

UJI EFEKTIVITAS EKSTRAK BIJI MIMBA (*Azadirachta indica*), BIJI JARAK PAGAR (*Jatropha curcas*), DAN KOMBINASINYA TERHADAP LARVA *Crocidolomia pavonana* (Lepidoptera: Crambidae)

Oleh:

MEILINA RUTMINI SIAHAAN



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2019**

**UJI EFEKTIVITAS EKSTRAK BIJI MIMBA (*Azadirachta indica*), BIJI
JARAK PAGAR (*Jatropha curcas*), DAN KOMBINASINYA TERHADAP
LARVA *Crocidolomia pavonana* (Lepidoptera: Crambidae)**

Oleh:

**MEILINA RUTMINI SIAHAAN
155040201111323**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN**

SKRIPSI

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

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

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil penelitian penulis sendiri dengan bimbingan dosen pembimbing dan belum pernah diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi. Sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis sebelumnya oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Agustus 2019



LEMBAR PERSETUJUAN

Penelitian : Uji Efektivitas Ekstrak Biji Mimba (*Azadirachta indica*),
Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) dan Kombinasinya
terhadap Larva *Crocidolomia pavonana* (Lepidoptera:
Crambidae)

Nama Mahasiswa : Meilina Rutmini Siahaan
NIM : 155040201111323
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.
NIK. 201304 870819 2 001

Mengetahui

Ketua

Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan

Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.
NIP. 19551018 198601 2 001

Tanggal persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Dr. Ir. Sri Karindah, MS.
NIP. 19520517 197903 2 001

Tita Widjayanti, SP. M.Si.
NIK. 201304 870819 2 001

Penguji III

Penguji IV

Dr. Ir. Toto Himawan, SU.
NIP. 1955119 198303 1 002

Luqman Quarta Aini, SP., M.Si., Ph.D.
NIK. 19720919 199802 1 001

Tanggal Lulus :

*Skripsi ini saya persembahkan
Kepada Keluarga, kedua orang tuaku
tersayang dan kaka adikku tercinta*

RINGKASAN

Meilina Rutmini Siahaan. 155040201111323. Uji Efektivitas Ekstrak Biji Mimba (*Azadirachta indica*), Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) dan Kombinasinya terhadap Larva *Crocidolomia pavonana* (Lepidoptera: Crambidae). Di bawah bimbingan Dr. Ir. Toto Himawan, SU. sebagai pembimbing utama dan Tita Widjayanti, SP. M.Si. sebagai pembimbing pendamping

Crocidolomia pavonana merupakan hama penting pada tanaman famili brassicaceae. Hama ini menyerang daun hingga titik tumbuh. Umumnya petani melakukan pengendalian *C. pavonana* dengan pestisida sintetik, akan tetapi penggunaannya yang terus menerus memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Sehingga pestisida nabati dapat menjadi salah satu alternatif pengendalian yang ramah lingkungan. Tanaman yang digunakan sebagai pestisida nabati adalah jarak pagar dan mimba, terutama pada bagian biji. Biji Jarak pagar dan biji mimba memiliki senyawa racun yang dapat mengakibatkan kematian terhadap serangga hama. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh ekstrak biji mimba, biji jarak pagar, dan kombinasinya terhadap kematian larva, pembentukan pupa dan imago. Pencampuran pestisida diharapkan meningkatkan toksisitas dan bersifat sinergistik.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Toksikologi jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang mulai bulan Januari - April 2019. Penelitian terdiri dari tiga percobaan yaitu 1) ekstrak biji mimba terhadap *C. pavonana*, 2) ekstrak biji jarak pagar terhadap *C. pavonana* dan 3) ekstrak kombinasinya dengan perbandingan 1:1 terhadap *C. pavonana*. Setiap percobaan terdiri dari 6 konsentrasi yaitu 0 ppm (kontrol), 1000 ppm, 2000 ppm, 3000 ppm, 4000 ppm, dan 5000 ppm. Penelitian diatur dengan menggunakan (RAK) dan setiap perlakuan diulang empat kali. Biji mimba, biji jarak dan kombinasinya diekstraksi menggunakan metode menseserasi dengan pelarut etanol 80 %. Serangga uji diperoleh dari perbanyakan. Setiap perlakuan dilakukan dengan metode celup pakan. Data mortalitas yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis probit program Hsin Chi untuk mengetahui LC₅₀ dan LT₅₀. Data kematian, jumlah pembentukan pupa dan imago dianalisis ragam dan dilanjutkan dengan uji DMRT 5 %. Sifat interaksi pestisida campuran dihitung menggunakan rumus perbandingan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak biji jarak pagar, biji mimba dan kombinasinya pada setiap konsentrasi dapat mematikan hama *C. pavonana*. Pada konsentrasi 5000 ppm ekstrak biji jarak pagar menyebabkan mortalitas sebesar 62,5 %, sedangkan biji mimba sebesar 65 %, dan kombinasinya sebesar 70 %. Nilai LC₅₀ ekstrak biji jarak pagar, biji mimba dan kombinasinya masing-masing sebesar 3937 ppm, 3179 ppm, dan 2267 ppm. Sedangkan nilai LT₅₀ pada setiap perlakuan pestisida nabati sebesar 102,62 jam, 109,52 jam, dan 112,02 jam setelah aplikasi. Dapat disimpulkan bahwa ekstrak pestisida kombinasi lebih bersifat racun bila dibandingkan dengan ekstrak tunggal karena menyebabkan kematian yang lebih tinggi. Selain itu, ekstrak biji jarak pagar, biji mimba, dan kombinasinya berpengaruh nyata terhadap keberhasilan pembentukan pupa dan imago dengan persentase pupa sebesar 33,75 - 61,25 %, 31,25 - 48,75 %, dan 21,25 - 46,25%. Kemunculan imago sebesar 23,75 - 52,5 %, 21,25 - 38,75 %, dan 17,5 - 36,25 %. Penggunaan ekstrak pestisida campuran memiliki sifat sinergistik dengan nilai

ekstrak jarak pagar dengan ekstrak campuran sebesar 1,73 dan ekstrak biji nimba dengan ekstrak campuran sebesar 1,39 yang dapat meningkatkan daya racun dan mortalitas *C. pavonana*.



SUMMARY

Meilina Rutmini Siahaan. 155040201111323. Effectiveness Test of Neem Seed Extract (*Azadirachta indica*), Jatropha Seeds (*Jatropha curcas*), and their Combination of Larvae *Crocidolomia pavonana* (Lepidoptera: Crambidae). Supervised Dr. Ir. Toto Himawan, SU. as Main and Tita Widjayanti, SP. M.Si. as Second Supervisor.

Crocidolomia pavonana is an important pest on family brassicaceae. These pests attacks the leaves to the growing point. Commonly, farmers control the *C. pavonana* by using synthetic pesticides, however the continuously use it can cause a negative impact on the environment. Using botanical pesticide can be one of the environmentally friendly alternative to control the pest. Plant that can be used for botanical pesticide are jatropha and neem, especially their seeds. Jatropha seeds and neem seeds have toxic compounds that can kill insect pest. This study aimed to assess the effect of neem seed extracts, jatropha seeds, and their combination on the mortality of larva, pupae and adult formation. By combining both pesticides it could increase the toxicity and synergistic on the pest.

The research was carried out in the Laboratory of Toxicology Department of Plant Pests and Diseases, Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang starting from January to April 2019. The study consisted of 3 experiments namely 1) neem seeds extract on *C. pavonana*, 2) jatropha seeds extract on *C. pavonana* and 3) their combination with the ratio of 1:1 on *C. pavonana*. Each experiment consisted of 6 concentrations, namely 0 ppm (control), 1000 ppm, 2000 ppm, 3000 ppm, 4000 ppm, and 5000 ppm. The study was arranged using a Completely Randomized Design (CRD) and each treatment was repeated four times. Neem seeds and jatropha seeds were extracted using macerations methods with 80 % ethanol. Experimented insects were obtained from insect rearing. Each treatment was carried leaf dipping methods. Mortality data were analyzed using probit analysis Hsin Chi program to determine the LC_{50} and LT_{50} . Data on the number of pupae and adult formation analyzed using ANOVA followed by DMRT 5 %. The interactions properties of pesticide mixture ratio were calculated using the formula.

The results showed that jatropha seed extract, neem seeds and their combinations at each concentration could kill the pest *C. pavonana*. At a concentration of 5000 ppm of jatropha seeds, neem seeds was 65%, and their combination gave mortality on *C. pavonana* 62.5%, 65%, and 70 % respectively. The LC_{50} of Jatropha seed extract, neem seeds and their combination was 3937 ppm, 3179 ppm and 2267 ppm respectively. While the value of LT_{50} for each botanical pesticide treatment was 102.62 hours, 109.52 hours and 112.02 hours after application. It could be concluded that their combination pesticide extract was more toxic when compared to a single extract because it gave higher mortality. Furthermore jatropha seed extract, neem seeds, and their combination significantly influence the success of pupa and adult formation with the percentage of pupae at 33.75 - 61.25 %, 31.25 - 48.75 %, and 21.25 - 46.25 % respectively. The number of adult emerged was 23.75 - 52.5 %, 21.25 - 38.75 %, and 17.5 - 36.25 % by application of jatropha seed, neem seeds and and their combination. The use of their combination pesticide extracts had synergistic ratio of Jatropha Seed extract with their combination ratio of 1.73 and neem seed extract with their combination of 1.39 which could increase toxicity and mortality *C pavonana*.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan Rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian yang berjudul “Uji Efektivitas Ekstrak Biji Mimba (*Azadirachta indica*), Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) dan Kombinasinya terhadap Larva *Crocidolomia pavonana* (Lepidoptera: Crambidae)”. Disusun dalam rangka memenuhi kewajiban Program Studi Agroekoteknologi Universitas Brawijaya untuk menyelesaikan program sarjana (S1).

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada berbagai pihak.

1. Dr. Ir. Toto Himawan, SU. dan Tita Widjayanti, SP. M.Si. selaku dosen pembimbing yang selalu sabar, memberikan wawasan, dukungan, motivasi, dan kesabarannya dalam membimbing penulis.
2. Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. selaku Ketua Jurusan Hama dan penyakit Tumbuhan (HPT), Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS. selaku Ketua Laboratorium Toksikologi Pestisida Jurusan HPT serta seluruh dosen dan karyawan jurusan HPT Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya atas bimbingan, fasilitas, dan bantuan yang telah diberikan.
3. Kedua orang tua, kakak, dan abang atas doa, cinta, dan kasih sayang serta dukungan yang telah diberikan.
4. Sahabat dan teman-teman atas motivasi, dukungan, bantuan dan kebersamaan selama ini.

Semoga kegiatan penelitian yang akan dilaksanakan mendapatkan hasil yang bermanfaat bagi banyak pihak dan memberikan sumbangsih dalam kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, Agustus 2019

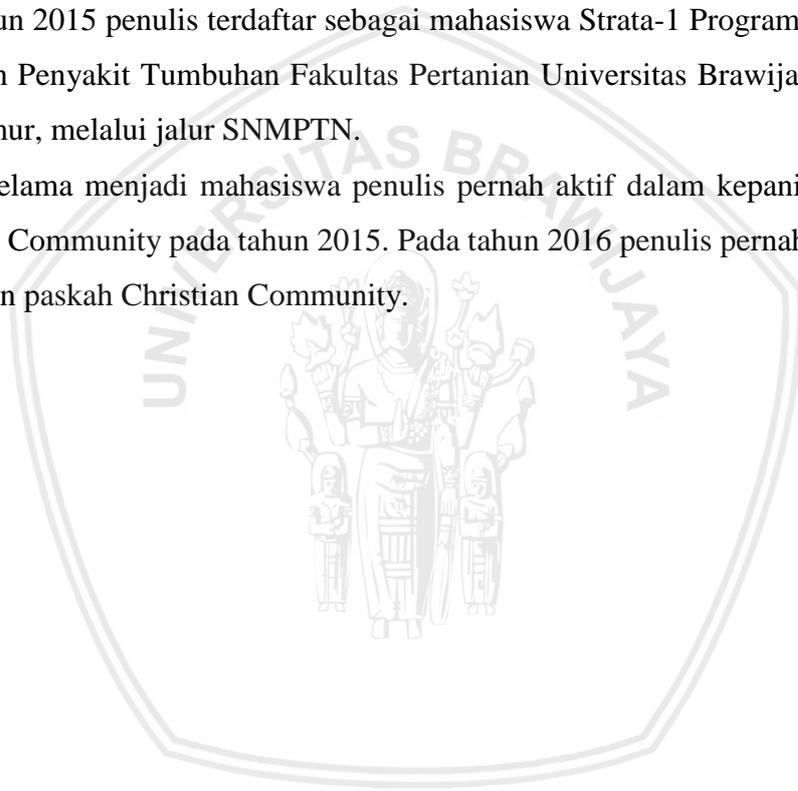
Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Torgamba, Sumatera Utara pada tanggal 11 Mei 1997 sebagai anak ketiga dari lima bersaudara dari Bapak Manahan Siahaan dan Ibu Rosdiana Aritonang.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 16881 Torgamba pada tahun 2003 dan selesai pada tahun 2009, kemudian penulis melanjutkan ke SMP RK. Bintang Timur Rantau Prapat pada tahun 2009 dan selesai pada tahun 2012. Pada tahun 2012 sampai tahun 2015 penulis studi di SMA Santho Thomas Medan. 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 SNMPTN.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah aktif dalam kepanitiaan Natal Christian Community pada tahun 2015. Pada tahun 2016 penulis pernah mengikuti kepanitiaan paskah Christian Community.



DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	iii
KATA PENGANTAR	iv
RIWAYAT HIDUP	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Hipotesis Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Ulat Krop (<i>Crocidolomia pavonana</i> F.) (Lepidoptera: Crambidae)	4
2.2 Pestisida Nabati	8
2.3 Tanaman Mimba	11
2.4 Tanaman Jarak Pagar	14
2.5 Sifat Pestisida Campuran	17
III. METODE PENELITIAN	18
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.3 Metode Pengujian	18
3.4 Pelaksanaan Penelitian	19
3.5 Variabel Pengamatan	21
3.6 Analisis Data	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Pengaruh Ekstrak Pestisida Nabati Terhadap Mortalitas <i>C. pavonana</i>	24
4.2 Median Lethal Concentration (LC ₅₀) dan Median Lethal Time (LT ₅₀) terhadap Larva <i>C. pavonana</i>	30
4.3 Pengaruh Aplikasi Ekstrak Pestisida Nabati terhadap Pembentukan Pupa dan Kemunculan Imago <i>C. pavonana</i>	34
4.4 Sifat Interaksi Campuran Ekstrak Biji Mimba dan Biji Jarak pagar	42
V. KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45



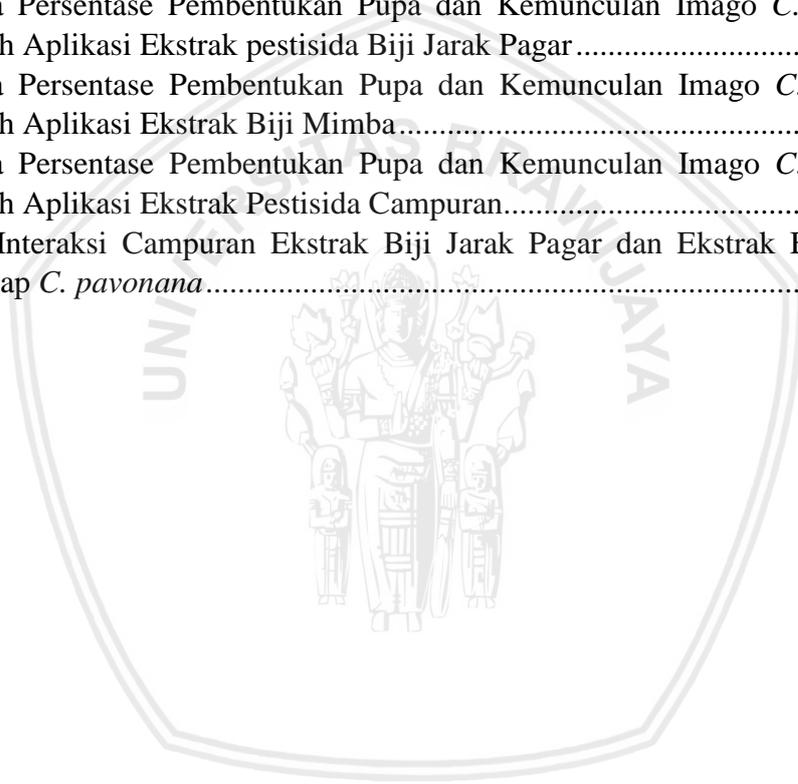
DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Morfologi <i>C. pavonana</i> F. a) Telur, b) Larva IV, c) Pupa dan d) Imago	5
2.	Gejala Serangan <i>C. pavonana</i> pada Kubis.....	6
3.	Tumbuhan Mimba (<i>Azadirachta indica</i>) a) Pohon, b) Buah, dan c) Biji.....	12
4.	Tanaman Jarak Pagar (<i>Jatropha curcas</i>) a) Pohon, b) Buah, dan c) Biji	15
5.	Larva <i>C. pavonana</i> a) Larva Mati Akibat Perlakuan Ekstrak, dan b) Larva Normal	30
6.	Grafik Hubungan Konsentrasi Ekstrak Biji Jarak Pagar, Ekstrak Biji Mimba, dan Ekstrak Biji Campuran.....	33
7.	Pupa dan Imago yang Terbentuk <i>C. pavonana</i> a) Pupa Abnormal, b) Pupa Normal, c) Imago Abnormal dan d) Imago Normal	41



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Perlakuan yang digunakan dalam penelitian	18
2.	Rerata Persentase Mortalitas Hama <i>C. pavonana</i> Setelah Aplikasi Ekstrak Biji Jarak Pagar	24
3.	Rerata Persentase Mortalitas Hama <i>C. pavonana</i> Setelah Aplikasi Ekstrak Biji Mimba	26
4.	Rerata Persentase Mortalitas Hama <i>C. pavonana</i> Setelah Aplikasi Ekstrak Campuran Biji Jarak Pagar dan Biji Mimba 1 :1	28
5.	Nilai LC ₅₀ dan LT ₅₀ Ekstrak Biji Jarak Pagar, Biji Mimba, dan <i>Campuran</i> Keduanya dengan perbandingan 1:1	30
6.	Rerata Persentase Pembentukan Pupa dan Kemunculan Imago <i>C. Pavonana</i> Setelah Aplikasi Ekstrak pestisida Biji Jarak Pagar	34
7.	Rerata Persentase Pembentukan Pupa dan Kemunculan Imago <i>C. pavonana</i> Setelah Aplikasi Ekstrak Biji Mimba	37
8.	Rerata Persentase Pembentukan Pupa dan Kemunculan Imago <i>C. pavonana</i> Setelah Aplikasi Ekstrak Pestisida Campuran	39
9.	Sifat Interaksi Campuran Ekstrak Biji Jarak Pagar dan Ekstrak Biji Mimba terhadap <i>C. pavonana</i>	42



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Lampiran	Halaman
1.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 24 Jam Setelah Aplikasi Ekstrak Biji Jarak Pagar	49
2.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 48 Jam Setelah Aplikasi Ekstrak Biji Jarak Pagar	49
3.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 72 Jam Setelah Aplikasi Ekstrak Biji Jarak Pagar	49
4.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 96 Jam Setelah Aplikasi Ekstrak Biji Jarak Pagar	49
5.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 24 Jam Setelah Aplikasi Ekstrak Biji Mimba	49
6.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 48 Jam Setelah Aplikasi Ekstrak Biji Mimba	50
7.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 72 Jam Setelah Aplikasi Ekstrak Biji Mimba	50
8.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 96 Jam Setelah Aplikasi Ekstrak Biji Mimba	50
9.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 24 Jam Setelah Aplikasi Ekstrak Campuran Biji jarak pagar dan biji mimba (1 : 1)	50
10.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 48 Jam Setelah Aplikasi Ekstrak Campuran Biji jarak pagar dan biji mimba (1 : 1)	50
11.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 72 Jam Setelah Aplikasi Ekstrak Campuran Biji jarak pagar dan biji mimba (1 : 1)	51
12.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 96 Jam Setelah Aplikasi Ekstrak Campuran Biji jarak pagar dan biji mimba (1 : 1)	51
13.	Analisis Ragam Persentase Larva Menjadi Pupa Ekstrak Biji Jarak Pagar ..	51
14.	Analisis Ragam Persentase Pupa Menjadi Imago Ekstrak Biji Jarak Pagar ..	51
15.	Analisis Ragam Persentase Larva Menjadi Pupa Ekstrak Biji Mimba	51
16.	Analisis Ragam Persentase Pupa Menjadi Imago Ekstrak Biji Mimba	52
17.	Analisis Ragam Persentase Larva Menjadi Pupa Ekstrak Pestisida Campuran	52
18.	Analisis Ragam Persentase Pupa Menjadi Imago Ekstrak Pestisida Campuran	52



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hama ulat krop (*Crocidolomia pavonana*) merupakan salah satu hama penting pada tanaman sayuran Brassicaceae seperti kubis, brokoli, kol bunga, sawi dan sebagainya. *C. pavonana* hidup secara berkelompok dapat menghabiskan seluruh daun dan hanya meninggalkan tulang daun saja dengan memakan daun yang masih muda sampai habis, kemudian bergerak menuju ke bagian titik tumbuh. Tingkat serangan yang dapat di timbulkan oleh *C. pavonana* dapat mencapai kerugian 100% apabila tidak ada pengendalian yang tepat pada musim kemarau (Winarto, 2013). Menurut data Badan Pusat Statistik (2014) Akibat serangan dari *C. pavonana* produktifitas kubis-kubisan 2013-2014 mengalami penurunan.

Salah satu upaya pengendalian yang dilakukan petani untuk memperkecil kerugian hasil panen akibat serangan *C. pavonana* dengan menggunakan insektisida kimia. Penggunaan insektisida kimia ditinjau dari segi penekanan populasi hama menunjukkan hasil yang cepat dan efektif untuk areal lahan yang luas. Selain memeberikan keuntungan ternyata penggunaan insektisida kimia secara berlebihan dapat menimbulkan berbagai dampak negatif seperti pencemaran lingkungan, resistensi hama, dan menyebabkan matinya musuh alami (Dwi, 2015). Untuk menghindari dampak negatif dari insektisida sintesis maka diperlukan tindakan pengendalian alternatif yang lebih ramah lingkungan seperti penggunaan pestisida nabati.

Pestisida nabati merupakan insektisida yang bahan aktifnya berasal dari tanaman dan mengandung senyawa yang mampu mematikan hama. Insektisida nabati dianggap bersifat spesifik, tidak mencemari lingkungan karena mudah terurai di alam dan tidak cepat menimbulkan resistensi. Pada umumnya insektisida nabati berfungsi sebagai *antifeedant*, *repellent*, *antraktan*, penghambat perkembangan, mencegah meletakkan telur, dan mengganggu sistem syaraf (Setiawati *et al.*, 2008). Insektisida nabati dapat digunakan dalam bentuk ekstrak tunggal maupun dalam bentuk campuran.

Penggunaan insektisida nabati dalam bentuk tunggal telah banyak dilakukan oleh petani. Salah satu jenis tanaman yang dapat digunakan sebagai insektisida

nabati ialah mimba dan jarak pagar. Bagian tanaman mimba yang dapat di manfaatkan sebagai insektisida nabati ialah daun dan biji. Ekstak biji mimba mengandung senyawa-senyawa bioaktif yaitu *azadirachtin*, *meliantriol*, *salanin* dan *nimbin*. Senyawa toksik yang dapat menyebabkan mortalitas pada serangga (Marwoto, 2008). Bagian tanaman jarak pagar yang dapat dimanfaatkan sebagai insektisida nabati ialah daun dan biji. Ekstrak biji jarak pagar mengandung senyawa racun *phorbolester*, *curisin*, *flavonoid*, *alkaloid* dan *saponin* yang bersifat sangat toksik dalam mematikan sel hidup (Pebriyansa *et al.*, 2016). Hasil uji penelitian ekstrak biji mimba menunjukkan bahwa mempunyai potensi daya bunuh larva *H. vitessoides* (ulat gaharu) dengan perlakuan konsentrasi 3 % menyebabkan mortalitas larva 100 % pada hari ke tujuh dan pada konsentrasi 4 % menyebabkan mortalitas 100 % pada hari ke tiga, dan disimpulkan semakin tinggi tingkat konsentrasi maka semakin meningkatkan mortalitas (Lestari dan Darwiati, 2014). Kemudian dari hasil penelitian biji mimba terhadap larva *Aedes aegypti* penelitian diketahui bahwa dengan konsentrasi 2 % dapat mematikan sebesar 54 % (Martha dan Sudarmaja, 2018). Hasil penelitian uji ekstrak biji jarak pagar dengan konsentrasi 20% dapat mematikan larva *Plutella xylostela* instar III sebesar 58,98 %, sedangkan pada konsentrasi 10% dapat mematikan ulat *C. pavonana* sebesar 80 % (Sayuthi *et al.*, 2015). Hasil penelitian menunjukkan bahwa biji jarak pagar konsentrasi 10 ml/L dan penambahan diterjen 1g/L dapat menyebabkan mortalitas larva *Achaea janata* sebesar 85,34 % (Tukimin *et al.*, 2010). Berdasarkan penelitian tersebut dapat diketahui bahwa penggunaan ekstrak biji mimba dan biji jarak pagar dianggap efektif dalam mengendalikan berbagai hama tanaman.

Upaya meningkatkan efektifitas pestisida nabati dalam mengendalikan hama tanaman maka dilakukan pencampuran bahan ekstrak pestisida nabati yang berbeda, seperti yang banyak dilakukan para petani dengan mencampurkan jenis tanaman berbeda yang berpotensi dapat meningkatkan efektifitas dari pestisida nabati. Menurut Yulianti (2018) Pencampuran beberapa senyawa aktif dari tumbuhan memberikan dampak netral, sinergis, dan antagonis. Kelebihan penggunaan pestisida nabati dalam bentuk campuran dengan bentuk tunggal ialah dosis yang digunakan lebih rendah, dan dapat meningkatkan aktivitasnya. Berdasarkan hasil penelitian campuran *Aglaia harmsiana* dan *Dysoxylum*

acutanglum terhadap mortalitas larva *P. xylostella* bahwa campuran kedua ekstrak tersebut bersifat sinergis terhadap larva *P. xylostella* intar 3 dan 4 pada taraf LC₅₀ dan LC₉₅ dengan nisbah ko-toksisitas masing-masing 3328 ppm dan 10148 ppm (Priyono dan Yuswanti, 2004). Berdasarkan uraian diatas maka pencampuran ekstrak biji mimba dan biji jarak pagar diharapkan meningkatkan efektifitas dalam mengendalikan *C. pavonana*. Sehingga perlu dilakukan penelitian “Uji Efektivitas Ekstrak Biji Mimba (*Azadirachta indica*), Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) dan Kombinasinya terhadap Larva *C. pavonana* (Lepidoptera: Crambidae)”.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakan penelitian ini adalah: a) Untuk mengetahui daya racun ekstrak biji mimba, ekstrak biji jarak pagar dan kombinasinya terhadap mortalitas larva *C. pavonana*. b) Untuk mengetahui efektivitas ekstrak biji mimba, ekstrak biji jarak pagar dan kombinasinya terhadap keberhasilan pembentukan pupa dan imago. c) Untuk mengetahui sifat interaksi pestisida campuran ekstrak biji mimba dan biji jarak pagar terhadap *C. pavonana*.

1.3 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang dapat diajukan dari penelitian ini adalah: a) Ekstrak biji mimba, ekstrak biji jarak pagar dan kombinasinya pada semua konsentrasi yang diujikan memiliki tingkat mortalitas terhadap larva *C. pavonana*. b) Ekstrak biji mimba dan ekstrak biji jarak pagar mampu menurunkan keberhasilan pembentukan pupa dan imago. c) Kombinasi ekstrak biji mimba dan biji jarak meunjukkan sifat interaksi sinergistik yang mampu meningkatkan daya racun terhadap *C. pavonana*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberi informasi tentang tanaman yang efektif sebagai insektisida nabati dalam mengendalikan larva *C. pavonana* sehingga dapat digunakan sebagai pengendalian alternatif yang tepat dan ramah lingkungan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ulat Krop (*Crocidolomia pavonana* F.) (Lepidoptera: Crambidae)

2.1.1 Klasifikasi *Crocidolomia pavonana* F.

Hama ulat krop (*C. pavonana* Fabricius) termasuk dalam kingdom animalia, filum arthropoda, kelas insecta, ordo Lepidoptera, famili Crambidae dan genus crocidolomia. *C. pavonana* merupakan salah satu hama penting pada tanaman kubis. Munculnya hama ini pada pertanaman kubis merupakan ancaman yang serius bagi petani. Karena hama ini hidup secara berkelompok dan memakan daun yang masih muda kemudian bergerak menuju kebagian titik tumbuh (Yulianti, 2018).

2.1.2 Morfologi *C. pavonana* F.

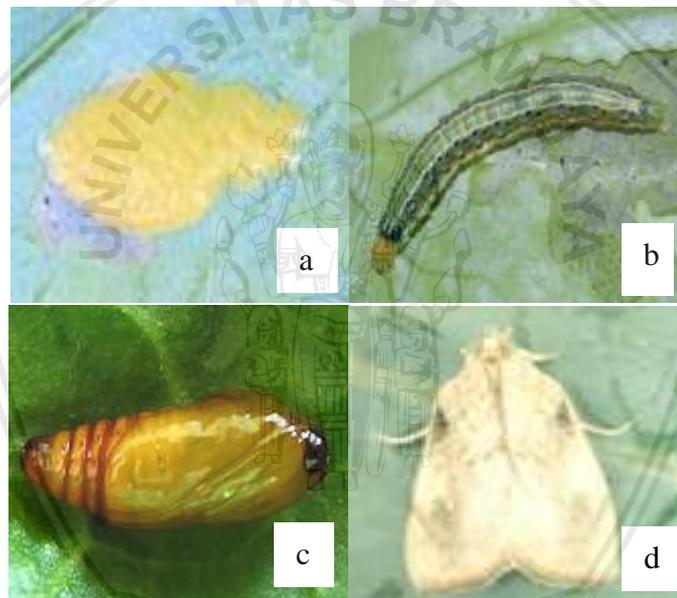
Larva *C. pavonana* F. merupakan salah satu hama penting pada tanaman family Brassicaceae. Larva *C. pavonana* menyerang tanaman pada fase vegetatif dan generatif yang dapat terjadi sepanjang tahun. Daerah persebaran hama ini meliputi Afrika Selatan, Asia Selatan, Asia Tenggara, Australia, dan Kepulauan Pasifik (Kalshoven, 1981).

Telur *C. pavonana* biasanya diletakan pada permukaan bawah daun kubis. Sebelum menetas, warna telur berubah menjadi jingga, lalu menjadi cokelat kekuningan, hingga akhirnya berwarna cokelat gelap dan berbentuk pipih, kelompok telur yang diletakan terdiri atas 9 sampai 120 butir telur dengan rata-rata 48 butir (Gambar 1a) (Sastrosiswojo *et al.*, 2000). Masa inkubasi telur rata-rata telur rata-rata 4 hari pada suhu antara 26 °C dan 33.2 °C dan persentase telur rata-rata dapat mencapai 92,4 % (Yunia, 2006) .

Larva *C. pavonana* instar awal berwarna kuning kehijauan dengan kepala cokelat tua yang berukuran panjang berkisar dari 2.1-2.7 mm dan lama stadium rata-rata sekitar 2 hari. Larva instar II *C. pavonana* berwarna hijau muda, dengan panjang berkisar dari 5.5-6.1 mm dan lama stadium rata-rata 2 hari. Larva instar III *C. pavonana* berwarna hijau dengan panjang berkisar 1.1-1.3 cm dan lama stadium rata-rata 1,5 hari. Larva instar IV *C. pavonana* berwarna hijau lebih tua dengan tiga titik hitam dan tiga garis memanjang pada bagian dorsal serta satu lainnya disisi lateral dengan lama stadium rata-rata sekitar 3.2 hari (Gambar 1b) (Widyawati, 2012).

Menjelang berpupa, larva instar IV akan berhenti makan dengan mengalami perubahan warna kulit dari hijau menjadi coklat. Pupa di dalam kokon yang tipis dan berwarna cerah serta ditutupi butir-butir tanah. Panjang pupa sekitar 8-10 mm dengan lama stadium rata-rata 11.4 hari (Gambar 1c) (Yunia, 2006).

Ngengat jantan berukuran lebih besar dari pada betinanya. Imago memiliki sayap berwarna coklat dengan bintik putih dan sekumpulan sisik berwarna kecoklatan (Gambar 1d). Imago betina mempunyai abdomen yang lebih besar dari pada imago jantan. Imago jantan dapat dibedakan dari imago betina dengan adanya rambut-rambut coklat tua pada tepi anterior sayap depan. Siklus hidup imago betina berkisar dari 23-28 hari sedangkan imago jantan berkisar dari 24-29 hari (Priyono dan Hassan, 1992).



Gambar 1. Morfologi *C. pavonana* F. a) Telur, b) Larva IV, c) Pupa dan d) Imago (Yunia, 2006)

2.1.3 Kerusakan yang ditimbulkan *C. pavonana* pada Tanaman

Larva *C. pavonana* memakan daun yang masih muda kemudian bergerak menuju ke bagian titik tumbuh, sebagian besar tanaman kubis diserang oleh hama larva *C. pavonana* pada bagian daun, krop dan titik tumbuh tanaman. Selain menyerang kubis, *C. pavonana* ternyata menyerang tanaman lobak, caisim, dan sawi (Badjo *et al.*, 2015). Kerugian akibat serangan *C. pavonana* rata-rata 30 % dan sering kali dapat mencapai 100 % apabila tidak dilakukan pengendalian (Kalshoven, 1981).

Larva *C. pavonana* lebih banyak ditemukan di tanaman kubis yang masih muda (fase vegetatif) dibandingkan tanaman kubis yang sudah tua (fase generatif), karena kadar nitrogen pada daun muda tinggi dan strukturnya masih lunak sehingga muda dicerna dibandingkan daun yang tua (Widiana dan Armein, 2012). Bagian tanaman yang paling banyak diserang *C. pavonana* adalah bagian krop tanaman kubis sedangkan bagian yang sedikit diserang adalah bagian daun tanaman kubis. Persentase serangan ulat krop tertinggi di jumpai pada bagian krop yakni sebesar 16,48 % sedangkan yang terendah pada bagian daun yakni 3,14 % (Badjo *et al.*, 2015).

Larva *C. pavonana* hidup secara berkelompok dapat menghabiskan seluruh daun dan hanya meninggalkan tulang daun saja. Serangan yang timbul kadang-kadang sangat berat sehingga tanaman kubis tidak membentuk krop dan panen menjadi gagal. *C. pavonana* cenderung memakan bagian krop (Gambar 2) dan titik tumbuh sehingga tanaman tidak mampu membentuk krop yang merupakan bagian yang dipanen (Suharmat, 2002). Larva instar I memakan daun dan meninggalkan lapisan epidermis dan kemudian berlubang-lubang setelah lapisan epidermis tersebut mengering. Ketika larva telah berukuran besar maka akan menyerang krop. Krop kubis yang terserang memperlihatkan banyak kotoran yang merupakan faces dari larva. Apabila larva menyerang titik tumbuh tanaman dapat mati atau tanaman kubis tetap hidup namun akan membentuk daun muda atau krop yang relatif kecil. Akibat serangan hama *C. pavonana* pada tanaman kubis yang sudah membentuk krop akan menghancurkan kualitas krop sehingga kubis tidak laku dijual (Gambar 2) (Badjo *et al.*, 2015).



Gambar 2. Gejala Serangan *C. pavonana* pada Kubis (Badjo *et al.*, 2015)

2.1.4 Pengendalian Hama *C. pavonana*

Pengendalian hama *C. pavonana* dengan cara kultur teknis, prinsip pengendalian ini dengan mengandalkan lingkungan untuk menekan populasi. Pengendalian ini bersifat preventif dilakukan sebelum serangan terjadi seperti penanaman tumpang sari dengan tanaman *repellent* seperti bawang daun. Pengendalian mekanik dengan cara mengumpulkan hama ulat krop memasukan kedalam kantong plastik kemudian dibuang. Pengendalian biologi yaitu dengan memanfaatkan musuh alami yang dimana musuh alami dari *C. pavonana* antara lain parasitoid telur *Starmia inconspilosus* Bar. (Diptera: Tachinidae) dan parasitoid larva *Eriborus argenteopilosus* (Hymenoptera: Ichneumonidae). Pengendalian kimia dengan menggunakan bahan kimia sintetis dengan perlakuan dosis untuk mematikan hama atau pencampuran beberapa pestisida yang berbeda yang dimana dianggap petani lebih efektif (Karnain, 2012).

Petani pada umumnya mengatasi serangan hama ulat krop dengan menggunakan insektisida kimia. Ditinjau dari segi penekanan populasi hama, pengendalian secara sintetis dengan insektisida memang cepat dirasakan hasilnya, terutama pada areal yang luas akan tetapi selain memberikan keuntungan bagi petani ternyata penggunaan insektisida kimia yang tidak bijaksana diketahui dapat menimbulkan berbagai dampak negatif. Selain itu pengendalian hama tanaman yang bertumpu pada penggunaan insektisida kimia memerlukan berbagai konsentrasi larutan terhadap hama (Herminanto, 2006). Pengendalian dengan penggunaan insektisida kimia secara intensif maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan, gangguan kesehatan, residu insektisida dan membuat masalah hama menjadi semakin kompleks dengan munculnya resistensi, resusjensi, dan hama sekunder serta matinya serangga bermanfaat. Kerugian dan dampak negatif akibat penggunaan insektisida kimia, berdasarkan dampak negatif dari pengendalian tersebut maka mendorong pencarian sarana pengendalian hama alternatif yang aman dan efektif. Salah satu yang baik ialah dengan insektisida nabati. Insektisida nabati yang bersifat lebih spesifik bila di bandingkan insektisida kimia, tidak mencemari lingkungan, tidak cepat menimbulkan resisten. Sumber insektida nabati dapat di peroleh dari 50 famili tumbuhan yang memiliki potensial seperti famili *Meliaceae*, *Annonaceae*, *Asteraceae*, *Piperaceae* dan *Rutaceae*. Dimana

penegendalian dengan menggunakan insektisida nabati merupakan salah satu tindakan dari pengendalian hama terpadu (PHT) (Suharmat, 2002).

2.2 Pestisida Nabati

2.2.1 Pestisida Nabati

Pestisida nabati merupakan suatu pestisida yang dibuat dari tumbuh-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, jarak pagar, tuba dan juga berbagai jenis gulma seperti babandotan. Teknik pengendalian hama menggunakan insektisida nabati diharapkan dapat menjaga kelestarian. Pestisida nabati memiliki berbagai fungsi seperti *repellent*, *antifeedant*, dan *antraktan*. *Repellent* adalah zat penolak akibat bau menyengat yang dihasilkan tumbuhan. *Antifeedant* atau penghambat mengakibatkan daya makan serangga atau perkembangan hama serangga terhambat. Sedangkan *antraktan* adalah penarik kehadiran serangga sehingga dapat dijadikan sebagai tumbuhan perangkap hama (Duriat, 2008).

Pestisida nabati merupakan pestisida yang bahan aktif tunggal atau majemuk berasal dari tumbuhan yang dapat digunakan untuk mengendalikan organisme pengganggu. Insektisida nabati ini dapat berfungsi sebagai: (1) *repellent* (penolak) yaitu senyawa penolak kehadiran serangga dikarenakan baunya yang menyengat dan mencegah serangga meletakkan telur, (2) *antraktan* (penarik) yaitu sebagai pemikat kehadiran serangga, (3) *antifertilitas* (pemandul) yaitu menghambat reproduksi serangga betina, (4) merusak perkembangan telur, larva, pupa dan imago, (5) racun syaraf dan mengganggu sistem hormon didalam tubuh serangga (Syakir, 2011).

Keunggulan pestisida nabati yaitu: teknologi pembuatan relative mudah dan murah sehingga dapat dibuat dalam skala rumah tangga, tidak menimbulkan efek negatif bagi lingkungan maupun makhluk hidup sehingga relative aman untuk digunakan, tidak beresiko menimbulkan keracunan pada tanaman, tidak menimbulkan resistensi. Kelemahan pestisida nabati yaitu: umumnya pestisida nabati mempunyai toksisitas rendah rendah sehingga tidak langsung mematikan

hama sasaran atau daya kerja lambat, pada umumnya tidak mematikan langsung hama sasaran, bahan aktif mudah terurai, daya simpan relatif pendek, dan perlu penyemprotan berulang-ulang (Dadang dan Prijono, 2008).

2.2.2 Mekanisme Kerja Pestisida Nabati

Mekanisme kerja pestisida dibagi menjadi 2 yaitu berdasarkan cara kerja pestisida dan cara masuknya pestisida (Dadang dan Prijono, 2008)

a. Cara Masuk Pestisida

Berdasarkan cara masuknya pestisida dikelompokkan menjadi: a) Racun kontak, yaitu senyawa / bahan aktif yang masuk kedalam tubuh serangga melalui dinding sel atau kutikula. Racun yang telah masuk kedalam tubuh serangga merupakan bahan-bahan yang bertujuan untuk menghambat proses metabolisme secara mekanis. b) Racun perut, yaitu senyawa/bahan aktif yang masuk kedalam bagian tubuh serangga melalui proses makan dan masuk ke tubuh melalui pencernaan. c) Racun sistemik, yaitu senyawa / bahan aktif terserap oleh tanaman lalu ditranslokasikan ke seluruh jaringan tanaman, kemudian bagian tanaman yang dimakan oleh serangga. d) Fumigan, yaitu senyawa / bahan aktif masuk kedalam tubuh sasaran melalui sistem pernapasan

b. Cara Kerja Pestisida

Berdasarkan cara kerja pestisida diantaranya yaitu: a) IGR (*Insect Growth Regulator*), mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan dari serangga. b) Racun syaraf, biasanya mengganggu fungsi syaraf sehingga kematian cepat terjadi. c) Mempengaruhi fungsi enzim, racun protoplasma menyerang semua sistem enzim pada serangga. Senyawa yang merupakan golongan racun protoplasma adalah merkuri dan garam-garamnya, semua asam-asam kuat, dan beberapa logam berat termasuk kadmium dan timbal. Jumlah yang dibutuhkan untuk membunuh dengan cara ini lebih banyak dibandingkan dengan insektisida pada umumnya. d) *Antifeedant*, yaitu senyawa yang dapat mencegah serangga untuk makan. e) *Repellent*, yaitu senyawa yang dapat menolak kehadiran serangga. Senyawa ini memiliki bau yang menyengat sehingga dapat menolak kehadiran serangga dan mencegah serangga meletakkan telur. f) *Antractant*, yaitu senyawa yang mampu memikat kehadiran serangga, senyawa ini dapat digunakan sebagai perangkap serangga.

2.2.3 Metode Pembuatan Pestisida

Menurut Munarso *et al.*, (2012) terdapat berbagai macam cara pembuatan pestisida nabati untuk mengelolah tumbuhan, sehingga dapat digunakan sebagai pestisida nabati.

1. Pengepresan, termasuk salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengolah bagian tumbuhan dengan cara dipres untuk mengambil cairan yang terkandung didalamnya seperti minyak. Beberapa tanaman yang biasanya diolah dengan cara ini adalah: biji mimba (*Azadirachta indica*) jarak pagar (*Jatropha Curcas*) dan jarak kepyar (*Ricinus Communis*).
2. Penumbukan, merupakan cara pengolahan tumbuhan dengan menumbuk bagian tanaman yang diinginkan sehingga di hasilkan bahan berupa tepung. Pestisida nabati berbentuk tepung biasanya diaplikasikan untuk mengendalikan hama gudang. Beberapa tanaman yang diolah dengan cara ini antara lain: bunga piretrum (*Chrysanthemum cinerariaefolium*).
3. Pengabuan, merupakan cara pembuatan pestisida nabati berupa abu dengan cara membakar bagian tumbuhan yang diinginkan. Tumbuhan yang diolah dengan cara ini memiliki aroma khas yang menyengat atau mengandung bahan yang dapat mengakibatkan iritasi pada serangga. Beberapa tanaman tersebut ialah: abu pembakaran serai wangi (*Cymbopogon nardus*) yang memiliki kandungan kadar silica tinggi yang dapat melukai serangga (utamanya hama gudang), sehingga dapat mengakibatkan desikasi (pengeluaran cairan tubuh secara terus menerus hingga serangga mati).
4. Ekstraksi, merupakan salah satu cara yang digunakan untuk mengambil senyawa kimia yang terkandung di dalam suatu bahan. Berdasarkan pelarutnya ada dua macam teknik ekstraksi, yakni:
 - a. Ekstraksi sederhana dengan menggunakan pelarut berupa air, cara ini dilakukan untuk bahan yang langsung pakai sesaat setelah pembuatan, sebab hasil ekstraksi yang diperoleh dengan pelarut air tidak dapat bertahan lama. Seperti halnya: ekstraksi akar tuba (*Derris eliptica*) dengan air. Ekstraksi dengan cara ini dapat dilakukan dengan atau tanpa perendaman (menserasi) terlebih dahulu. Perendaman bahan ini dilakukan selama 1-2 hari, kemudian bahan disaring dan diaplikasikan.

- b. Ekstraksi dengan menggunakan pelarut berupa bahan kimia seperti: etanol, methanol, alkohol, heksan, aseton, dan pelarut lainnya. Ekstraksi dengan cara ini diawali dengan tahapan perendaman (menserasi) yang kemudian dilanjutkan dengan tahap evaporasi pelarut (menarik pelarut dari formula) sehingga diperoleh konsentrat bahan pestisida dari tumbuhan. Beberapa tanaman yang dapat digunakan adalah: Ekstrak biji sirsak, mimba, srikaya, biji jarak pagar dan tanaman lainnya. Hasil ekstraksi bahan dengan cara dapat disimpan dan bertahan lebih lama dibandingkan dengan ekstraksi air. salah satu cara pembuatan pestisida nabati yang digunakan untuk mendapatkan minyak atsiri (*essential oil*). Bagian tanaman yang akan diambil minyak atsirinya dimasukkan kedalam ketel penyuling, kemudian dikukus atau di rebus dan uapnya jadi air (proses kondensasi). Cairan yang dihasilkan dari proses tersebut kemudian dipisahkan antara air dan minyak. Contoh tanaman yang diolah dengan cara ini adalah serai wangi, cengkeh ataupun pala dan tanaman lainnya.

2.3 Tanaman Mimba

2.3.1 Klasifikasi Mimba

Mimba termasuk kedalam kingdom: plantae, divisi: spermatophyte, subdivisi: angiospermae, kelas: dycotyledonae, ordo: rutales, famili: meliaceae, genus: *azadirachta*, dan termasuk spesies: *Azadirachta indica*. Mimba merupakan pohon dari family Meliaceae yang banyak ditemukan di tempat beriklim kering, dan merupakan tanaman tahunan. Pohon ini mempunyai berbagai manfaat untuk pertanian dan kesehatan. Produk mimba dapat digunakan sebagai pupuk hijau maupun insektisida nabati (Ervinatun, 2017).

2.3.2 Morfologi Mimba

Tanaman mimba termasuk dalam famili Meliaceae, tanaman ini merupakan tanaman asli Afrika Asia, di Asia tanaman ini banyak terdapat di India, Burma, Cina Selatan, dan Indonesia. Di Indonesia tanaman ini banyak ditemukan di provinsi Jawa Tengah, Jawa Timur, Bali, dan Nusa Tenggara Barat. Dataran rendah dan lahan kering dengan ketinggian 0-800 mdpl merupakan habitat yang terbaik untuk pertumbuhan tanaman mimba. Tanaman mimba dapat dimanfaatkan sebagai

insektisida, pupuk, pakan ternak, obat medis dan cat. Tanaman mimba yang dapat dimanfaatkan sebagai insektisida ialah daun dan biji (Indiati dan Marwoto, 2008).

Mimba (*A. indica*) merupakan tanaman dengan batang tegak (Gambar 3a) dan didukung oleh akar tunggang. Permukaan batangnya kasar, berkayu dan memiliki kulit kayu yang tebal. Tinggi tanaman mimba bisa mencapai 2-5 meter dan diameter kanopi mencapai 10 meter. Tanaman mimba tumbuh tahunan dan selalu hijau sepanjang tahun. Mimba terdiri dari akar, batang, buah dan biji. Batang tegak, berkayu, berbentuk bulat, permukaan kasar, dan berwarna cokelat. Daun majemuk, letak berhadapan, bentuk lonjong, tepi bergerigi, ujung lancip, pangkal meruncing, pertulangan menyirip, panjang 5-7 cm, lebar 3-4 cm, tangkai daun panjangnya 8-20 cm, dan berwarna hijau. Buah bulat telur dan berwarna hijau (Gambar 3b). Biji bulat, diameter 1 cm, dan berwarna putih (Gambar 3c). Mimba tumbuh baik di daerah panas, di ketinggian 1-700 meter di permukaan laut dan tahan tekanan air (Kardinan, 2003).



Gambar 3. Tumbuhan Mimba (*Azadirachta indica*) a) Pohon, b) Buah, dan c) Biji (Indiati dan Marwoto, 2008)

2.3.3 Kandungan Senyawa Mimba

Bagian tumbuhan yang biasa digunakan sebagai bahan untuk insektisida nabati adalah daun dan biji. Aktifitas biologis dari tanaman mimba disebabkan oleh kandungan senyawa-senyawa bioaktif yang termasuk dalam limonoid (triterpenoid). Setidaknya terdapat sembilan senyawa limonoid yang telah diidentifikasi diantaranya adalah *azadirachtin*, *meliantriol*, *selanin*, *nimbin*, dan *nimbidin*. *Azadirachtin* ($C_{35}H_{44}O_{16}$) adalah senyawa yang paling aktif yang mengandung sekitar 17 komponen sehingga sulit untuk menentukan jenis komponen yang paling berperan sebagai pestisida. Bahan aktif ini terdapat di semua bagian tanaman, tetapi yang paling tinggi terdapat pada bijinya (Kardinan, 2003).

Ekstrak mimba (*A. indica*) merupakan insektisida nabati yang bahan aktif

utamanya ialah *azadirachtin* berfungsi sebagai penghambat daya reproduksi, perkawinan, komunikasi seksual dan juga menghambat pembentukan kitin. Selain *azadirachtin*, tanaman mimba juga mengandung senyawa aktif meliantriol dan salanin berbentuk tepung dari daun atau cairan minyak dan biji atau buah. Mimba efektif mencegah makan (*antifeedant*) bagi serangga dan mencegah serangga mendekati tanaman (*repellent*). Mimba dapat membuat serangga mandul karena dapat mengganggu produksi hormon dan pertumbuhan serangga (Kardinan, 2003).

Senyawa aktif mimba tidak membunuh secara cepat, tetapi berpengaruh terhadap daya makan, pertumbuhan, daya reproduksi, proses ganti kulit, menghambat perkawinan dan komunikasi seksual menurunkan daya tetas telur dan menghambat pembentukan kitin. Selain itu juga berperan sebagai fungisida. *Azadirachtin* yang terkandung dalam daun atau biji mimba dapat menghambat kerja *hormon ecdyson*, yaitu suatu hormon yang berfungsi dalam metamorfosa serangga, pergantian kulit, proses perubahan dari telur ke larva atau dari larva menjadi pupa, atau dari pupa ke imago (Indiati dan Marwoto, 2008).

Mortalitas larva terjadi disebabkan oleh senyawa *azadirachtin* yang merupakan kandungan utama biji mimba. *Azadirachtin* dalam metabolisme serangga dapat mengganggu sel neurosekretori yang akhirnya berakibat adanya gangguan pada stimulasi protein dan pengaturan metamorfosa serangga. Kemampuan *azadirachtin* untuk memasuki organ neurosekretori dan ujung sel saraf dalam organ mempunyai komponen memblokir transmisi produk-produk dari neurosekretori. Adanya efek ini menyebabkan serangga akan terganggu pada proses pergantian kulit, ataupun proses perubahan dari telur menjadi larva, atau dari larva menjadi pupa atau dari pupa menjadi dewasa. Biasanya kegagalan dalam proses ini seringkali mengakibatkan kematian pada serangga. Sistem *neurosecretory* otak dipengaruhi oleh *azadirachtin* yang menyebabkan penyumbatan pengeluaran *hormon morphogenetic peptida mis PTH (hormon prothoracicotropic)* dan *allatostatins*. Hormon ini mengontrol fungsi kelenjar prothoracic dan corpora allata. Hormon Moulting (β -hydroxyecdysone) dari kelenjar prothoracic pada gilirannya mengontrol formasi baru kutikula dan ecdyses (tindakan extrication dari kutikula lama) sedangkan hormon juvenil (JH) dari corpora allata mengontrol pembentukan tahap remaja serangga. Dalam keadaan dewasa kedua hormon ini dapat terlibat

dalam pengendalian deposisi kuning pada telur. Gangguan yang terjadi biasanya pada disfungsi mulut dan berdampak pada kemandulan (Lee *et al.*, 2010).

Senyawa Meliantriol dan salanin bekerja menghambat makan sehingga serangga akan mati kelaparan, namun tidak mempengaruhi proses pergantian kulit serangga. Meliantriol juga memiliki daya kerja repellent. Daya repellent berfungsi untuk menghambat peletakan telur oleh serangga betina, karena serangga hanya mau bertelur pada tempat yang cocok bagi keturunannya. Penghambatan juga terjadi oleh adanya pengaruh bau atau aroma ekstrak yang berupa komponen aktif yang ada pada ekstrak daun mimba (Indiati dan Marwoto, 2008).

2.4 Tanaman Jarak Pagar

2.4.1 Klasifikasi Jarak Pagar

Jarak pagar termasuk kedalam kingdom: plantae, divisi: magnoliophyta, kelas: magnoliopsida, ordo: euphorbiales, famili: euphorbiaceae, genus: *Jatropha* dan termasuk spesies: *Jatropha curcas*. Jarak pagar termasuk tumbuhan perdu, selain dimanfaatkan sebagai pestisida nabati juga sebagai biodiesel. Tanaman jarak pagar merupakan tanaman yang berasal dari Amerika Tropis dan tumbuh menyebar di wilayah tropis dan subtropis hampir di seluruh dunia. Tanaman ini dikenalkan oleh Jepang tahun 1942-an (Hariyadi, 2005).

2.4.2 Morfologi Jarak Pagar

Tanaman jarak pagar termasuk family Euphorbiaceae. Tanaman ini berupa perdu dengan tinggi 1-7 m dan bercabang tidak teratur (Gambar 4a). Batang berkayu dan silindris, bila terluka mengeluarkan getah. Daun berupa daun tunggal, berlekuk, bersudut tiga atau lima, tulang daun menjari dengan 5 - 7 tulang utama dan berwarna hijau dengan permukaan daun bagian bawah lebih pucat dibanding bagian atas, panjang tangkai daun antara 14 -15 cm. Bunga tanaman ini berwarna kuning kehijauan, berupa bunga majemuk berbentuk malai, berumah satu. Bunga jantan dan bunga betina tersusun dalam rangkaian berbentuk cawan, yang muncul di ujung batang atau ketiak buah. Buah berbentuk bulat telur dengan diameter 2 - 4 cm, berwarna hijau ketika masih muda dan kuning jika masak (Gambar 4b) (Hariyadi., 2005).

Buah jarak didalam buah memiliki tiga ruang yang masing-masing ruang diisi

tiga biji yang berbentuk bulat lonjong dan berwarna coklat kehitaman. Biji inilah yang banyak mengandung minyak dengan rendemen sekitar 30 - 40 % (Gambar 4c) (Hariyadi, 2005). Biji jarak pagar rata-rata berukuran 18 x 11 x 9 mm, berat 0,62 g dan terdiri atas 58,1 % biji inti berupa daging (kernel) dan 41,9 % kulit. Kulit hanya mengandung 0,8 % ekstrak eter. Kadar minyak (trigliserida) dalam inti biji ekuivalen dengan 55 % atau 33 % dari berat total biji. Asam lemak penyusun minyak jarak pagar terdiri atas 22,7 % asam jenuh dan 77,3 % asam tak jenuh. Kadar asam lemak minyak terdiri dari 17 % asam palmiat, 5,6 % asam stearate, 37,1 % asam oleat, dan 40,2 % asam linoleat. Selain itu biji jarak pagar mengandung toxsalbumin yaitu curcin yang sangat beracun dapat menyebabkan kematian (Brodjonegoro *et al.*, 2006)

Jarak pagar bisa dimanfaatkan seluruh bagian mulai dari daun, buah, kulit getah dan batang. Daun dapat diekstraksi menjadi bahan pakan ulat sutera sebagai pengganti daun murbei, kulit batang diekstraksi menjadi tanin atau sekedar dijadikan bahan bakar lokal untuk kemudian menghasilkan pupuk. Getah, biji dan batang digunakan sebagai bahan bakar. Bagian biji dan tanaman yang tidak dimanfaatkan seperti tempurung biji jarak, dahan, ranting dan kulit buah dapat diolah lebih lanjut untuk biodisel. Sedangkan untuk pestisida nabati bagian tanaman yang sering dimanfaatkan ialah daun, buah dan biji.



Gambar 4. Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) a) Pohon, b) Buah, dan c) Biji (Haryadi, 2005)

2.4.3 Kandungan Senjawa Jarak Pagar

Setiap bagian tumbuhan jarak pagar mengandung senyawa kimia yang berbeda. Daun dan batangnya mengandung saponin, flavonoid, tanin dan senyawa polifenol. Getahnya mengandung tanin 11-18 %. Bijinya mengandung berbagai senyawa alkaloid dan saponin dan protein beracun yang disebut kursin. Selain itu biji jarak pagar mengandung 35-45 % lemak, yang terdiri atas berbagai trigliserida

asam plimitat, stearate dan kurkanolat. Senyawa-senyawa racun ditemukan pada bijinya. Senyawa racun utama yang diduga paling banyak terdapat pada jarak pagar adalah forbol ester dan krusin. Senyawa toksik lain yang ditemukan pada tumbuhan jarak pagar di antaranya hidrosianat, resin, senyawa glikosida dan tetrametil pirazin (Manurung, 2005).

Biji jarak pagar mengandung senyawa racun phorbolester dan cursin yang bersifat sangat toksik dalam mematikan sel hidup. Senyawa phorbolester dapat menghambat enzyme protein kinase yang berperan dalam pertumbuhan sel dan jaringan. Sedangkan senyawa curisin dapat menghambat penyerapan nutrisi dan mengurangi nitrogen endogenous sel. Kandungan phorbolester dan cursin yang dapat berfungsi sebagai racun kontak dan racun perut. Bahan kimia phorbolester dan cursin masuk ke tubuh serangga uji sebagai racun kontak, racun perut dan bekerja sebagai racun syaraf (Tukimin, 2008).

Biji jarak pagar mengandung senyawa racun phorbolester dan cursin yang bersifat sangat toksik dalam mematikan sel hidup. Senyawa phorbolester dapat menghambat enzim protein kinase yang berperan dalam pertumbuhan sel dan jaringan. Sedangkan senyawa cursin dapat menghambat penyerapan nutrisi dan mengurangi nitrogen endogenous sel (Lin *et al.*, 2010). Cara kerjanya senyawa ini masuk ke dalam saluran pencernaan serangga dan mempengaruhi proses metabolisme. Selain mengandung phorbolester dan curcin jarak pagar juga mengandung flavanoid. Flavanoid berfungsi sebagai racun pernapasan. Cara kerjanya yaitu bekerja sebagai inhibitor pernapasan atau sebagai racun pernapasan dengan cara yaitu masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernapasan yang kemudian akan menimbulkan kelayuan pada syaraf serta kerusakan pada sistem pernapasan mengakibatkan serangga tidak bisa bernapas dan akhirnya mati. Alkaloid bertindak sebagai racun perut dan racun kontak. Cara kerjanya yaitu mendegradasi membran sel saluran pencernaan untuk masuk ke dalam dan merusak sel dan juga dapat mengganggu sistem kerja saraf dengan menghambat kerja enzim asetilkolinesterase. Saponin dapat menghambat kerja enzim yang menyebabkan penurunan kerja alat pencernaan dan penggunaan protein. Selain itu saponin juga mempunyai kemampuan untuk merusak membran (Brodjonegoro *et al.*, 2006).

2.5 Sifat Pestisida Campuran

Menurut Dadang dan Prijono (2008) Insektisida nabati dapat dapat digunakan dalam bentuk campuran dua jenis atau lebih ekstrak tumbuhan. Penggunaan insektisida nabati yang berbahan baku campuran ekstrak tumbuhan memiliki keunggulan dibandingkan dengan ekstrak tunggal, antara lain mengurangi ketergantungan pada satu jenis tumbuhan sebagai bahan baku. Kombinasi insektisida nabati digunakan dengan harapan dapat memberikan efek yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman tunggalnya. Berdasarkan pencampuran ekstrak pestisida memiliki sifat yaitu sinergistik, netral dan antagonistik. Sifat netral (tingkat toksisitas campuran ekstrak sama dengan ekstrak tunggal) dan antagonistik (tingkat toksisitas campuran ekstrak lebih rendah dibanding toksisitas ekstrak tunggalnya) pada campuran. Sifat netral pada campuran tersebut tidak memiliki pengaruh terhadap peningkatan toksisitas dibandingkan ekstrak tunggal akan tetapi masih dapat digunakan karena dapat mengatasi persediaan bahan baku yang terbatas. Sifat antagonis pada campuran tersebut kemungkinan disebabkan proporsi ekstrak tunggal pestisida pada campuran tidak sebanding sehingga menurunkan toksisitas. Efek sinergis terjadi apabila masing-masing komponen mempunyai efek tertentu dan kombinasi dapat memberikan efek yang lebih tinggi dari pada kalkulasi masing-masing efek komponen tunggalnya. Efek netral terjadi apabila masing-masing komponen menunjukkan efek yang sama. Efek tidak sinergis (antagonis) terjadi apabila kombinasi memberikan efek yang lebih rendah dibandingkan dengan komponen tunggalnya (Safirah, 2016).

Keunggulan dari insektisida nabati yang berbahan baku dua atau lebih ekstrak tumbuhan dibandingkan dengan penggunaan ekstrak tunggal diantaranya adalah mengurangi ketergantungan pada satu jenis atau spesies tumbuhan sebagai bahan baku, mengurangi jumlah bahan baku bila dibandingkan dengan ekstrak tunggal, dan campuran beberapa ekstrak akan lebih baik dalam menghambat laju resistensi serangga hama. Namun terdapat pula kelemahan dari insektisida campuran yaitu tidak semua campuran ekstrak menunjukan efektivitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan penggunaan ekstrak tunggal (Dadang dan Prijono, 2008).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian Dilaksanakan di Laboratorium Toksikologi Pestisida jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember sampai April 2019.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut gunting, blender, pisau, beaker glass 250 ml, gelas ukur 250 ml, labu ukur 100 ml, kertas lebel, timbangan analitik, kertas saring, aluminium foil, kuas, toples kecil, mikro pipet, corong lup, pinset, orbital shaker, sentrifuge, rotary *vacum evaporator*, kamera digital dan alat tulis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah larva *Crocidolomia pavonana* instar II, serbuk biji mimba, serbuk biji jarak pagar, aquades, etanol 80% sebagai larutan perekat dan pakan larva sawi.

3.3 Metode Pengujian

Metode penelitian ini terdapat tiga percobaan yaitu 1) perlakuan ekstrak biji mimba terhadap *C. pavonana*, 2) perlakuan ekstrak biji jarak pagar terhadap *C. pavonana* dan 3) perlakuan kombinasi ekstrak biji mimba dan biji jarak pagar terhadap *C. pavonana*. Penelitian Ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Masing-masing terdapat dari 6 perlakuan termasuk kontrol dengan 4 kali ulangan sehingga pada masing-masing percobaan terdapat 24 unit percobaan (Tabel 1).

Tabel 1. Perlakuan yang digunakan dalam penelitian

Perlakuan Ekstrak Biji Mimba (EBM)	Perlakuan Ekstrak Biji Jarak Pagar (EJJP)	Perlakuan Ekstrak Campuran (EBM+EJJP) 1:1
0 (kontrol)	0 (Kontrol)	0 (kontrol)
1000 ppm	1000 ppm	1000 ppm
2000 ppm	2000 ppm	2000 ppm
3000 ppm	3000 ppm	3000 ppm
4000 ppm	4000 ppm	4000 ppm
5000 ppm	5000 ppm	5000 ppm

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Persiapan Serangga Uji

Serangga uji *Crocidolomia pavonana* yang digunakan untuk penelitian ini ialah stadia larva instar II. Larva diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (BALITAS) Malang dan dilakukan perbanyakan. Perbanyakan *C. pavonana* dilakukan di laboratorium, dengan mengikuti metode priyono dan hasan (1992), larva yang dipelihara di dalam wadah plastik dengan ukuran (30 cm x 25 cm x 6 cm) yang ditutupi dengan kain kasa dan diberikan pakan sawi segar. Setelah larva memasuki fase pupa di pindahkan kedalam sangkar serangga dengan ukuran (50 cm x 50 cm x 50 cm) yang berbingkai plastik dan kertas katon yang ditutupi oleh kain kasa. Setelah fase imago muncul diberikan pakan cairan madu 10 % yang diserap pada segumpalan kapas yang digantung dalam sangkar, pada tahap imago dalam sangkar dimasukan daun sawi sebagai media peletakan telur, setelah imago bertelur maka telur tersebut dipindahkan ke wadah pelastik lain yang ditutupi dengan kain kasa dan dibiarkan hingga menetas. Larva yang muncul diberi pakan daun sawi dan diganti setiap harinya dan dipelihara untuk mendapatkan larva instar II untuk digunakan dalam pengujian. Bila larva bersisah maka dilakukan perbanyakan lebih lanjut dan dipelihara. *C. pavonana* yang diperoleh di masukan kedalam toples plastik dan di berikan pakan sawi segar. Pemberian pakan dilakukan setiap hari sebelum dilakukan perlakuan agar meminimalkan kematian serangga uji, pemberhentian pemberian pakan saat 2 jam sebelum melakukan pengujian agar larva tersebut dipuaskan. Pada saat pelaksanaan penelitian serangga uji yang digunakan setiap perlakuan sebanyak 20 larva.

3.4.2 Proses Ekstraksi Biji Mimba dan Biji Jarak Pagar

Bahan baku utama yang digunakan untuk pembuatan ekstrak pestisida nabati ialah Biji mimba dan Biji jarak pagar. Bahan baku diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (BALITAS), Malang. Metode ekstraksi yang digunakan adalah metode maserasi. Menurut Handayani (2014) sebelum dilakukan pembuatan ekstrak sebaiknya biji dilakukan pengeringan 5-10 hari yang bertujuan untuk mengurangi kadar air sehingga diharapkan ekstraksi berlangsung lebih cepat dan ekstrak biji lebih tahan lama terhadap mikroba.

Menurut Dadang dan Prijono (2008), pembuatan ekstrak biji mimba dan ekstrak biji jarak pagar, dan kombinasinya didapat dari buah tanaman yang sudah tua. Cara pengestrakan terlebih dahulu biji dicuci bersih dan kemudian di kering aginkan selama 5 hari di bawah sinar matahari. Kemudian biji tersebut diblender secara terpisah hingga berbentuk seperti bubuk dan kemudian diayak menggunakan ayakan untuk mendapatkan serbuk. Selanjutnya serbuk di timbang sebanyak 20 gram setiap masing-masing ekstrak. Kemudian biji mimba dan biji jarak pagar yang telah ditimbang ditambahkan etanol 80 % sebanyak 100 ml dengan perbandingan 1:5. kemudian dimasukkan kedalam botol kaca berukuran 250 ml. rendam sampel tersebut kemudian diaduk menggunakan alat pengaduk (shaker) selama 24 jam. Hasil pengadukan disaring menggunakan kertas whatman no.1 untuk memisahkan filtrat dan residu, kemudian filtrat tersebut dipisahkan dari kandungan etanol menggunakan alat rotary vacum evaporator pada suhu 60 °C. Evaporasi dilakukan hingga benar-benar ekstrak biji mimba dan biji jarak pagar yang murni. Hasil evaporasi ekstrak biji mimba dan biji jarak pagar yang telah terpisah dari etanol disimpan segera didalam botol kaca dan ditutup rapat agar tidak menguap. Hasil ekstrak disimpan pada suhu dibawah 5 °C.

3.4.3 Pengujian Ekstrak Pestisida Nabati terhadap Mortalitas Larva *C. pavonana*

Pengujian ekstrak pestisida nabati terhadap mortalitas larva *C. pavonana* terdiri dari tiga percobaan dengan masing-masing perlakuan konsentrasi ekstrak pestisida nabati yang berbeda sebagai berikut;

1. Pengujian Ekstrak Biji Jarak Pagar terhadap Mortalitas Larva *C. pavonana*

Penelitian dilakukan dengan menyusun 6 konsentrasi yang berbeda (tabel 1) dengan 4 kali ulangan pada perlakuan ekstrak biji jarak pagar. Pada uji ini menggunakan metode celup pakan, metode ini dilakukan dengan cara memotong sawi segar dengan ukuran 8 cm x 8 cm. Daun yang telah dipotong kemudian dicelupkan selama 1 menit kedalam wadah yang telah terisi larutan ekstrak biji jarak pagar pada setiap perlakuan konsentrasi, setelah itu pakan yang telah diberi perlakuan ekstrak pestisida biji jarak pagar dikering aginkan dan dimasukkan kedalam toples yang telah berisi larva *C. pavonana* sebanyak 20 ekor setiap perlakuan yang telah dipuasakan selama 2 jam sebelum perlakuan, lalu toples ditutup dengan kain kasa agar udara juga dapat masuk (Hasana, 2014).

2. Pengujian Ekstrak Biji Jarak Pagar terhadap Mortalitas Larva *C. pavonana*

Penelitian dilakukan dengan menyusun 6 konsentrasi yang berbeda (tabel 1) dengan 4 kali ulangan pada perlakuan ekstrak biji mimba. Pada uji ini menggunakan metode celup pakan, metode ini dilakukan dengan cara memotong sawi segar dengan ukuran 8 cm x 8 cm. Daun yang telah dipotong kemudian pakan dicelupkan selama 1 menit kedalam wadah yang telah berisi larutan ekstrak biji mimba pada setiap perlakuan konsentrasi, setelah itu pakan yang telah diberi perlakuan ekstrak pestisida biji mimba dikering aginkan dan dimasukkan kedalam toples yang telah berisi larva *C. pavonana* sebanyak 20 ekor setiap perlakuan yang telah dipuasakan selama 2 jam sebelum perlakuan, lalu toples ditutup dengan kain kasa agar udara juga dapat masuk (Hasana, 2014).

3. Pengujian Ekstrak Biji Jarak Pagar terhadap Mortalitas Larva *C. pavonana*

Penelitian dilakukan dengan menyusun 6 konsentrasi yang berbeda (tabel 1) dengan 4 kali ulangan, pada perlakuan ekstrak pestisida campuran dengan perbandingan konsentrasi (1:1) antara ekstrak biji jarak pagar dengan ekstrak biji mimba. Pada uji ini menggunakan metode celup pakan, metode ini dilakukan dengan cara memotong sawi segar dengan ukuran 8 cm x 8 cm. Daun yang telah dipotong kemudian dicelupkan selama 1 menit kedalam wadah yang telah berisi larutan ekstrak pestisida campuran (1:1) pada setiap perlakuan konsentrasi, setelah itu pakan yang telah diberi perlakuan ekstrak pestisida campuran (1:1) dikering aginkan dan dimasukkan kedalam toples yang telah berisi larva *C. pavonana* sebanyak 20 ekor setiap perlakuan yang telah dipuasakan selama 2 jam sebelum perlakuan, lalu toples ditutup dengan kain kasa agar udara juga dapat masuk (Yunia, 2006).

3.5 Variabel Pengamatan

3.5.1 Mortalitas *C. pavonana*

Variabel pengamatan yang digunakan dalam uji mortalitas dari ekstrak biji mimba, biji jarak pagar dan kombinasinya terhadap larva *C. pavonana* yang dianggap mati apabila larva sudah tidak menunjukkan pergerakan saat disentuh. Pengamatan mortalitas larva dilakukan 24, 48, 72, dan 96 jam setelah aplikasi (JSA). Menurut Hidayatai *et al.*, (2013) persentase mortalitas larva dihitung dengan

cara membandingkan jumlah larva yang mati setelah perlakuan dan jumlah larva awal. Persentase mortalitas larva dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$M = \frac{n}{m} \times 100\%$$

Dimana: M adalah mortalitas *C. pavonana* dalam satuan (%), m adalah jumlah *C. pavonana* awal (20 ekor), dan n adalah jumlah *C. pavonana* yang mati.

Apabila terdapat kematian pada perlakuan kontrol ditemukan *C. pavonana* yang mati tidak dengan syarat tidak lebih dari 20 %, maka harus dilakukan perhitungan persentase terkoreksi dihitung dengan rumus sebagai berikut Abbot (1987):

$$\% MT = \frac{X - Y}{X} \times 100\%$$

Dimana: X adalah persentase serangga yang hidup pada kontrol, Y adalah persentase jumlah serangga yang hidup pada perlakuan.

3.5.2 *Lethal Concentration* (LC₅₀) dan *Lethal Time* (LT₅₀)

Untuk mengetahui tingkat toksisitas suatu ekstrak pestisida nabati maka perlu mengetahui nilai dari *Lethal Concentration* (LC₅₀) merupakan konsentrasi yang dibutuhkan pestisida untuk mematikan 50 % dari serangga yang diuji. Perhitungan LC₅₀ pada setiap perlakuan dengan menghitung rata-rata kematian hama pada setiap konsentrasi. *Lethal Time* (LT₅₀) merupakan waktu yang dibutuhkan pestisida untuk mematikan 50 % dari serangga yang diuji. Perhitungan LT₅₀ dengan menghitung rata-rata kematian pada setiap jam pengamatan pada setiap konsentrasi yang digunakan (Neuberger-Cywiak *et al.*, 2003). Penentuan LC₅₀ dan LT₅₀ untuk mengetahui kisaran konsentrasi ekstrak biji mimba, ekstrak biji jarak pagar dan kombinasi keduanya yang mampu mematikan larva *C. pavonana*. Berdasarkan data persentase mortalitas larva yang diperoleh dianalisis dengan analisis probit dengan bantuan software Hsin Chi, sehingga di peroleh konsentrasi (LC₅₀) dan waktu (LT₅₀) yang paling baik untuk mematikan 50 % serangga uji.

3.5.3 Keberhasilan Pembentukan Larva menjadi pupa dan Pupa menjadi Imago *C.*

Pavonana

Larva pada pengujian mortalitas yang masih hidup dan membentuk pupa dilakukan analisis untuk mengetahui persentase keberhasilan larva yang membentuk pupa serta mengetahui morfologi dari larva setelah adanya

pengaplikasian ekstrak pestisida nabati. Persentase pupa yang terbentuk dihitung menggunakan rumus (Hasana *et al.*,2012)

$$\text{Pembentukan pupa \%} = \frac{\sum \text{pupa yang terbentuk}}{\sum \text{larva awal}} \times 100\%$$

Larva pada pengujian mortalitas yang berhasil membentuk pupa kemudian muncul sebagai imago dan dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui persentase kemuculan imago akibat adanya perlakuan ekstrak pestisida dan mengetahui perubahan morfologi setelah aplikasi. Persentase keberhasilan pupa menjadi imago yang muncul dihitung menggunakan rumus (Hasana *et al.*, 2012)

$$\text{Kemunculan imago \%} = \frac{\sum \text{Jumlah imago yang muncul}}{\sum \text{larva awal}} \times 100\%$$

3.5.4 Nisbah Sinergistik

Data yang diperoleh dari pengamatan mortalitas larva *C. Pavonana* akibat pengaplikasian ekstrak biji mimba, biji jarak pagar, dan kombinasi kedua ekstrak dengan konsentrasi yang berbeda. Setiap pengaplikasian ekstrak memiliki nilai LC₅₀, dari nilai ini maka dilakukan perhitungan Nisbah Sinergistik (NS). Menurut (Hamilton dan Attia, 1997) nisbah sinergistik (NS) dihitung dengan menggunakan rumus:

$$NS = \frac{LC_{50} \text{ insektisida tunggal}}{LC_{50} \text{ insektida campuran}}$$

Dimana: NS > 1 adalah campuran mempunyai efek sinergistik, NS = 1 adalah netral (tidak mempunyai efek sinergistik), NS < 1 adalah campuran mempunyai efek antagonistik.

3.6 Analisis Data

Data persentase mortalitas yang diperoleh dari variabel pengamatan dianalisis dengan sidik ragam ANOVA (*analysis of variance*) menggunakan program microsoft excel 2013. Apabila terdapat perbedaan yang nyata dalam perlakuan, maka pengujian dilanjutkan untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan menggunakan uji lanjutan Duncan Multiple Test (DMRT) dengan taraf kesalahan 5 %. Persentase mortalitas diolah dengan analisis probit dengan bantuan software Hsin Chi, sehingga di peroleh konsentrasi (LC₅₀) dan waktu (LT₅₀) yang paling baik untuk mematikan 50% serangga uji.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ekstrak biji jarak pagar, biji mimba, dan kombinasi kedua ekstrak tersebut dengan perbandingan 1:1 terhadap *C. pavonana* diperoleh hasil bahwa ekstrak biji jarak pagar, biji mimba dan kombinasi keduanya memiliki sifat toksik terhadap *C. pavonana*. selain itu Kombinasi kedua ekstrak tersebut menunjukkan sifat sinergisme. Adapun hasil pengujian efektivitas ekstrak biji jarak pagar, biji mimba dan campuran kedua ekstrak terhadap *C. pavonana* adalah sebagai berikut:

4.1 Pengaruh Ekstrak Pestisida Nabati Terhadap Mortalitas *C. pavonana*

4.1.1 Pengaruh Ekstrak Biji Jarak Pagar terhadap Mortalitas *C. pavonana*

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ekstrak biji jarak pagar memiliki sifat racun yang dapat menyebabkan mortalitas pada *C. pavonana*. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa setiap konsentrasi memberikan pengaruh nyata terhadap mortalitas *C. pavonana* (Tabel Lampiran 1-4). Rata-rata persentase mortalitas *C. pavonana* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rerata Persentase Mortalitas Hama *C. pavonana* Setelah Aplikasi Ekstrak Biji Jarak Pagar

Perlakuan EBJP	Mortalitas <i>C. pavonana</i> %			
	24 JSA ± SB	48 JSA ± SB	72 JSA ± SB	96 JSA ± SB
1000 ppm	2,50 ± 0,58 a	6,25 ± 0,50 a	11,25 ± 0,50 a	21,25 ± 0,96 a
2000 ppm	3,75 ± 0,96 a	7,50 ± 0,58 a	15 ± 0,82 a	25 ± 0,82 a
3000 ppm	6,25 ± 0,96 ab	12,50 ± 1,29 b	21,25 ± 0,50 b	38,75 ± 0,50 b
4000 ppm	8,75 ± 0,50 bc	16,50 ± 0,96 b	31,25 ± 0,96 c	50 ± 0,82 c
5000 ppm	12,5 ± 0,58 c	25 ± 0,82 c	37,50 ± 0,58 d	62,50 ± 0,58 d

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf 5%. JSA: Jam Setelah Aplikasi; EBJP : Ekstrak Biji Jarak Pagar; SB : Simpangan Baku

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa mortalitas serangga uji ditemukan pada 24 JSA dan semakin meningkat hingga 96 JSA (Tabel 2), dan setiap konsentrasi yang diujikan menunjukan mortalitas pada serangga uji, tingkat mortalitas akibat pengaplikasian ekstrak biji jarak pagar meningkat secara linier mengikuti tingkat konsentrasi yang di ujikan dalam penelitian. Menurut Liani *et al.*, (2018) bahwa mortalitas larva yang semakin meningkat setiap jam setelah pengamatan disebabkan karena residu senyawa aktif yang bersifat racun masih

terdapat di dalam tubuh larva uji. Larva *C. pavonana* yang mati akibat aplikasi ekstrak biji jarak pagar menunjukkan gejala berupa tubuh larva mengkerut dan mengering, warnanya berubah menjadi coklat kehitaman sedangkan larva *C. pavonana* dalam keadaan normal warnanya hijau muda (Gambar 5). Hal tersebut disebabkan adanya senyawa toksik yang terdapat pada ekstrak biji jarak pagar yang diaplikasikan melalui pakan, lalu masuk ke dalam jaringan tubuh larva yang menyebabkan mortalitas dan adanya perubahan morfologi pada tubuh larva *C. pavonana*. Menurut Purba (2007), bahwa gejala yang ditimbulkan oleh larva setelah memakan daun yang telah diaplikasikan dengan ekstrak pestisida nabati larva tampak lemas dan terjadi perubahan warna pada tubuh dari hijau menjadi gelap kecoklatan dan tubuh larva berkerut atau semakin mengecil.

Efektivitas pengujian baru tampak pada selang waktu setelah 96 JSA, yaitu dengan tercapainya mortalitas 50 % populasi serangga uji. Mortalitas tertinggi dari *C. pavonana* ditemukan pada perlakuan dengan konsentrasi 5000 ppm yaitu sebesar 62,5% dan mortalitas terendah pada konsentrasi 1000 ppm yaitu sebesar 21,25%. Menurut Dumeva (2016), bahwa semakin tinggi pemberian konsentrasi ekstrak pestisida maka pengaruh yang ditimbulkan juga semakin tinggi terhadap mortalitas hama karena jumlah kandungan suatu senyawa kimia yang bersifat racun semakin tinggi yang dapat mengakibatkan kematian pada serangga.

Ekstrak biji jarak pagar mengandung senyawa yang bersifat racun terhadap *C. pavonana* sehingga menyebabkan mortalitas. Menurut Tukimin (2008), bahwa ekstrak biji jarak pagar mengandung senyawa racun phorbol ester, curisin dan flavonoid yang bersifat toksik dalam mematikan sel hidup. Senyawa phorbol ester dan curisin yang bekerja sebagai racun kontak dan racun perut. Senyawa phorbol ester menghambat enzim protein kinase yang berperan dalam pertumbuhan sel dan jaringan, sedangkan curisin dapat menghambat penyerapan nutrisi dan mengurangi nitrogen endogenus sel sehingga kedua senyawa ini dapat mengganggu pencernaan mempengaruhi proses metabolisme. Flavonoid bekerja sebagai racun saraf yang akan menimbulkan kelayuan pada saraf dan dapat menghambat makan serangga. Menurut Brodjonegoro *et al.*, (2006) bahwa biji jarak pagar juga mengandung alkaloid dan saponin. Alkaloid bekerja sebagai racun perut dan racun kontak yang mendegradasi sel saluran pencernaan dan merusak sel dan

menghambat kerja enzim. Senyawa saponin memiliki sifat insektisida yang dapat mempengaruhi aktifitas makan serangga, menurunkan kinerja alat pencernaan dan bahkan mematikan serangga.

4.1.2 Pengaruh Ekstrak Biji Mimba terhadap Mortalitas *C. pavonana*

Hasil uji menunjukkan bahwa ekstrak biji mimba memiliki sifat racun yang dapat menyebabkan mortalitas *C. pavonana*. Hasil analisis ragam persentase mortalitas menunjukan bahwa pengaruh konsentrasi ekstrak biji mimba dengan metode celup pakan berpengaruh nyata terhadap mortalitas *C. pavonana* (Tabel Lampiran 5-8). Rata-rata persentase mortalitas *C. pavonana* dapat dilihat pada tabel tabel 3.

Tabel 3. Rerata Persentase Mortalitas Hama *C. pavonana* Setelah Aplikasi Ekstrak Biji Mimba

Perlakuan	Mortalitas <i>C. pavonana</i> %			
	24 JSA ± SB	48 JSA ± SB	72 JSA ± SB	96 JSA ± SB
1000 ppm	2,50 ± 0,58 a	5 ± 0 a	13,75 ± 0,50 a	25 ± 0,82 a
2000 ppm	6,25 ± 0,50 ab	15 ± 0 b	25 ± 0 b	37,50 ± 0,58 b
3000 ppm	8,75 ± 0,50 bc	20 ± 0,58 c	32,50 ± 0,58 c	47,50 ± 0,58 c
4000 ppm	11,25 ± 0,50 c	23,75 ± 0,50 cd	37,50 ± 0,58 d	52,50 ± 0,58 c
5000 ppm	12,50 ± 0,58 c	27,50 ± 0,58 d	46,25 ± 0,50 e	65 ± 0,82 d

Keterangan: Angka diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf 5%. JSA: Jam Setelah Aplikasi; EBM : Ekstrak Biji Mimba; SB : Simpangan Baku.

Hasil pengamatan menunjukan bahwa mortalitas serangga uji ditemukan pada saat 24 JSA dan semakin meningkat hingga 96 JSA, dan setiap konsentrasi yang diujikan menunjukan mortalitas pada serangga uji, tingkat mortalitas akibat pengaplikasian ekstrak biji mimba meningkat secara linier mengikuti tingkat konsentrasi yang di ujikan dalam penelitian. Menurut Liani *et al.*, (2018) bahwa mortalitas larva yang semakin meningkat setiap jam setelah pengamatan disebabkan karena residu senyawa aktif yang bersifat racun masih terdapat di dalam tubuh larva uji. Larva *C. pavonana* yang mati akibat aplikasi ekstrak biji mimba menunjukan gejala yang serupa dengan ekstrak biji jarak pagar berupa larva berwarna coklat gelap, mengkerut, dan ukuran tubuh semakin kecil. Gejala lain yang dapat dilihat dari *C. pavonana* akibat aplikasi ekstrak biji mimba ialah pertumbuhan atau perkembangan larva semakin lambat begitu juga dengan pergerakan larva, perkembangan dari instar 2 ke instar berikutnya lambat yang diakibatkan oleh senyawa

yang terdapat dalam ekstrak biji mimba (Gambar 5). Hal tersebut disebabkan adanya senyawa toksik yang terdapat pada ekstrak biji Mimba yang diaplikasikan melalui pakan, lalu masuk kedalam jaringan tubuh larva yang menyebabkan mortalitas dan adanya perubahan morfologi pada tubuh larva. Menurut Dadang dan prijono (2008), menyatakan bahwa larva yang keracunan akan kehilangan keaktifannya akibat kekurangan sumber energi, selanjutnya larva menjadi lumpuh karena otot dan jaringan lain kekurangan energi, tubuh tampak coklat kehitaman dan tubuh mengkerut akibat kematian sel dan jaringan dan akhirnya mati. Menurut Rusdy (2009), bahwa azadirachtin dapat menghambat pertumbuhan dari hama larva dan mengakibatkan abnormalitas anatomi, penolak makan, menghambat proses ganti kulit dan dapat mematikan serangga.

Efektivitas pengujian baru tampak pada selang waktu setelah 96 JSA, yaitu dengan tercapainya mortalitas 50 % populasi serangga uji. Tingkat mortalitas tertinggi ditemukan pada 5000 ppm dengan persentase mortalitas 65 % dan tingkat mortalitas terendah pada 1000 ppm sebesar 25 %. Menurut Dumeva (2016), bahwa semakin tinggi pemberian konsentrasi ekstrak pestisida maka pengaruh yang ditimbulkan juga semakin tinggi terhadap mortalitas hama karena jumlah kandungan suatu senyawa kimia yang bersifat racun semakin tinggi yang dapat mengakibatkan kematian pada serangga.

Ekstrak biji mimba mengandung senyawa yang bersifat racun terhadap *C. pavonana* sehingga menyebabkan mortalitas. Menurut Adi dan Nurindah (2009), bahwa ekstrak biji mimba mengandung senyawa beracun seperti azadirachtin, melantriol, salanin dan nimbin merupakan insektisida bekerja secara sistemik dan sedikit racun kontak. Menurut Kardinan (2003), bahwa senyawa azadirachtin dapat menghambat kerja hormon ecdyson yang berfungsi dalam proses metamorfosa serangga, mengganggu proses pergantian kulit, atau proses perubahan telur menjadi larva, atau larva menjadi pupa, atau dari pupa menjadi dewasa, kegagalan dan proses ini juga mengakibatkan kematian. Senyawa melantriol berperan sebagai penghalau serangga mengakibatkan hama enggan mendekati tanaman dan menghambat makan sehingga kemudian hama mati. Melantriol juga memiliki daya kerja *repellent*. Senyawa salanin berperan sebagai penurun nafsu makan menyebabkan daya rusak serangga. Senyawa nimbin dan nimbidin sebagai anti

mikroba. Menurut Idianti dan marwoto (2008), senyawa melantriol dan salanin sebagai penghambat atau sebagai *repellent* disebabkan bau dari ekstrak biji mimba menimbulkan aroma tidak sedap yang berupa komponen aktif pada ekstrak mimba.

4.1.3 Pengaruh Ekstrak Campuran terhadap Mortalitas *C. pavonana*

Hasil uji menunjukkan bahwa ekstrak campuran biji jarak pagar dan biji mimba degan perbandingan (1:1) memiliki sifat racun yang dapat menyebabkan mortalitas *C. pavonana*. Hasil analisis ragam persentase mortalitas menunjukan bahwa pengaruh konsentrasi ekstrak campuran dengan metode celup pakan berpengaruh nyata terhadap mortalitas *C. pavonana* (Tabel Lampiran 9-12). Rata-rata persentase mortalitas dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Rerata Persentase Mortalitas Hama *C. pavonana* Setelah Aplikasi Ekstrak Campuran Biji Jarak Pagar dan Biji Mimba 1 : 1

Perlakuan EPC	Mortalitas <i>C. pavonana</i> %			
	24 JSA ± SB	48 JSA ± SB	72 JSA ± SB	96 JSA ± SB
1000 ppm	3,75 ± 0,50 a	12,25 ± 0,58 a	22,50 ± 0,58 a	35 ± 0,82 a
2000 ppm	6,25 ± 0,50 a	16,25 ± 0,50 a	28,75 ± 0,50 b	43,75 ± 0,96 b
3000 ppm	10 ± 0,82 b	25 ± 0,82 b	40 ± 0,82 c	51,25 ± 0,50 c
4000 ppm	12,50 ± 0,58 b	28,75 ± 0,96 b	46,25 ± 0,96 d	65 ± 1,15 d
5000 ppm	17,50 ± 0,58 c	37,50 ± 1,00 c	50 ± 1,41 d	70 ± 1,41 d

Keterangan: Angka diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf 5%. JSA: Jam Setelah Aplikasi; EPC: Ekstrak Pestisida Campuran Biji jarak dengan Biji Mimba perbandingan 1 : 1; ppm : part permilion; SB : Simpangan Baku.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa mortalitas serangga uji ditemukan pada saat 24 JSA dan semakin meningkat hingga 96 JSA, dan setiap konsentrasi yang diujikan menunjukan mortalitas pada serangga uji, tingkat mortalitas akibat pengaplikasian ekstrak biji jarak pagar meningkat secara linier mengikuti tingkat konsentrasi yang di ujikan dalam penelitian. Menurut Liani *et al.*, (2018) bahwa mortalitas larva yang semakin meningkat setiap jam setelah pengamatan disebabkan karena residu senyawa aktif yang bersifat racun masih terdapat di dalam tubuh larva uji. Larva *C. pavonana* yang mati akibat aplikasi ekstrak pestisida campuran munjukan gejala yang serupa dengan aplikasi ekstrak pestisida tunggal seperti larva berwarna coklat gelap, tubuh mengkerut dan ukuran semakin kecil bila dibandingkan dengan larva normal bentuk tubuh lebih besar, berwarna hijau muda, ukuran tubuh lebih besar (Gambar 5). Pertumbuhan atau perkembangan larva

semakin lambat. Hal tersebut disebabkan adanya senyawa toksik yang terdapat pada ekstrak Pestisida campuran yang diaplikasikan melalui pakan, lalu masuk kedalam jaringan tubuh larva yang menyebabkan mortalitas dan adanya perubahan morfologi pada tubuh larva. Menurut Sayuthi (2014), gejala mortalitas yang tampak pada hama *C. pavonana* akibat pengaplikasian ekstrak pestisida nabati tubuh tampak coklat kehitaman, kering, mengkerut atau melengkung. Kematian larva terus berlanjut hingga instar akhir dari larva *C. pavonana*.

Efektivitas pengujian baru tampak pada selang waktu setelah 96 JSA, yaitu dengan tercapainya mortalitas 50 % populasi serangga uji. Tingkat mortalitas tertinggi pada 5000 ppm dan tingkat mortalitas sebesar 70 % dan terendah pada 1000 ppm sebesar 35 %. Menurut Dumeva (2016), bahwa semakin tinggi konsentrasi insektida yang diberikan maka semakin tinggi pula kandungan senyawa racun yang terdapat pada ekstrak pestisida nabati sehingga dapat meningkatkan rerata kematian. Berdasarkan hasil analisis rerata persentase kematian menunjukkan bahwa ekstrak campuran menunjukkan nilai mortalitas lebih tinggi dibandingkan ekstrak tunggal. Menurut Sayuthi (2015), berdasarkan hasil uji ekstrak daun papaya dan biji kepyar terhadap mortalitas *C. pavonana* pada tanaman brokoli menunjukkan ekstrak tunggal serangga uji pada ekstrak tunggal papaya mortalitas sebesar 40 %, ekstrak tunggal biji kepyar sebesar 46,67 % dan campuran dengan perbandingan 1:1 sebesar 90 %. Peningkatan persentase mortalitas dapat disebabkan oleh senyawa racun yang berbeda-beda pada campuran kedua ekstrak tersebut.

Ekstrak pestisida campuran antara biji jarak pagar dan biji mimba dengan perbandingan 1:1 mengandung lebih banyak senyawa racun karena adanya pencampuran antara ekstrak biji jarak pagar dan biji mimba sehingga tingkat mortalitas dari ekstrak pestida campuran lebih tinggi dibandingkan ekstrak pestisida nabati tunggal. Menurut Safirah *et al.*, (2016) pencampuran buah *Crescentia cujete* dan bunga *Syzygium aromaticum* memiliki senyawa racun berbeda, sehingga senyawa aktif pada pestisida campuran lebih banyak sehingga dapat mengakibatkan mortalitas *Spodoptera litura*. Kandungan senyawa aktif pada biji jarak pagar dan biji mimba yang berbeda-beda sehingga dapat meningkatkan mortalitas *C. pavonana*. Menurut Tukimin (2008), senyawa aktif yang terdapat pada biji jarak pagar yaitu phorbolester, curisin, flavonoid, alkaloid dan saponin. Biji mimba

mengandung senyawa aktif azadirachtin, meliantriol, salanin, nimbin dan nimbidin. Cara kerja senyawa racun yang berbeda juga dapat meningkatkan mortalitas serangga uji (Adi dan Nurindah, 2009). Dimana senyawa racun yang terdapat pada ekstrak biji jarak pagar dan biji mimba memiliki cara kerja yang berbeda.



Gambar 5. Larva *C. pavonana* a) Larva Mati Akibat Perlakuan Ekstrak, dan b) Larva Normal

4.2 Median Lethal Concentration (LC₅₀) dan Median Lethal Time (LT₅₀) terhadap Larva *C. pavonana*

Toksistas suatu bahan pestisida nabati dinyatakan dengan nilai LC₅₀, merupakan pengujian penentuan konsentrasi yang dibutuhkan dalam mematikan 50% serangga uji dari seluruh serangga yang diuji. Hasil analisis probit daya racun ekstrak biji jarak pagar, biji mimba, dan kombinasi kedua ekstrak dengan perbandingan 1:1 terhadap *C. pavonana* diperoleh nilai LC₅₀ dan LT₅₀ disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai LC₅₀ dan LT₅₀ Ekstrak Biji Jarak Pagar, Biji Mimba, dan Campuran Keduanya dengan perbandingan 1:1

Perlakuan	LC ₅₀ (ppm)	Persamaan Regresi	SE	Batas		LT ₅₀ (jam)
				Bawah	Atas	
EBJP	3937	$y = 1,59 x - 0,73$	0,28	3015,59	6413,26	102,62
EBM	3179	$y = 1,41 x - 0,05$	0,26	2681,73	3906,51	109,52
EPC	2276	$y = 1,33 x - 0,52$	0,26	1831,24	2736,65	112,02

Keterangan: EBJP: Ekstrak Biji Jarak Pagar; EBM: Ekstrak Biji Mimba; EPC: Ekstrak Pestisida Campuran jarak pagar dan mimba perbandingan 1:1; LC₅₀: *Lethal Concentration* 50 %; LT₅₀: *Lethal time* 50 %; SE: *Slope Error*.

Berdasarkan hasil analisis probit, pengujian EBJP menunjukkan bahwa untuk menyebabkan mortalitas larva sebesar 50 % (LC₅₀) tercapai pada konsentrasi 3.937 ppm, dengan persamaan regresi dengan LC₅₀ yaitu $y = 1,59 x - 0,73$, Slope Error atau tingkat kesalahan 0,28 dan konsentrasi yang dapat digunakan untuk mematikan

50 % serangga uji, yaitu batas bawah pada konsentrasi 3015,6 ppm dan batas atas pada konsentrasi 6413,3 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa EBJP memiliki senyawa aktif yang bersifat racun pada serangga uji. Menurut Iswantini (2011), berdasarkan hasil pengujian potensi biji jarak pagar sebagai larvasida hayati terhadap larva nyamuk *Aedes aegypti* menunjukan tingkat daya racun LC₅₀ sebesar 1507 ppm. Berdasarkan hasil penelitian tersebut menunjukan bahwa daya racun atau toksisitas LC₅₀ ekstrak biji jarak pagar *Aedes aegypti* terhadap lebih tinggi bila dibandingkan dengan hasil uji yang dilakukan pada *C. pavonana*. Menurut Syahroni dan Priyono (2013), bahwa perbedaan nilai daya racun LC₅₀ dapat berbeda disebabkan oleh perbedaan jenis pelarut yang digunakan ekstraksi. Hal tersebut dapat mengakibatkan perbedaan kandungan bahan aktif yang selanjutnya dapat mempengaruhi ekstrak yang diperoleh. Perbedaan hasil mortalitas dalam menentukan LC₅₀ dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Menurut Syaputra dan Syahputra dan Endato (2012), faktor yang mempengaruhi keberhasilan suatu insektisida dalam menyebabkan kematian serangga sasaran diantaranya jenis insektisida, metode ekstraksi insektisida, konsentrasi, cara aplikasi insektisida, jenis serangga, fase perkembangan, umur serangga serta faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya.

Berdasarkan hasil analisis probit EBM menunjukan bahwa untuk menyebabkan mortalitas larva *C. pavonana* sebesar 50 % (LC₅₀) tercapai pada konsentrasi 3.179 ppm, dengan persamaan regresi dengan LC₅₀ yaitu $y = 1,41 x - 0,05$, Slope Error atau tingkat kesalahan 0,26 dan konsentrasi yang dapat digunakan untuk mematikan 50% serangga uji, batas bawa pada konsentrasi 2681,7 ppm dan batas atas 3906,5 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa EBM memiliki senyawa aktif yang bersifat racun pada serangga uji. Menurut Adi (2008), berdasarkan hasil uji peran insektisida botani ekstrak biji mimba terhadap hama larva *H. armigera* menunjukan hasil daya racun atau toksisitas (LC₅₀) sebesar 3,06 ml/l air atau sebesar 3060 ppm. Dari hasil perbandingan tersebut diketahui EBM menunjukan nilai LC₅₀ pada hama *H. armigera* dan *C. pavonana* yang tidak berbeda jauh. Menurut Priyono (1999) kepekaan suatu serangga terhadap suatu senyawa bioaktif yang bersifat racun tertentu dapat ditentukan oleh sistem penghalang masuknya senyawa insektisida kedalam tubuh serangga misalnya ketebalan kutikula, selain itu dapat

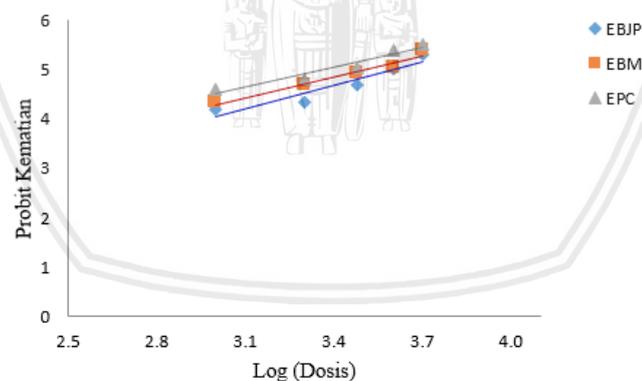
ditentukan oleh ketahanan dan kemampuan metabolik serangga dalam menguraikan suatu senyawa dari insektisida yang digunakan.

Berdasarkan hasil analisis probit, pengujian EPC dengan perbandingan 1:1 menunjukkan bahwa untuk menyebabkan mortalitas larva sebesar 50 % (LC_{50}) tercapai konsentrasi 2.371 ppm, dengan persamaan regresi dengan LC_{50} yaitu $y = 1,33x - 0,52$, *Slope Error* atau tingkat kesalahan 0,28 dan konsentrasi yang dapat digunakan untuk mematikan 50 % serangga uji, yaitu batas bawa pada konsentrasi 1846,6 ppm dan batas atas 2816,8 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak pestisida campuran memiliki nilai LC_{50} yang lebih tinggi dibandingkan nilai LC_{50} ekstrak tunggal. Menurut Abizar (2010), berdasarkan hasil penelitian bahwa campuran pestisida *T. vogelii* dan buah *Piper cubeba* dapat meningkatkan toksisitas atau daya racun dari insektisida dimana diketahui nilai LC_{50} *T. vogelii* sebesar 0.124%, buah *P. cubeba* 0,325% dan campuran 0,102% terhadap hama *C. pavonana*. Menurut Lestari (2014), bahwa toksisitas suatu insektisida dapat meningkat apabila adanya penambahan senyawa lain ditambahkan dan senyawa saling mendukung. Dimana diketahui bahwa ekstrak biji jarak pagar dan biji mimba memiliki senyawa racun yang berbeda terhadap *C. pavonana*. Biji mimba mengandung Azadirachtin dan biji jarak pagar mengandung saponin. Menurut Rijai (2006), sifat saponin yang sangat polar dengan air diduga menyebabkan campuran antara azadirachtin dan saponin efektif mengendalikan *A. gossypii*. Berdasarkan data LC_{50} ekstrak biji jarak pagar, biji mimba dan kombinasi semakin rendah dari 3937 ppm, 3179 ppm dan 2276 ppm. Menurut untung (2006), bahwa semakin rendah nilai LC_{50} maka semakin tinggi toksisitas suatu pestisida.

Berdasarkan pengamatan mortalitas maka dapat menentukan pengaruh ekstrak biji jarak pagar, biji mimba, dan ekstrak pestisida campuran terhadap waktu yang diperlukan untuk menyebabkan mortalitas 50 %. Pada lampiran 19 dapat dilihat bahwa dari hasil analisis probit diperoleh nilai LT_{50} untuk masing-masing konsentrasi yang diujikan pada penelitian menunjukkan perbedaan. Waktu yang diperlukan untuk mematikan 50 % dari populasi serangga uji dipengaruhi oleh tingkat konsentrasi yang diberikan, semakin tinggi tingkat konsentrasi yang diujikan maka waktu yang diperlukan untuk mematikan 50 % serangga semakin cepat. Berdasarkan nilai LT_{50} dari beberapa konsentrasi (Tabel lampiran 19) yang

diujikan, maka dapat ditentukan waktu yang di butuhkan untuk mematikan 50 % serangga uji pada konsentrasi LC₅₀ berdasarkan hasil perhitungan interpolasi data diperoleh nilai sebagai berikut ekstrak biji jarak pagar memerlukan waktu untuk dapat mematikan 50 % *C. pavonana* pada konsentrasi (LC₅₀) 3.937 ppm waktu yang dibutuhkan untuk mematikan yaitu 102,62 jam. Ekstrak biji mimba memerlukan waktu untuk dapat mematikan 50 % *C. pavonana* pada konsentrasi (LC₅₀) 3.179 ppm waktu yang dibutuhkan waktu yaitu 109,52 jam. Ekstrak biji campuran dengan perbandingan 1:1 memerlukan waktu untuk dapat mematikan 50 % *C. pavonana* pada konsentrasi (LC₅₀) 2276 ppm waktu yang dibutuhkan yaitu 112,02 jam. Menurut Fauzi (2014), yang menyatakan bahwa pemberian konsentrasi yang semakin tinggi, maka akan semakin cepat waktu yang diperlukan untuk mematikan serangga, dikarenakan semakin banyak senyawa aktif masuk atau terkena pada serangga.

Hubungan antara konsentrasi ekstrak biji jarak pagar, biji mimba dan campuran keduanya dengan mortalitas hama *C. pavonana* dapat dilihat pada Gambar 5. pada setiap peningkatan konsentrasi terjadi peningkatan mortalitas larva *C. pavonana*.



Gambar 6. Grafik Hubungan Konsentrasi Ekstrak Biji Jarak Pagar, Ekstrak Biji Mimba, dan Ekstrak Biji Campuran

Persamaan regresi berfungsi untuk mencari konsentrasi yang dapat digunakan untuk menentukan persentase mortalitas dari serangga uji, dengan semakin kecil nilai LC₅₀ maka insektisida nabati yang digunakan akan semakin lebih efektif dalam mengendalikan serangga uji. Grafik persamaan regresi diperoleh dari analisis probit menggunakan program Hsin Chi. Nilai persamaan regresi pada ekstrak biji jarak pagar, biji mimba, dan Campuran yaitu $y = 1,59 x -$

0,73, $y = 1,41 x - 0,05$, dan $y = 1,33 x - 0,52$. Persamaan regresi ekstrak biji jarak pagar, biji mimba, dan campurannya menunjukkan bahwa setiap penambahan konsentrasi ekstrak sebesar 1000 ppm akan menyebabkan mortalitas *C. pavonana* secara berturut sebesar 1,59%, 1,41 % dan 1,33%. Hal tersebut menunjukkan bahwa tingkat kematian larva dengan peningkatan konsentrasi memiliki hubungan positif atau serah dengan garis regresi.

4.3 Pengaruh Aplikasi Ekstrak Pestisida Nabati terhadap Pembentukan Pupa dan Kemunculan Imago *C. pavonana*

Pengaplikasian ekstrak pestisida nabati biji jarak pagar, mimba dan kombinasi terdapat larva *C. pavonana* yang tidak mati, sehingga larva tersebut melanjutkan perkembangan hingga menjadi pupa dan kemudian kemunculan imago. Pengaplikasian ekstrak pestisida nabati tersebut juga mempengaruhi pembentukan pupa dan kemunculan imago. Adapun hasil pengujian menunjukkan bahwa persentase pembentukan pupa dan imago sebagai berikut.

4.3.1 Pengaruh Aplikasi Ekstrak Biji Jarak Pagar terhadap Pembentukan Pupa dan Kemunculan Imago *C. pavonana*

Pengaplikasian ekstrak biji jarak pagar terdapat larva *C. pavonana* yang tidak mati, sehingga larva tersebut melanjutkan perkembangan hingga menjadi pupa dan kemudian imago. Berdasarkan hasil analisis ragam diketahui bahwa ekstrak biji jarak pagar pada berbagai konsentrasi berpengaruh terhadap persentase pembentukan pupa dan imago *C. pavonana*. Rerata persentase pembentukan pupa dan kemunculan imago dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Rerata Persentase Pembentukan Pupa dan Kemunculan Imago *C. Pavonana* Setelah Aplikasi Ekstrak pestisida Biji Jarak Pagar

Pestisida	Konsentrasi (ppm)	Larva menjadi Pupa % ± SB	Pupa menjadi imago % ± SB
EJJP	1000	61,25 ± 0,50 d	52,50 ± 0,58 e
	2000	52,50 ± 0,58 c	41,25 ± 0,50 d
	3000	41,25 ± 0,50 b	36,25 ± 0,50 c
	4000	36,25 ± 0,50 a	28,75 ± 0,50 b
	5000	33,75 ± 0,50 a	23,75 ± 0,50 a

Keterangan: Angka diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf 5%. EJJP: Ekstrak Biji Jarak Pagar; SB : Simpangan Baku.

Berdasarkan rerata persentase pembentukan larva menjaadi pupa pada

ekstrak biji jarak pagar dengan berbagai konsentrasi berkisar antara 33,75 %, - 61,25 % dapat dilihat pada tabel 6. bahwa semakin tinggi konsentrasi maka akan semakin rendah pembentukan larva menjadi pupa, mengikuti tingkat konsentrasi yang diujikan. Pada konsentrasi 5000 ppm pada ekstrak biji jarak pagar, menekan pembentukan larva menjadi pupa paling rendah sebesar 33,75 %. Pembentukan pupa yang rendah disebabkan oleh senyawa aktif yang dapat mengganggu proses metabolisme dari larva. Berdasarkan pengamatan pupa secara visual terlihat bahwa pupa yang berhasil terbentuk terjadi malformasi bentuk pupa atau bentuk pupa tidak normal seperti pupa menjadi lebih, kecil, warna pupa menjadi lebih gelap kehitaman, mengering, bentuk pupa mengerut bila dibandingkan dengan pupa normal lebih berwarna coklat terang dan bentuk normal (Gambar 7 a dan b).

Menurut Prijono (1999), selain mengakibatkan mortalitas pada larva, ekstrak pestisida nabati yang memiliki senyawa aktif bersifat racun juga mengakibatkan gangguan seperti pembentukan pupa, dan bentuk imago tidak normal. Terjadinya pembentukan larva tidak normal disebabkan oleh senyawa racun yang terdapat pada tanaman dan konsentrasi yang diberikan pada saat pengaplikasian. hal ini sesuai dengan pernyataan Aldiantus (2013), konsentrasi dan senyawa racun yang terdapat pada ekstrak tanaman dapat memberikan efek yang signifikan terhadap perkembangan dan lama waktu yang dibutuhkan larva untuk menjadi pupa dan imago. Pada ketiga perlakuan ekstrak tanaman menunjukan malformasi pada hama larva *C. pavonana* pupa berwarna coklat kehitaman, mengerut dan pipih serta ukuran pupa lebih kecil apabila dibandingkan dengan yang normal. Bentuk pupa yang tidak normal karena adanya gangguan pada proses metabolisme yang disebabkan oleh senyawa aktif yang bersifat racun yang ada pada ekstrak tersebut. Pada ekstrak biji jarak pagar mengandung senyawa aktif saponin dan Flavonoid. Menurut Siahaya (2014) bahwa senyawa saponin yang terdapat pada pakan bila dikonsumsi oleh serangga akan menurunkan aktifitas enzim pencernaan dan penyerapan makanan. Senyawa saponin juga dapat menurunkan tegangan permukaan selaput kulit larva serta dapat meningkatkan sterol bebas dalam pencernaan makanan. Sterol adalah prekursor hormon edikson sehingga dengan menurunnya persediaan sterol dapat mengakibatkan proses pergantian kulit terganggu. Menurut Yanuwadi *et al.*, (2013) bahwa senyawa flavonoid juga mampu

menghambat pertumbuhan larva terutama tiga hormon, yaitu hormon otak (*braine hormone*), edikson dan hormone pertumbuhan. Tidak berkembangnya hormone tersebut dapat mencegah pertumbuhan larva serta pergerakan larva hingga berakhir dengan mortalitas. Hormon edikson yang berperan sebagai pergantian kulit, pergantian kulit terjadi jika hormone juvenil tidak banyak dieksresikan, perlu adanya keseimbangan hormon agar terjadinya pergantian kulit.

Larva yang berhasil bertahan dan kemudian terbentuk menjadi pupa dan kemudian berhasil membentuk imago. Berdasarkan rerata persentase pembentukan pupa menjadi imago pada ekstrak biji jarak pagar dengan berbagai konsentrasi sebesar 23,75 % - 52,50 %. Dapat dilihat pada tabel 6. bahwa semakin tinggi konsentrasi yang di ujikan maka akan semakin rendah keberhasilan pupa menjadi imago. Keberhasilan pupa menjadi imago yang rendah disebabkan oleh senyawa aktif yang dapat mengganggu proses metabolisme dari pupa. Berdasarkan pengamatan imago yang muncul secara visual terlihat bahwa terdapat imago yang muncul tidak normal (malformasi) yang disebabkan terjadinya gangguan pada proses metabolisme, gejala yang tampak sebagai berikut imago berukuran kecil, sayap imago rusak imago mati, dan bentuk tubuh yang mengkerut sedangkan imago normal memiliki bentuk tubuh yang normal, dan sayap tidak cacat (Gambar 7 c dan d). Menurut hasana *et al.*, (2012) bahwa senyawa antibiosis berpengaruh buruk terhadap fisiologis serangga hama, baik bersifat sementara maupun bersifat tetap. Gejala yang mampu ditimbulkan adalah kematian pada larva, pengurangan laju pertumbuhan, peningkatan mortalitas pupa, ketidak berhasilan imago terbentuk, dan bentuk imago yang tidak normal.

4.3.2 Pengaruh Aplikasi Ekstrak Biji Mimba terhadap Pembentukan Pupa dan Kemunculan Imago *C. pavonana*

Pengaplikasian ekstrak biji mimba terdapat larva *C. pavonana* yang tidak mati, sehingga larva tersebut melanjutkan perkembangan hingga menjadi pupa dan kemudian imago. Berdasarkan hasil analisis ragam diketahui bahwa ekstrak biji mimba pada berbagai konsentrasi berpengaruh terhadap penurunan persentase keberhasilan pembentukan pupa dan imago *C. pavonana*. Semakin tinggi perlakuan konsentrasi yang diuji maka jumlah pembentukan pupa dan kemunculan imago semakin rendah. Berdasarkan pengamatan pupa dan imago yang terbentuk maka

terlihat adanya malformasi pada pupa dan imago. Rerata persentase pembentukan pupa dan kemunculan imago dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Rerata Persentase Pembentukan Pupa dan Kemunculan Imago *C. pavonana* Setelah Aplikasi Ekstrak Biji Mimba

Pestisida	Konsentrasi (ppm)	Larva menjadi Pupa \pm SB	Pupa menjadi imago \pm SB
EBM	1000	48,75 \pm 0,50 d	38,75 \pm 0,50 c
	2000	43,75 \pm 0,50 c	36,25 \pm 0,50 b
	3000	38,75 \pm 0,50 b	30 \pm 0,82 b
	4000	33,75 \pm 0,50 a	26,25 \pm 0,50 ab
	5000	31,25 \pm 0,50 a	21,25 \pm 0,50 a

Keterangan: Angka diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf 5%. EBM: Ekstrak Biji Mimba; SB : Simpangan Baku.

Berdasarkan rerata persentase pembentukan larva menjaadi pupa pada ekstrak biji mimba berkisar 31,25 % - 48,75 % dapat dilihat pada tabel 6. bahwa semakin tinggi konsentrasi maka akan semakin rendah pembentukan larva menjadi pupa, mengikuti tingkat konsentrasi yang diujikan. Pembentukan pupa yang rendah disebabkan oleh senyawa aktif yang dapat mengganggu proses metabolisme dari larva. Berdasarkan pengamatan pupa secara visual terlihat bahwa pupa yang berhasil terbentuk terjadi malformasi bentuk pupa atau bentuk pupa tidak normal seperti pupa menjadi lebih, kecil, warna pupa menjadi lebih gelap kehitaman, mengering, bentuk pupa mengerut bila dibandingkan dengan pupa normal lebih berwarna coklat terang dan bentuk normal (Gambar 7 a dan b), malformasi yang tampak pada setiap perlakuan ekstrak pestisida yang di uji menunjukkan gejala yang serupa.

Menurut Prijono (1999), selain mengakibatkan mortalitas pada larva, ekstrak pestisida nabati yang memiliki senyawa aktif bersifat racun juga mengakibatkan gangguan seperti pembentukan pupa, dan bentuk imago tidak normal. Terjadinya pembentukan larva yang tidak normal disebabkan oleh senyawa racun yang ada pada tanaman dan konsentrasi yang diberikan pada saat pengaplikasian. hal ini sesuai dengan pernyataan Aldiantus (2013), konsentrasi dan senyawa racun yang terdapat pada ekstrak tanaman dapat memberikan efek yang signifikan terhadap perkembangan dan lama waktu yang dibutuhkan larva untuk menjadi pupa dan imago. Pada ketiga perlakuan ekstrak tanaman menunjukan malformasi pada hama

larva *C. pavonana* pupa berwarna coklat kehitaman, mengkerut dan pipih serta ukuran pupa lebih kecil apabila dibandingkan dengan yang normal. Bentuk pupa yang tidak normal karena adanya gangguan pada proses metabolisme yang disebabkan oleh senyawa aktif yang bersifat racun yang ada pada ekstrak tersebut. Pada Ekstrak Biji Mimba mengandung senyawa azadirachtin yang dapat mengakibatkan mortalitas, mempengaruhi keberhasilan pembentukan pupa dan imago. Hal ini sesuai dengan Rusdy (2009), bahwa azadirachtin memiliki efek terhadap serangga berupa gangguan pada pengaturan perkembangan dan reproduksinya. Azadirachtin memiliki fungsi ecdysone blocker yang menghambat serangga untuk memproduksi dan melepas hormon dalam proses metamorfosis. Akibatnya serangga tidak dapat ganti kulit sehingga siklus hidup menjadi terganggu, menyebabkan terhalangnya stadia pupa atau persentase pupa yang muncul menjadi lebih sedikit.

Larva yang berhasil bertahan dan kemudian terbentuk menjadi pupa dan kemudian berhasil membentuk imago. Berdasarkan rerata persentase pembentukan pupa menjadi imago pada ekstrak biji mimba sebesar 21,25 % - 38,75 %. Dapat dilihat pada tabel 6. bahwa semakin tinggi konsentrasi yang di ujikan maka akan semakin rendah keberhasilan pupa menjadi imago. Keberhasilan pupa menjadi imago yang rendah disebabkan oleh senyawa aktif yang dapat mengganggu proses metabolisme dari pupa. Berdasarkan pengamatan imago yang muncul secara visual terlihat bahwa terdapat imago yang muncul tidak normal (malformasi) yang disebabkan terjadinya gangguan pada proses metabolisme, gejala yang tampak sebagai berikut imago berukuran kecil, sayap imago rusak, imago mati, dan bentuk tubuh yang mengkerut sedangkan imago normal memiliki bentuk tubuh yang normal, dan sayap tidak cacat (Gambar 7 c dan d). Menurut hasana *et al.*, (2012) bahwa senyawa antibiosis berpengaruh buruk terhadap fisiologis serangga hama, baik bersifat sementara maupun bersifat tetap. Gejala yang mampu ditimbulkan adalah kematian pada larva, pengurangan laju pertumbuhan, peningkatan mortalitas pupa, ketidak berhasilan imago terbentuk, dan bentuk imago yang tidak normal. Menurut Rusdy (2009), bahwa Azadirachtin telah diketahui dapat bekerja sebagai penghambat pertumbuhan, menghambat proses ganti kulit, mengakibatkan abnormalitas anatomi dan mematikan serangga.

4.3.3 Pengaruh Aplikasi Ekstrak Pestisida Campuran terhadap Pembentukan Pupa dan Kemunculan Imago *C. pavonana*

Pengaplikasian ekstrak pestisida campuran biji jarak pagar dan biji mimba dengan perbandingan (1:1) terdapat larva *C. pavonana* yang dapat bertahan hidup, sehingga larva tersebut melanjutkan perkembangan hingga menjadi pupa dan kemudian imago. Pengaplikasi ekstrak pestisida nabati tersebut juga mempengaruhi pembentukan pupa dan kemunculan imago. Semakin tinggi konsentrasi yang diberikan maka jumlah pembentukan pupa dan imago semakin rendah. Berdasarkan hasil analisis ragam diketahui bahwa ekstrak campuran dengan perbandingan (1:1) pada berbagai konsentrasi yang di uji berpengaruh terhadap persentase pembentukan pupa dan kemunculan imago *C. pavonana*. Rerata persentase pembentukan pupa dan kemunculan imago dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Rerata Persentase Pembentukan Pupa dan Kemunculan Imago *C. pavonana* Setelah Aplikasi Ekstrak Pestisida Campuran

Pestisida	Konsentrasi (ppm)	Larva menjadi Pupa \pm SB	Pupa menjadi imago \pm SB
EPC	1000	46.25 \pm 0,50 d	36,25 \pm 0,58 c
	2000	41.25 \pm 0,50 cd	32,50 \pm 0,50 c
	3000	36,25 \pm 0,50 c	27,50 \pm 0,58 b
	4000	27,50 \pm 1,29 b	21,25 \pm 0,50 a
	5000	21.25 \pm 0,50 a	17,50 \pm 0,58 a

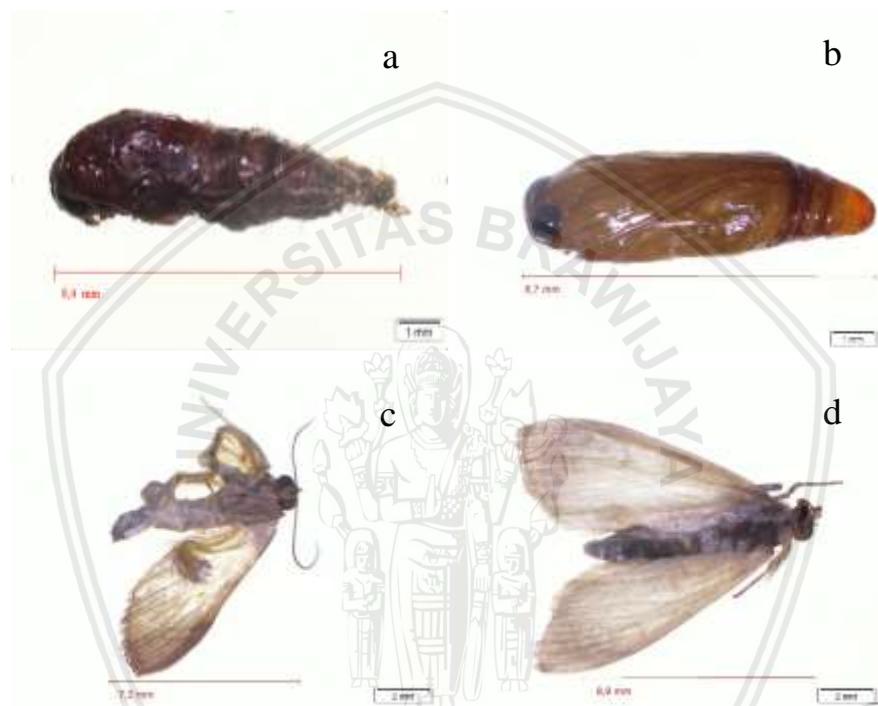
Keterangan: Angka diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf 5%. EPC: Ekstrak Pestisida Campuran Biji jarak dengan Biji Mimba perbandingan 1 : 1; ppm : *part permilion*; SB : Simpangan Baku.

Berdasarkan rerata persentase pembentukan larva menjadi pupa pada ekstrak ekstrak pestisida campuran dengan berbagai konsentrasi berkisar 21,25 % - 41,25 %, dapat dilihat pada tabel 6. bahwa semakin tinggi konsentrasi maka akan semakin rendah pembentukan larva menjadi pupa, mengikuti tingkat konsentrasi yang diujikan. Pada konsentrasi 5000 ppm pada ekstrak campuran dapat menekan pembentukan larva menjadi pupa paling rendah sebesar 21,25 %. Pembentukan pupa yang rendah disebabkan oleh senyawa aktif yang dapat mengganggu proses metabolisme dari larva. Berdasarkan pengamatan pupa secara visual terlihat bahwa pupa yang berhasil terbentuk terjadi malformasi bentuk pupa atau bentuk pupa tidak normal seperti pupa menjadi lebih kecil, warna pupa menjadi lebih gelap kehitaman, mengering, bentuk pupa mengerut bila dibandingkan dengan pupa

normal lebih berwarna coklat terang dan bentuk normal (Gambar 7 a dan b), malformasi yang tampak malformasi yang tampak pada setiap perlakuan ekstrak pestisida yang di uji menunjukkan gejala yang serupa.

Menurut Prijono (1999), selain mengakibatkan mortalitas pada larva, ekstrak pestisida nabati yang memiliki senyawa aktif bersifat racun juga mengakibatkan gangguan seperti pembentukan pupa, dan bentuk imago tidak normal. Terjadinya pembentukan larva yang tidak normal disebabkan oleh senyawa racun yang ada pada tanaman dan konsentrasi yang diberikan pada saat pengaplikasian. hal ini sesuai dengan pernyataan Aldiantus (2013), konsentrasi dan senyawa racun yang terdapat pada ekstrak tanaman dapat memberikan efek yang signifikan terhadap perkembangan dan lama waktu yang dibutuhkan larva untuk menjadi pupa dan imago. Pada ketiga perlakuan ekstrak tanaman menunjukan malformasi pada hama larva *C. pavonana* pupa berwarna coklat kehitaman, mengkerut dan pipih serta ukuran pupa lebih kecil apabila dibandingkan dengan yang normal. Bentuk pupa yang tidak normal karena adanya gangguan pada proses metabolisme yang disebabkan oleh senyawa aktif yang bersifat racun yang ada pada ekstrak tersebut. Pada ekstrak pestisida campuran terdapat senyawa racun saponin, flavonoid dan azadirachtin yang terdapat pada biji jarak pagar dan biji mimba. Senyawa racun tersebut mengakibatkan gagalnya pembentukan pupa dan kemunculan imago serta terjadinya malformasi pada pupa dan imago yang terbentuk *C. pavonana*. Menurut Siahaya (2014) bahwa senyawa saponin yang terdapat pada pakan bila dikonsumsi oleh serangga akan menurunkan aktifitas enzim pencernaan dan penyerapan makanan. Senyawa saponin juga dapat menurunkan tegangan permukaan selaput kulit larva serta dapat meningkatkan sterol bebas dalam pencernaan makanan. Sterol adalah prekursor hormon edikson sehingga dengan menurunnya persediaan sterol dapat mengakibatkan proses pergantian kulit terganggu. Menurut Yanuwadi *et al.*, (2013) bahwa senyawa flavonoid juga mampu menghambat pertumbuhan larva terutama tiga hormon, yaitu hormon otak (*braine hormone*), edikson dan hormone pertumbuhan. Tidak berkembangnya hormone tersebut dapat mencegah pertumbuhan larva serta pergerakan larva hingga berakhir dengan mortalitas. Hormon edikson yang berperan sebagai pergantian kulit, pergantian kulit terjadi jika hormone juvenil tidak banyak dieksresikan, perlu adanya keseimbangan hormon

agar terjadinya pergantian kulit. Menurut Rusdy (2009), bahwa azadirachtin memiliki efek terhadap serangga berupa gangguan pada pengaturan perkembangan dan reproduksinya. Azadirachtin memiliki fungsi ecdysone blocker yang menghambat serangga untuk memproduksi dan melepas hormon dalam proses metamorfosis. Akibatnya serangga tidak dapat ganti kulit sehingga siklus hidup menjadi terganggu, menyebabkan terhalangnya stadia pupa atau persentase pupa yang muncul menjadi lebih sedikit.



Gambar 7. Pupa dan Imago yang Terbentuk *C. pavonana* a) Pupa Abnormal, b) Pupa Normal, c) Imago Abnormal dan d) Imago Normal

Larva yang berhasil bertahan dan kemudian terbentuk menjadi pupa dan kemudian berhasil membentuk imago. Berdasarkan rerata persentase pembentukan pupa menjadi imago pada ekstrak pestisida campuran sebesar 17,5 % - 36,25 %. Dapat dilihat pada tabel 6. bahwa semakin tinggi konsentrasi yang di ujikan maka akan semakin rendah keberhasilan pupa menjadi imago. Pada konsentrasi 5000 ppm pada ekstrak campuran dapat menekan keberhasilan pupa menjadi imago paling rendah sebesar 17,50 %. Keberhasilan pupa menjadi imago yang rendah disebabkan oleh senyawa aktif yang dapat mengganggu proses metabolisme dari pupa. Berdasarkan pengamatan imago yang muncul secara visual terlihat bahwa terdapat imago yang muncul tidak normal (malformasi) yang disebabkan terjadinya

gangguan pada proses metabolisme, gejala yang tampak sebagai berikut imago berukuran kecil, sayap imago rusak imago mati, dan bentuk tubuh yang mengkerut sedangkan imago normal memiliki bentuk tubuh yang normal, dan sayap tidak cacat (Gambar 7 c dan d). Menurut hasana *et al.*, (2012) bahwa senyawa antibiosis berpengaruh buruk terhadap fisiologis serangga hama, baik bersifat sementara maupun bersifat tetap. Gejala yang mampu ditimbulkan adalah kematian pada larva, pengurangan laju pertumbuhan, peningkatan mortalitas pupa, ketidakberhasilan imago terbentuk, dan bentuk imago yang tidak normal. Menurut Rusdy (2009), bahwa Azadirachtin telah diketahui dapat bekerja sebagai penghambat pertumbuhan, menghambat proses ganti kulit, mengakibatkan abnormalitas anatomi dan mematikan serangga.

4.4 Sifat Interaksi Campuran Ekstrak Biji Mimba dan Biji Jarak pagar

Berdasarkan hasil analisis probit LC_{50} ekstrak biji Jarak pagar, Biji Mimba dan kombinasi kedua ekstrak yang diperoleh, maka dapat ditentukan nilai nisbah sinergistik yang akan menentukan sifat interaksi yang ditimbulkan akibat pencampuran dua ekstrak pestisida yang berbeda. Dimana akan membandingkan antara ekstrak tunggal dengan ekstrak kombinasi. Nilai LC_{50} ekstrak biji jarak pagar sebesar 3.937 ppm, ekstrak biji mimba 3.179 ppm dan campuran kedua ekstrak sebesar 2.276 ppm. Dari nilai LC_{50} tersebut dapat dikatakan bahwa ekstrak Campuran lebih toksik jika dibandingkan dengan ekstrak tunggal terhadap *C. pavonana*. Untuk mengetahui sifat interaksi dari campuran ekstrak biji jarak pagar dan biji mimba dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Sifat Interaksi Campuran Ekstrak Biji Jarak Pagar dan Ekstrak Biji Mimba terhadap *C. pavonana*

Perlakuan	Nisbah Sinergistik	Sifat Interaksi
EBJP dengan EPC	1,73	Sinergistik
EBM dengan EPC	1,39	Sinergistik

Berdasarkan peningkatan nilai toksisitas LC_{50} ekstrak campuran maka dapat dilakukan perhitungan Nisbah sinergistik pada nilai LC_{50} . Pada perhitungan nisbah sinergistik pengaruh EBJP tunggal terhadap ekstrak campuran menunjukan nilai sebesar 1,73 dan menunjukan sifat interaksi sinergistik. Hasil tersebut menunjukan bahwa campuran kedua insektisida tersebut lebih efektif sebesar 1,73 kali lipat bila

dibandingkan dengan pengaplikasian EBJP tunggal. Pengaruh EBM terhadap ekstrak pestisida campuran menunjukan nilai sebesar 1,39 dan menunjukan sifat interaksi sinergistik. Hasil tersebut menunjukan bahwa campuran kedua insektisida tersebut lebih efektif sebesar 1,39 kali lipat bila dibandingkan dengan pengaplikasian EBM tunggal. Menurut Lestari (2014), senyawa aktif yang berbeda-beda yang terdapat pada tanaman yang berbeda pula dapat meningkatkan toksisitas senyawa racun dan toksisitas suatu insektisida dapat meningkat apabila adanya penambahan senyawa lain ditambahkan dan senyawa saling mendukung. Seperti Menurut Rijai (2006), sifat saponin yang sangat polar dengan air diduga menyebabkan campuran antara azadirachtin dan saponin efektif mengendalikan *A. gossypii*.

Menurut Abizar (2010), bahwa penggunaan campuran insektisida nabati yang bersifat sinergistik dapat meningkatkan efisiensi aplikasi karena insektisida campuran digunakan pada dosis yang lebih rendah dibandingkan dengan dosis insektisida tunggal. Penggunaan campuran insektisida nabati yang bersifat sinergistik dapat mengurangi jumlah pemakaian bahan baku dibandingkan dengan insektisida nabati ekstrak tunggal, sehingga dapat mengatasi keterbatasan bahan baku di tingkat petani, karena tumbuhan sumber insektisida nabati tidak selalu terdapat melimpah disuatu daerah. Penggunaan insektisida nabati campuran pada dosis yang lebih rendah juga dapat mengurangi dampak terhadap organisme bukan sasaran. Selain itu, penggunaan campuran insektisida nabati yang komponennya memiliki cara kerja berbeda dapat menunda terjadinya resistensi hama.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Ekstrak biji jarak pagar, biji mimba, dan campuran keduanya dengan perbandingan 1:1 setiap konsentrasi berpengaruh terhadap mortalitas *C. pavonana*. Tingkat toksisitas dari pestisida menunjukkan nilai LC_{50} berurutan yaitu pada konsentrasi 3.937 ppm, 3.179 ppm, dan 2.276 ppm dan nilai LT_{50} ekstrak insektisida secara berurutan ialah 102,62 jam setelah aplikasi, 109,52 jam setelah aplikasi, dan 112,02 jam setelah aplikasi. Pemberian ekstrak pestisida tersebut juga dapat menghambat pembentukan pupa berurutan sebesar 33,75 % - 61,25 %, 31,25 % - 48,75% dan 21,25 % - 41,25 % dan kemunculan imago sebesar 23,75 % - 52,5 %, 21,25 % - 38,75 % dan 17,5 % - 36,25 % . Sifat interaksi antara pestisida tunggal dengan campuran yaitu sinergis yang dapat meningkatkan toksisitas sedikit lebih baik dari pestisida tunggal.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh lain dari ekstrak pestisida biji jarak pagar, biji mimba dan kombinasinya terhadap hama *C. pavonana* seperti jumlah pupa dan imago abnormal yang berhasil terbentuk, daya reproduksi, efek repelensi, dan penurunan aktivitas makan. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada pestisida campuran dengan perbandingan yang berbeda untuk menentukan ekstrak tanaman yang paling berperan dalam meningkatkan daya racun dan mortalitas dari larva *C. pavonana*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abizar, M. dan D. Prijono. 2010. Aktivitas Insektisida Ekstrak Daun dan Biji *Tephrosia vogelii* J.D. Hooker (leguminosae) dan Ekstrak Buah *Piper cubeba* L. (Piperaceae) terhadap Larva *Crocidolomia pavonana* (F.) (Lepidoptera : Crambidae). J. HPT Trop. 10(1): 1-12.
- Adi, D. dan Nurindah, 2009. Peran Insektisida Botani Ekstrk Biji Mimba untuk Konservasi Musuh Alami dalam pengelolaan serangga Hama Kapas. J. Entom. Indon. 6(1): 42-52.
- Alindatus N., dan K. Indah. 2013. Pengaruh Ekstrak Daun Bintaro (*Cerbera odollam*) terhadap Perkembangan Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.). J. Sains. 2(2): 2377-3520.
- Ameriana, M. 2008. Perilaku Petani Sayuran dalam Menggunakan Pestisida Kimia. J. Hort. 18(1): 95-106.
- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. 2014. Statistik 2014. Jakarta.
- Badjo, R.C.S, Rante E.R.M, Meray B.H, Assa, dan Dien M.F. 2015. Serangan Hama Ulat Krop (*Crocidolomia Pavonana*) Pada Tanaman Kubis (*Brassica oleracea* Var. *capitata* L.) di Kelurahan Kakaskasen II, Kecamatan Tomohon Utara, Kota Tomohon. In COCOS 6(14): 4-8.
- Brodjonegoro, T.P., I.K. Reksowardjojo, dan T. H. Soerawidjaja. 2006. Jarak Pagar, Sang Primadona. Diunduh dari <http://gerbangkota.multiply.com/rivIEWS/item/9>. pada 22 September 2008
- Dadang, K., dan Oshawa. 2000. Penghambat Aktivitas makan hama *Plutilla xylostella* (L.) diperlakukan Ekstrak Biji *Switenia maghoni* Jacq. Bull. HPT 12:27-32.
- Dadang dan Prijono D. 1999. Bahan Pelatihan Pengembangan dan Pemanfaatan Insektisida Alami. Pusat Kajian Pengendalian Hama Terpadu. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Dadang, dan Prijono D. 2008. Insektisida Nabati: Prinsip, Pemanfaatan, dan Pengembangan. Bogor (ID): Departemen Proteksi Tanaman. Institut Pertanian Bogor: Bogor
- Dumeva, Agustiani. 20016. Pengaruh Ekstrak Batang Brotowoli (*Tinospora crispa*) terhadap Kematian Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. J. Biota 2(2).
- Dwi, Hindun. 2015. Status Resistensi Hama Ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) Asal Karangploso Malang terhadap Insektisida Sintetik Profenofos. Universitas Jember: Jember.
- Duriat, A.S. 2008. Pengaruh Ekstrak Nabati dalam Menginduksi Ketahanan Tanaman Cabai terhadap Vector dan Penyakit Kuning Keriting. J. Hort. 18(4):446-456.
- Ervinatun, W. 2017. Uji Efikasi Ekstrak daun Mimba, Daun Mengkudu dan Babadotan Terhadap Mortalitas Larva *Crosidolomia binotalis* Zell. di Laboratorium. Universitas Lampung: Lampung.
- Fauzi, A., dan S. Oemry. 2014. Uji Efektivitas Insektisida Nabati terhadap Mortalitas *Leptocorisa acuta* Thunberg. (Hemiptera:Alydidae) pada Tanaman Padi (*Oryza sativa*) di Rumah Kaca. J. Agrotek. 2(3): 1075-1080.
- Handayani, P.A dan Heti N. 2014. Ekstraksi Minyak Asitri Daun zodia (*Evodia suaveoolens*) dengan metode Mnserasi dan Distalasi Air. J. Bahan Alam Terbarukan 3(1): 1-8.

- Hamilton, J.T., dan Attia, F.I. 1997. 'Effect of Mixtures of *Bacillus thuringiensis* and Pesticide *Xylostella* and the parasite *Thyracella collaris*'. J. Econ Entomo. 70(1).
- Hasana, H., dan A. Fardhisa. 2012. Pengaruh Ekstrak Rimpang Jeringau (*Acorus calamus* L.) terhadap Mortalitas Ulat Grayak *Spodoptera litura*. J. Floratek 7: 115-124.
- Hariyadi. 2005. Budidaya Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) sebagai Sumber Bahan Alternatif Biofuel. Pengajar Departemen Budidaya Fakultas Pertanian, IPB : Bogor
- Herminanto, 2006. Pengendalian Hama Kubis *Crociodolomia pavonana* F. Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Jeruk. J. Pembang. Pedesaan 6(3): 166-174.
- Hidayatai, N.L.D dan Tita, N. 2013. Penelusuran Potensi Antifertilasi Buah Takokak (*Solanum torvum* Swartz) Melalui Skrining Fitokimia dan Pengaruhnya Terhadap Siklus estrus Tikus Putih (*Rattus norvegicus*). J. Kesehatan Bakti Tunas Husada 11(1): 94-103.
- Iswantini, D., dan A. Riyadhi. 2011. Potensi Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) sebagai Larvasida Hayati pencegah Penyakit Demam Berdarah. J. Ilmu pertanian Indonesia. 16(1): 7-13.
- Kardinan, A. 2003. Mimba (*Azadirachta Indica* A. Juss) Tanaman Multi Manfaat. Perkembangan Teknologi Trop. 15(1).
- Karnain, R. 2012. Pengendalian Hama Ulat Krop *Crociodolomia Binotalis* Zell. pada Tanaman Kubis (*brassica Oleracea* L.) dengan Agen Hayati. Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Kalshoven.1981. *The Pests Of Crops in Indonesia*. Revised and translated by P.A. Van der Laan. P.T. Icthiar baru Van Hoeve. Jakarta.701 pp.
- Lee, Kyeong-Yeoll., Lynn, O.M., Song, W.G., Shim, J.K., & Kim, J.E. 2010. Effects of Azadirachtin and Neem-based Formulations for the Control of Sweetpotato Whitefly and Root-knot Nematode. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 53(5), 598-604.
- Lestari F., dan W. Darwiati. 2014. Uji Efektivitas Ekstrak Daun dan Biji dari Tanaman Suren, Mimba, dan Sirsak terhadap Mortalitas Hama Ulat Gaharu. J. Penelitian Tanaman Hutan. 11(3): 165-171.
- Liani, B., T. Sri, dan E. Agustina. 2018. Uji efektivitas Ekstrak Kasar Daun Mimba terhadap Mortalitas Ulat Grayak *Spodoptera litura* F. di Laboratorium. J. Agria. (2): 346-352.
- Lin, J., X. Zhou, J. Wang, P. Jiang, and K. Tang. 2010. Purification and characterization of curcin, a toxic lectin from the seed of *Jatropha curcas*. Preparative Biochemistry and Biotechnology Fudan University.P. R. China. 40 (2): 107-118.
- Manurung, R. 2005. Straight jatropha Oil: Promising Green fuel, *Jatropha Oil*. 46:25.
- Martha, L., dan M. Sudarmaja. 2018. Efektivitas Ekstrak Etanol Daun Mimba (*Azadirachta indica*) terhadap kematian Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. E-J. Medika. 7(1): 6-9
- Marwoto, dan S.W. Indiati. 2008. Insektisida Nabati. Bull. Palawija 14(15): 9–14.
- Marwoto dan Suharsono. 2008. Strategi dan Komponen Teknologi Pengendalian Ulat Grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada Tanaman Kedelai. J. Litbang

- Pertanian. 27 (4).
- Munarso, S.J., S.E. Yusniarti, S.T. Suyati, dan A. Budiharto. 2012. Pestisida nabati. Kementerian Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian PUSLITBANG Perkebunan: Bogor.
- Neuberger-Cywiak, L., Y. Achituv dan E.M.Gracia. 2003. Effects of Zinc and Cadmium on the Burrowing Behavior, LC₅₀ and LT₅₀ on *Donax trunculus* Linnaeus (Bivalvia-donaciade). Bull. Environ. Contam. Toxicol.70:713-722.
- Pebriyansa, R., N. Yasin, dan H. Sudarsono. 2016. Toksisitas Ekstrak Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) terhadap Ulat Krop Kubis (*Crocidolomia pavonana* F.) J. Agrotek Trop. 4(3): 211-216.
- Prijono, D., dan E. Hassana. 1992. Life Cycle and Demography of *Crocidolomia pavonana* Zell. (Lepidoptera: Pyralidae) on Broccoli in the Laboratory. J Trop Agric. 4(1): 18-24.
- Prijono, D. 1999. Prospek dan Strategi Pemanfaatan Insektisida Alami Dalam PHT. Bahan Pelatihan Pengembangan dan Pemanfaatan Insektisida Alami. Pusat Kajian PHT, Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Prijono, D. dan Yuswanti L. 2004. Pengaruh campuran Ekstrak *Aglaia harmsiana* Perkins dan *Dysoxylum acutangalum* Miq. (Meliaceae) terhadap Mortalitas dan Oviposisi *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae).
- Purba, S. 2007. Uji Efektivitas Ekstrak Daun Mengkudu (*Morinda citrifolia*) Terhadap *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera : Plutellidae) di Laboratorium. Skripsi. Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Rusdy, A. 2009. Efektivitas Ekstrak Nimba Dalam Pengendalian Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.) pada Tanaman Selada. J. Floratek 4: 41 – 54. Fakultas Pertanian Unsyiah, Darussalam Banda Aceh.
- Safirah, R., dan N. widodo. 2016. Uji Efektivitas Insektisida Nabati Buah *Crescentia cujete* dan Bunga *Syzygium aromaticum* terhadap Mortalitas *Spodoptera litura* secara In Vitro sebagai Sumber Bejar Biologi. J. Pendidikan Biol. 2(3): 265-276.
- Sastrosiswijo, S., S. Tinny, Uhan, dan Rachmat. 2000. Penerapan teknologi PHT pada tanaman kubis. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Lembang: Bandung.
- Sayuthi, M., H. Hasana, dan S. Jannah. 2015. Ekstrak Daun Pepaya dan Biji jarak Kepyar Berpotensi sebagai insektisida terhadap Hama *Crocidolmia pavonana* (Lepidoptera: Pyralidae) pada tanaman Brokoli. J. Biol. Edukasi. 6(2): 78-82.
- Setiawati, W., M. Rini, G. Neni, dan R. Tati. 2018. Tumbuhan Bahan Pestisida Nabati dan Cara Pembuatannya untuk pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Balai Penelitian Tanaman Sayuran: Bandung.
- Siahaya, V.G., dan R.Y. Rumthe. 2014. Uji Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya*) terhadap *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). J. Agrologia. 3(2): 75-131
- Surahma, E., dan D. Prijono. 2002. Gangguan Biologi pada *Crocidolomia pavonana* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae) Akibat perlakuan ekstrak biji *Aglaia Odoratissima Blume* (Meliaceae). J. HPT Tropika. 2 (2); 35-41.
- Syahputra dan Endarto. (2012). Aktivitas Insektisida ekstrak tumbuhan terhadap *Diaphorina citri* dan *Toxoptera citricidus* serta pengaruhnya terhadap tanaman dan predator. J. Ilmu Hayati dan Fisik. 14(3), 207–214.
- Syahroni, Y., dan D. Prijono. 2013. Aktivitas Insektisida Ekstrak Buah *Piper adacum* L. (Piperaceae) dan *Sapindus rarak* DC (Sapindaceae). serta

- Campurannya terhadap Larva *Crocidolomia pavonana* (F.) (Lepidoptera: Crambidae). J. Entomol Indon. 10(1):39-50.
- Syakir, M. 2011. Status Penelitian Pestisida Nabati Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Perkebunan. Semnas Pesnab IV. Jakarta.
- Tohir, A.M. 2010. Teknik Ekstraksi dan Aplikasi Beberapa Pestisida Nabati untuk Menurunkan Piatibilitas Ulat Grayak (*Spodoptera litura* fabr.) di Laboratorium. Buletin Teknik Pertanian Bogor. 15:37-40.
- Tukimin, D. Soetopo dan E. Karmawati. 2008. Toksisitas Minyak Tiga Akses (*Jatropha curcas* L.) Terhadap *Helicoverpa armigera* Hubner. Prosiding Loka Karya Nasional jarak Pagar IV. Puslitbang Bogor: Bogor.
- Tukimin, D. Soetopo dan E. Karmawati. 2010. Pengaruh Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) terhadap Mortalitas, Berat Pupa, dan Penularan Hama Jarak Kepyar *Achaea janata* L. J. Penelitian Tanaman Industri 16(4): 159-164.
- Widiana, R. dan A.L. Zeswita. 2012. Kepadatan Populasi Ulat Krop (*Crocidolomia pavonana* F.) pada Tanaman Kubis (*Brassica oleracea* L.) di Kenagarian Alahan Panjang Kecamatan Lembah Gumati Kabupaten Solok. J. Ekotrans 12: 1411-4615.
- Widyawati, A. 2012. Kepekaan Larva *Crocidolomia pavonana* Asal Cianjur, Jawa Barat, Terhadap Tiga Jenis Insektisida. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Winarto, Siswanto, dan I.M. Trisawa. 2013. Perkembangan Penelitian, Formulasi, dan Pemanfaatan Pestisida Nabati. J. Litbang Pertanian. 32 (4): 150-155.
- Yanuwiadi, B., dan A. Setyo. 2013. Potensi Ekstrak Sirsak, Biji Sirsak dan Biji Mahoni untuk Pengendalian Ulat Grayak (*Spodoptera litura* L.). J. Natural Biologi. 2(1):1-6.
- Yulianti, N. 2018. Pengaruh Lama Penyimpanan Formulasi EC Campuran *Piper aduncum* dan *Tephrosia vogelii* Terhadap Larva *Crocidolomia pavonana* Fabricius (Lepidoptera: Crambidae). Fakultas Pertanian Universitas Andalas: Padang.
- Yunia, N. 2006. Aktivitas Insektisida Campuran Ekstrak Empat Jenis Tumbuhan Terhadap Larva *Crocidolomia Pavonana* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae). Institut Pertanian Bogor: Bogor.