

Evaluasi Konsentrasi Lethal dan Waktu Lethal Insektisida Botani Terhadap Ulat Bawang (*Spodoptera exigua*) di Laboratorium [Evaluation of Lethal Concentration and Lethal Time of Botanical Insecticide Against Beet Armyworm (*Spodoptera exigua*) in The Laboratory]

Ahsol Hasyim¹⁾, Wiwin Setiawati¹⁾, Liferdi Lukman²⁾, dan Luluk Sutji Marhaeni³⁾

¹⁾Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jln. Tangkuban Parahu No. 517, Lembang, Bandung Barat, Jawa Barat, Indonesia 40391

²⁾Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Barat, Jln. Kayuambon No. 80, Lembang, Bandung Barat, Jawa Barat, Indonesia 40391

³⁾Fakultas Pertanian, Universitas Borobudur Jakarta, Jln. Cipinang Melayu, Makassar, Jakarta Timur,

Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Indonesia 13620

Email: ahsolhasyim@yahoo.co.id

Diterima: 6 Desember 2018; direvisi: 11 Maret 2019; disetujui: 12 April 2019

ABSTRAK. Pemanfaatan insektisida botani merupakan salah satu pilihan untuk mengendalikan serangan hama *Spodoptera exigua* yang ramah lingkungan. Tujuan penelitian adalah untuk menetapkan konsentrasi sublethal dan waktu prolethal insektisida botani terhadap larva instar ketiga *S. exigua* di laboratorium. Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Entomologi Balai Penelitian Tanaman Sayuran di Lembang (± 1.250 m dpl.), mulai bulan Mei sampai Desember 2015. Penelitian menggunakan metode pencelupan serangga. Mortalitas larva *S. exigua* diamati mulai 1, 3, 6, dan 12 jam setelah perlakuan dan diulang setiap 24 jam sampai 96 jam. Data mortalitas larva diolah menggunakan analisis probit untuk menetapkan nilai LC_{50} dan LT_{50} . Hasil penelitian menunjukkan bahwa mortalitas larva *S. exigua* paling tinggi terjadi pada saat 96 jam setelah perlakuan ekstrak bintaro (85,0%), diikuti oleh ekstrak akar tuba (82,5%), dan yang terendah diperoleh dari hasil aplikasi ekstrak huni yang hanya dapat mematikan larva *S. exigua* sebesar 57%. Dari lima ekstrak tumbuhan tersebut, nilai LC_{50} terendah diperoleh dari ekstrak daun bintaro (1.002,67 ppm), diikuti oleh ekstrak daun akar tuba (1.256,07 ppm), ekstrak kirinyuh (1.304,37 ppm), ekstrak suren (1.307,37 ppm), dan tertinggi diperoleh dari ekstrak huni (3.316,06 ppm). Waktu kematian 50% (LT_{50}) *S. exigua* yang terpendek terjadi pada 33,50 jam dengan *fiducial limit* 23,24 – 48,42 jam untuk ekstrak daun akar tuba, sedangkan waktu kematian 50% (LT_{50}) *S. exigua* yang terpanjang diperoleh dari ekstrak daun huni, yaitu 136,52 jam dengan *fiducial limit* 76,47 – 234,51 jam. Dari penelitian ini diketahui bahwa insektisida botani menunjukkan efikasi yang tinggi terhadap larva *S. exigua* sehingga dapat direkomendasikan sebagai komponen untuk pengendalian hama terpadu (PHT).

Kata kunci: Bawang merah; Mortalitas; Insektisida botani; LC_{50} ; LT_{50}

ABSTRACT. Utilization of botanical pesticides is one option of environmentally friendly methods to control the attack of *Spodoptera exigua*. The objective of this study was to evaluate of lethal concentration and lethal time of plant extracts as botanical insecticide against third instar larva of beet armyworm, *S. exigua* under laboratory condition. The experiment was conducted at Indonesian Vegetables Research Institute at Lembang ($\pm 1,250$ m asl.), from May to December 2015. Insect dipping method was used in this research. Mortality of *S. exigua* larvae was observed at 1,3,6, and 12 hours after exposures to the plant extracts and repeated every 24 hours up to 96 hours of exposures. The results of the experiments showed that at 96 hours post treatment, the highest mortality (85.0%) of the *S. exigua* larvae was caused by sea mango extract followed by Derris leaf extract (82.5%) and the lowest mortality of *S. exigua* larvae (57%) was obtained from spreng extract. The lowest LC_{50} from five of the extracts of botanical insecticide derived from sea mango leaf extract (1,002.67 ppm) followed by Derris leaf extract (1,256.07 ppm), Eupatorium leaf extract (1,304.37 ppm), Toona leaf extract (1,307.37 ppm), and the highest LC_{50} derived from spreng leaf extract (3,316.06 ppm). The shortest of the mean lethal time 50 (LT_{50}) values of *S. exigua* was 33.50 hours obtained from Derris leaf extract with fiducial limits 23.24–48.42 while the longest of the mean (LT_{50}) values of *S. exigua* was 136.52 hours obtained Spreng leaf extract with fiducial limits 76.47–234.51 hours. The botanicals insecticides were proven to be effective against *S. exigua* larvae, so it can be recommended to be used as components for integrated pest management (IPM).

Keywords: Shallot; Mortality; Botanical insecticide; LC_{50} ; LT_{50}

Di Indonesia, *Spodoptera exigua* Hubner merupakan salah satu hama yang paling merusak pada tanaman keluarga bawang-bawangan seperti bawang merah dan bawang daun. Hama *S. exigua* dapat menyerang tanaman bawang sejak awal pertumbuhan dan mengakibatkan kehilangan hasil yang nyata. Larva menimbulkan kerusakan dengan cara memakan daun

tanaman. Serangan *S. exigua* pada fase pertumbuhan vegetatif bisa mengakibatkan kehilangan hasil 57–100% (Putrasamedja et al. 2012 ; Setiawati et al. 2014). Serangan berat dapat menyebabkan kehilangan hasil sampai 100%, karena daun yang ada habis dimakan oleh larva sehingga kegagalan panen tidak dapat dihindari (Supyani, Noviayanti & Wijayanti

2014). Serangan berat ini biasanya terjadi pada musim kemarau yang mengakibatkan produksi tanaman menurun drastis (Hasyim *et al.* 2016).

Pengendalian hama ulat bawang umumnya menggunakan insektisida kimia sintetis secara intensif dengan frekuensi dan konsentrasi tinggi. Lebih dari 90% petani di daerah Brebes (Jawa Tengah) mengaplikasikan insektisida di lapangan dengan dosis dan volume semprot yang tidak sesuai anjuran. Di samping itu untuk mengendalikan hama *S. exigua* tersebut petani juga menggunakan campuran 2–5 jenis insektisida yang berbeda dengan interval penyemprotan yang relatif singkat, yaitu 2–3 kali per minggu (Setiawati *et al.* 2014; Hasyim *et al.* 2016). Biaya yang dikeluarkan di daerah Brebes untuk membeli insektisida kimia berkisar antara 30–50% dari total biaya produksi. Penggunaan pestisida yang berlebihan pada bawang merah akan berdampak negatif terhadap lingkungan. Dampak negatif penggunaan pestisida kimia sintetis antara lain yaitu terjadinya resistensi hama *S. exigua* terhadap insektisida kimia tersebut (Ueno 2015; Che *et al.* 2013; Lai & Su 2011; Su & Sun 2014; Saeed, Saleem & Ahmad 2012; Ahmad & Arif 2010), resurgensi hama (Ueno 2015), terjadinya ledakan hama sekunder (Gross & Rosenheim 2011), polusi lingkungan (Starner & Goh 2012; Guruprasad & Pasha 2014), kematian serangga nontarget seperti musuh alami di antaranya parasitoid dan predator serta serangga polinasi (Mallinger, Werts & Gratton 2015; Martinou, Seraphides & Stavrindes 2014; Burkle, Marlin & Knight 2013), pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan bagi manusia (Mokhtar *et al.* 2015; Oluwole & Cheke 2009), dan memerlukan biaya yang mahal. Oleh karena itu diperlukan pengendalian alternatif lain yang lebih ramah lingkungan dengan menggunakan agensia hayati, predator, parasitoid, dan patogen serangga ataupun dengan insektisida botani yang berasal dari ekstrak tumbuhan.

Salah satu alternatif untuk mengganti insektisida kimia sintetis adalah dengan mendapatkan bahan kimia alami yang berasal dari tumbuhan (Sarwar 2015). Tumbuhan yang potensial sebagai sumber insektisida umumnya mempunyai karakteristik rasa pahit (mengandung alkaloid dan terpen), berbau busuk, dan berasa agak pedas (Hasyim *et al.* 2010). Lebih dari 1.000 spesies tumbuhan di alam mengandung bahan insektisida yang dapat digunakan untuk mengendalikan hama, di antaranya mengandung zat pencegah makan (*antifeedant*) (Krishnappa *et al.* 2010; Arivoli & Tennyson 2013a; Arivoli & Tennyson 2013b), pembunuh hama atau menghambat pertumbuhan serangga (Ray *et al.* 2012; Jeyasankar *et al.* 2014) mengandung zat penolak (*repellent*), membunuh

telur atau *ovicidal* (Packiam, Baskar & Ignatimuchu 2012), mencegah aktivitas serangga untuk meletakkan telurnya atau *oviposition deterrent activities* (Dehghani & Ahmadi 2013; Radha & Susheela 2014) serta mengganggu sistem reproduksi serangga (Gokce *et al.* 2010).

Sifat-sifat dari insektisida nabati antara lain, yaitu mudah terurai di alam (*biodegradable*), relatif aman terhadap musuh alami hama (*selectivity*), dapat dipadukan dengan komponen pengendalian hama lain (*compatibility*), dapat memperlambat laju resistensi, dan menjamin ketahanan dan keberlanjutan dalam berusaha tani (*sustainability*). Tumbuhan memproduksi berbagai jenis metabolit sekunder seperti flavonoid, terpenoid, alkaloid, dan lain-lain yang berguna sebagai pertahanan diri sehingga metabolit sekunder tumbuhan berpotensi untuk digunakan sebagai agens pelindung tanaman (Adeniyi *et al.* 2010).

Di antara tumbuhan yang telah banyak diteliti sebagai bahan insektisida untuk mengendalikan hama, yaitu mimba (*Azadirachta indica*, Meliaceae). Tumbuhan ini merupakan jenis tumbuhan yang paling intensif diteliti di beberapa negara seperti India, Thailand, dan USA. Produk komersial ekstrak biji mimba telah beredar di berbagai Negara (Achio *et al.* 2012; Lee & Mix 2012; Radhika & Sahayaraj 2014). Ekstrak biji *Swietenia mahogany* dapat menghambat selera makan larva *S. litura* (Hamzah, Yanuwadi & Leksono 2013). Ekstrak daun akar tuba dapat mengendalikan hama ulat kubis *P. xylostella* (Utomo, Hoesain & Jadiniko 2017). Tepung biji *Annona* sp. (Annonaceae) telah digunakan untuk pengendalian hama gudang (Anita, Sujatha & Prabhubas 2012). Tumbuhan *Thitonia diversifolia*, *Cymbopogon citrates* dan mimba, *A. indica* untuk mengendalikan hama tungau (Hanifah *et al.* 2011; Maciel *et al.* 2015). Senyawa bioaktif yang berasal dari tumbuhan sudah diuji kemampuannya di luar negeri untuk mengendalikan hama *Spodoptera* spp. (Rusli, Arneti & Sari 2010; Baskar *et al.* 2011; Jeyasankar, Raja & Ignatimuchu 2011; Jeyasankar *et al.* 2013; Arivoli & Tennyson 2013 a; Arivoli & Tennyson 2013b; Packiam, Bashir & Ignatimuchu 2012; Krishnappa *et al.* 2013; Pavela 2009). Ekstrak daun tumbuhan kirinyuh, akar tuba, dan huni sudah diuji efikasinya terhadap hama tungau kuning (Hasyim *et al.* 2017). Di Indonesia, beberapa ekstrak tumbuhan dari daun mahkota dewa, daun widuri, dan mimba sudah digunakan untuk mengendalikan hama ulat bawang, *S. exigua* (Shahabuddin & Khasanah 2013; Shahabuddin & Pasaru 2009; Lee & Mix 2012).

Toksistasitas insektisida terhadap organisme biasanya dinyatakan dalam istilah LD₅₀ (dosis mematikan 50% serangga). Dalam beberapa kasus, LC₅₀ (konsentrasi

mematikan) digunakan untuk mengekspresikan konsentrasi insektisida yang akan membunuh setengah dari populasi serangga uji (Paramasivam & Selvi 2017), sedangkan nilai LT_{50} adalah waktu (jam) yang dibutuhkan untuk mematikan 50% serangga uji (Hasyim et al. 2016).

Perkiraan keuntungan yang akan diperoleh dengan adanya alternatif pengendalian hama dengan insektisida botani dan agensi hayati antara lain : (1) pengurangan penggunaan pestisida sintetik, (2) perbaikan efisiensi penggunaan sumber daya melalui pengelolaan hama berbasis ramah lingkungan, (3) peningkatan kesadaran akan kebutuhan untuk menata sistem usahatani bawang merah yang sejalan dengan prinsip-prinsip pertanian berkelanjutan, (4) mengurangi pencemaran lingkungan dan peningkatan populasi organisme berguna, dan (5) menyediakan bahan baku bawang merah yang aman dikonsumsi.

Penapisan ekstrak tumbuhan untuk mengendalikan hama yang merusak tanaman terus dilakukan dan diupayakan serta diuji kemampuannya sebagai insektisida botani (Sarwar 2015). Oleh karena itu penelitian terhadap insektisida botani sebagai alternatif untuk mengganti beberapa insektisida yang sudah resisten terhadap hama *S. exigua* perlu dilakukan terutama insektisida yang bersifat membunuh hama target, menghambat pertumbuhan serangga dan *antifeedant* (Hamzah, Yanuwadi & Leksono 2013; Arivoli & Tennyson 2013b). Para peneliti ini telah berhasil menunjukan adanya berbagai macam senyawa tumbuhan yang memiliki aktivitas sebagai anti makan (*antifeedant*) dan yang bersifat menghambat pertumbuhan serangga (Sarwar 2015; Sarwar et al. 2012). Idealnya suatu senyawa anti makan dapat diserap dan diedarkan ke dalam sistem tanaman sehingga tanaman dapat terlindung dari serangan serangga hama.

Hipotesis yang diajukan di dalam penelitian ini adalah bahwa ekstrak yang terkandung dalam

tumbuhan mengandung senyawa yang berpotensi sebagai insektisida yang dapat menyebabkan kematian larva *S. exigua*. Penelitian bertujuan untuk menetapkan konsentrasi sublethal dan waktu prolethal insektisida botani terhadap larva instar ketiga *S. exigua* di laboratorium.

METODE PENELITIAN

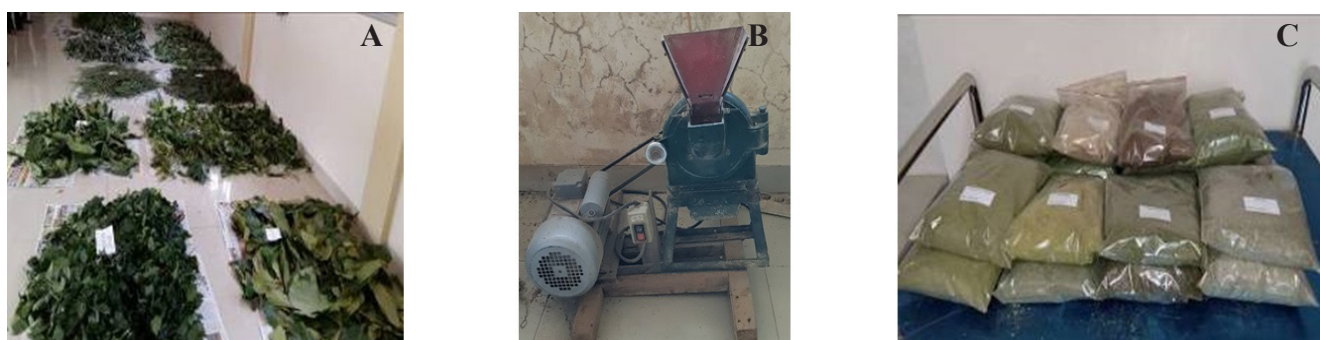
Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan dari bulan Mei sampai Desember 2015 di Laboratorium Hama dan Penyakit Tumbuhan Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Tumbuhan yang digunakan untuk menghasilkan ekstrak diperoleh dari beberapa daerah di Provinsi Jawa Barat. Materi yang diambil, yaitu organ tumbuhan (akar, daun, bunga, buah, dan biji) untuk pembuatan insektisida botani.

Prosedur Pembuatan Insektisida Botani

Jenis dan bagian tumbuhan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu daun bintaro (*Cerbera manghas* L.), daun akar tuba dan batangnya (*Derris elliptica* Bth), daun suren (*Toona sureni* Merr), kirinyuh (*Eupatorium inulifolium* Kunth), dan huni (*Antidesma bunius* L Spreng). Daun, bunga, dan ranting, dipotong-potong/dihancurkan, kemudian dikeringudarkan tanpa terkena cahaya matahari langsung (Gambar 1 A). Setelah kering, masing-masing bagian tumbuhan tersebut digiling dengan menggunakan alat *grinder* (Gambar 1 B). Bahan tumbuhan yang sudah menjadi serbuk siap untuk diekstrak dan disimpan dalam kantong plastik (Gambar 1 c).

Ekstraksi daun tumbuhan dilakukan dengan menggunakan pelarut metanol (polar) (Karunaratne & Karunaratne 2012; Hasyim et al. 2017). Pada tahap



Gambar 1. Proses pengeringan daun tumbuhan (a), penggilingan daun sampai menjadi halus (serbuk) (b), dan penyimpanan serbuk daun tumbuhan (c) [*The process of drying the leaves of the plant (a), grinding the leaves until it becomes smooth (powder) (b), and storage of plant powders in plastic bag (c)*]



Gambar 2. Perendaman ekstrak tumbuhan dalam larutan metanol dan penguapan ekstrak dengan menggunakan rotary evaporator (*Soaking of plant extract in methanol solution and extract evaporation using rotary evaporator*)



Gambar 3. Ekstrak tumbuhan dalam bentuk gel (*Plant extract in gell form*)

pertama, 500 g serbuk masing-masing tumbuhan dimasukkan ke dalam *baker glass* dan direndam dalam 2.500 ml larutan metanol selama sekurang-kurangnya 24 jam dan ditutup dengan kertas berwarna hitam. Cairan ekstrak disaring menggunakan corong kaca (diameter 9 cm) yang beralaskan kertas saring. Hasil saringan ditampung dalam labu penguap, kemudian diuapkan dengan *rotary evaporator* pada suhu 45°C dan tekanan 337 mbar (Gambar 2).

Ekstrak yang sudah dievaporasi dipanaskan dalam *waterbath* dengan suhu 50°C hingga semua pelarut hilang dan ekstrak yang diperoleh dalam bentuk gel (Gambar 3).

Ekstrak dalam bentuk gel yang diperoleh disimpan di dalam lemari es pada suhu $\pm 4^\circ\text{C}$ sampai digunakan untuk pengujian.

Efikasi Ekstrak Tumbuhan Terhadap Hama Ulat Daun Bawang (*S. exigua*)

Perlakuan masing-masing ekstrak tumbuhan menggunakan lima taraf konsentrasi, yaitu 5,0%, 2,50%, 1,25%, 0,63%, dan 0,31% (Radha & Susheela 2014) dan kontrol serta diulang empat kali. Sebelum

membuat larutan uji, larutan induk dengan konsentrasi 5% dibuat terlebih dahulu, dengan cara melarutkan 5 g ekstrak ke dalam campuran deterjen dan acetone dengan konsentrasi masing-masing 0,2% dan 1%. Campuran ekstrak dengan deterjen dan acetone dimasukkan dalam gelas ukur, kemudian ditambahkan air hingga mencapai 100 ml. Larutan induk kemudian diambil 25, 12,5; 6,25; dan 3,12 ml dimasukkan ke dalam gelas ukur sehingga konsentrasi menjadi 2,50%, 1,25%, 0,625%, dan 0,315% setelah ditambahkan air hingga 50 ml. Pada perlakuan kontrol hanya menggunakan campuran air dengan pengemulsi deterjen dan acetone tanpa ekstrak, dengan konsentrasi masing-masing 0,2% dan 1% (Radha & Susheela 2014).

Penelitian menggunakan metode pencelupan serangga. Serangga uji (larva instar ke tiga) sebanyak 10 ekor dicelupkan dalam sediaan ekstrak uji dengan konsentrasi tertentu selama 10 detik untuk setiap perlakuan. Serangga uji dipindahkan dalam wadah plastik berdiameter 5,5 cm satu per satu, kemudian diberi pakan daun bawang. Pergantian pakan yang segar dilakukan setiap hari hingga larva mencapai stadia pupa. Pengamatan dilakukan setiap hari terhadap jumlah larva yang mati selama 4 hari. Rata-rata persentase kematian serangga dikoreksi dengan menggunakan rumus Abbot (Busvine 1971) sebagai berikut :

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

Keterangan :

P = Persentase banyaknya serangga yang mati setelah dikoreksi

Po = Persentase banyaknya serangga yang mati karena perlakuan ekstrak

Pc = Persentase banyaknya serangga yang mati pada kontrol (mortalitas alami)

Pengaruh daya racun masing-masing insektisida botani yang diuji terhadap larva *S. exigua* tersebut dihitung dengan cara menetapkan nilai LC_{50} (Marhaen et al. 2016). Nilai LC_{50} dihitung berdasarkan data kematian yang diperoleh dengan menggunakan analisis probit (Busvine 1971). Analisis probit menggunakan program Minitab Versi 14. Analisis GC-MS ini dilakukan di Laboratorium Kimia Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Ekstrak tanaman huni tidak dilakukan analisis GC MS karena sampel ekstrak kurang bagus. Dalam kromatografi gas, fase yang bergerak adalah gas dan zat terlarut terpisah sebagai uap. Gas pembawa yang digunakan dalam kromatografi gas ini, yaitu gas Helium (He). Pemisahan tercapai dengan partisi sampel antara fase gas bergerak dan fase diam berupa cairan ekstrak akar tuba. Kromatografi gas ini digunakan untuk analisis kualitatif dan analisis kuantitatif senyawa organik. Alat GC yang digunakan, yaitu Agilent 6890 N, sedangkan MS digunakan Agilent 5.972 Iner.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mortalitas Larva

Hasil analisis menunjukkan bahwa mortalitas hama *S. exigua* yang disebabkan oleh lima jenis ekstrak tumbuhan dapat dilihat pada Tabel 1.

Mortalitas larva *S. exigua* sudah mulai terlihat pada saat 1 jam setelah aplikasi ekstrak insektisida botani, yaitu pada perlakuan ekstrak bintaro dan ekstrak suren. Secara umum, perlakuan semua ekstrak insektisida botani yang diuji baru dapat menyebabkan kematian *S. exigua* pada saat 6 jam setelah aplikasi terutama pada konsentrasi tinggi 5% (50.000 ppm). Mortalitas larva *S. exigua* akan meningkat terus sampai pada hari keempat setelah perlakuan ekstrak insektisida botani. Mortalitas larva *S. exigua* tertinggi (85%) diperoleh dari perlakuan ekstrak tumbuhan bintaro dan yang terendah (57%) diperoleh dari ekstrak tumbuhan huni. Ekstrak dari tumbuhan bintaro, daun akar tuba, daun suren, dan daun kirinyuh efektif mengendalikan hama *S. exigua* karena dapat menyebabkan mortalitas larva *S. exigua* >70% setelah 96 jam perlakuan, sedangkan ekstrak yang berasal dari tumbuhan huni kurang efektif karena hanya dapat menyebabkan mortalitas larva *S. exigua* sebesar 57%. Hasil penelitian Purwani et al. (2014) menunjukkan bahwa ekstrak bintaro dapat mematikan 75% hama *S. litura* setelah 8 hari perlakuan. Selanjutnya Utami (2010) menyatakan bahwa ekstrak bintaro dapat menyebabkan mortalitas *S. litura* sebesar 80% setelah 5 hari perlakuan.

Konsentrasi Lethal dan Waktu Lethal

Pendugaan nilai toksisitas beberapa insektisida botani terhadap serangga hama dilakukan dengan cara melihat nilai LC_{50} atau nilai LT_{50} . Nilai LC_{50} adalah konsentrasi yang dapat menyebabkan kematian 50% dari serangga hama yang diuji pada pengamatan tertentu (Hasyim et al. 2016), sedangkan nilai LT_{50} adalah waktu (jam) yang dibutuhkan untuk mematikan 50% serangga uji. Berdasarkan hasil analisis terlihat nilai LC_{50} insektisida botani dari ekstrak daun bintaro, huni, kirinyuh, suren, dan akar tuba terhadap larva *S. exigua* pada 96 jam setelah perlakuan disajikan pada Tabel 2. Nilai LC_{50} terendah diperoleh pada perlakuan Bintaro (1.002,67 ppm dengan *fiducial limits* 660,06–1.523,12 ppm), kemudian diikuti oleh perlakuan ekstrak akar tuba (1.256,07 ppm dengan *fiducial limits* 944,19–2.045,45), perlakuan ekstrak kirinyuh (1.304,35 ppm dengan *fiducial limits* 859,12–2.072,47), perlakuan ekstrak suren (1.307,37 ppm dengan *fiducial limits* 949,03 – 2.087,00).

Nilai LC_{50} tertinggi diperoleh dari ekstrak daun huni, yaitu 3.316,06 ppm dengan *fiducial limits* 1.450,94–7.578,70. Makin kecil nilai LC_{50} bahan insektisida botani maka bahan tersebut makin beracun. Ekstrak bintaro, ekstrak akar tuba, ekstrak kirinyuh, dan ekstrak suren sudah dapat mematikan 50% larva *S. exigua* pada konsentrasi berkisar 1.002,67 – 1.307,37 ppm atau 0,1-0,13%. Nilai LC_{50} dari semua jenis ekstrak bintaro, akar tuba, kirinyuh, suren, dan huni lebih rendah dari hasil penelitian Utami (2010) bahwa nilai LC_{50} ekstrak bintaro terhadap larva *S. litura* adalah 6.000 ppm atau 0,6%.

Waktu yang dibutuhkan untuk mematikan 50% serangga uji dari enam ekstrak tumbuhan dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai LT_{50} yang terendah diperoleh berturut-turut dari ekstrak daun akar tuba (33,50 jam dengan *fiducial limits* 23,24–48,42), ekstrak daun suren (37,08 jam dengan *fiducial limits* 20,67–66,21 jam), ekstrak daun bintaro (46,98 jam dengan *fiducial limits* 26,94–81,94 jam), ekstrak kirinyuh (69,59 jam dengan *fiducial limits* 31,49–153,75 jam), sedangkan nilai LT_{50} yang terpanjang diperoleh dari ekstrak daun huni, yaitu 136,52 jam dengan *fiducial limits* 76,47–234,51 jam. Apabila dihubungkan dengan konsentrasi ekstrak dan jenis ekstrak tumbuhan yang digunakan maka makin tinggi konsentrasi ekstrak akan makin mempercepat nilai LT_{50} . Rusli, Arneti & Sari (2010) menyatakan bahwa nilai LT_{50} larva *S. exigua* yang diperlakukan dengan ekstrak bunga kipait (*Tithonia diversifolia*) berkisar antara 0,93 hari dengan rentang waktu 0,92–1,58 hari.

Analisis GC-MS beberapa tumbuhan yang mempunyai nilai LC terendah, yaitu ekstrak akar

Tabel 1. Mortalitas larva *S. exigua* pada 1, 3, 6, 12, 24, 48, 72, dan 96 jam setelah perlakuan 5 jenis ekstrak tumbuhan (*Mortality of larvae of *S. exigua* at 1, 3, 6, 12, 24, 48, 72, and 96 hours after exposure of five plant extracts*)

Ekstrak tumbuhan (<i>Plant extracts</i>)	Konsentrasi (<i>Concentration</i>), ppm	Mortalitas <i>S. exigua</i> (%) (<i>Mortality of <i>S. exigua</i></i>), JSP (<i>HAE</i>)							
		1	3	6	12	24	48	72	96
Bintaro (<i>C. manghas</i>)	5.000	10,00	17,50	32,50	35,00	40,00	40,00	45,00	85,00
	2.500	2,50	5,00	20,00	20,00	20,00	20,00	35,00	70,00
	1.250	12,50	12,50	20,00	20,00	22,50	22,50	30,00	50,00
	625	0,00	2,50	15,00	15,00	17,50	20,00	25,00	40,00
	312,5	0,00	0,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	32,50
	Kontrol 0 (0%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Buni (<i>A. bunius</i>)	5.000	0,00	0,00	10,00	10,00	15,00	15,00	30,00	57,50
	2.500	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	10,00	20,00	45,00
	1.250	0,00	0,00	7,50	7,50	10,00	17,50	25,00	35,00
	625	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	5,00	12,50	32,50
	312,5	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	7,50	7,50	25,00
	Kontrol 0 (0%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kirinyuh (<i>E. inulifolium</i>)	5.000	0,00	0,00	27,50	27,50	27,50	27,50	40,00	72,50
	2.500	0,00	0,00	5,00	7,50	15,00	15,00	25,00	57,50
	1.250	0,00	0,00	5,00	5,00	7,50	7,50	25,00	47,50
	625	0,00	0,00	5,00	5,00	25,00	25,00	32,50	40,00
	312,5	0,00	0,00	7,50	7,50	7,50	7,50	22,50	27,50
	Kontrol 0 (0%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suren (<i>T. sureni</i>)	5.000	20,00	22,50	25,00	40,00	42,50	47,50	50,00	75,00
	2.500	12,50	12,50	17,50	17,50	22,50	22,50	37,50	55,00
	1.250	5,00	5,00	5,00	12,50	12,50	20,00	25,00	50,00
	625	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	12,50	22,50	35,00
	312,5	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,50	20,00	25,00
	Kontrol 0 (0%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Akar tuba (<i>D. elliptica</i>)	5.000	0,00	0,00	22,50	27,50	47,50	47,50	50,00	82,50
	2.500	0,00	2,50	17,50	17,50	25,00	30,00	30,00	47,50
	1.250	0,00	0,00	2,50	5,00	17,50	22,50	22,50	37,50
	625	0,00	0,00	10,00	12,50	17,50	30,00	32,50	37,50
	312,5	0,00	0,00	10,00	10,00	20,00	20,00	27,50	32,50
	Kontrol 0 (0%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

* JSP (*HAE*) = Jam setelah pemaparan, *HAE* (*hours after exposure*), kontrol dengan air (*control with water*)

tuba, kirinyuh, bintaro, suren, dan huni. Analisis GC-MS bertujuan mengetahui kelimpahan relatif dan kemungkinan senyawa yang terdapat dalam ekstrak sampel tumbuhan. Pemakaian kromatografi secara kualitatif digunakan untuk mengungkapkan ada atau tidak adanya suatu senyawa tertentu dalam sampel. Pemakaian kromatografi secara kuantitatif dapat menunjukkan banyaknya masing-masing komponen senyawa yang terdapat dalam campuran. Hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa ekstrak akar tuba mengandung 7-isopropenyl-1, 4 a dimethyl-4, 4 a,

5,6, 7, 8 – hexahydro-3 H-naphthalen-2-0 ne, squalen2, ergost-5-en-3-ol, compestrerol, stigmasterol, rotenone, gamma-sitosterol, stigmastanol, rotenone, 2,3,6-trimethoxy-5-methylphenol, dan n-hexadeconoic acid. Dari senyawa tersebut dikatakan bahwa rotenon merupakan penghambat respirasi sel, berdampak pada jaringan saraf dan sel otot yang menyebabkan serangga berhenti makan. Kematian larva *S. exigua* terjadi beberapa jam sampai beberapa hari setelah terkena rotenon yang terkandung pada ekstrak akar tuba (Suganya & Thangaraj 2014).

Tabel 2. Nilai LC_{50} dan LC_{95} dari lima jenis ekstrak tumbuhan terhadap larva *S. exigua* di laboratorium (LC_{50} and LC_{95} value of five plant extract against *S. exigua* larvae under laboratory condition)

Ekstrak tumbuhan (Plant extract)	Parameter yang dianalisis (Parameters analyzed)	Jam setelah perlakuan (Hour after treatment), JSP (HAT)*			
		24 JSP	48 JSP	72 JSP	96 JSP
Bintaro (<i>C. manghas</i>)	LC_{50}	48875,47 1183,89–	58185,06 906,42–	9659,21	1002,67
	Fid limit	2017760,59	3734998,01	1842,12 - 50648,30	660,06–1523,12
	LC_{95}	214912960,43	477335693,57	7017768,77	42649,88
	Chi square	2,82	2,63	0,10	0,74
	Slope	$0,45 \pm 0,23$	$0,42 \pm 0,23$	$0,57 \pm 0,22$	$1,01 \pm 0,22$
Huni (<i>A. bunius</i>)	LC_{50}	695417,29 498,58–	3359738,63 22,94–	28269,15 3001,20–	3316,06
	Fid limit	969959107,15	492065319010,61	266274,77	1450,94–7578,70
	LC_{95}	794291221,43	118024341689,21	7727337,74	827030,16
	Chi square	2,49	2,95	1,82	0,43
	Slope	$0,53 \pm 0,32$	$0,36 \pm 0,28$	$0,67 \pm 0,25$	$0,68 \pm 0,21$
Kirinyuh (<i>E. inulifolium</i>)	LC_{50}	161139,86 1139,69–	352032,68 265,83–	153853,11 55,89 – 423469263	1304,35 859,12–2072,47
	Fid limit	22783379,57	466178557,12		
	LC_{95}	358307983,2	4206722670,69	2,30086E+11	76176,60
	Chi square	5,3	8,34	2,48	0,3
	Slope	$0,49 \pm 0,25$	$0,40 \pm 0,25$	$0,26 \pm 0,22$	$0,93 \pm 0,21$
Suren (<i>T. sureni</i>)	LC_{50}	8310,86 3843,93–	7627,65	6542,70	1307,37
	Fid limit	17968,66	3318,18–17534,01	2145,71–19950,02	949,03 – 2087
	LC_{95}	163046,63	249209,63	1248634,49	50309,52
	Chi square	0,82	1,60	0,96	0,75
	Slope	$1,27 \pm 0,28$	$1,08 \pm 0,25$	$0,72 \pm 0,22$	$1,05 \pm 0,22$
Akar tuba (<i>D. elliptica</i>)	LC_{50}	14208,05 2450,77–	12919,98	18840,33	1256,07
	Fid limit	82369,40	1710,16–97608,40	845,57–419782,11	944,19–2045,45
	LC_{95}	4974025,96	16487778,69	310792758,8	74840,94
	Chi square	4,41	2,77	4,38	7,76
	Slope	$0,64 \pm 0,23$	$0,53 \pm 0,22$	$0,39 \pm 0,21$	$0,96 \pm 0,21$

* JSP (HAE) = Jam setelah pemaparan, HAE (hours after exposure), kontrol dengan air (control with water)

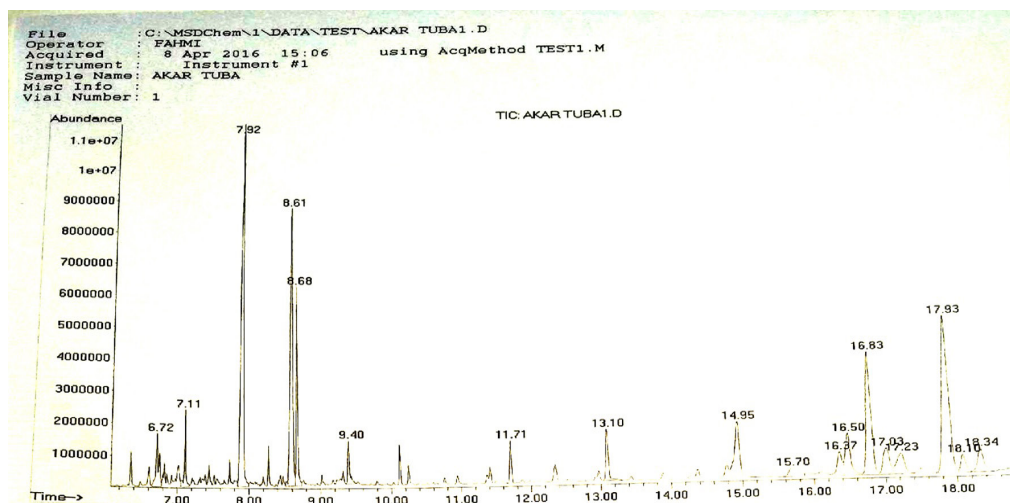
Tabel 3. Nilai LT_{50} dari lima ekstrak tumbuhan terhadap hama *S. exigua* (LT_{50} values of five plant extract against *S. exigua*)

Ekstrak tanaman (Plant extract)	LT_{50} , jam (hour)	Fid limits	Chi square	Slope
Bintaro (<i>C. manghas</i>)	46,98	26,94–81,94	8,87	$0,73 \pm 0,12$
Huni (<i>A. bunius</i>)	136,52	76,47–234,51	12,31	$1,28 \pm 0,20$
Kirinyuh (<i>E. inulifolium</i>)	69,59	31,49–153,74	23,89	$1,08 \pm 0,15$
Suren (<i>T. sureni</i>)	37,08	20,76–66,21	6,31	$0,65 \pm 0,11$
Akar tuba (<i>D. elliptica</i>)	33,50	23,24–48,42	9,64	$1,01 \pm 0,13$

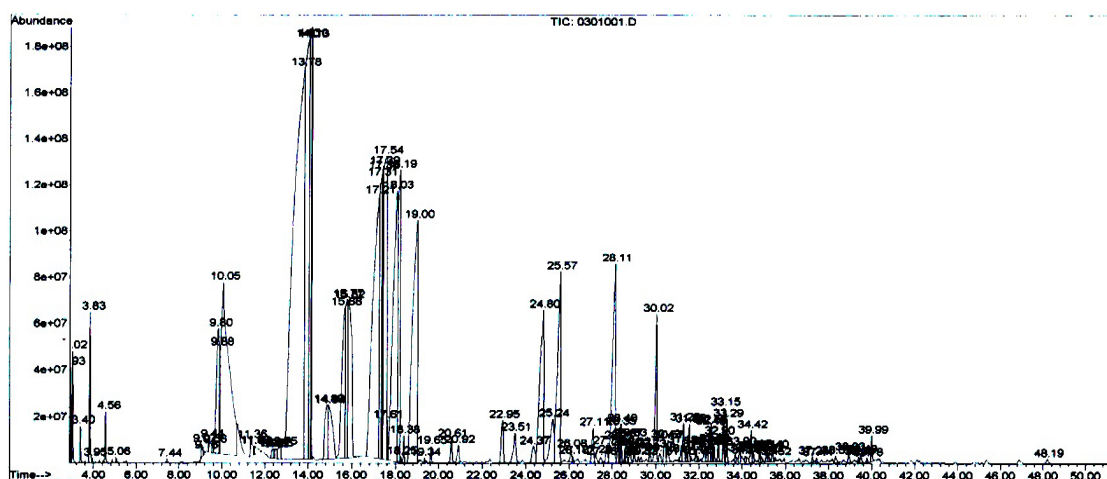
LT_{50} = Lethal time 50 (waktu yang dibutuhkan untuk mematikan 50 populasi serangga uji) (Lethal time required to kill 50% of insect population exposed)

Berdasarkan analisis kromatogram sampel ekstrak akar tuba diperoleh data interpretasi dari puncak-

puncak yang terdeteksi (Gambar 4). Dari puncak-puncak terlihat bahwa rotenon terdeteksi pada dua



Gambar 4. Hasil kromatogram GC-MS ekstrak metanol dari akar tuba (*D. elliptica*) (*The GC MS result of methanol extract from D. elliptica*)

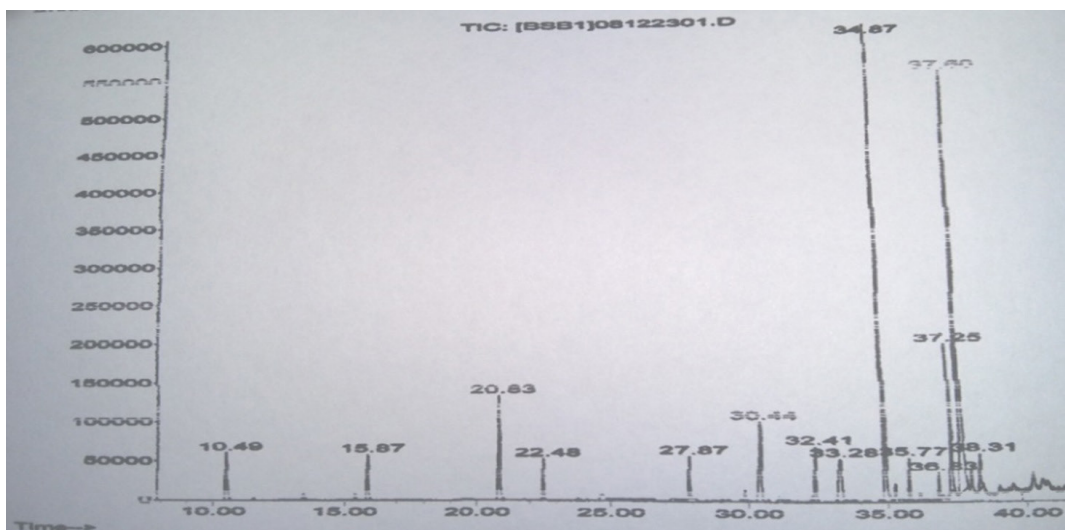


Gambar 5. Hasil kromatogram GC-MS ekstrak metanol dari daun kirinyuh [*The GC MS result of methanol extract from kirinyuh (Eupatorium inulifolium Kunth)*]

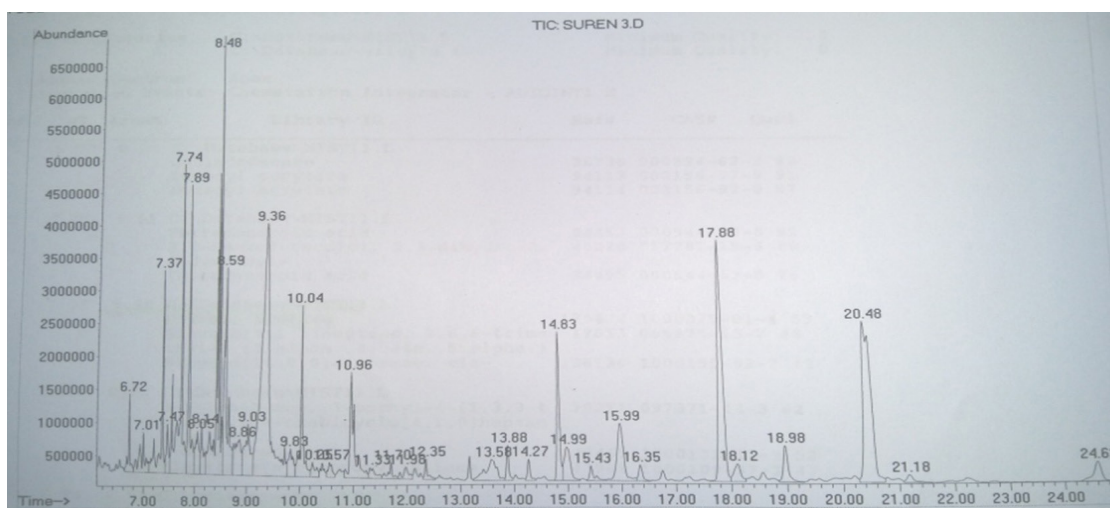
puncak, yaitu pada waktu retensi 17,3 min dan 18,34 min (Zubairi, Sarmidi & Aziz 2014). Selanjutnya Dantu (2011) menyatakan bahwa periode retensi rotenon standar adalah 16,6 min. Terjadinya perbedaan waktu retensi senyawa rotenon mungkin disebabkan oleh karena cara mengekstraksi tumbuhan, zat kimia yang digunakan untuk proses maserasi dan spesifikasi model alat GC-MS yang digunakan. Adapun gejala umum kematian larva, diawali dengan paralisis/kelumpuhan. Gejala keracunan demikian biasa dikenal sebagai efek *knock down*. Tubuh larva yang mati berwarna hijau kehitaman dan lama kelamaan menghitam dan lunak. Gejala kematian akan terlihat nyata setelah 24 jam perlakuan.

Kandungan utama ekstrak daun kirinyuh adalah germacrene, isocaryophyllene, 2,6,6,9-tetramethyl-1,4,8-cycloundecatriene, 1- methyl-5-methylene-8-(1-methylethyl)-1,7-cyclodecadiene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7- dimethyl-1-(1-methylethyl)

naphthalene, 1,12- dodecanediol, octahydro-1-(2-octyldecyl) pentalene, 3,7,11,15-tetramethyl-2-hexadecen-1-ol, methyl (12-acetyloxy)-9-octadecanoic, bis (2-ethylhexyl) phthalat, farnesol, 4,22-cholestadien-3-one, dan 1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,4-dimethyl-7-(1-methylethenyl) azulene (Gambar 5). Sifat toksik ini kemungkinan disebabkan oleh senyawa bioaktif yang terkandung dalam ekstrak daun kirinyuh, seperti terpenoid, tannin, saponin, dan sesquiterpene. Senyawa ini menyebabkan adanya aktivitas biologi yang khas seperti toksik, menghambat makan, antiparasit, dan pestisida (Isman, Miresmaili & Machial 2011). Terdapatnya senyawa toksik dalam ekstrak daun kirinyuh akan memberikan respon dengan cara menurunkan laju konsumsi dan efisiensi pencernaan serta metabolismenya. Yunita, Nanik & Jafron (2009) melaporkan bahwa ekstrak daun tekla (*Eupatorium riparium*) mengandung senyawa metabolit sekunder di antaranya steroid yang mempunyai efek menghambat



Gambar 6. Kromatogram GC-MS ekstrak metanol buah bintaro (*The GC MS result of methanol extract from C. manghas fruits*)



Gambar 7. Analisis GC- MS ekstrak metanol daun Suren (*T. sureni*) (*The GC MS result of methanol extract from T. Sureni leaf*)

perkembangan nyamuk *Aedes aegypti*. Adapun tannin bersifat antimikroba. Tannin memiliki rasa yang pahit sehingga dapat menyebabkan mekanisme penghambatan makan pada serangga (Yunita, Nanik & Jafron 2009). Dadang & Prijono (2008) melaporkan bahwa saponin merupakan salah satu senyawa yang sangat toksik terhadap serangga.

Kandungan utama ekstrak buah bintaro adalah 2-hydroxypyridine, 1H-indazole, cerberin (monoacetyl neriifolin), phenol, p-hydroxybenzaldehyde, benzamide, n-hexadecane acid monoglyceride, loliolide, β -sitosterol, saponin, neriifolin, cerleaside A, steroid, dan daucosterol (Gambar 6). Ekstrak kasar daun bintaro memiliki aktivitas insektisida yang cukup kuat terhadap larva *S. litura*. Pada konsentrasi tertinggi, ekstrak mampu mengakibatkan mortalitas

larva *S. exigua* sebesar 85%. Berdasarkan observasi menunjukkan bahwa setelah aplikasi ekstrak buah bintaro, larva bergerak lamban dan menjauhi daun perlakuan. Kemudian tubuh larva berubah warna dan ukuran tubuhnya menyusut kemudian lama kelamaan larva mati. Kematian larva sudah mulai terjadi sehari setelah perlakuan, hal ini menunjukkan bahwa ekstrak bekerja relatif cepat untuk mengakibatkan kematian larva. Utami *et al.* (2010) melaporkan bahwa ekstrak metanol daun bintaro mampu menyebabkan mortalitas ulat *S. litura* instar 2 sebesar 80%. Senyawa kimia yang terdapat dalam ekstrak bintaro adalah Cerberin yang merupakan golongan alkaloid/glikosida yang diduga berperan terhadap mortalitas serangga hama. Cerberine merupakan glikosida bebas N, yang bekerja sebagai racun jantung yang sangat kuat. Cerberin yang tertelan serangga menyebabkan denyut jantung

serangga berhenti. Cerberine dapat menghambat saluran ion kalsium dalam otot jantung sehingga dapat mengakibatkan kematian serangga. Kandungan saponin yang terdapat pada biji bintaro juga bersifat toksik pada serangga dan dapat menghambat aktivitas makan serangga (Utami 2010). Aktivitas makan dapat dihambat karena saponin menyebabkan penurunan enzim pencernaan serta menghambat absorpsi makanan. Selain itu, saponin dapat menyebabkan kutikula pada kulit larva hilang yang menyebabkan larva kehilangan cairan (Kuddus, Rumi & Masud 2011). Saponin juga mengganggu pertumbuhan larva dengan cara menghambat pengelupasan eksoskeleton larva sehingga tidak dapat berkembang ke fase selanjutnya (Chaieb 2010). Steroid juga dikenal sebagai senyawa yang mempunyai efek toksik.

Komponen utama ekstrak daun suren, yaitu diethyl phthalate, octane, 1-chloro-, palmitic acid ethyl ester, undecanoic acid 2-methyl-, methyl ester, caryophyllene, Linolenic acid, dan triterpenoid yang dibagi menjadi empat golongan, yaitu triterpen, saponin, steroid, dan glikosida (Gambar 7). Senyawa triterpenoid bersifat sebagai *repellent* yang memiliki bau menyengat dan rasa sepat yang menyebabkan larva tidak mau makan. Senyawa terpenoid mempunyai aktivitas sebagai racun syaraf, penghambat makan, dan penghambat oviposisi, sedangkan aktivitas dari saponin yang merupakan kelompok triterpenoid adalah menurunkan enzim protease dalam saluran makanan serangga serta mengganggu penyerapan makanan (Chaieb 2010; Kuddus *et al.* 2011). Masuknya senyawa tersebut mengakibatkan terganggunya sekresi enzim pencernaan, dengan tidak adanya enzim pencernaan maka metabolisme pencernaan akan terganggu. Jika hal ini terjadi terus-menerus mengakibatkan larva mati karena kekurangan nutrisi untuk kelangsungan hidupnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Ekstrak tumbuhan yang diuji telah teridentifikasi bahan kimianya mengandung bahan metabolit sekunder yang potensial untuk dijadikan sebagai bahan baku insektisida botani. Ekstrak kasar daun bintaro, akar tuba, daun kirinyuh, dan daun suren memiliki aktivitas racun yang cukup kuat terhadap larva *Spodoptera exigua* dengan nilai LC_{50} berturut-turut 1.002,67 ppm, 1.256,07 ppm, 1.304,35 ppm, dan 1.307,37 ppm. Berbeda dengan ekstrak daun huni kurang kuat daya racunnya karena mempunyai nilai LC_{50} paling besar, yaitu 3.316,35 ppm. Nilai LT_{50} terendah diperoleh berturut-turut dari ekstrak daun akar tuba (33,50 jam dengan *fiducial limit* 23,24–48,42

jam), ekstrak daun suren (37,08 jam dengan *fiducial limit* 20,67–66,21 jam), ekstrak daun bintaro (46,98 jam dengan *fiducial limit* 26,94–81,94 jam, sedangkan nilai LT_{50} yang terpanjang diperoleh dari ekstrak daun huni (136,52 dengan *Fiducial limit* 76,47–234,51 jam). Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengkaji keefektifannya pada kondisi lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Achio, SE, Ameko EF, Kutsanedzie & Alhassan, S 2012, 'Insecticidal effects of various neem preparations against some insects of agricultural and public health concern', *International Journal of Reaserch in BioSciences*, vol. 1, no. 2, pp 11–19.
2. Adeniyi, SA, Orjiekwe, CL, Ehiagbonare, JE & Arimah, BD 2010, Preliminary phytochemical analysis and insecticidal activity of ethanolic extracts of four tropical plants (*Vernonia amygdalina*, *Sida acuta*, *Ocimum gratissimum*, and *Telfaria occidentalis*) against beans weevil (*Acanthscelides obtectus*)', *International Journal of the Physical Sciences*, vol 5, no. 6, pp. 753–762.
3. Ahmad, M & Arif, MI 2010, 'Resistance of beet armyworm *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) to endosulfan, organophosphorus and pyrethroid insecticides in Pakistan', *Crop Protection*, vol. 20, pp. 1428–1433.
4. Anita, S, Sujatha, P & Prabhudas, P 2012, 'Efficacy of pulverised leaves of *Annona squamosa* (L.), *Moringa oleifera* (Lam.) and *Eucalyptus globulus* (Labill.) against the stored grain pest, *Tribolium castaneum* (Herbst.)', *Recent Research in Science and Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 19–23.
5. Arivoli, S & Tennyson, S 2013a, 'Screening of plant extracts for oviposition activity against *Spodoptera litura* (Fab). (Lepidoptera: Noctuidae)', *International Journal of Fauna and Biological Studies*, vol. 1, no. 1, pp. 20–24.
6. Arivoli, S & Tennyson, S 2013b, 'Antifeedant activity, developmental indices and morphogenetic variations of plant extracts against *Spodoptera litura* (Fab) (Lepidoptera: Noctuidae)', *Journal of Entomology and Zoology Studies*, vol. 1, no. 4, pp. 87–96.
7. Baskar, K, Sasikumar, S, Muthu, C, Kingsley, S & Ignacimuthu. S 2011, 'Bioefficacy of *Aristolochia tagala* Cham. against *Spodoptera litura* Fab. (Lepidoptera: Noctuidae)', *Saudi Journal of Biological Sciences*, vol. 18, pp. 23–27.
8. Burkle, LA, Marlin, JC & Knight, TM 2013, 'Plant-pollinator interactions over 120 years: loss of species, co-occurrence, and function', *Science*, vol. 339, pp. 1611–1615.
9. Busvine, JRA 1971, *Critical review of the techniques for testing insecticides*, 2nd ed, England, Commonwealth Agricultural Fanham Roya, pp. 263–276.
10. Chaieb, I 2010, 'Saponins as insecticides: a review', *Tunisian Journal of Plant Protection*, pp. 39–50.
11. Che, W, Shi, T, Wu, Y & Yang, Y 2013, 'Insecticide resistance status of field populations of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) from China', *J. Econ. Entomol.*, vol. 106, no. 4, pp. 1855–1862.
12. Dadang & Prijono D 2008, *Insektisida nabati: prinsip, pemanfaatan, dan pengembangan*, Departemen Proteksi Tanaman, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

13. Dantu, PK 2011, 'Differential accumulation of rotenoids in the roots of *Boerhaavia diffusa* L. collected from different locations', *Asian J. Exp. Sci.*, vol. 25, pp. 05–08.
14. Dehghani, M & Ahmadi, A 2013, 'Anti-oviposition and repellence activities of essential oils and aqueous extracts from five aromatic plants against greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Homoptera: Aleyrodidae)', *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, vol. 19, no. 4, pp. 691–696.
15. Gokce, A, Stelinski, LL, Whalon, ME & Gut, LJ 2010, 'Toxicity and antifeedant activity of selected plant extracts against larval oblique banded leafroller', *The Open Entomology Journal*, vol. 3, pp. 30–36.
16. Gross, K, & Rosenheim, JA 2011, 'Quantifying secondary pest outbreaks in cotton and their monetary cost with causal-inference statistics', *Ecological Applications*, vol. 21, no. 17, pp. 2770–2780.
17. Guruprasad, BR & Pasha, A 2014, 'Assessment of repellency and insecticidal activity of *Ajuga parviflora* (Benth) and *Trichilia connaroides* (W&A) leaf extracts against stored product insects', *Journal of Entomology and Zoology Studies*, vol. 2, no. 4, pp. 221–226.
18. Hamzah, MF, Yanuwadi, B & Leksono, AS 2013, 'The effectiveness of combination mahogany (*Swietenia mahagoni*) seed and sour sup (*Annona muricata*) leaf pesticide to the time of stop feeding and LC50 mortality on Armyworm (*Spodoptera litura* F.)', *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, vol. 3, no. 11, pp. 71–77.
19. Hanifah, AL, Awang, SH, Ming, HT, Abidin, SZ & Omar, MH 2011, 'Acaricidal activity of *Cymbopogon citrates* and *A. indica* against house dust mites', *Asian Pac. J. Trop. Biomed*, vol. 1, no. 5, pp. 365–369.
20. Hasyim, A, setiawati, W, hudayya, A & luthfy 2016, 'Sinergisme Jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae* dengan insektisida kimia untuk meningkatkan mortalitas ulat bawang *Spodoptera exigua*', *J. Hort.*, vol. 26, no. 2, pp. 257–266.
21. Hasyim, A, Setiawati, W, Marhaeni, LS, Lukman, L & Hudayya, A 2017, 'Bioaktivitas enam ekstrak tumbuhan untuk pengendalian hama tungau kuning cabai *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae) Bank di laboratorium', *J. Hort.*, vol. 27, no. 2, pp. 217–230.
22. Hasyim, A, Setiawati, W, Murtiningsih, R & Sofiari, E 2010, 'Efikasi dan persistensi minyak serai sebagai biopestisida terhadap *Helicoverpa armigera* Hubner. (Lepidoptera : Noctuidae)', *J. Hort.*, vol. 20, no. 4, pp. 377–386.
23. Isman, MB, Miresmailli, S & Machial, C 2011, 'Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products', *Phytochem. Rev.*, vol. 10, pp. 197–204.
24. Jeyasankar, A, Elumalai, K, Raja, N & Ignacimuthu, S 2013, 'Effect of plant chemicals on oviposition deterrent and ovicidal activities against female moth, *Spodoptera litura* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae)', *International Journal of Agricultural Science Research*, vol. 2, no. 6, pp. 206–213.
25. Jeyasankar, A, Premalatha, A & Elumalai, K 2014, 'Antifeedant and insecticidal activities of selected plant extracts against Epilachna beetle, *Henosepilachna vigintioctopunctata* (Coleoptera: Coccinellidae)', *J. Advances in Entomology*, vol. 22, pp. 14–19.
26. Jeyasankar, A, Raja, N & Ignacimuthu, S 2011, 'Insecticidal compound isolated from *Syzygium lineare* Wall. (Myrtaceae) against *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae)', *Saudi Journal of Biological Sciences*, vol. 18, pp. 329–332.
27. Karunaratne, UKPR & Karunaratne, MMSC 2012, 'Evaluation of methanol, ethanol and acetone extracts of four plant species as repellents against *Callosobruchus maculatus* (Fab.)', *Vidiyodaya, J. Of. Sci.*, vol. 17, pp. 1–8.
28. Krishnappa, K, Anandan, A, Mathivanan, T, Elumalai, K & Govindarajan, M 2010, 'Antifeedant activity of volatile oil of *Tagetes patula* against armyworm, *Spodoptera litura* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae)', *International Journal of Current Research*, vol. 4, pp. 109–112.
29. Krishnappa, K, Elumalai, K, Anandan, A, Govindarajan, M & Mathivanan, T 2013, 'Insecticidal properties of *Thymus persicus* essential oil and their chemical composition against armyworm, *Spodoptera litura* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae)', *International J. Rec. Sci. Res.*, vol. 8, pp. 170–176.
30. Kuddus, MR, F. Rumi, F & Masud, MM 2011, 'Phytochemical screening and antioxidant activity Studies of *Cerbera odollam* Gaetrn. *Int. J. Pharm. Bio. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 413–p418.
31. Lai, T, & Su, J 2011, 'Assessment of resistance risk in *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) to chlorantraniliprole', *Pest Management Science*, vol. 67, pp. 1468–1472.
32. Lee, TM, & Mix, K 2012, 'Evaluation of *Melia azedarach* as a botanical pesticide against beet armyworm (*Spodoptera exigua*)', *ARPJ Journal of Agricultural and Biological Science*, vol. 7, no. 11, pp. 962–967.
33. Maciel, AGS, Rodrigues, JS, Trindade, RCP, Silva, ES, Sant'Ana, AGE & Lemos, EEF 2015, 'Effect of *Annona muricata* L. (1753) (Annonaceae) seeds extracts on *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae)', *Afr. J. Agric. Res.*, pp. 4370–4375.
34. Mallinger, RE, Werts, P & Gratton, C 2015, 'Pesticide use within a pollinator-dependent crop has negative effects on the abundance and species richness of sweat bees, *Lasioglossum* spp., and on bumble bee colony growth', *J. Insect Conserv.*, vol. 19, pp. 999–1010.
35. Marhaeni, LS, Aprianto, F, Hasyim, A & Lukman, L 2016, 'Potensi campuran *Spodoptera exigua* Nucleopolyhedrovirus (SeNPV) dengan insektisida botani untuk meningkatkan mortalitas ulat bawang *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) di laboratorium', *J. Hort.*, vol. 26, no. 1, pp. 103–112.
36. Martinou, AF, Seraphides, N & Stavrinides, MC 2014, 'Lethal and behavioral effects of pesticides on the insect predator *Macrolophus pygmaeus*', *Chemosphere*, vol. 96, pp. 167–173.
37. Mokhtar, S, Agroudy, NE, Shafiq, FA & Fatah, HYA 2015, 'The effects of the environmental pollution in Egypt', *International Journal of Environment*, vol. 04, no. 1, pp. 21–26.
38. Oluwole, O & Cheke, RA 2009, 'Health and environmental impacts of pesticide use practices: a case study of farmers in Ekiti State, Nigeria', *International Journal of Agricultural Sustainability*, vol. 7, no. 3, pp. 153–163.
39. Packiam, SM, Baskar, K & Ignacimuthu, S 2012, 'Ovicidal activity of botanical oil formulations against *Helicoverpa armigera* Hubner and *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae)', *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, pp. 1241–S1244.
40. Pavela, R 2009, 'Effectiveness of some botanical insecticides against *Spodoptera littoralis* Boisduval (Lepidoptera: Noctuidae), *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae) and *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)', *Plant Protect. Sci.*, vol. 45, no. 4, pp. 161–167.

41. Purwani, KI, Wijayawati, L, Nurhatika, S, Sa' Diyah, NA & Arifiyanto, A 2014, 'Bintaro (*Cerbera odollam*) leaf extract as a potential biological pest control toward *Spodopteralitura* F. mortality', *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, vol. 4, no. 4, pp. 18–23.
42. Putrasamedja, S, Setiawati, W, Lukman, L & Hasyim, A 2012, 'Penampilan beberapa klon bawang merah dan hubungannya dengan intensitas serangan organisme pengganggu tumbuhan', *J. Hort.*, vol. 22, no. 4, pp. 349–359.
43. Radha, R, & Susheela, P 2014, 'Efficacy of plant extracts on the toxicity, ovipositional deterrence and damage assessment of the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae)', *Journal of Entomology and Zoology Studies*, vol. 2, no. 3, pp. 16–20.
44. Radhika, SA & Sahayaraj, A 2014, 'Synergistic effects of monocrotophos with botanical oils and commercial neem formulation on *Spodoptera litura* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae)', *Journal Biopest*, vol. 7, pp. 152–159.
45. Ray, DP, Dutta, D, Srivastava, S, Kumar, B & Saha, S 2012, 'Insect growth regulatory activity of *Thevetia nerifolia* Juss. against *Spodoptera litura* (Fab.)', *Journal of Applied Botany and Food Quality*, vol. 85, no. 2, pp. 212–215.
46. Rusli, R, Arneti, & Sari, SP 2010, 'Pengujian ekstrak metanol bunga kipat (*Tithonia diversifolia* A. Gray) (Asteraceae) untuk mengendalikan *Spodoptera exigua* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae)', *Manggaro*, vol. 11, pp. 25–32.
47. Saeed, Q, Saleem, MA & Ahmad. 2012, 'Toxicity of some commonly used synthetic insecticides against *Spodoptera exigua* (Fab) (Lepidoptera: Noctuidae). *Pakistan J. Zool.*, vol. 44, no. 5, pp. 1197–1201.
48. Sarwar, M 2015, 'The killer chemicals for control of agriculture insect pests: the botanical insecticides', *International Journal of Chemical and Biomolecular Science*, vol. 2, no. 3, pp. 123–128.
49. Sarwar, M, Ahmad, N, Bux, M & Tofique, M 2012, 'Potential of plant materials for the management of cowpea bruchid *Callosobruchus analis* (Coleoptera: Bruchidae) in gram *Cicer arietinum* during storage', *The Nucleus*, vol. 49, pp. 61–64.
50. Setiawati, WA, Hasyim, A, Hudayya, A & Shepard, BM 2014, 'Evaluation of shade nets and nuclear polyhedrosis virus (SeNPV) to control *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on shallot in Indonesia', *AAB Bioflux* vol. 6, pp. 88–97.
51. Shahabuddin & F Pasaru, F 2009, 'Pengujian efek penghambatan ekstrak daun widuri terhadap pertumbuhan larva *Spodoptera exigua* dengan menggunakan indeks pertumbuhan relatif', *J. Agroland*, vol. 16, no. 2, pp. 148–154.
52. Shahabuddin & Khasanah, N 2013, 'Efektivitas ekstrak biji mahkota dewa (*Phaleria macrocarpa*) dalam mengendalikan hama *Spodoptera exigua* hubner (lepidoptera: noctuidae) pada pertanaman bawang merah', *J. Agroland*, vol. 20, no. 1, pp. 21–27.
53. Starner, K, & Goh, KS 2012, 'Detections of the neonicotinoid insecticide imidacloprid in surface waters of three agricultural regions of California, USA, 2010–2011', *Bull. Environ. Contamin. Toxicol.* vol. 88, pp. 316–321.
54. Su, JY & Sun, XX 2014, 'High level of metaflumizone resistance and multiple insecticide resistance in field populations of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) in Guangdong Province, China', *Crop Protection* vol. 61, pp. 58–63.
55. Suganya, R, & Thangaraj, M 2014, Isolation and characterization of leaf extract of *Derris trifoliata*,', *International Journal of ChemTech Research*, vol. 6, no. 9, pp. 4115–4122.
56. Supyani, Noviayanti, P & Wijayanti, R 2014, 'Insecticidal properties of *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus local isolate against *Spodoptera exigua* on shallot', *J. Entomol. Res.*, vol. 02, no. 03, pp. 175–180.
57. Ueno, T 2015, 'Beet armyworm *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae): a major pest of welsh onion in Vietnam', *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, vol. 4, no. 2, pp. 181–185.
58. Utami S 2010, 'Aktivitas insektisida bintaro (*Cerbera adollam* Gaertn.) terhadap hama *Eurema* spp. pada skala laboratorium', *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, vol. 7, no. 4, pp. 211–220.
59. Utomo, IS, Hoesain, M & Jadmiko, MW 2017, 'Uji efektifitas ekstrak akar tuba (*Derris elliptica*) dan umbi gadung (*Dioscorea hispida*) terhadap mortalitas dan perkembangan hama *Plutella xylostella* di laboratorium', *Gontor Agrotech Science Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 89–109.
60. Yunita, E, Nanik & Jafron, WH 2009, 'Pengaruh ekstrak daun teklan (*Eupatorium riportum*) terhadap mortalitas dan perkembangan larva *Aedes aegypti*', *Bioma*, vol. 11, no. 1, pp. 11–17.
61. Zubairi, SI, Sarmidi, MR & Aziz, RA 2014, 'Bio-active constituents of rotenoids resin extracted from *Derris elliptica* roots: comparison between local plant extract and saphyr (France) cube resin', *Advances in Environmental Biology*, vol. 8, no. 4, pp. 904–909.