

**LAPORAN AKHIR
DANA PNBP FAKULTAS PERTANIAN**



**PENGUJIAN EKSTRAK SEDERHANA CAMPURAN *Piper aduncum* DAN
Tephrosia vogelii TERHADAP HAMA KUBIS *Crocidolomia pavonana* DAN
KEAMANANNYA TERHADAP PARASITOID *Diadeghma semiclausum***

PENGUSUL:

**Dr. Ir. Arneti, MSi (0004056213)
Dr. Eka Candra Lina, SP, MSi (0011017605)
Dr. Ir. Hidrayani, MSc (0027026101)
Afriyanita (1410212102)**

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2017**

1.1. Judul: Pengujian Ekstrak Sederhana Campuran *Piper aduncum* Dan *Tephrosia vogelii* Terhadap Hama Kubis *Crocotolomia pavonana* Dan Keamanannya Terhadap Parasitoid *Diadegma semiclausum*

1.2. Ketua Peneliti:

Nama Lengkap	Dr. Ir. Arneti, MSi
Bidang Keahlian	Hama Tumbuhan, Pestisida Nabati
Jabatan	Pembina Tk I
Unit Kerja	Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fak Pertanian, Unand Kampus Limau Manis Padang
Alamat Surat	Komplek Unand Blok DII/01/16 Ulu Gadut Padang
Telepon	081374406061
Faksimili	(0751) 72893
E-mail	arneti_astri@yahoo.com

1.3. Anggota Peneliti:

Dr. Eka Candra Lina, SP. MSi	: Universitas Andalas-Padang
Dr. Ir. Hidrayani, MSc	: Universitas Andalas-Padang
Afriyanita	: Universitas Andalas-Padang

BAB 1 PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanaman *Piper aduncum* (Piperaceae) dan *Tephrosia vogelii* (Leguminosae) diketahui memiliki potensi insektisida yang dapat digunakan sebagai alternatif pengendalian hama. Hasyim (2011) melaporkan bahwa komponen utama dalam fraksi aktif dari ekstrak n-heksana buah *P. aduncum* adalah dilapiol dengan area puncak pada kromatogram berdasarkan analisis dengan kromatografi gas sebesar 68.8%. Lina *et al.* (2014) meneliti kandungan dilapiol ekstrak kasar etil asetat *P. aduncum* sebesar 75% dan kandungan dilapiol ekstrak hasil distilasi 79%. Selain bersifat insektisida, dilapiol yang diisolasi dari minyak atsiri daun *P. aduncum* juga bersifat anticendawan dan antibakteri (Parmar *et al.* 1998; Kato dan Furlan, 2007). Senyawa dilapiol diketahui memiliki gugus metilendioksifenil (MDF) yang merupakan ciri penting berbagai senyawa yang bersifat sebagai sinergis insektisida (Metcalf 1967; Bernard *et al.* 1990; Scott *et al.* 2007). Senyawa yang memiliki gugus MDF dapat menghambat aktivitas enzim polisubstrat monooksigenase (PSMO) seperti sitokrom b5 dan sitokrom P450 yang berperan dalam menurunkan daya racun senyawa atau metabolit toksik di dalam tubuh. Terhambatnya enzim PSMO dapat mengakibatkan penumpukan senyawa atau metabolit toksik di dalam tubuh serangga yang akhirnya dapat mengakibatkan kematian (Bernard *et al.* 1995).

T. vogelii dikenal sebagai racun ikan dan sering digunakan untuk mengendalikan hama sejak tahun 1848 (Gaskins *et al.* 1972; Matsumura 1985). Daun *T. vogelii* diketahui mengandung senyawa kelompok isoflavonoid seperti rotenon dan senyawa rotenoid lain yang bersifat insektisida, yaitu deguelin dan tefrosin (Delfel *et al.* 1970; Gaskins *et al.* 1972; Lambert *et al.* 1993). Rotenon bersifat insektisida yang kuat terhadap berbagai jenis serangga, bekerja sebagai racun perut dan racun kontak (Perry *et al.*, 1998; Djojsumarto 2008), pada tingkat sel, rotenon menghambat transfer elektron antara NADH dehidrogenase dan koenzim Q pada kompleks I dari rantai transpor elektron di dalam mitokondria (Hollingworth 2001). Abizar dan Prijono (2010) melaporkan bahwa *T. vogelii* berbunga ungu memiliki aktivitas insektisida yang kuat terhadap larva *C.*

pavonana instar II dengan LC_{50} dan LC_{95} pada 72 jam setelah perlakuan masing-masing 0.091% dan 0.273%. Ekstrak etil asetat daun selain mengakibatkan kematian juga menghambat perkembangan larva *C. pavonana*.

Salah satu kendala dalam pemanfaatan tanaman sebagai sumber insektisida nabati di lapangan antara lain keterbatasan bahan baku sumber ekstrak. Solusi yang tepat dapat meminimalisasi masalah tersebut dengan tetap mengedepankan kelestarian lingkungan. Salah satunya adalah metode pencampuran ekstrak dari beberapa jenis tanaman. Penggunaan insektisida dalam bentuk campuran sering disarankan untuk menunda timbulnya resistensi hama terhadap insektisida tertentu, mengendalikan beberapa jenis hama sekaligus, meningkatkan efisiensi aplikasi karena insektisida campuran digunakan pada dosis yang lebih rendah dibandingkan dengan dosis masing-masing komponennya secara terpisah, dan dapat mengurangi pengaruh samping terhadap organisme bukan sasaran dan lingkungan (Priyono 2002).

Lina *et al.* (2014) melakukan pengembangan formulasi campuran *T. vogelii* dan *P. aduncum* sebagai insektisida nabati untuk pengendalian hama kubis *C. pavonana*. Hasil penelitian menunjukkan hasil yang sangat baik pada pengujian laboratorium dan lapangan. Formulasi EC (*emulsifiable concentrate*) dan WP (*wettable powder*) mampu menekan populasi hama *C. pavonana* di lapangan dengan nilai keefektifan formulasi berturut-turut 80.16% dan 96.73% dibandingkan dengan kontrol. Hal ini lebih baik dibandingkan insektisida kimia dari kelompok deltametrin yang menekan populasi hama *C. pavonana* sebesar 70.25% di bandingkan dengan kontrol.

Dalam upaya memenuhi ketersediaan insektisida nabati dalam bentuk formulasi diperlukan produksi pada skala industri. Produksi secara masal membutuhkan perencanaan yang matang, analisa usaha yang baik, dan modal yang cukup besar juga. Hal lain yang dapat dilakukan agar hasil penelitian dapat dimanfaatkan oleh petani secara langsung adalah melalui transfer teknologi yang bersifat aplikatif bagi petani. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian yang menyeluruh mengenai ekstrak air campuran *P. aduncum* dan *T. vogelii* untuk mengendalikan hama utama kubis lainnya yaitu *C. pavonana*.

Ketersediaan bahan tumbuhan sangat penting dalam pengembangan insektisida nabati. Daun *T.vogelii* dan buah *P. aduncum* tersedia sepanjang tahun. Selain memiliki sifat insektisida, tanaman ini juga memiliki fungsi lain yaitu daun *P. aduncum* sering dimanfaatkan sebagai pakan ternak (Heyne 1987), sedangkan tanaman *T. vogelii* digunakan sebagai penyubur tanah karena dapat meningkatkan organisme tanah dan kadar nitrogen tanah (Sileshi *et al.* 2008). Petani dapat menanam tanaman ini sebagai tanaman pinggir atau tanaman pelindung yang memberi manfaat berupa sumber insektisida nabati sekaligus sebagai pakan ternak dan pupuk.

B. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui teknik penyediaan ekstrak campuran *T. vogelii* dan *P. aduncum* guna aplikasi praktis ditingkat petani, mengetahui konsentrasi campuran yang efektif mematikan hama *C. pavonana*, menguji keamanan ekstrak campuran terhadap tanaman brokoli, selain itu untuk mengetahui keamanannya terhadap parasitoid *D semiclausum*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. *Piper aduncum* L. (Piperaceae)

Harborne *et al.* (1999) menjelaskan bahwa senyawa aromatik di alam yang mengandung cincin karboaromatik seperti benzena, naftalena, antrasena, dapat tersubstitusi oleh satu atau lebih gugus hidroksil sehingga berubah menjadi senyawa fenol. Senyawa fenol pada tumbuhan tingkat tinggi memiliki kerangka C yaitu cincin benzena (C₆) akan terikat pada ujung rantai karbon propana menghasilkan fenil propanoid, proses ini terjadi dalam jalur sikimat.

Senyawa golongan fenil propanoid banyak ditemukan pada tumbuhan famili Piperaceae. Famili Piperaceae memiliki kurang lebih 1000 spesies (Scott *et al.* 2007). Tanaman ini terdiri dari herba, semak, pohon kecil, dan tumbuhan merambat yang tersebar luas di daerah beriklim sub-tropis dan tropis. Tanaman ini masuk ke Indonesia sekitar tahun 1860-an, dan menyebar dengan cepat ke seluruh daerah dan sering disebut sereh hutan atau seserehan. Daun tanaman ini banyak digunakan sebagai obat tradisional yaitu sebagai obat luka, diuretik, dan antiinflamasi karena bersifat anti jamur dan antibakteri, bahkan di daerah Jawa Barat daunnya digunakan sebagai pakan ternak (Heyne 1987).

Senyawa sekunder tanaman yang ditemukan pada Piperaceae atau disebut piperamid bekerja sebagai insektisida (Miyakado *et al.*, 1989). Piperamid diketahui sebagai neurotoksin atau racun syaraf pada serangga, berdampak pada ketersediaan sodium seperti pada pyretroid dimana toksin menyebabkan saluran sodium pada membran akson tidak dapat menutup, akibatnya ion sodium terus menerus melewati membran dan menyebabkan kejang pada serangga (Perry *et al.* 1998). Ekstrak kasar *P. aduncum* pada 100 µg/mL mematikan 100% larva nyamuk. Selain itu pengujian ekstrak kasar pada 0.4% pada pakan dapat menghambat pertumbuhan *European corn borer* (ECB) *Ostrinia nubilalis* hingga lebih dari 80%. Ekstrak daun *P. aduncum* (0.4%) menghambat asimilasi makanan larva *Ostrinia nubilalis* instar 2. Konsumsi larva (CI) yang tidak terganggu menunjukkan penghambatan makan yang rendah bahkan cenderung meningkatkan konsumsi makan 3 sampai 8 kali lebih tinggi dibanding kontrol. Pencernaan (AD) serangga juga tidak terlalu terpengaruh oleh ekstrak allelokimia Nilai ECD menurun,

menunjukkan toksisitas komponen makanan yang dicerna (Bernard *et al.* 1995). Silva *et al.* (2009) melaporkan, LC₅₀ ekstrak heksana *P. aduncum* menyebabkan mortalitas larva *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acarina: Ixodidae) dan mereduksi reproduksi dari 12.48% hingga 54.22% imago betina. Identifikasi senyawa utama yang terkandung dalam *P. aduncum* diketahui sebagai dilapiol. Jantan *et al.* (1994) mendapatkan senyawa dilapiol sebanyak 64% dalam minyak *P. aduncum* yang berasal dari Malaysia. Sedangkan Almeida *et al.* (2009) memperoleh senyawa dilapiol sebanyak 35-90% dari *P. aduncum* yang dikoleksi dari Amazon Brazilia.

P. aduncum juga menunjukkan struktur yang menghambat enzim detoksifikasi (Bernard *et al.* 1989). Penghambatan disebabkan oleh adanya senyawa lignan yang mengandung gugus metilendioksifenil. Dilapiol juga memiliki gugus metilendioksifenil dalam strukturnya yang merupakan ciri berbagai senyawa sinergis yang dapat menghambat aktivitas enzim sitokrom P450 (Metcalf 1967; Perry *et al.* 1998). Enzim sitokrom P450 merupakan enzim pengurai senyawa asing atau penurun daya racun. Bernard *et al.* (1990) melaporkan bahwa dilapiol yang berasal dari *P. aduncum* dapat menghambat aktivitas enzim sitokrom P450 dalam sediaan mikrosom dari sel-sel saluran pencernaan larva penggerek batang jagung *O. nubilalis*. Oleh karena itu, ekstrak *P. aduncum* yang mengandung dilapiol berpotensi sinergis bila dicampurkan dengan ekstrak tumbuhan lain. Karena selain bersifat racun juga menghambat aktivitas sitokrom P450. Lebih detail mengenai mekanisme penghambatan yang terjadi dijelaskan oleh Kranthi (2005), piperine yang berasal dari tanaman family Piperaceae menginduksi fase 1 (sitokrom b5, sitokrom P450) dan fase 2 (glutathione S-transferase GST, asam sulfohidril, melondialdehid MDA) level enzim PSMO. Ekstrak etanol piper meningkatkan regulasi gen sitokrom P450 yaitu Cyp6a8, Cyp9b2, Cyp12d1, Cyp6d4, Cyp6d5 dan Cyp6w1 bersamaan dengan glutathione S-transferase S1 dan glutathione S-transferase E7. Peningkatan regulasi gen Cyp konsisten dengan efek bifasik komponen yang mengandung MDP yaitu penghambatan gen Cyp diikuti dengan induksi gen tersebut (Jensen *et al.* 2006a). Penghambatan terhadap gen yang diekspresikan kemudian ada kenaikan itu

menunjukkan adanya stress dan respon spesifik terhadap toksin (Jensen *et al.*, 2006b).

P. aduncum tumbuh subur di Indonesia dan mudah dikembang biakkan melalui stek. Februlita (2013) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa daun dan buah *P. aduncum* dari 10 lokasi berbeda di Provinsi Riau, memiliki aktivitas insektisida dan efek *antifeedant* terhadap hama *C. pavonana*.

B. *Tephrosia vogelii* J. D. Hooker (Leguminosae)

T. vogelii atau lebih dikenal dengan kacang babi merupakan tumbuhan asli Afrika. Tanaman ini tumbuh tegak dengan tinggi mencapai 2-3 m, dan daunnya berwarna hijau bermanfaat untuk pupuk hijau. Bunganya berwarna ungu, merah, dan putih. Perbanyak tanaman kacang babi dapat dilakukan dengan biji. Daun kacang babi telah dimanfaatkan sebagai racun ikan, insektisida, dan naungan persemaian tanaman kopi. Tanaman ini juga diketahui mampu meningkatkan mikrofauna tanah (Gaskins *et al.* 1972; Heyne 1987; Sileshi *et al.* 2008).

T. vogelii memiliki komponen utama rotenon yang termasuk kelompok senyawa isoflavonoid atau disebut juga flavonoid yang abnormal. *T. vogelii* telah banyak diteliti sifat insektisidanya terhadap berbagai jenis hama. Serbuk daun *T. vogelii* pada biji kacang tanah dengan perbandingan 1:40 (w/w) dapat menyebabkan kematian kumbang *Caryedon serratus* (Coleoptera: Bruchidae) sebesar 98.8%. Perlakuan serbuk dapat menyebabkan imago betina gagal menghasilkan telur (Delobel dan Malonga 1987). Boeke *et al.* (2004) melaporkan bahwa ekstrak *T. vogelii* dapat digunakan sebagai repelen terhadap kumbang *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) dan serbuk daunnya menyebabkan imago mati sebelum meletakkan telur dan telur yang sudah diletakkan tidak berkembang menjadi imago.

T. vogelii diketahui bersifat racun terhadap berbagai jenis serangga pemakan daun (Prakash dan Rao 1997). Ekstrak kloroform *T. vogelii* dinyatakan aktif terhadap larva *P. xylostella* dengan LD₅₀ 11.0 mg/g (Morallo-Rejesus 1986). Wulan (2008) melaporkan pengujian dengan metode residu pada daun, fraksi yang aktif terhadap larva *Crocidolomia pavonana* adalah fraksi n-heksana, fraksi etil asetat, dan ekstrak metanol dengan LC₅₀ berturut-turut 0.14%, 0.45%, dan 0.30%, sedangkan dengan metode kontak fraksi yang aktif hanya fraksi n-heksana

dengan LC₅₀ sebesar 1,1%. Abizar dan Prijono (2010) mencatat bahwa ekstrak etil asetat daun *T. vogelii* berbunga ungu memiliki aktivitas insektisida yang kuat terhadap larva instar II *C. pavonana* (LC₅₀ dan LC₉₅ pada 72 JSP masing-masing 0.091% dan 0.273%). Selain mengakibatkan kematian, fraksi atau ekstrak yang aktif juga berpengaruh terhadap perkembangan larva dan fraksi n-heksana juga memiliki efek *antifeedant*.

Bahan aktif yang terkandung dalam *T. vogelii* adalah rotenon dan senyawa rotenoid lain yang bersifat insektisida, seperti deguelin dan tefrosin (Delfel *et al.*, 1970; Gaskins *et al.* 1972; Lambert *et al.* 1993). Rotenoid terdapat pada seluruh bagian tanaman *T. vogelii*, namun kandungan tertinggi terdapat pada bagian daun dan yang terendah pada bagian akar (Delfel *et al.* 1970). Kandungan rotenoid semakin meningkat seiring dengan perkembangan tanaman (Hagemann *et al.*, 1972). Hal ini sangat menguntungkan untuk budidaya tanaman sebagai sumber ekstrak. Pemanfaatan daun tidak mematikan tanaman bahkan proses panen dapat merangsang tumbuh tunas muda berikutnya.

Rotenon merupakan salah satu senyawa insektisida nabati penting dan sering digunakan untuk mengendalikan hama sejak tahun 1848. Sumber rotenon yang banyak digunakan pada masa itu berasal dari akar tuba (*Derris elliptica*) sebelum akhirnya tergeser oleh insektisida sintetik (Matsumura, 1985). Pemanfaatan daun *T. vogelii* sebagai sumber rotenon lebih menguntungkan dibandingkan dengan akar tuba, karena pemanenan dan penanganan bagian daun lebih mudah daripada membongkar akar. Selain itu penggunaan *T. vogelii* lebih ramah lingkungan karena pemanfaatannya tidak mematikan sumber ekstrak. Rotenon memiliki aktivitas insektisida yang kuat terhadap berbagai jenis serangga sebagai racun perut dan racun kontak (Perry *et al.*, 1998; Djojoseumarto, 2008). Rotenon bersifat racun respirasi sel yang menghambat transfer elektron antara NADH dehidrogenase dan koenzim Q pada kompleks I dari rantai transpor elektron di dalam mitokondria. Rotenon menyekat pemindahan elektron dari Fe-S ke koenzim ubiquinon sehingga menghambat proses respirasi sel dan menurunkan produksi ATP, akibatnya aktivitas sel terhambat dan serangga menjadi lumpuh dan mati (Hollingworth 2001). Hambatan terhadap proses respirasi sel tersebut menyebabkan produksi ATP menurun sehingga sel kekurangan energi yang

selanjutnya dapat menyebabkan kelumpuhan berbagai sistem otot dan jaringan lainnya.

C. Permasalahan Hama *Crocidolomia pavonana*

Crocidolomia pavonana adalah serangga hama yang tergolong ke dalam kelas Insekta, Ordo Lepidoptera dan Famili Crambidae (Smede *et al.*, 2008). Larva *C. pavonana* umumnya menyerang tanaman kubis yang sedang membentuk krop dengan menggerak krop menuju titik tumbuh. Pada tumbuhan yang belum membentuk krop, bagian yang diserang adalah daun muda dan titik tumbuh. Jika terjadi serangan berat tanaman akan mati, karena tidak dapat mendapat kesempatan membentuk tunas (Kalshoven, 1981).

Dalam perkembangannya *C. pavonana* mengalami perubahan bentuk yang disebut metamorfosis. Metamorfosis *C. pavonana* adalah sempurna (holometabola), dengan empat stadia yaitu telur, larva, pupa dan imago. Telur *C. pavonana* berwarna hijau kekuningan, diletakkan secara berkelompok pada permukaan bawah daun. Telur pada satu kelompok menetas pada hari yang sama tetapi tidak selalu pada waktu yang bersamaan. Lama perkembangan larva dari telur menetas hingga menjadi pupa bervariasi dari 8-9 sampai 12 hari. Larva instar I berwarna kuning kehijauan dengan kepala coklat tua dan lama stadium rata-rata sekitar 2 hari. Larva instar II berwarna hijau muda, dengan panjang 5,5-6,1 mm dan lama stadium rata-rata sekitar 2 hari. Larva instar III berwarna hijau, dengan panjang 1,1-1,3 cm dan lama stadium rata-rata 1,5 hari. Larva instar IV berwarna hijau dengan tiga titik hitam dan tiga garis memanjang pada bagian dorsal serta satu lainnya di sisi lateral. Lama stadium larva instar IV berkisar 3-6 hari. Memasuki masa prapupa larva akan berhenti makan dan terdapat perubahan warna tubuh dari hijau menjadi coklat. Larva *C. pavonana* berpupa di dalam kokon sutera yang diselimuti dengan butiran tanah. Pupa berwarna coklat dengan lama stadium 10-14 hari. Lama perkembangan keseluruhan dari telur hingga menjadi imago betina berkisar 23-28 hari, sedangkan untuk imago jantan berkisar 24-29 hari (Priyono dan Hassan, 1992 dalam Nugroho, 2008). Pada kondisi laboratorium dengan suhu 16-22,5°C dan kelembaban 60-80%, lama daur hidup *C. pavonana* adalah 30-41 hari (Sastrosiswojo *et al.*, 2005).

Imago (jantan dan betina) yang disebut ngengat keluar dari pupa dengan memecah bagian ventral toraks. Imago baru bisa terbang setelah lebih dari satu jam. Pada kepala terdapat probosis (belalai) yang menggulung dan antena filiform (seperti benang). Tungkai depan lebih pendek dari pada tungkai belakang. Abdomen ngengat betina lebih besar, tetapi lebih pendek dari ngengat jantan. Ujung abdomen jantan lebih tumpul dan lebih banyak ditumbuhi rambut-rambut halus (Khalsoven, 1981). Imago *C. pavonana* berwarna coklat muda dan pada sayap depan terdapat gambaran hitam yang ditengahnya terdapat dua bintik putih. Panjang tubuh imago jantan 11,4 mm, sedangkan panjang tubuh imago betina 9,6 mm. Imago aktif pada malam hari, tetapi tidak tertarik cahaya (Sastrosiswojo dan Setiawati, 1993).

D. Parasitoid *Diadegma semiclausum* Hellen

Parasitoid adalah serangga yang memarasit serangga atau binatang arthropoda lainnya. Parasitoid bersifat parasit pada fase pradewasa sedangkan dewasanya hidup bebas dan tidak terikat pada inangnya. Parasitoid hidup menumpang pada atau dalam inang dengan cara menghisap cairan tubuh inang guna memenuhi kebutuhan hidupnya (Jumar, 2000). Parasitoid bersifat membunuh inang secara perlahan-lahan dan biasanya hanya membutuhkan satu inang untuk perkembangan menjadi dewasa yang hidup bebas. Dalam pengendalian biologis ataupun pengendalian alami, parasitoid sangat berperan dalam menjaga keseimbangan alami populasi suatu jenis serangga hama sehingga keberadaannya di lapangan selalu diperhatikan dan dipertahankan (Untung, 1993).

Sebagian besar serangga parasitoid adalah dari ordo Diptera dan Hymenoptera. Hymenoptera mendominasi kehidupan parasitoid dengan 80% spesiesnya berperan sebagai parasitoid (Ubaidillah, 2002). Parasitoid juga ditemukan pada ordo-ordo serangga lainnya seperti ordo Strepsiptera dan Coleoptera (Van Driesche and Bellow, 1996). Parasitoid larva dari *P. xylostella* yang sudah ditemui adalah *D. eucerophaga* Horstm. (Hymenoptera: Ichneumonidae). Parasitoid *D. eucerophaga* diintroduksi pertama kali ke Indonesia pada tahun 1950 dengan tujuan untuk mengendalikan hama ulat daun kubis *P. xylostella* (Kalshoven, 1981). Parasitoid ini dapat berkembang dengan baik dan mempunyai sifat dapat mencari inang dengan mudah dan mempunyai daya

parasitisasi yang tinggi walaupun keadaan populasi larva yang rendah. Parasitoid ini dapat menyerang keempat instar larva *P. xylostella* yang ada di lapangan (Rukmana, 1994). *D. eucerothaga*, sekarang bernama *D. semiclausum* yang memang sejak tahun 1949 nama tersebut digunakan. Pada tahun 1980, Horstman (yang memberi nama *D. eucerothaga* merevisi *D. eucerothaga* dan menyatakan spesies itu adalah sinonim *D. semiclausum* (Fitton dan Walker, 1992 cit. Kartosuwondo, 1993).

Larva *P. xylostella* yang terparasit tetap meneruskan aktivitas makan seperti larva yang sehat sampai ia memintal kokon. Larva terparasit tidak menunjukkan perbedaan morfologi dengan larva yang sehat. Perubahan yang nyata terjadi setelah inang menyelesaikan pemintalan kokon. Beberapa lama setelah kokon inang terbentuk, inang terparasit mulai menunjukkan perubahan warna badan dan makin lama isi badan inang makin habis. Saat badan inang habis termakan, larva parasitoid terlihat menempati ruang dalam badan inang. Dengan demikian inang yang terparasit mampu memintal kokonnya tapi gagal menjadi pupa (Kartosuwondo, 1987).

E. Potensi Campuran Ekstrak Tanaman

Insektisida nabati dapat digunakan dalam bentuk campuran dua jenis atau lebih ekstrak tumbuhan untuk meningkatkan efektivitasnya dibandingkan dengan ekstrak tunggal. Selain itu pencampuran dapat mengurangi ketergantungan pada satu jenis tumbuhan sebagai bahan baku (Dadang dan Prijono 2008). Penggunaan insektisida dalam bentuk campuran lebih ekonomis bila campuran bersifat sinergis (Stone *et al.* 1988), dapat meningkatkan spektrum aktivitas insektisida (Dadang dan Prijono 2008), dan dapat menunda timbulnya resistensi hama terhadap insektisida. Diharapkan juga dapat mengurangi pengaruh samping terhadap organisme bukan sasaran dan lingkungan (Prijono 2002).

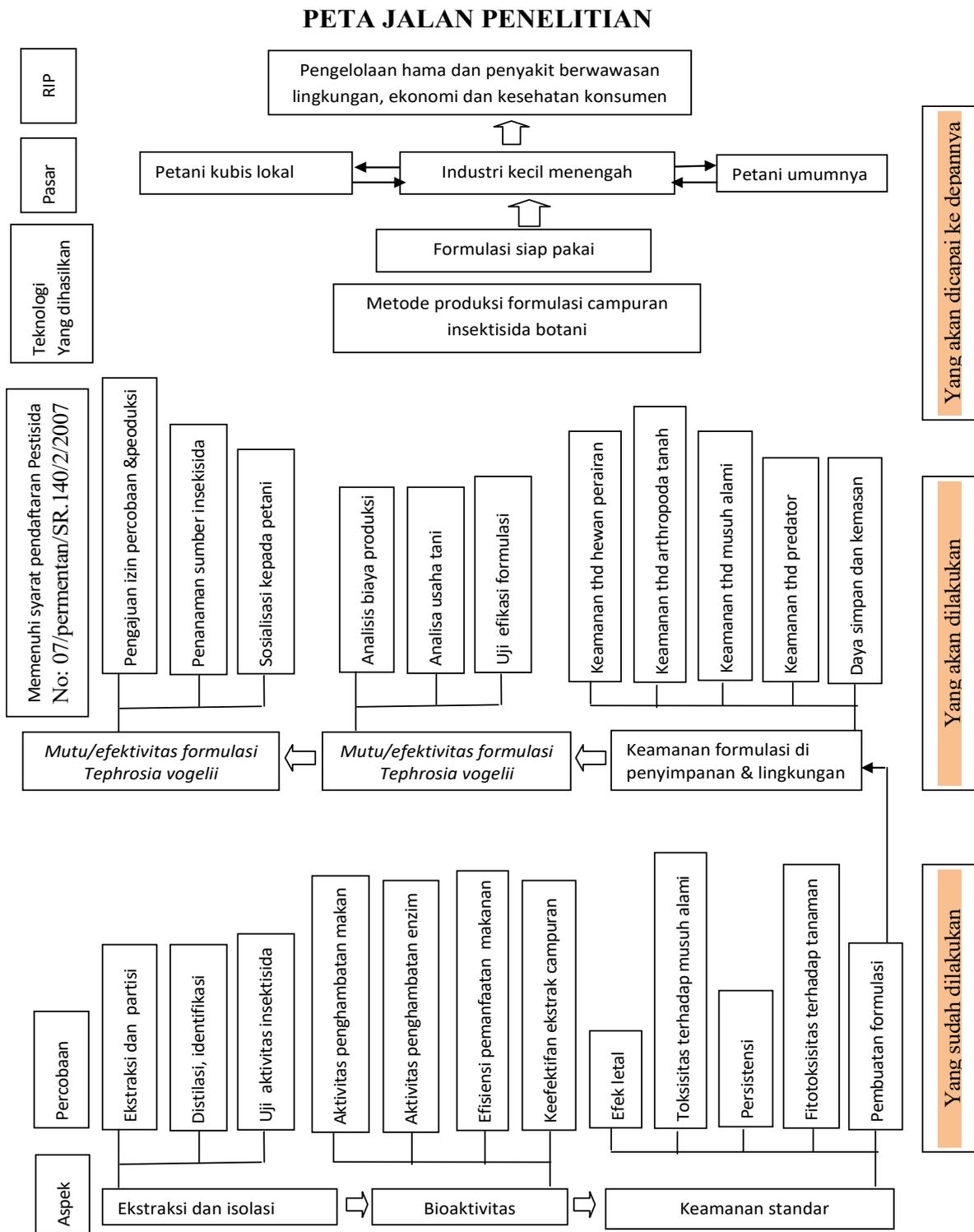
Berdasarkan cara kerja komponennya, campuran dibagi menjadi dua jenis atau lebih insektisida yang memiliki cara kerja berbeda dan campuran yang mengandung dua jenis atau lebih insektisida dengan cara kerja yang sama. Campuran insektisida yang mengandung dua jenis atau lebih bahan aktif dengan cara kerja berbeda lebih sering digunakan untuk mengendalikan beberapa jenis

hama sekaligus selain dapat diterapkan untuk pengelolaan resistensi hama terhadap insektisida (Georghiou 1983).

Saryanah (2008) melaporkan bahwa campuran ekstrak metanol buah *Piper retrofractum* dan ekstrak metanol daun *T. vogelii* pada perbandingan konsentrasi 1:1 bersifat sinergistik lemah baik pada taraf LC₅₀ maupun LC₉₅ (indeks kombinasi pada 72 JSP masing-masing 0.667 dan 0.507) dan perlakuan dengan campuran ekstrak tersebut pada konsentrasi 0.1% menghambat perkembangan larva *C. pavonana* sebesar 97%. Campuran ekstrak daun *T. vogelii* bunga ungu dan ekstrak buah *P. cubeba* (5:9) bersifat sinergis terhadap larva *C. pavonana*, baik pada taraf LC₅₀ (indeks kombinasi 0.245 pada 96 JSP) maupun LC₉₅ (indeks kombinasi 0.655 pada 96 JSP). Selain mengakibatkan kematian, perlakuan dengan ekstrak uji juga bersifat sebagai penghambat makan sehingga menghambat perkembangan larva *C. pavonana* (Abizar dan Prijono 2010).

Lina *et al.* (2014) telah membuat formulasi campuran berbahan ekstrak *T. vogelii* dan *P. aduncum* (1:5) yang dikembangkan dalam bentuk *emulsifiable concentrate* (EC) dan *wettable powder* (WP). Formulasi campuran memiliki aktivitas insektisida dan menghambat perkembangan larva *C. pavonana*. Bahan aktif formulasi mudah terurai oleh sinar matahari sehingga tidak meninggalkan residu yang berbahaya bagi manusia. Formulasi bersifat stabil pada air akuades dan air sadah yang sesuai dengan standar CIPAC (*Collaborative International Pesticides Analytical Council*). Formulasi EC dan WP aman terhadap parasitoid *Eriborus argenteopilosus* jantan dan betina pada konsentrasinya setara 2x LC₉₅ dan tidak menyebabkan gejala fitotoksik pada daun brokoli. Uji efikasi formulasi di lapangan menunjukkan bahwa pada saat populasi hama tinggi, formulasi EC dan WP *T. vogelii*:*P. aduncum* (1:5) memiliki aktivitas yang setara dengan insektisida BT dan deltametrin.

Secara keseluruhan penelitian yang telah dilakukan dan yang akan dilakukan serta pencapaian pada masing-masing tahap penelitian tergambar pada peta jalan penelitian sebagai berikut ini:



Gambar 1. Peta jalan pengembangan formulasi insektisida campuran berbahan *Tephrosia. vogelii*, dan *Piper. aduncum*

BAB 3 METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bioekologi Serangga dan rumah kaca Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Unand. Penelitian akan dilaksanakan selama 6 bulan dan akan dimulai pada bulan Mei sampai bulan Oktober 2018.

B. Perbanyak Tanaman Brokoli

Serangga uji diberi pakan daun brokoli (*Brassica oleracea* L. var. Merk SAKATA, Green magic-Broccoli F1 Hybrid) yang ditanam pada kantung plastik hitam (*polybag*). Benih brokoli disemai pada nampan semai 50 lubang yang diisi media semai “media tanam organik”. Bersamaan dengan penyemaian dilakukan pemupukan dengan pupuk majemuk pelepasan perlahan “Dekastar” (NPK 22-8-4). Setelah berumur kurang lebih 4 minggu, bibit brokoli dipindahkan ke *polybag* (5 l) yang berisi media tanam tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 3:1 sebanyak satu bibit per *polybag*. Pemeliharaan dilakukan setiap hari, meliputi penyiraman, penyiangan gulma, dan pengendalian hama secara mekanis jika ditemukan hama pada tanaman. Daun brokoli dari tanaman yang berumur ≥ 2 bulan digunakan sebagai pakan larva.

C. Pemiakan Serangga Uji

Serangga uji *C. pavonana* berasal dari lapangan yang diperbanyak di laboratorium. Pemiakan serangga dilakukan mengikuti prosedur yang digunakan oleh Basana dan Prijono (1994). Imago *C. pavonana* dipelihara dalam kurungan plastik-kasa berbingkai kayu (50 cm x 50 cm x 50 cm) dan diberi makan cairan madu 10% yang diserapkan pada segumpal kapas. Sebagai tempat bertelur digunakan daun brokoli yang tangkainya dimasukkan dalam tabung film berisi air. Kelompok telur pada daun brokoli dikumpulkan setiap hari. Menjelang menetas, kelompok telur dipindahkan ke dalam wadah plastik (28 cm x 20 cm x 5 cm) berjendela kasa yang dialasi dengan kertas stensil, lalu di dalamnya diletakkan daun brokoli bebas pestisida sebagai makanan larva. Setelah larva memasuki instar IV akhir, didalam wadah plastik dimaukkan serbuk gergaji yang sudah di oven dan dihaluskan sebagai tempat berpupa. Selanjutnya pupa

dipindahkan ke dalam kurungan plastik bening berbentuk tabung (garis tengah 20 cm, tinggi 50 cm) hingga terbentuk imago.

D. Tumbuhan Sumber Ekstrak

Bahan tumbuhan yang digunakan adalah daun *Tephrosia vogelii* berbunga ungu yang berasal dari Limau Manis Padang dan *Piper aduncum* diperoleh dari areal kampus Unand Limau Manis-Padang .

E. Penanganan Sumber Ekstrak

Masing-masing bahan tumbuhan sumber ekstrak dipotong-potong (± 3 cm) kemudian diletakkan di atas nampan bambu yang dialasi kertas koran dan dibiarkan kering udara tanpa terkena cahaya matahari langsung. Setelah kering bagian-bagian tanaman tersebut masing-masing digiling dengan menggunakan blender. Bahan tumbuhan yang sudah diblender, kemudian diayak menggunakan pengayak bermata 0.5 mm hingga diperoleh serbuk. Serbuk yang diperoleh disimpan didalam plastik kedap udara dan dimasukkan ke dalam kulkas penyimpanan hingga saat digunakan.

Untuk penanganan bahan segar, tanaman sumber ekstrak di kumpulkan kemudian dibungkus dengan kertas koran. Setelah itu dimasukkan ke dalam plastik dan disimpan ke dalam kulkas hingga saat digunakan. Penyimpanan bahan segar tidak dapat melebihi 2 x 24 jam.

F. Ekstraksi

Ekstraksi serbuk tanaman dilakukan dengan dua cara yaitu perendaman dan perebusan. Sebanyak 5 g serbuk tanaman direndam atau direbus dalam 100 ml air (konsentrasi 5%). Perendaman dilakukan selama 6 jam dan perebusan dilakukan selama 10 menit. Setelah itu dilakukan penyaringan, kemudian air perendaman dan perebusan ditambah hingga mencapai 100 ml. Sebelum dilakukan aplikasi ditambahkan bubuk detergen sebanyak 1g (1%) pada perlakuan lain digunakan perekat Agristic (1.2%). Detergen atau Agristic dan cairan ekstrak diaduk merata dan siap digunakan untuk perlakuan.

Ekstraksi bahan tanaman secara langsung dilakukan dengan memblender 5 g bahan tanaman dalam 100 ml air. Kemudian dilakukan penyaringan dan ditambahkan detergen sebanyak 1 g atau Agristic 1.2%. Cairan ekstrak diaduk hingga merata dan siap digunakan dalam perlakuan.

G. Uji Toksisitas Ekstrak dan Fraksi

Ekstrak air dari masing-masing tanaman diuji pendahuluan pada konsentrasi 5% dan 2.5 % terhadap *C. pavonana*. Uji lanjutan dilakukan pada kisaran konsentrasi yang mematikan serangga uji 10-95%, yang ditentukan berdasarkan uji pendahuluan. Potongan daun brokoli (4 cm x 4 cm) dicelup satu per satu dalam suspensi ekstrak pada konsentrasi tertentu hingga basah merata, kemudian dikeringudarkan. Daun kontrol dicelup dalam larutan kontrol yang sesuai. Satu potong daun perlakuan dan daun kontrol diletakkan secara terpisah dalam cawan petri (diameter 9 cm) beralaskan tisu yang ukurannya melebihi diameter cawan. Cawan petri diletakkan pada posisi terbalik. Alas tisu diletakkan pada bagian tutup cawan dan bagian dasar cawan ditutupkan di atas tisu. Dengan demikian, bagian tutup dan dasar cawan tersekat tisu sehingga larva uji tidak dapat keluar dari dalam cawan.

Jumlah larva yang mati dan lama perkembangan larva yang bertahan hidup dicatat. Data mortalitas larva diolah dengan analisis probit menggunakan program POLO-PC (LeOra Software 1987). Data lama perkembangan larva dinyatakan sebagai nilai rata-rata \pm simpangan baku.

H. Analisis Sifat Aktivitas Campuran

Untuk campuran ekstrak yang komponennya berasal dari jenis tumbuhan yang berbeda, sifat aktivitas campuran dianalisis berdasarkan model kerja bersama berbeda dengan menghitung indeks kombinasi pada taraf LC_{50} dan LC_{95} . Indeks kombinasi (IK) pada taraf LC_x tersebut dihitung dengan rumus berikut (Chou dan Talalay 1984):

$$IK = \frac{LC_x^{1(cm)}}{LC_x^1} + \frac{LC_x^{2(cm)}}{LC_x^2} + \left[\frac{LC_x^{1(cm)}}{LC_x^1} \times \frac{LC_x^{2(cm)}}{LC_x^2} \right]$$

LC_x^1 , dan LC_x^2 , masing-masing LC_x komponen ekstrak 1 dan 2 pada pengujian terpisah; $LC_x^{1(cm)}$, dan $LC_x^{2(cm)}$, masing-masing LC komponen 1, 2, dan 3 dalam campuran yang mengakibatkan mortalitas x (misal 50% dan 95%). Nilai LC tersebut diperoleh dengan cara mengalikan LC_x campuran dengan proporsi konsentrasi komponen 1 dan 2 dalam campuran. Kategori sifat interaksi campuran

diadaptasi dari Kosman dan Cohen (1996) dan Gisi (1996) berdasarkan kebalikan nilai nisbah ko-toksisitas:

I. Uji Fitotoksisitas Ekstrak Campuran

Uji fitotoksisitas dilakukan untuk mengetahui respons tanaman terhadap beberapa kombinasi ekstrak campuran terhadap daun brokoli yang diaplikasi. Pengujian mengikuti metode yang dikemukakan oleh Dono (2006). Seluruh kombinasi campuran dan formulasi campuran terbaik diuji pada konsentrasi 2 kali LC_{95} (diketahui dari uji lanjut hubungan konsentrasi dengan mortalitas). Percobaan ini menggunakan brokoli yang ditanam pada plastik polibag. Aplikasi ekstrak dilakukan pada saat tanaman berumur satu setengah bulan menggunakan *hand sprayer*. Setelah penyemprotan, tanaman brokoli ditempatkan pada tempat terbuka yang terpapar sinar matahari tetapi terlindung dari air hujan.

Pengamatan dilakukan lima hari setelah perlakuan ekstrak meliputi pengukuran luasan bercak nekrosis pada permukaan daun menggunakan kertas kalkir transparan. Selanjutnya luas bercak nekrosis dinyatakan dalam persen (%).

J. Uji Toksisitas Ekstrak terhadap Parasitoid *Diadeghma semiclausum*

Uji toksisitas ekstrak terhadap imago parasitoid menggunakan metode residu lapisan tipis. Konsentrasi sediaan yang di uji ialah 1 x LC_{95} dan 2 x LC_{95} tertinggi berdasarkan hasil pengujian terhadap *P. xylostella*. Ekstrak dimasukkan ke dalam tabung kaca kemudian diratakan hingga kering. Parasitoid dimasukkan kedalam tabung yang telah tersedia mangsa didalamnya dan dibiarkan selama 24 jam., setiap perlakuan diulang tiga kali. Pengamatan mortalitas parasitoid dilakukan setiap hari hingga hari kedua setelah perlakuan

BAB 4 ANGGARAN BIAYA DAN JADWAL PENELITIAN

ANGGARAN

No	Uraian	Jumlah
1	Upah	1.200.000
2	Bahan dan peralatan penelitian	7.550.000
3	Perjalanan	1.750.000
4	Biaya lain-lain	2.000.000
	Total	12.500.000

JADWAL KEGIATAN

Kegiatan	Bulan/2017					
	Juni	Juli	Agus	Sept	Okt	Nov
Persiapan bahan dan alat						
Penanaman dan pemeliharaan brokoli						
Pemeliharaan serangga uji <i>C. pavonana</i>						
Pengujian ekstrak campuran terhadap <i>C. pavonana</i>						
Pemeliharaan parasitoid <i>Diadeghma semiclausum</i>						
Pengujian ekstrak campuran terbaik terhadap parasitoid <i>D. semiclausum</i>						
Uji fitotoksisitas ekstrak campuran						
Analisa data dan penulisan laporan						

BAB 3 HASIL YANG SUDAH DICAPAI

1. Mortalitas larva

a. Uji Pendahuluan

Tabel 1. Hasil ekstrak tunggal *P. aduncum* dan *T. vogelii* (ekstrak air biasa)

Perlakuan	Mortalitas (%)	
	<i>P. aduncum</i>	<i>T. vogelii</i>
Kontrol	8,3	8,3
Konsentrasi 5%	43,3	20
Konsentrasi 2,5%	6,67	13,3

Tabel 2. Hasil ekstrak tunggal *P. aduncum* dan *T. vogelii* (ekstrak air rebusan)

Perlakuan	Mortalitas (%)	
	<i>P. aduncum</i>	<i>T. vogelii</i>
Kontrol	23,3	15
Konsentrasi 5% 100 °C	36,67	15
Konsentrasi 5% 50 °C	63,3	10
Konsentrasi 2,5% 100 °C	25	20
Konsentrasi 2,5% 50 °C	26,67	11,6

Hasil uji pendahuluan ini merupakan dasar pertimbangan yang digunakan untuk menentukan rentang konsentrasi dan untuk melihat keefektivan dari ekstrak yang digunakan. Dari Tabel 1 dan Tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil dari uji pendahuluan belum memperlihatkan hasil yang bagus, karena masih terdapat beberapa kontrol yang mengalami mortalitas. Hal ini diduga karena kondisi dari larva yang tidak sehat sehingga data yang dihasilkan beragam. Untuk itu dilakukan uji pendahuluan kembali dengan hasil sebagai berikut.

Hasil uji pendahuluan, mampu mematikan larva *C. pavonana* pada ekstrak *P. aduncum* perlakuan dengan konsentrasi 2,50% dan 5% berturut dapat mematikan 40% dan 85 Berdasarkan hasil pengamatan, mortalitas larva yang diperlakukan dengan ekstrak *P. aduncum* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Mortalitas larva *C. pavonana* akibat perlakuan ekstrak tunggal *P. aduncum* pada uji pendahuluan.

Konsentrasi (%)	Mortalitas (%)
0,00	0
2,50	40
5,00	85

Hasil uji lanjut pada pengujian ekstrak tunggal dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 4. Mortalitas larva *C. pavonana* akibat perlakuan ekstrak tunggal *P. aduncum* pada beberapa konsentrasi.

<i>P. aduncum</i>	
Konsentrasi (%)	Mortalitas (%)
0,00	4
1,13	16
1,61	22
2,28	36
3,25	54

Pada rentang konsentrasi yang diuji, ekstrak buah sirih hutan *P. aduncum* dalam mematikan larva uji *C. pavonana* bekerja secara bertahap. Hal ini menunjukkan bahwa peracunan dari senyawa aktif yang terkandung di dalam kedua bahan tersebut tidak berlangsung cepat selama rentang waktu pengamatan. Persentase kematian larva uji terlihat semakin besar jumlahnya jika semakin tinggi konsentrasi bahan yang diberikan. Mortalitas larva *C. pavonana* berkisar 16% - 54% pada ekstrak *P. aduncum*.

Tabel 4. Perbandingan nilai LC₅₀ dan LC₉₅ pada ekstrak tunggal dan ekstrak campuran.

Nilai <i>Letal Concentrate</i>	Ekstrak Tunggal <i>P. aduncum</i>
LC ₅₀	3,19
LC ₉₅	12,73

Hasil analisis probit dengan menggunakan Polo PC menunjukkan pada ekstrak tunggal membutuhkan konsentrasi 3,19% untuk mencapai LC₅₀, sedangkan pada LC₉₅ Pada ekstrak tunggal membutuhkan konsentrasi 11,38% .

DAFTAR PUSTAKA

- Abizar M, Prijono D. 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). *JHPT Trop* 10:1-12.
- Almeida RRP, Souto RNP, Baston CN, Silva MHL, Maia JGS. 2009. Chemical variation in *Pipper aduncum* and biological properties of its dillapiol-rich Essential oil . *Chemistra Biodiversity* 6: 1427-1434.
- Bernard CB, Arnason JT, Philogene BJR, Lam J, Waddell T. 1989. Effect of lignans and other secondary metabolites of the asteraceae on the mono-oxygenase activity of the European corn borer. *Phytochemistry* 28(5) 1373-1377.
- Bernard CB, Arnason JT, Philogène BJR, Lam J, Waddell T. 1990. In vivo effect of mixtures of allelochemicals on the life cycle of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. *Entomol Exp Appl* 57:17-22.
- Bernard CB, Krishnamurty HG, Chauret D, Durst T, Philogene BJR *et al*. 1995. Insecticidal defenses of Piperaceae from the Neotropics. *J Chem Ecol* 21:801-814.
- Boeke SJ, Baumgart IR, van Loon JJA, van Huis A, Dicke M, Kossou DK. 2004. Toxicity and repellence of African plants traditionally used for the protection of stored cowpea against *Callosobruchus maculates*. *Journal of Stored Product Research* 40 (423-438).
- Cahyadi AT. 2004. Biologi *Sycanus annulicornis* (Hemiptera: Reduviidae) pada Tiga Jenis Mangsa (Skripsi). Bogor; IPB.
- Dadang, Prijono D. 2008. *Insektisida Nabati: Prinsip, Pemanfaatan, dan Pengembangan*. Bogor: Departemen Proteksi Tanaman, Institut Pertanian Bogor.
- Delfel NE, Tallent WH, Carlson DG, Wolff IA. 1970. Distribution of rotenone and deguelin in *Tephrosia vogelii* and separation of rotenoid-rich fractions. *J Agric Food Chem* 18:385-390.
- Delobel A, Malonga P. 1987. Insecticidal properties of six plant materials against *Caryedon serratus* (Ol.) (Coleoptera: Bruchidae). *J Stored Prod Res* 23:173-176.
- Djojosumarto P. 2008. *Pestisida dan Aplikasinya*. Jakarta (ID): Agromedia Pustaka.

- Dono D, Prijono D, Manuwoto S, Buchori D, Dadang, Hasim. 2006. Fitotoksitas rokaglamida dan ekstrak ranting *Aglaia odorata* (Meliaceae) terhadap tanaman brokoli dan kedelai. *J. Agrikultura* 17: 7-14
- Februlita YM. 2013. Aktivitas insektisida ekstrak *Piper aduncum* asal Riau terhadap larva *Crocidolomia pavonana* [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor, Program Pascasarjana, Program Studi Entomologi.
- Gaskins MH, White GA, Martin FW, Delfel NE, Ruppel EG, Barnes DK. 1972. *Tephrosia vogelii*: A Source of Rotenoids for Insecticidal and Piscicidal Use. Washington DC: United States Department of Agriculture
- Georghiou GP. 1983. Management of resistance in arthropods. In Georghiou GP, Saito T, editor. *Pest Resistance to Pesticides*. New York (US): Plenum Press. Pp 769-792.
- Hasyim DM. 2011. Potensi buah sirih hutan (*Piper aduncum*) sebagai insektisida botani terhadap larva *Crocidolomia pavonana* [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Hagen KS, Bombosch S, McMurty JA. 1976. The Biology and Impact of Predator. Dalam CB Huffaker dan Messenger PS (ed). Hal 93-130. *Theory and Practice of Biological Control*. Academic Press.
- Hageman JW, Pearl MB, Higgins JJ, Delfel NE, Earle FR. 1972. Rotenone and deguelin in *Tephrosia vogelii* at several stages of maturity. *J Agric Food Chem* 20:906-908
- Harborne JB, Baxter H, Moss GP. 1999. *Phytochemical dictionary; A handbook of bioactive compounds from plant*. 2nd Edition. UK (GB): TJ International Ltd.
- Heyne K. 1987. *Tumbuhan Berguna Indonesia*. Jilid ke-2. Badan Litbang Kehutanan, penerjemah. Jakarta: Yayasan Sarana Warna Jaya. Terjemahan dari: *De Nuttige Planten van Ned-Indië*.
- Hollingworth RM. 2001. Inhibitors and uncouplers of mitochondrial oxidative phosphorylation. Di dalam: Krieger R, Doull J, Ecobichon D, Gammon D, Hodgson *et al.*, editor. *Handbook of Pesticide Toxicology*. Vol 2. San Diego: Academic Press. hlm 1169-1227.
- Jantan BB, Ahmad AR, Ahmad AS, Ali NAM. 1994. A comparative study of the essential oils of five *Piper* species from Peninsular Malaysia. *Flavour and Fragrance Journal* 9: 339-342.

- Jensen HR, Scoot IM, Sims S, Trudeau VL, Arnason JT. 2006a. Gene expression profiles of *Drosophila melanogaster* exposed to an insecticidal extract of *Piper nigrum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:1289-1295.
- Jensen HR, Scott IM, Sims SR, Trudeau VL, Arnason JT. 2006b. The effect of a synergistic concentration of a *piper nigrum* extract used in conjunction with pyrethrum upon gene expression in *Drosophila melanogaster*. *Insect Molecular Biology* 15 (3): 329-339.
- Kalshoven LGE. 1981. Pest of Crop in Indonesia. Van der Laan PA: terjemahan dari De Plagen Van de Culturgewassen in Indonesia. Jakarta: PT Ichtisar Baru- Van Hoeve.
- Kato MJ, Furlan M. 2007. Chemistry and evolution of the Piperaceae. *Pure Appl Chem* 79:529–538.
- Kosman E, Cohen Y. 1996. Procedures for calculating and differentiating synergism and antagonism in action of fungicide mixtures. *Phytopathology* 86:1255-1264.
- Laba IW. 1999. Aspek dan potensi beberapa predator hama wereng pada tanaman padi. *Jurnal Litbang Pertanian* 18(2).
- Lambert N, Trouslot MF, Nef-Campa C, Crestin H. 1993. Production of rotenoids by heterotrophic and photomixotrophic cell cultures of *Tephrosia vogelii*. *Phytochemistry* 34:1515-1520.
- LeOra Software. 1987. *POLO-PC User's Guide*. Petaluma (CA): LeOra Software.
- Lina EC, Prijono D, Dadang, Manuwoto S, Syahbirin G, Arneti. 2011. Joint Action of Mixed Extracts of *Brucea javanica* (Simaroubaceae), *Piper aduncum* (Piperaceae), and *Tephrosia vogelii* (Leguminosae) as Botanical Insecticide against Cabbage Head Caterpillar, *Crociodolomia pavonana*. International presentation ISSAAS. Bogor-Indonesia.
- Lina EC, Prijono D, Dadang, Manuwoto S, Syahbirin G, Arneti. 2012. Aktivitas Beberapa Campuran Ekstrak *Brucea javanica* (Simaroubaceae), *Piper aduncum* (Piperaceae), dan *Tephrosia vogelii* (Leguminosae) terhadap Hama Kubis *Crociodolomia pavonana*. Seminar Nasional Perhimpunan Entomologi Indonesia. Bogor-Indonesia.
- Matsumura F. 1985. *Toxicology of Insecticides*. 2nd Edition. New York (US): Plenum Press.

- Metcalf RL. 1982. Insecticides in pest management. Di dalam: Metcalf RL, Luckman WH, editor. Introduction to Insect Pest Management. Ed ke-2. New York: J Wiley. hlm 217-253.
- Misni N, Sulaiman S, Othman H, Omar B. 2009. Repellency of essential oil of *Piper aduncum* against *Aedes albopictus* in the laboratory. *Journal of the American Mosquito Control Assosiation* 25 (4): 442-447
- Miyakado M, Nakayama I, Ohno N. 1989. Insecticidal unsaturated isobutylamides from natural products to agrochemical leads. In Arnason JT, Philogene BJR, Morand P, editor. *Insecticides of Plant Origin*. Washington DC (US): ACS. Pp 173-187.
- Mollet H, Grubenmann. 2001. *Formulation Technology: Emulsion, Suspensions, Solid Forms*. Wiley-VCH Verlag.
- Morallo-Rejesus B. 1986. Botanical insecticides against the diamondback moth. <http://www.avrdc.orgpdf86dbm86DBM23.pdf> [16 Maret 2007].
- Parmar BS. 1995. *Result with commercial neem formulation produced in India*. In Schmutterer H, editor. The Neem Tree *Azadirachta indica* A. Juss. And Other Meliaceous Plants: Sources of Unique Natural Products for
- Perry AS, Yamamoto I, Ishaaya I, Perry RY. 1998. *Insecticides in Agriculture and Environment: Retrospects and Prospects*. Berlin: Springer-Verlag.
- Prakash A, Rao J. 1997. *Botanical Pesticides in Agriculture*. Boca Raton: CRC Press.
- Prijono D. 2002. *Pengujian Keefektifan Campuran Insektisida: Pedoman bagi Pelaksana Pengujian Efikasi untuk Pendaftaran Pestisida*. Bogor (ID): Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Saryanah NA. 2008. Toksisitas campuran ekstrak *Piper retrofractum* Vahl. (Piperaceae) dan *Tephrosia vogelii* Hook f. (Leguminosae) terhadap larva *Crocidolomia pavonana* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae) [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Scott IM, Jensen HR, Philogene BJR, Arnason JT. 2007. A review of *Piper* spp. (Piperaceae) phytochemistry, insecticidal activity and mode of action. *Phytochem Rev* 7: 65-75.
- Sileshi G, Mafongoya PL, Chintu R, Akinnifesi FK. 2008. Mixed-species legume fallows effect faunal abundance and richness and N cycling compared to single species in maize-fallow rotations. *Soil Biology & Biochemistry* 40:3065-3075.

- Stone ND, Makela ME, Plapp FW. 1988. Nonlinear optimization analysis of insecticide mixtures for the control of the tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae). *J Econ Entomol* 81:989-994.
- Wulan RDR. 2008. Aktivitas insektisida ekstrak daun *Tephrosia vogelii* Hook. f. (Leguminosae) terhadap larva *Crocidolomia pavonana* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae) [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Yuswanti L. 2002. Pengaruh campuran ekstrak *Aglaia harmsiana* Perkins dan *Dysoxylum acutangulum* Miq. (Meliaceae) terhadap mortalitas dan oviposisi *Plutella xylostella* (L) (Lepidoptera: Yponomeutidae) [skripsi]. Bogor (ID): Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian IPB.

LAMPIRAN

Gejala kematian larva *C. pavonana*



Perbandingan larva normal dan abnormal



Ekstrak sederhana *P. aduncum*

