kulit (dermal), melalui pernafasan (respiratori, inhalasi). Semakin rendah nilai LC_{50} maka semakin tinggi toksisitas insektisida tersebut. Efek toksisitas biasanya tercapai bila suatu rangsangan mencapai suatu nilai tertentu sehingga timbul mekanisme biologis yang nyata. Toksisitas adalah salah satu kemampuan yang melekat pada suatu bahan untuk menimbulkan keracunan. Semakin tinggi konsentrasi maka tingkat toksisitas hama *C. pavonana* semakin meningkat hal ini dikarenakan bahan aktif pada ekstrak meningkat sehingga meningkatkan daya racun pada *C. pavonana*. Hal ini didukung oleh Fitmaya (2006) yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi insektisida yang diberikan maka semakin tinggi pula kandungan aktifnya sehingga dapat meningkatkan gangguan metabolisme dalam hewan uji dan menyebabkan rerata kematian semakin meningkat. Riswanto (2009) menyatakan bahwa pengaruh konsentrasi suatu pestisida akan mempengaruhi tingkat kematian suatu serangga. Semakin tinggi konsentrasi maka jumlah racun yang mengenai serangga makin banyak, sehingga dapat menghambat pertumbuhan dan menyebabkan kematian pada serangga akan lebih cepat.

Hubungan antara konsentrasi ekstrak daun pepaya, daun sirsak dan kombinasinya terhadap mortalitas hama *C. pavonana* dapat dilihat pada Gambar

5. Masing-masing ekstrak memiliki pengaruh berbeda terhadap *C. pavonana*. Hal ini dikarenakan masing-masing ekstrak memiliki kandungan bahan aktif sendiri sehingga mempengaruhi toksisitas *C. pavonana*. Berikut adalah grafik hubungan konsentrasi ekstrak daun pepaya, daun sirsak dan kombinasinya terhadap *C. pavonana*.



Gambar 1. Grafik Hubungan Konsentrasi Ekstrak Daun Pepaya, Daun Sirsak, Dan Kombinasinya Terhadap *C.pavonana*

- Keterangan:
- Ekstrak Kombinasi Daun Pepaya dan Daun Sirsak
 - Ekstrak Daun Pepaya
 - Ekstrak Daun Sirsak

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa masing-masing ekstrak memiliki pengaruh terhadap *C. pavonana*. Ekstrak kombinasi daun pepaya dan daun sirsak memiliki grafik paling tinggi dibandingkan dengan ekstrak tunggal pepaya dan sirsak. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak kombinasi pepaya dan daun sirsak paling efektif terhadap toksisitas *C. pavonana*. Semakin besar konsentrasi yang diberikan maka semakin tinggi pula kandungan racun yang dapat mematikan larva uji, sehingga semakin cepat pula waktu yang dibutuhkan untuk membunuh 50% larva uji. Dari hasil perhitungan interpolasi berdasarkan data

konsentrasi diketahui bahwa pada ekstrak kombinasi daun pepaya dan daun sirsak nilai LC₅₀ (2425 ppm) diperoleh nilai LT₅₀ 109 jam setelah aplikasi, ekstrak daun pepaya nilai LC₅₀ (3566 ppm) diperoleh nilai LT₅₀ = 110 jam setelah aplikasi, dan pada ekstrak daun sirsak nilai LC₅₀ (4236) diperoleh nilai LT₅₀ 126 jam setelah aplikasi.

4.3 Pengaruh Ekstrak Daun pepaya, Daun Sirsak dan Kombinasinya Terhadap kemunculan Pupa dan Imago *Crocidolomia pavonana*

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa ekstrak kombinasi daun sirsak dan daun pepaya pada tiap konsentrasi memiliki pengaruh terhadap munculnya pupa dan imago *Crocidolomia pavonana*. Data kemunculan pupa imago dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Nilai Kemunculan Pupa dan Imago *Crocidolomia pavonana*

Pestisida	Konsentrasi (ppm)	Larva Menjadi Pupa ± SB	Pupa Menjadi Imago ± SB
EDP	1000	65,00 ± 4,08 k	57,50 ± 2,89 h
	2000	62,50 ± 2,89 j	52,50 ± 2,89 g
	3000	51,25 ± 4,79 g	43,75 ± 2,50 e
	4000	41,25 ± 4,79 f	38,75 ± 7,50 d
	5000	28,75 ± 2,50 b	26,25 ± 2,50 a
EDS	1000	80,00 ± 4,08 m	72,50 ± 2,89 i
	2000	68,75 ± 4,79 l	57,50 ± 5,00 h
	3000	58,75 ± 2,50 i	48,75 ± 2,50 f
	4000	52,50 ± 2,89 g	42,50 ± 2,89 e
	5000	32,50 ± 6,45 c	30,00 ± 4,08 b
EDC	1000	55,00 ± 4,08 h	47,50 ± 2,89 f
	2000	42,50 ± 2,89 f	38,75 ± 2,50 d
	3000	37,50 ± 2,89 e	33,75 ± 2,50 c
	4000	35,00 ± 7,07 d	30,00 ± 4,08 b
	5000	26,25 ± 2,50 a	25,00 ± 4,08 a

Keterangan: Ekstrak Daun Pepaya (EDP), Ekstrak Daun Sirsak (EDS), Ekstrak Kombinasi Daun Pepaya dan Daun Sirsak (EDC) ; ppm: (Part Permiliion); SB: (Simpangan Baku)

Berdasarkan tabel 5 dapat diketahui bahwa tiap konsentrasi ekstrak tunggal daun pepaya, daun sirsak dan kombinasi ekstrak daun pepaya dan daun sirsak masing-masing memberi pengaruh terhadap persentase kemunculan pupa dan imago *C. pavonana*. Pada penelitian ini diketahui bahwa semakin tinggi

konsentrasi ekstrak yang diberikan maka nilai kemunculan pupa dan imago semakin sedikit.

Pada perlakuan dengan ekstrak daun pepaya (EDP), nilai perkembangan larva menjadi pupa paling rendah yakni pada perlakuan dengan konsentrasi 5000 ppm dengan nilai 28,75% serta nilai pupa menjadi imago dengan nilai 26,25%.

Pada perlakuan ekstrak daun sirsak (EDS), nilai perkembangan larva menjadi pupa dan nilai pupa menjadi imago memiliki hasil paling rendah yaitu pada perlakuan dengan konsentrasi 5000 ppm yaitu dengan nilai larva menjadi pupa sebesar 32,5% dan nilai pupa menjadi imago sebesar 30%. Pada perlakuan ekstrak kombinasi daun pepaya dan daun sirsak lebih sedikit memunculkan pupa dan imago dibandingkan dengan penggunaan ekstrak tunggal daun pepaya dan daun sirsak. Kombinasi ekstrak daun pepaya dan daun sirsak memiliki angka perkembangan pupa dan imago paling rendah pada perlakuan dengan konsentrasi 5000 ppm. Nilai larva menjadi pupa sebesar 26,25% dan nilai kemunculan pupa menjadi imago sebesar 25%.

Kombinasi ekstrak daun pepaya dan daun sirsak bersifat sinergis dan memiliki nilai kemunculan pupa dan imago terendah dibandingkan dengan ekstrak tunggal. Perlakuan ekstrak kombinasi daun pepaya (*Carica papaya*) dan daun sirsak (*Anona muricata*) mempengaruhi lama waktu perkembangan larva menjadi pupa, pupa menjadi imago, dan lama hidup imago. Perkembangan pupa dan imago *C. pavonana* terhambat karena adanya gangguan pada saat ecdisis (rontoknya kulit) akibat dari campuran kedua ekstrak. Pada serangga produksi ecdison dikontrol oleh hormon otak (*brain hormone*). Hormon otak dan ecdison diseimbangkan oleh hormon juvenil (*juvenile hormone*) (Angus, 1875). Apabila terdapat gangguan pada hormon otak, maka serangga akan terganggu proses perkembangannya (Salim *et al.*, 2004). Salah satu senyawa yang dapat mengganggu proses ecdisis adalah saponin. Saponin dapat mengikat sterol bebas dalam pencernaan makanan, yang mana sterol berperan sebagai prekursor hormon ecdison. Apabila jumlah sterol menurun akibatnya hormon ecdison juga menurun, maka akan mengganggu proses pergantian kulit pada serangga (Dinata, 2009).

Prijono (1999) menyatakan bahwa penyerapan pestisida yang mempunyai efek kontak sebagian besar terjadi pada kutikula tipis. Senyawa aktif akan berpenetrasi

kedalam tubuh serangga melalui bagian yang dilapisi kutikula tipis. Senyawa aktif diduga mampu berdifusi dan lapisan kutikula terluar melalui lapisan yang lebih dalam menuju hemolimpa, mengikuti hemolimpa dan disebarkan keseluruh tubuh sehingga lama kelamaan serangga akan kehilangan cairan terus menerus dan membuat tubuh serangga kehilangan cairan yang akhirnya mengalami kematian. Perkembangan pupa dan imago *C. pavonana* memiliki kerusakan morfologi akibat perlakuan masing-masing ekstrak yang diberikan. Berikut adalah gambar morfologi *C. pavonana* sebelum perlakuan (normal) maupun setelah perlakuan (tidak normal).



Gambar 2. Pupa dan Imago *C. pavonana*

Keterangan: a. Pupa *C. pavonana* sebelum perlakuan (normal); b. Pupa *C. pavonana* setelah perlakuan (tidak normal), c. Imago *C. pavonana* sebelum perlakuan (normal); d. Imago *C. pavonana* setelah perlakuan (tidak normal)

Gambar diatas menunjukkan bahwa terjadi kerusakan morfologi terhadap pupa dan imago setelah diberi perlakuan. Pada gambar (a) menunjukkan bahwa pupa masih dalam kondisi normal, sedangkan gambar (b) menunjukkan pupa

tidak normal (cacat) hal ini ditandai dengan pupa yang mengkerut, berwarna kehitaman, berat pupa yang lebih ringan dibandingkan pupa normal, dan molting tidak sempurna sehingga berpengaruh terhadap proses pembentukan pupa menjadi imago. Pada gambar (c) menunjukkan imago normal, sedangkan gambar (d) menunjukkan imago yang tidak normal, ditandai dengan terbaliknya posisi imago yang menandakan imago mati dan mengkerutnya tubuh imago. Kerusakan morfologi *C. pavonana* diduga terjadi akibat senyawa-senyawa toksik yang merusak jaringan saraf, seperti senyawa alkaloid yang dapat menghambat proses larva menjadi pupa, dan pupa menjadi imago. Wiratno (2010) mengemukakan bahwa penggunaan ekstrak pepaya dapat memutuskan atau menggagalkan metamorfosis hama yang memiliki metamorfosis sempurna. Saponin yang terdapat pada pakan jika dikonsumsi oleh serangga dapat menurunkan aktivitas enzim pencernaan dan penyerapan makanan (Applebaum *et al.*, 1979). Saponin juga dapat menurunkan tegangan permukaan selaput kulit larva serta mampu mengikat sterol bebas dalam pencernaan makanan (Ejelonu BC, 2011). Sterol merupakan prekursor dari hormon ecdison sehingga dengan menurunnya persediaan sterol akan mengganggu proses ganti kulit pada serangga.

Senyawa tanin dalam ekstrak daun sirsak dapat menyebabkan gangguan metabolisme pada serangga uji. Kandungan tanin tersebut dapat mengganggu aktivitas enzim pencernaan sehingga berpengaruh terhadap kemunculan pupa dan imago (Ambarningrum, *et al.* 1994). Oleh karena itu, penggabungan ekstrak daun pepaya dan daun sirsak dapat meningkatkan efektivitasnya dalam penurunan kemunculan pupa dan imago, dikarenakan masing-masing kandungan dari ekstrak daun pepaya dan daun sirsak bersifat sinergis dalam mengendalikan kemunculan pupa dan imago. Perlakuan insektisida nabati terhadap larva menyebabkan larva yang hidup menjadi lemah pada instar akhir dan fase prapupa sehingga ada yang gagal mengalami pupasi, demikian juga dengan imagonya. Pada fase prapupa serangga menjadi sangat peka terhadap tekanan dari luar baik fisik maupun kimiawi. Serangga yang terkena insektisida dalam dosis/konsentrasi sub-lethal (tidak mematikan) dapat mengalami perubahan fisiologis dan perilaku. Perubahan tersebut menghambat pertumbuhan termasuk gagalnya pupasi. Penambahan insektisida nabati akan mengakibatkan kandungan toksin sebagai antifeedant dan

repellent mempengaruhi larva, sehingga proses fisiologi terganggu dan perkembangan terhambat. Sudarmo (2005) menyatakan bahwa pestisida nabati dapat menghambat reproduksi serangga. Oleh karena pemberian pestisida nabati akan berpengaruh terhadap persentase kemunculan pupa dan imago.

4.4 Nisbah Sinergistik

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, diketahui bahwa pada campuran kedua ekstrak daun pepaya dan daun sirsak bersifat sinergis pada hama *C. pavonana*. Nilai sinergistik kombinasi kedua ekstrak dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

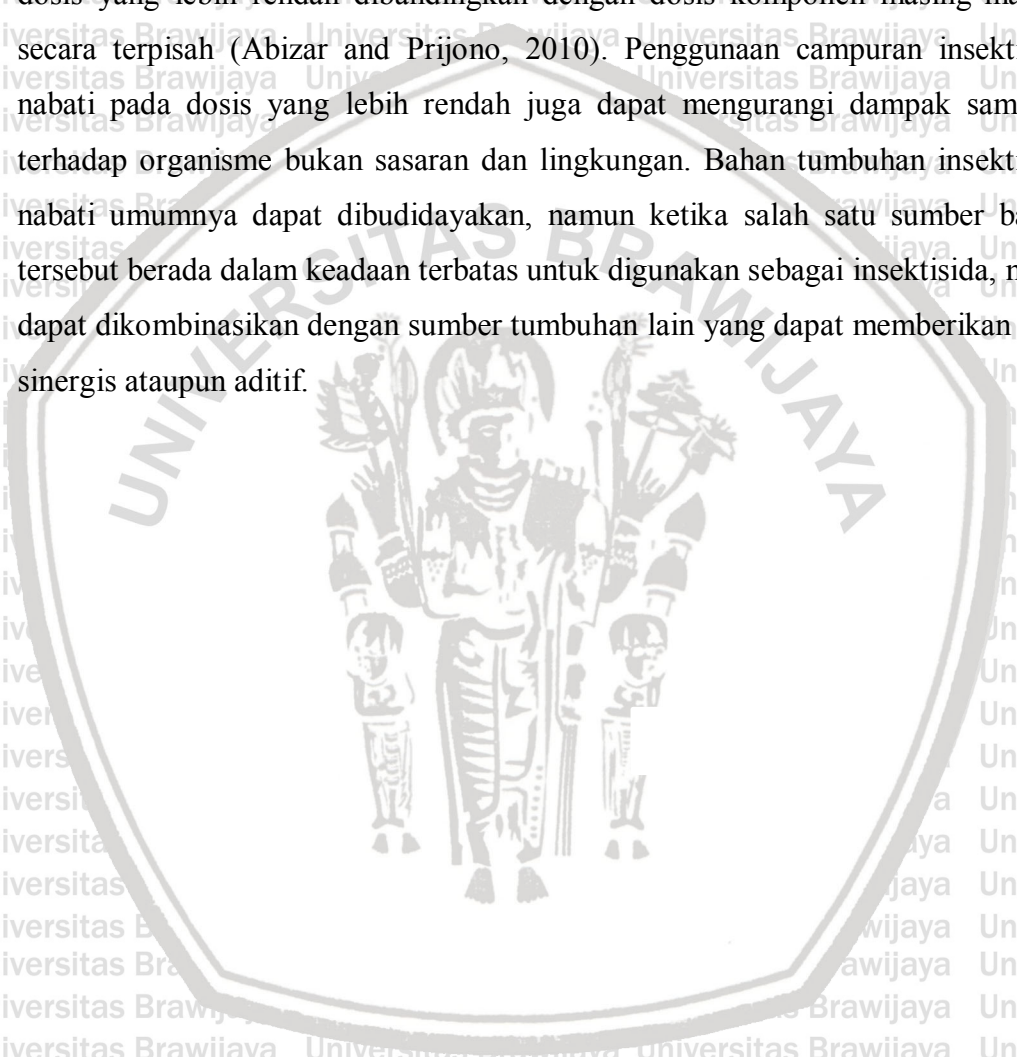
Tabel 4. Nisbah Sinergistik.

Ekstrak	Nilai NS	Sifat Campuran
EDP dengan campuran (EDP+EDS)	1,47	Sinergis
EDS dengan campuran (EDP+EDS)	1,74	Sinergis

Keterangan :NS (Nisbah Sinergistik); EDP (Ekstrak Daun Pepaya), EDS (Ekstrak Daun Sirsak)

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa masing-masing campuran ekstrak daun pepaya dan daun sirsak memiliki sifat sinergis. Hal ini diketahui dari nilai masing-masing campuran ekstrak yang lebih dari 1 (>1). Diketahui bahwa nilai NS EDP adalah 1,47 dan nilai NS EDS adalah 1,74. Sifat interaksi pada pencampuran dua senyawa dapat diakibatkan oleh adanya peran senyawa lain selain senyawa aktif utama pada ekstrak tumbuhan yang umumnya kurang aktif, namun keberadaanya dapat meningkatkan aktivitas ekstrak secara keseluruhan (sinergistik) (Priyono, 1999). Senyawa sekunder ini juga kemungkinan dapat menurunkan aktivitas ekstrak lain sehingga dapat mengakibatkan perubahan atau penurunan sifat insektisida (antagonistik). Selain senyawa sekunder, perbedaan sifat campuran ekstrak juga dapat diakibatkan oleh perbedaan sumber ekstrak, serangga sasaran, dan nisbah konsentrasi yang digunakan. Perbedaan sumber ekstrak dapat mempengaruhi kandungan senyawa yang terkandung di dalam ekstrak. Kandungan senyawa aktif suatu bahan dapat dipengaruhi oleh sifat genetika tanaman, kondisi tanah, jenis vegetasi dan iklim di lokasi tempat tumbuhnya tanaman (Leatemia dan Isman, 2004).

Penggunaan insektisida nabati dalam bentuk campuran dapat mengurangi ketergantungan pada satu jenis tumbuhan sebagai bahan baku dan meningkatkan spektrum aktivitas insektisida (Priyono, 1999), lebih ekonomis (Stone, 1978) dan dapat menunda timbulnya resistensi hama terhadap insektisida (Georghiou 1983). Untuk insektisida campuran yang bersifat sinergistik penggunaannya dapat meningkatkan efisiensi aplikasi karena insektisida campuran digunakan pada dosis yang lebih rendah dibandingkan dengan dosis komponen masing-masing secara terpisah (Abizar and Priyono, 2010). Penggunaan campuran insektisida nabati pada dosis yang lebih rendah juga dapat mengurangi dampak samping terhadap organisme bukan sasaran dan lingkungan. Bahan tumbuhan insektisida nabati umumnya dapat dibudidayakan, namun ketika salah satu sumber bahan tersebut berada dalam keadaan terbatas untuk digunakan sebagai insektisida, maka dapat dikombinasikan dengan sumber tumbuhan lain yang dapat memberikan efek sinergis ataupun aditif.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Ekstrak daun pepaya, daun sirsak dan kombinasinya efektif dalam pengendalian hama *C.pavonana* dan bersifat toksik dengan nilai LC_{50} ekstrak daun pepaya sebesar 3566 ppm dan LT_{50} sebesar 110 JSA (Jam Setelah Aplikasi), LC_{50} ekstrak daun sirsak sebesar 4236 ppm dan LT_{50} sebesar 126 jsa, dan ekstrak kombinasi memiliki nilai LC_{50} sebesar 2425 ppm dan nilai LT_{50} sebesar 118 jsa.

Ekstrak kombinasi daun pepaya dan daun sirsak paling efektif menekan perkembangan pupa dan imago dengan nilai kemunculan pupa dan imago paling rendah yaitu pada konsentrasi 5000 ppm memiliki nilai kemunculan larva menjadi pupa sebesar 26,25% dan pupa menjadi imago sebesar 25%. Kombinasi ekstrak daun pepaya dan daun sirsak bersifat sinergis dengan nilai NS (Nisbah Sinergistik) EDP (Ekstrak Daun Pepaya) sebesar 1,47 dan EDS (Ekstrak Daun Sirsak) sebesar 1,74.

5.2 Saran

Perlu dilakukan pengujian pengaruh ekstrak daun pepaya, daun sirsak dan kombinasinya terhadap serangga lain yang memiliki dampak merugikan pada bidang pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbot, W.S. 1987. A Method of Computing the Effectiveness of An Insecticide. Am. Mosq. Control Assoc. 3: 302–307.
- Abizar, M., and D. Prijono. 2010. Kesesuaian Ekstrak Piper spp. (piperaceae) untuk Meningkatkan Toksisitas Ekstrak *Tephrosia Vogellii* terhadap Ulat Krop Kubis, *Crociodolomia pavonana*. Hama dan Penyakit Tumbuh. Trop. 10: 1–12.
- Agnetha, A.Y. 2008. Efek Ekstrak Bawang Putih (*Allium sativum* L) Sebagai Larvasida Nyamuk *Aedes* sp. Fak. Kedokt. Univ. Brawijaya.
- Agrina, E. 2008. Lem Perekat Hama. Kanisius. Yogyakarta.
- Ahmad, H. 2007. Laporan Hama Ulat Crop (*Crociodolomia pavonana*.) (Lepidoptere : Pyralidae) pada Kubis (*Brassica oleracea* L.). IPB E-Repository.
- Angus, J.K. 1875. Campbell. Notes Queries s5–III(67): 289. doi: 10.1093/nq/s5-III.67.289.
- Applebaum, A.G., and I.K. Obiudu. 1979. Analysis of Chemical Composition of Leaves and Roots of *Ageratum conyzoides*. Int. J. Curr. Res. Acad. Rev. 3(11): 60–65.
- Astuti, and R. Nafsiati. 2009. Konsep Dasar Kimia. UIN Malang Press. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. 2014. Statistik 2014.
- C A B International. 1999. International Compendium of Entomology. CD CAB Key Entomol.
- Chi, h., 1997. Probit Analysis National Chung Hsing University. Taichung, Taiwan.
- Dadang. 1999. Sumber Insektisida Alami. Bahan Penelitian, Pengembangan dan Pemanfaatan Insektisida Alami.
- Danusulistyo. 2011. Penggunaan Ekstrak Daun Paitan untuk Mendendalikan Hama Kutu Daun Pada Tanaman Cabai. Fakultas Pertanian Universitas Riau Pekanbaru.
- Dinata. 2009. Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji Kayu, Sekam padi dan Daun Cengkeh Untuk Pengendalian Penyakit Pada Pisang di Desa Labuan Pandan, Kec. Sambelia, Kab. Lombok Timur. Balai Pendidikan dan Pelatihan NTB. Pengembangan Inovasi Pertanian Melalui Inisiatif Lokal
- Ejelonu BC. 2011. The chemical constituents of calabash (*Crescentia cujete*). AFRICAN J. Biotechnol. 10(84). doi: 10.5897/ajb11.1518.
- Fitmaya, A. 2006. Uji Aktivitas Larvasida Ekstrak Etanol 96% Daun Belimbing Manis (*Averrhoa carambola* L) Terhadap Larva Nyamuk *Anopheles xvi aconitus* Instrar III dan Kromatografi Lapis Tipisnya. Fakultas Farmasi UMS Moriarty, Surakarta.
- Hamilton, J.T., and F. Attia. 1997. Effect of mixtures of *Bacillus thuringiensis* and pesticide *xylostella* and the parasite *Thyraeella collaris*. Econ. Entomol. 70(1): 146–148.

- Hasnah, Husni, and A. Fardhisa. 2012. Pengaruh Ekstrak Rimpang Jeringau (*Acorus calamus* L.) terhadap Mortalitas Ulat Grayak *Spodoptera litura*. *Florateg* 7: 115–124.
- Herminanto. 1997. Pengamatan Residu Insektisida Kimia pada Bahan Pangan Sayuran brasiika dari Serangan hama *Plutella xylostella* L. Melalui Pengelolaan Hama Terpadu. Semin. Sehari Kependud. Pangan dan Kesehatan. Lemb. Penelit. Univ. Jenderal Soedirman.
- Hidayati, N.L.D., and N. Tita. 2013. Penelusuran Potensi Antifertilitas Buah Takokak (*Solanum torvum* Swartz) Melalui Skrining Fitokimia dan Pengaruhnya terhadap Siklus Estrus Tikus Putih (*Rattus norvegicus*). *Kesehat. Bakti Tunas Husada* 11(1): 94–103.
- Julaily, N., Mukarlina, and T.R. Setyawati. 2013. Pengendalian Hama pada Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) Menggunakan Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya* L.). *Protobiont* 2(3): 171–175.
- Kalshoven, L.G.E. 1981. *Pest of Crops in Indonesia*.
- Kardinan, A. 2000. *Pestisida Nabati, Ramuan dan Aplikasi*. PT. Penebar Swadaya.
- Latief, A.A. 2003. *Ilmu Penyakit Tumbuhan I*. Bayumedia Publishing. Jakarta.
- Leatemia, J.A., and M.B. Isman. 2004. Insecticidal Activity of Crude Seed Extracts of *Annona* spp., *Lansium domesticum* and *Sandoricum koetjape* Against Lepidopteran. *Phytoparasitica* 32(1): 30–37. doi: 10.1007/BF02980856.
- Lestari, R.I., E. Ratnasari, and T. Haryono. 2016. Pengaruh Pemberian Ekstrak Daun Sirsak (*Annona muricata*) terhadap Kesintasan Ngengat *Spodoptera litura*. *Lentera Bio* 5(1): 60–65.
- Li, X.H., Y.H. Hui, J.K. Rupprecht, Y.M. Liu, K. V. Wood., 1990. Bullatacin, Bullatacinone, and Squamone, A New Bioactive Acetogenin, from the Bark of *Annona Squamosa*. *J. Nat. Prod.* 53(1): 81–86. doi: 10.1021/np50067a010.
- Mayestic, 2016. Efektivitas Ekstrak Daun Sirsak Dan Daun Pepaya Dalam Pengendalian *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera; Yponomeutidae) Pada Tanaman Kubis Di Kota Tomohon.
- Mukhriani. 2014. Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, dan Identifikasi Senyawa Aktif. *Kesehatan* 7(2): 361–367.
- Mulyaman, S., Cahyaniati, and T. Mustofa. 2000. *Pengenalan Pestisida Nabati Tanaman Holtikultura*. Direktorat Jenderal Produksi Holtikultura Dan Aneka Tanaman. Institut Pertanian Bogor.
- Muta'il, R., and K.I. Purwani. 2015. Pengaruh Ekstrak Daun Beluntas (*Pluchea indica*) terhadap Mortalitas dan Perkembangan Larva *Spodoptera litura* F. *Sains dan Seni ITS* 4(2): 55–58.
- Novizan. 2001. *Petunjuk Pemupukan Yang Efektif*. Agro Media Pustaka, Jakarta.
- Paat, P.C., and L. Taulu. 2012. Introduksi tanaman pakan unggul Rumput Gajah Dwarf di sentra produksi sapi potong di Sulawesi Utara. *Prosiding Seminar*

- Nasional Peternakan. Puslit Bioteknologi, LIPF dan Badan Pengkaji dan Penerapan Teknologi.
- Paull, R.E., and O. Duarte. 2011. Tropical fruits 2nded. Cabi Publishing, California.
- Prijono, D. 1999. Prospek dan Strategi Pemanfaatan Insektisida alami. Dalam Dadang, B., Nugroho, W., and Prijono, D., editors, Bahan Pelatihan Pengembangan dan Pemanfaatan Insektisida Alami. Institut Pertanian Bogor, Bogor. p. 1-7
- Prijono, D. 2003. Teknik Ekstraksi, Uji Hayati dan Aplikasi Senyawa Bioaktif Tumbuhan. Modul Panduan bagi Pelaksanaan PHT Perkebunan Rakyat. Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Rahman. 2008. Ekstraksi Senyawa Metabolit Sekunder Dari Daun Tanaman. Balai Besar Pengkaji dan Pengemb. Teknol. Pertan.
- Riswanto. 2009. Uji Efek Tonikum Infusa Daun Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) pada Mencit Putih (*Mus musculus*) Jantan Galur Swiss Webster. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Rizal, S., D. Mutiara, and D. Lestary. 2010. Uji Toksisitas Akut Serbuk Kering Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) Terhadap Kutu Beras (*Sitophilus Oryzae* L.). Sainmatika 2(7): 33-39.
- Salim, A.A., M.J. Garson, and D.J. Craik. 2004. New Alkaloids from *Pandanus amaryllifolius*. J. Nat. Prod. 67(1): 54-57. doi: 10.1021/np0303310.
- Samsudin. 2008. Virus Patogen Serangga: Bio-Insektisida Ramah Lingkungan.
- Septerina, N. 2002. Pengaruh Ekstrak Daun Sirsak Sebagai Insektisida Rasional Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Paprika Varietas Bell Boy. Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- Sastrosiswojo, S. dan W. Setiawati. 2003. Hama-hama Tanaman Kubis dan Cara Pengendalian. Balai Penelitian Hortikultura, Lembang. hlm. 39-50
- Van Steenis. 2005. Flora. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Stone, E.F. 1978. Research Methods in Organizational Behavior.
- Sukorini, H. 2003. Pengaruh Pestisida Organik dan Interval Penyemprotan terhadap Hama *Plutella xylostella* pada Budidaya Tanaman Kubis Organik. Skripsi.
- Syakir. 2011. Status Penelitian Insektisi dan Nabati Pusat Penelitian Dan Pengembangan Tanaman Perkebunan.
- Thamrin, M., S. Asikin, Mukhlis, and A. Budiman. 2005. Potensi Ekstrak Flora Lahan Rawa Sebagai Pestisida Nabati. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa.
- Triharso, 2006. Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Trizelia. 2001. Pemanfaatan *Bacillus thuringiensis* untuk mengendalikan hama *Plutella xylostella* Linn.

Tyas, W.S. 2008. Evaluasi Keragaman Pepaya (*Carica papaya* L.) di Enam Lokasi di Boyolali. Institut Pertanian Bogor.

Uhan, T.S., Sutarya. 2005. Penerapan Teknologi PHT pada Tanaman Kubis. Monografi No. 21 ISBN: 979- 8403-35-7. Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Untung. 2006. Pengantar Pengolahan Hama Terpadu Edisi Ke-2. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Utomo, Margo, Budi, and Kartini. 2010. Own Power Plant-Based Ingredients Papaya Seed Powder Against Death *Aedes aegypti* larvae isolates SALATIGA B2P2VRP Laboratory. Proceedings of the National Seminar Unimus

Widiana, R., and A.L. Zeswita. 2012. Kepadatan Populasi Ulat Krop (*Crocidolomia pavonana*) pada Tanaman Kubis (*Brassica oleracea* L.) di Kenagarian Alahan Panjang Kecamatan Lembah Gumanti Kabupaten solok. Ekotrans 12(1): 1411–4615.

Widyastuti, S.M, Sumardi, dan Harjono. 2005. Patologi Hutan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Wiratno. 2010. Efektifitas Pestisida Nabati Berbasis Minyak Jarak Pagar, Cengkeh, Dan Seraiwangi Terhadap Mortalitas *Nilaparvata Lugens* Stahl. Pus. Penelit. Dan Pengemb. Perkeb. Jl. Tentara Pelajar No. 1.

Yunita, E.A. 2009. Pengaruh ekstrak daun teklan (*Eupatorium riparium*) terhadap mortalitas dan perkembangan larva *Aedes aegypti*. BIOMA 11(1): 11–17.

Yuswati, L., and D. Priyono. 2004. Pengaruh Campuran Ekstrak *Aglaia harmsiana* Perkins dan *Dysoxylum acutangulum* Miq. (Meliaceae) terhadap Mortalitas dan Oviposisi *Plutella xylostela* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae). Hama dan Penyakit Tumbuh. 1(4): 1–7.