

PEMANFAATAN BROTOWALI (*Tinospora crispa* (L.) Hook.f & Thomson) SEBAGAI PESTISIDA NABATI

The utilization of bitter grape (*Tinospora crispa* (L.) Hook.f & Thomson) as botanical pesticide

WIRATNO, HERA NURHAYATI, dan SUJIANTO
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Indonesian Spices and Medicinal Crops Research Institute
Jl. Tentara Pelajar No. 3, Bogor 16111, Indonesia
wiratno02@yahoo.com
heranurhayati74@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan pestisida kimia menyebabkan berbagai masalah yang berkaitan dengan kelestarian lingkungan dan kesehatan manusia. Oleh karena itu, penggunaan pestisida berbahan baku alami merupakan salah satu alternatif yang digunakan untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman (OPT). Brotowali (*Tinospora crispa*) merupakan tanaman berkhasiat obat yang tumbuh di daerah tropis termasuk Indonesia. Tanaman tersebut sering digunakan sebagai obat untuk demam, kolera, rematik, penyakit kuning dan diabetes tipe II. Bahan aktif yang terkandung di dalam akar, batang, daun, buah dan bunga brotowali, yang dapat mengendalikan OPT di antaranya adalah alkaloid, tanin, saponin, glikosida, terpenoid dan flavonoid beserta turunannya. Selain bersifat toksik untuk serangga, tanaman brotowali juga bersifat antijamur, antinematoda dan antimoluska. Batang brotowali dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan serangga diantaranya tungau, *Spodoptera exigua*, *Nephotettix* spp, *Nilaparvata lugens*, *Plutella xylostella*, *Phyllotera sinuata* Ateph, *Scirtothrips dorsalis* Hood, *Phyllocnistis citrella* Stainton dan larva nyamuk *Culex quinquefasciatus* (vektor penyakit filariasis) dengan nilai efektivitas diatas 50% dan rasio efisiensi biaya produksi yang lebih rendah dari pestisida sintetis. Selain itu juga brotowali dapat digunakan sebagai bahan untuk campuran pestisida organik. Budidaya brotowali cukup mudah, walaupun belum banyak diteliti, sehingga ketersediaan bahan baku juga dapat berkelanjutan. Review ini bertujuan untuk mengemukakan hasil-hasil penelitian yang terkait dengan penggunaan brotowali sebagai bahan untuk pestisida nabati.

Kata kunci: *Tinospora crispa*, pestisida nabati, metabolit sekunder

ABSTRACT

Excessive use of chemical pesticides cause various problems related to environmental sustainability and human health. Therefore, the use of pesticides made from natural materials, such as from plants known as botanical pesticides, is one of the alternatives used to control plant pest. Bitter grape (*Tinospora crispa*) is a medicinal plant grows in tropical regions including Indonesia. The plant is often used as medicine for fever, cholera, rheumatism, jaundice and type II diabetes. The active ingredients contained in the roots, stems, leaves, fruits and flowers of this plant, which are able to control pests, are alkaloids, tannins, saponins, glycosides, terpenoids, flavonoids and their derivatives. Besides being toxic to insects, bitter grape also has antifungal, antinematocidal and antimollusca activities. The extract or directly used of bitter grape stem had been utilized to control insects such as mites, *Spodoptera exigua*, *Nephotettix* spp, *Nilaparvata lugens*, *Plutella xylostella*, *Phyllotera sinuata* atepth, *Scirtothrips dorsalis* Hood, *Phyllocnistis citrella* Stainton and larvae of *Culex quinquefasciatus* (phyllariasis disease vector), with the pesticide effectiveness above 50% and efficiency ratio of cost production lower than synthetic pesticide. Moreover, it can be mixed with other plants as raw material for organic pesticide. Bitter grape can be cultivated easily, although its cultivation technology has not been widely studied. Thus, the sustainability of the raw materials will not be a problem. This review aimed to present the results of research related to the use of bitter grape as the material for botanical pesticide.

Keywords: *Tinospora crispa*, botanical pesticide, secondary metabolite

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara penghasil produk pertanian yang menggunakan pestisida untuk mengontrol organisme pengganggu tanaman (OPT). Kulkarni *et al.* (2009) menyatakan bahwa pestisida digunakan pada 35% tanaman pertanian selama pertumbuhan di lapangan dan 14% produk-produk pertanian yang disimpan di gudang penyimpanan terserang OPT, sehingga mempengaruhi produksi makanan secara global. Pestisida adalah bahan atau campuran bahan yang digunakan untuk mengendalikan OPT baik itu untuk mencegah, memusnahkan, membunuh, mengontrol dan mengurangi serangan OPT (Anjarwalla *et al.* 2016). Penggunaan pestisida kimia yang berlebihan menyebabkan berbagai macam masalah diantaranya mencemari lingkungan, menyebabkan resistensi OPT, menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia karena dapat memicu berbagai macam penyakit diantaranya kanker, diabetes, infertilitas, penurunan imunitas dan lain-lain (Anjarwalla *et al.* 2016). WHO memperkirakan 200.000 orang meninggal karena keracunan pestisida kimia (Belmain *et al.* 2012). Lebih lanjut Khater (2012) melaporkan penggunaan pestisida kimia secara terus-menerus menyebabkan resistensi kurang lebih 500 spesies serangga dan tungau.

Pestisida nabati berpotensi untuk menanggulangi masalah yang ditimbulkan oleh penggunaan pestisida kimia secara terus-menerus. Kelebihan dari pestisida nabati dapat terdegradasi secara cepat sehingga tidak mencemari lingkungan dan mengurangi resiko adanya residu pada makanan yang dikonsumsi manusia (Singh dan Saratchandra 2005). Selain itu pestisida nabati juga tidak membunuh spesies bukan target dan organisme lainnya yang menguntungkan (Amoabeng *et al.* 2013) dan secara umum lebih hemat dibanding pestisida kimia. Mkenda *et al.* (2015) melaporkan penggunaan pestisida nabati pada budidaya tanaman kedelai memberikan keuntungan US\$5,50 dibanding dengan penggunaan pestisida sintetik yang memberikan keuntungan sebesar US\$4 dan tidak berbeda nyata dengan kontrol. Tanaman memproduksi senyawa yang memiliki fungsi untuk mengganggu pertumbuhan

serangga (*insect growth regulator*), *antifeedant*, dan repelen. Ekstrak dan minyak atsiri yang berasal dari tanaman umumnya aman dan ramah lingkungan dibanding pestisida kimia. Hal ini menyebabkan meningkatnya kecenderungan permintaan untuk pestisida nabati dengan lebih dari 2.400 bahan aktif yang telah teridentifikasi berasal dari tanaman yang memiliki potensi sebagai insektisida dan antipatogen (Karunamoorthi 2012). Mamun dan Ahmed (2011) menyarankan agar pestisida nabati diformulasikan dari tanaman yang mudah dibudidayakan dan diekstraksi sehingga memudahkan petani dalam pemanfaatannya.

Brotowali (*Tinospora crispa*) merupakan salah satu tanaman obat dan berpotensi sebagai insektisida nabati. Di negara-negara Asia seperti Filipina, Malaysia, Indonesia, Thailand (Ahmad *et al.* 2016), India, Cina dan Vietnam (Pal *et al.* 2016). Tanaman ini digunakan sebagai obat demam, kolera, rematik, penyakit kuning (Pal *et al.* 2016), perangsang nafsu makan dan juga dimanfaatkan sebagai antiparasit baik pada hewan maupun manusia (Aminul Md *et al.* 2011). Selain itu juga digunakan dalam pengobatan modern untuk pengobatan diabetes tipe II (Pal *et al.* 2016). Bahan aktif yang terkandung dalam brotowali berfungsi sebagai imunomodulator, antimalaria, antibakteri, antivirus, antialergi, antiproliferatif dan antioksidan (Nidhi *et al.* 2013). Masyarakat di Indonesia biasa memanfaatkan batang brotowali dengan cara direbus untuk menurunkan kadar glukosa dan sebagai ant demam (Rozaq dan Sofriani 2009).

Saat ini, brotowali belum banyak dimanfaatkan sebagai insektisida nabati secara komersial, walaupun sudah ada hasil-hasil penelitian yang mengindikasikan pemanfaatannya sebagai pestisida nabati. Review ini bertujuan untuk mengemukakan hasil-hasil penelitian yang terkait dengan penggunaan brotowali sebagai bahan untuk pestisida nabati.

KARAKTERISTIK TANAMAN DAN BUDIDAYA

Karakteristik Tanaman

Brotowali merupakan tanaman merambat (Gambar 1a.) yang termasuk dalam *famili*



Gambar 1. Tanaman (a), batang (b) dan daun (c) brotowali (*Tinospora crispa*) (dok. Nurhayati)

Menispermaceae yang tersebar di daerah tropis dan subtropis di Asia dan Afrika (Chittur dan Gunjan 2012), tetapi belum ada informasi data penyebaran brotowali di Indonesia. Tanaman ini tumbuh sampai dengan ketinggian 1.000 m dpl dan tumbuh optimal pada daerah bersuhu tinggi (Rozaq dan Sofriani 2009). Jenis tanah yang cocok untuk pertumbuhannya adalah tanah berlempung dengan pH 5-7, suhu 25-37°C, kelembaban sedang, curah hujan 1.500-3.000 mm/tahun dengan intensitas matahari 70-100% (Rahmaniar *et al.* 2015).

Panjang batang dapat mencapai 2,5 m, dengan daun berbentuk hati, panjang tangkai daun 7-12 cm, memiliki bunga kecil yang berwarna hijau (Rozaq dan Sofriani 2009). Batang yang tua berwarna kecoklatan dan memiliki benjolan-benjolan (Gambar 1b.), sedangkan batang mudanya berwarna hijau dan licin tidak berbulu. Daunnya lebar berbentuk hati dengan panjang 6-12 cm dan lebar 7-12 cm. Tangkai daun licin dengan panjang 5-15 cm. Bunga majemuk berukuran kecil, berwarna kuning atau kuning kehijauan. Buah memiliki panjang 7-8 mm, berwarna hijau (Ahmad *et al.* 2016; Yusuf *et al.* 1999).

Budidaya

Tanaman brotowali belum dibudidayakan dalam skala luas dan penelitian mengenai budidayapun belum banyak dilakukan. Brotowali dapat diperbanyak secara vegetatif dengan setek batang. Setek batang brotowali dapat bertahan selama satu tahun bila disimpan dalam wadah tertutup (Yusuf *et al.* 1999). Setek diambil dari batang sehat dan cukup tua dengan

panjang \pm 10 cm. Penyemaian dilakukan selama 3-4 minggu dengan jarak tanam 60-100 cm x 60-100 cm.

Brotowali merupakan tanaman merambat sehingga dibutuhkan tiang panjat mati atau hidup (dapat menggunakan glirisidia). Dosis pupuk yang digunakan adalah 1 kg pupuk kandang per tanaman. Batang brotowali dapat mulai dipanen pada umur 5,5 bulan setelah tanam saat batang mulai berwarna coklat kehitaman (Rahmaniar *et al.* 2015). Brotowali juga dapat diperbanyak secara kultur jaringan untuk mendapatkan kandungan bahan aktif yang tinggi (Yusuf *et al.* 1999).

KANDUNGAN BAHAN AKTIF UNTUK INSEKTISIDA NABATI

Pestisida nabati merupakan pestisida yang berasal dari bahan aktif tunggal maupun campuran yang berasal dari tanaman (daun, buah, biji atau akar). Cara kerja pestisida nabati adalah sebagai repelen, atraktan, menyebabkan infertilitas, antimakan dan mempengaruhi proses *molting* (Mamun dan Ahmed 2011; Yunita *et al.* 2009). Kandungan metabolit sekunder yang biasanya memiliki aktivitas sebagai pestisida adalah alkaloid, terpenoid dan fenol (Raden 2016).

Kandungan bahan aktif pada tanaman brotowali telah dipelajari secara intensif sejak tahun 1980-an. Ahmad *et al.* (2016) melaporkan ada lebih dari 65 jenis senyawa pada brotowali diantaranya alkaloids, flavonoids, flavone glikosida, triterpenes, diterpenes dan diterpene glikosida, cis clerodane-typefurano diterpenoids, lactones, sterols, lignans, dan nukleosida. Bagian

tanaman yang berpotensi sebagai bahan untuk pestisida nabati adalah daun, batang dan buah. Senyawa aktif dari ekstrak kasar daun brotowali diperoleh beberapa golongan senyawa yaitu steroid, terpenoid, saponin dan fenolik, alkaloid, damar lunak, pati, glikosida pikroretosid, zat pahit pikroretin, harsa, berberin dan palmatin sedangkan akarnya mengandung alkaloid berberin dan kolumbin (Darmayasa dan Parwanayoni 2014). Nor Aziyah *et al.* (2014) menyatakan adanya kandungan alkaloid, terpenoid dan glikosida pada ekstrak etanol batang brotowali. Pal *et al.* (2016) mengungkapkan adanya kandungan tanin dan steroid dari ekstrak buah brotowali.

Sebagian bahan aktif yang terkandung, yaitu alkaloid, terpenoid, dan fenolik, memiliki sifat sebagai antimakan, sedangkan steroid memiliki fungsi dalam mengganggu proses perubahan bentuk serangga (*molting cycle*) apabila terhirup oleh serangga (Huner dan Hopkins 2009). Senyawa antimakan didefinisikan sebagai zat yang apabila diujikan pada serangga akan menghentikan aktivitas makan secara sementara atau permanen tergantung potensi zat tersebut (Reddy *et al.* 2009). Beberapa metabolit sekunder dari tanaman brotowali yang memiliki aktivitas sebagai pestisida adalah sebagai berikut :

Alkaloid

Alkaloid yang terdapat dalam batang brotowali bersifat racun aktif yang tersusun dari karbon, hidrogen, dan nitrogen yang dapat merusak sistem syaraf, mengganggu pernapasan, dan mengganggu kemampuan reproduksi, sehingga penggunaan ekstrak batang brotowali dapat mengurangi penyebaran dan mengusir nyamuk, mengganggu produksi feses dan urin serangga (Nor Aziyah *et al.* 2014; Dumeva *et al.* 2016). Berberin dan palmatin yang termasuk dalam kelompok alkaloid, terdapat dalam akar dan batang brotowali juga bersifat toksik untuk serangga (Rozaq dan Sofriani 2009). Senyawa tersebut mempengaruhi kerja acetylcholinesterase sehingga mengganggu kerja syaraf serangga dan dapat menyebabkan kematian (Rattan 2010; Liu *et al.* 2014). Selain itu berberin juga menghambat sintesis dan transkripsi DNA (Rattan 2010). Palmatin iodide

dan berberin klorida dari tanaman *Coptis javanica* dilaporkan memiliki aktivitas antimakan pada serangga *Hyphantria cunea* (Park *et al.* 2000). Selain sebagai antimakan, palmatin dan berberin juga berfungsi sebagai repelen (Schmeller *et al.* 1997; Malikova *et al.* 2006).

Tanin

Tanin terdapat dalam daun dan batang brotowali. Tanin yang termasuk dalam kelompok fenol umumnya terdapat dalam semua tanaman yang mempunyai aktivitas sebagai pestisida (Raden 2016). Menurut Shaalan *et al.* (2005) tanin bersifat toksik untuk larva *Culex quinquefasciatus*. Toksisitas tanin ditentukan oleh perannya dalam merusak membran (Nas 2004). Tanin dapat menghambat serangan mikroorganisme termasuk virus pada tanaman (Ünver *et al.* 2014). Selain itu rasanya pahit sehingga dapat berperan sebagai *antifeedant* (Yunita *et al.* 2009). Pemanfaatan senyawa tanin dilaporkan dapat mengendalikan hama gudang yaitu menghambat pertumbuhan larva sehingga perkembangan larva menjadi serangga akan terhambat (Oyenyi *et al.* 2015). Tanin juga dilaporkan memiliki aktivitas sebagai nematisida untuk *Meloidogyne javanica* secara in vitro dan percobaan di pot (Maistrello *et al.* 2010).

Saponin

Saponin juga merupakan metabolit sekunder yang terkandung dalam tanaman untuk pestisida (Raden 2016), terdapat dalam ekstrak kasar daun brotowali (Darmayasa dan Parwanayoni 2014). Saponin pada brotowali bersifat sebagai racun perut dan racun kontak pada larva serangga (Septian dan Ratnasari 2010). Makanan yang telah terkontaminasi saponin akan diserap dan disebarkan ke seluruh tubuh dan memasuki peredaran darah sehingga menyebabkan hemolisis yang akan mengganggu proses fisiologis larva dan menyebabkan kematian (Budianto dan Tukiran 2012). Selain itu saponin juga bersifat antimakan dan mengganggu pertumbuhan serangga melalui penghambatan sintesis ecdysteroid (Chaieb 2010).

Glikosida

Pikroretin, pikroretosid dan tinokrisposid yang terdapat dalam batang brotowali merupakan bahan aktif bersifat insektisidal (Rozaq dan Sofriani 2009; Dumeva *et al.* 2016). Tinokrisposid bersifat racun untuk larva nyamuk *Aedes aegypti*. Rasa pahit yang dimiliki oleh tinokrisposid dapat menyebabkan iritasi pada lambung karena penyerapan tinokrisposid ke dalam usus larva dapat menghambat kerja enzim pencernaan serta mengakibatkan kerusakan sel-sel pada saluran pencernaan dan menyebabkan kematian pada larva (Dumeva *et al.* 2016).

Terpenoid

Hasil uji fitokimia menunjukkan bahwa senyawa triterpenoid dari golongan terpenoid bersifat antimakan (Sukadana *et al.* 2018; Raden 2016). Selain itu golongan terpenoid juga bersifat *molluscicidal* untuk keong (Abdelgaleil 2010), racun perut untuk serangga pengunyah (*chewing insects*) dan larva nyamuk (El-Wakeil 2013). Senyawa meliacarpins dari tanaman *Melia azedarachta*, yang juga termasuk golongan terpenoid memiliki aktivitas menghambat pertumbuhan serangga (El-Wakeil 2013). Senyawa terpenoid menghambat kerja enzim-enzim pencernaan, sistem syaraf, *molting* dan sklerotisasi pada serangga (Miyazawa *et al.* 1997; Kubo 2000).

Flavonoid

Flavonoid terdapat dalam akar, daun dan batang brotowali, termasuk dalam golongan senyawa fenol (Raden 2016). Fenolik sendiri merupakan golongan senyawa yang bersifat toksik terhadap serangga, jamur, nematoda dan gulma (Ntalli dan Menkissoglu-Spiroudi 2011). Flavonoid sifatnya toksik untuk beberapa serangga, merupakan antimikroba dan merupakan mekanisme tanaman untuk melindungi diri dari serangan patogen. Flavonoid juga bersifat antimakan karena dapat mengganggu sistem metabolisme dan kerja syaraf sehingga serangga dapat mengalami kelumpuhan pada mulutnya (Septian dan Ratnasari 2010). Senyawa flavonoid dapat menurunkan kemampuan mencerna makanan

pada serangga dengan menurunkan aktivitas enzim protease dan amilase. Oleh karena itu pertumbuhan serangga menjadi terganggu (Shahabuddin 2009). Flavonoid memiliki peranan penting dalam menanggulangi stres pada tanaman terutama untuk menahan serang patogen seperti bakteri, jamur, virus dan serangga. Peran flavonoid berkaitan dengan stres adalah antioksidan atau penghambat enzim yang terlibat dalam fotosintesis dan transfer energi yang berperan sebagai prekursor dalam menghasilkan zat toksik (Ateyyat 2012). Salunke *et al.* (2005) menyatakan bahwa flavonoid juga berperan dalam melindungi biji-bijian di gudang penyimpanan berkaitan dengan sifatnya sebagai racun kontak, *oviposition deterrent* dan *ovicidal action*. Selain itu juga berperan dalam mengganggu proses *molting* pada serangga dan dapat menyebabkan kematian. Flavonoid juga berperan sebagai antiestrogen maupun menghambat ekspresi dan aktivitas sitokron P450 isozyme. Penambahan konsentrasi flavonoid dapat meningkatkan kematian nimfa *Eriosoma lanigerum* (Ateyyat 2012).

PEMANFAATAN BROTOWALI SEBAGAI PESTISIDA NABATI

Di Laos, batang brotowali dimanfaatkan untuk mengendalikan lintah dan tungau (de Boer *et al.* 2010) dan sudah umum digunakan sebagai pestisida dalam praktek pertanian organik di Thailand (Iwai *et al.* 2008). Ekstrak etanol dari batang brotowali dilaporkan dapat melindungi tanaman *Spinacia oleracea* dari *Spodoptera exigua* dan mengurangi populasi serangga sampai 61,2% (Isa *et al.* 2013). Selain itu juga efektif untuk mengendalikan hama *Nephotettix* spp dan *Nilaparvata lugens*. Ekstrak air dari batang brotowali menunjukkan aktivitas secara sistemik, bersifat racun untuk telur serangga dan menghambat pertumbuhan serangga *Plutella xylostella* (Morallo-Rejesus, 1992 dalam Isa *et al.* 2013). Ekstrak daun juga bersifat antimakan untuk larva *P. xylostella* yang menyerang kubis baik di laboratorium maupun di lapang. Aplikasi ekstrak daun brotowali 0,1-0,4% dapat mengurangi aktivitas makan 19,5-100%. Lebih lanjut, hasil percobaan di lapang menunjukkan pemberian ekstrak daun brotowali 0,1 sampai

1,0% mengurangi populasi larva *P. xylostella*. Aplikasi pada konsentrasi 0,5; 0,7 dan 1,0% sebanding dengan penggunaan profenos pada konsentrasi 0,075% (Suprpta *et al.* 2003).

Selain digunakan sebagai ekstrak tunggal, Rozaq dan Sofriani (2009) juga menyatakan penggunaan batang brotowali sebagai bahan campuran pestisida yang terbuat dari urin yang dicampur dengan *Curcuma domestica*, *Capsicum frutescens*, *Allium ascalonicum*, *Pithecellobium jiringa* dan *Parkia speciosa* yang difermentasikan. USAID HARVEST (2012) dalam Rahman *et al.* (2016) juga mengungkapkan penggunaan batang brotowali sebagai bahan untuk pestisida yang terbuat dari campuran umbi *Dioscorea hispida* (3 kg) kulit batang *Phyllanthus emplica* (5 kg), *Annona squamosa* (2 kg), buah *Strychnos nux-vomica* (5 kg), *Datura metel* (4 kg), *Capsicum frutescens* (2 kg), *Azadirachta indica* (5 kg), daun *Derris elliptica* (3 kg), rimpang *Alpinia galanga* (2 kg), *Ocimum basilicum* (0,5 kg), *Nicotiana tabacum* (1 kg) dan *Cuscuta maritime* (2 kg). Bahan-bahan tersebut dicampur dengan 200 l air dan difermentasikan selama 15-20 hari. Satu liter campuran tersebut dilarutkan dalam 15 l air dan 5 g detergen dan disemprotkan 2 kali seminggu pada sayuran atau padi. Pestisida tersebut dilaporkan dapat mengendalikan serangga seperti kutu, lalat, belalang, *thrips*, kumbang dan ulat dan digunakan oleh petani di Kamboja.

Kombinasi ekstrak biji mahoni dan batang brotowali juga dapat menyebabkan mortalitas dan penurunan aktivitas makan pada ulat grayak. Konsentrasi yang efektif untuk mengendalikan ulat grayak pada tanaman cabai adalah 55 ml/l dengan mortalitas 80%. Senyawa-senyawa yang terkandung pada batang brotowali seperti flavonoid, saponin, dan triterpenoid akan terabsorpsi ke dalam tubuh ulat grayak sehingga akan menghambat pertumbuhan larva. Senyawa-senyawa tersebut akan mengganggu fungsi dari tiga hormon utama serangga, yaitu hormon otak yang menyerang sistem saraf, hormon ecdison yang menghambat proses *molting*, dan hormon pertumbuhan. Hal tersebut akan mengganggu metabolisme ulat grayak menyebabkan kematian (Septian dan Ratnasari 2010).

Ekstrak brotowali juga dilaporkan efektif untuk mengendalikan *Nephotettix* spp, *Nilaparvata*

lugens, *Spodoptera* spp (Isa *et al.* 2013), *Plutella xylostella* (Ruenrom *et al.* 2011) dan rayap (Dweck dan Cavin 2006). Nor Aziyah *et al.* (2014) menyatakan penggunaan 1,0 g/l ekstrak etanol batang brotowali dapat menurunkan populasi *Phyllotera sinuata* 30-89% pada tanaman *Brassica juncea*. Penurunan populasi *P. sinuata* sama baiknya dengan penggunaan cyperin yang merupakan pestisida kimia komersial. Brotowali yang difermentasikan dalam molase memiliki efektifitas tertinggi dalam menurunkan populasi *Scirtothrips dorsalis* Hood dan *Phyllocnistis citrella* Stainton berturut-turut 80 dan 82% dibanding kontrol (Pangnakorn dan Chuenchooklin 2015). Pada penelitian lain, ekstrak metanol daun brotowali menunjukkan 100% *feeding deterrency* pada larva instar keempat *Spodoptera litura* pada konsentrasi 500 ppm dan juga 100% menyebabkan kematian pada telur *S. litura* pada 160 ppm (Elanchezhian *et al.* 2015).

Penelitian secara in-vitro menunjukkan bahwa ekstrak kasar daun brotowali memiliki kemampuan menghambat yang cukup kuat (zona hambat 16,75 mm) terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium* sp yang diisolasi dari tanaman cabai yang sakit. Percobaan secara in-vivo menunjukkan pemberian formulasi ekstrak kasar daun brotowali pada konsentrasi 5% mampu mempertahankan populasi tanaman cabai sebesar 70% (Darmayasa dan Parwanayoni 2014). Lebih lanjut, Darmayasa dan Parwanayoni (2014) juga menyatakan berdasarkan hasil pengujian daya hambat fraksi brotowali terhadap *Fusarium* sp. secara in vitro hanya fraksi 10, 11 dan 12 yang memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan jamur tersebut dengan daya hambat masing-masing 12,50 mm; 20,25 mm dan 13,75 mm. Hasil uji identifikasi senyawa kimia pada fraksi 11 positif mengandung steroid, terpenoid, saponin dan fenolik. Senyawa-senyawa tersebut diduga berpotensi menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp. Golongan senyawa fenol, terpenoid dan saponin memiliki aktivitas sebagai antijamur, yang dapat menghambat aktivitas enzim dan merusak membran sel jamur (Rao *et al.* 2010; Cho *et al.* 2013).

Selain digunakan sebagai pestisida untuk tanaman, buah brotowali juga digunakan untuk mengendalikan larva nyamuk *Culex quinquefasciatus* pembawa vektor penyakit filariasis. Ekstrak kasar dan terlarut dari buah brotowali berpotensi digunakan untuk mengendalikan larva *C. quinquefasciatus*. Nilai LC₅₀ pada larva yang diperlakukan dengan ekstrak kasar berturut-turut 0,04% untuk larva instar pertama, 0,06% untuk instar kedua dan ketiga serta 0,07% untuk larva instar keempat pada 72 jam setelah perlakuan. Perlakuan dengan ekstrak terlarut menggunakan *petroleum ether* menunjukkan nilai LC₅₀ 64,49 ppm untuk larva instar pertama, 66,29; 68,36 dan 69,37 ppm untuk instar kedua, ketiga dan keempat (Pal *et al.* 2016). Senyawa kimia yang diduga tidak disukai nyamuk adalah fersenel, sirat, sitonella, flavonoid, saponin, risin polivenol, alkaloid, glikosida pikroretosid, tinokrisposid, pikroretin. Bahan-bahan yang tidak disukai nyamuk di atas sebagian diantaranya seperti alkaloid, tinokrisposid, glikosida terkandung pada tanaman brotowali (Dumeva *et al.* 2016). Selain buah, Prihastuti *et al.* (2012) juga mengungkapkan pemanfaatan batang tanaman brotowali sebagai lotion anti nyamuk yang aman untuk kulit. Hasil analisis menunjukkan lotion anti nyamuk dari batang brotowali yang masih

murni teruji dapat menurunkan aktivitas nyamuk karena mengandung glikosida dan alkaloid.

KAJIAN EKONOMI PEMANFAATAN BROTOWALI SEBAGAI PESTISIDA NABATI

Potensi ekonomi tanaman brotowali dapat dilihat dari dua pendekatan yaitu pengurangan biaya produksi dan dampak kerugian ekonomi yang dapat ditanggulangi. Biaya produksi pestisida nabati berbahan baku tanaman brotowali relatif murah bila dibandingkan dengan harga pestisida sintetis di pasaran. Petani dapat membuatnya sendiri dengan teknologi sederhana dan mencari secara langsung bahan baku yang tersedia di alam (Wiranti 2005). Lebih lanjut, analisis finansial pembuatan pestisida nabati telah dilakukan dan menghasilkan biaya rendah termasuk menghitung tenaga kerja dan bahan yang digunakan (Ermianti 2017). Apabila dibandingkan dengan harga pestisida sintetis berdasarkan kebutuhan per satuan luas (1 ha), dapat diperoleh hasil perhitungan rasio efisiensi biaya produksi 0,45 untuk biaya pestisida nabati berbahan baku brotowali yang lebih rendah dari pada pestisida sintetis berbahan profenos 50% EC (Tabel 1). Hal ini akan mengurangi biaya yang dikeluarkan petani. Contohnya, rata-rata tingkat kehilangan hasil akibat wereng coklat

Tabel 1. Estimasi potensi rasio biaya produksi penggunaan pestisida nabati brotowali terhadap penggunaan pestisida sintetis serta dampak ekonominya

Jenis Pestisida	Estimasi biaya produksi/harga pasar*	Ratio biaya produksi	Dampak ekonomi terhadap lingkungan	Acuan pustaka
Pembuatan pestisida nabati mandiri	Rp. 67.800,-/ha	-	Ramah lingkungan	(Ermianti 2017; Wiranti 2005)
<i>Profenos</i> 50% Insectisida EC untuk mengendalikan kutu daun, ulat dan lalat buah	1-2 liter per ha ≈ Rp. 110.000 - Rp. 150.000,-	0,45	Merusak hayati seperti ikan nila dan organisme perairan lain	(Adharini <i>et al.</i> 2016; Pamungkas 2016)
Insektisida sistemik berbahan aktif <i>fipronil</i> , <i>klorantaniliprol</i> dan <i>tiametoksan</i> untuk mengendalikan kutu dan wereng coklat	1-2 liter per ha ≈ Rp180.000,- Rp 220.000,-	0,37	Kategori insektisida berbahaya kelas II, dapat meracuni organisme dan lingkungan	(Wartono <i>et al.</i> 2018)

Keterangan: *) Harga dikalkulasikan berdasarkan harga pestisida di tingkat petani

pada tanaman padi adalah 528 kg/tahun/ha, setara dengan nilai kerugian ekonomi Rp 2.376.000,-/ha/tahun, maka kerugian petani akan terselamatkan dengan nilai ekonomi yang cukup signifikan (Yahya *et al.* 2012).

Namun demikian, aplikasi pestisida nabati berbasis tanaman brotowali tentunya memerlukan edukasi kesadaran petani (*awareness*) terhadap penggunaan pestisida alami mengingat persepsi petani terhadap pestisida nabati walaupun bernilai positif tidak sebaik penggunaan pestisida sintetis. Pengujian efektivitas ekstrak brotowali baik tunggal maupun bersama dengan bahan lain pada hama padi dan cabai menghasilkan tingkat efektivitas yang cukup beragam yaitu pada *Phyllotera sinuate* sebesar 30-90%, ulat grayak (*Spodoptera litura*) (80-100%), *Scirtotrips dorsalis* Hood (80%), *Phyllocnistis citrella* Stainton (82%) (Darmayasa dan Parwanayoni 2014). Untuk itu masih diperlukan kajian lebih mendalam terhadap formulasi pestisida nabati berbasis tanaman brotowali dalam hal adopsi teknologi, dampak ekonomi terhadap petani dan dampaknya terhadap lingkungan.

KESIMPULAN

Brotowali merupakan tanaman obat yang berpotensi digunakan sebagai pestisida nabati karena selain kandungan bahan aktifnya bersifat toksik untuk OPT, tanaman ini mudah dibudidayakan. Kandungan utama tanaman ini yang bersifat toksik untuk OPT adalah alkaloid, tanin, saponin, glikosida, terpenoid dan flavonoid yang dapat diekstrak dengan air, etanol maupun metanol. Batang brotowali baik dalam bentuk ekstrak maupun digunakan secara langsung telah dimanfaatkan untuk mengendalikan serangga diantaranya tungau di Laos, *Spodoptera exigua* dan *Phyllotera sinuata* atep di Malaysia, *Nephotettix* spp, *Plutella xylostella* dan *Nilaparvata lugens* di Filipina, *Scirtotrips dorsalis* Hood dan *Phyllocnistis citrella* Stainton di Thailand dan larva nyamuk *Culex quinquefasciatus* (vektor penyakit filariasis) di India dengan nilai efektivitas diatas 50%. Selain itu juga digunakan sebagai bahan untuk campuran pestisida organik di Indonesia dan

Bangladesh. Oleh karena itu berdasarkan kandungan bahan aktifnya, tanaman brotowali dapat dikembangkan sebagai insektisida, fungisida, nematisida dan moluscicida sehingga meningkatkan pemanfaatannya pada berbagai tanaman pertanian dan perkebunan. Namun kajian mendalam dalam hal adopsi teknologi, dampak ekonomi terhadap petani dan dampaknya terhadap lingkungan masih perlu dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelgaleil, S.A.M. (2010) Molluscicidal and insecticidal potential of monoterpenes on the white garden snail, *Theba pisana* (Muller) and the cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisduval). *Applied Entomology and Zoology*. 45 (3), Japanese Society of Applied Entomology and Zoology, 425–433.
- Adharini, R.I., Hartiko, H., Perikanan, D., Pertanian, F., Mada, U.G., Flora, J., Gd, A., Fisiologi, D., Biologi, F., Mada, U.G., Selatan, J.T. & Utara, S. (2016) Pengaruh kontaminasi insektisida profenofos terhadap fisiologis ikan nila merah (*Oreochromis* sp.). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 22 (2), 365–373.
- Ahmad, W., Jantan, I. & Bukhari, S.N.A. (2016) *Tinospora crispa* (L.) Hook. f. & Thomson: A review of its ethnobotanical, phytochemical, and pharmacological aspects. *Frontiers in Pharmacology*. [Online] 7 (MAR), 1–19. Available from: doi:10.3389/fphar.2016.00059.
- Aminul Md, H., Ashraf SM, I. & Mohammad, S. (2011) Antimicrobial, cytotoxicity and antioxidant activity of *Tinospora crispa*. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Sciences (JPBMS)*. 13 (13).
- Amoabeng, B.W., Gurr, G.M., Gitau, C.W., Nicol, H.I., Munyakazi, L. & Stevenson, P.C. (2013) Tri-trophic insecticidal effects of African plants against cabbage pests. *PLoS one*. 8 (10), Public Library of Science, e78651.
- Anjarwalla, P., Belmain, S., Ofori, D., Sola, P., Jamnadas, R. & Stevenson, P. (2016)

Handbook on pesticidal plants Optimization of Pesticidal plants: Technology, Innovation, Sensibilization, Research. (May), Nairobi, World Agroforestry Centre.

- Ateyyat, M. (2012) Selectivity of four insecticides to woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) and its sole parasitoid, *Aphelinus mali* (Hald.). *World Applied Sciences Journal*. [Online] 16 (8), 1060–1064. Available from: doi:10.5539/jas.v4n2p227.
- Belmain, S.R., Amoah, B.A., Nyirenda, S.P., Kamanula, J.F. & Stevenson, P.C. (2012) Highly variable insect control efficacy of *Tephrosia vogelii* chemotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 60 (40), ACS Publications, 10055–10063.
- de Boer, H., Vongsombath, C., Pålsson, K., Björk, L. & Jaenson, T.G.T. (2010) Botanical repellents and pesticides traditionally used against hematophagous invertebrates in Lao People's Democratic Republic: A comparative study of plants used in 66 villages. *Journal of Medical Entomology*. [Online] 47 (3), 400–414. Available from: doi:10.1603/ME09273.
- Budianto, F. & Tukiran (2012) Bioinsektisida dari tumbuhan bakau merah (*Rhizophora stylosa*. Griff) (Rhizophoraceae). *UNESA Journal of Chemistry*. 1 (1), 19–25.
- Chaieb, I. (2010) Saponins as insecticides: a review. *Tunisian Journal of Plant Protection*. 5 (1), 39–50.
- Chittur, M.A.I. & Gunjan, M. (2012) Antimicrobial activity of *Tinospora crispa* root extracts. *International Journal of Research in Ayurveda & Pharmacy*. 3 (3).
- Cho, J., Choi, H., Lee, J., Kim, M.S., Sohn, H.Y. & Lee, D.G. (2013) The antifungal activity and membrane-disruptive action of dioscin extracted from *Dioscorea nipponica*. *Biochimica et Biophysica Acta - Biomembranes*. [Online] 1828 (3), Elsevier B.V., 1153–1158. Available from: doi:10.1016/j.bbamem.2012.12.010.
- Darmayasa, I.B.G. & Parwanayoni, N.M.S. (2014) *Potensi ekstrak daun brotowali (Tinospora crispa (L) Miers) sebagai fungisida nabati terhadap penyakit layu fusarium pada tanaman cabai (Capsicum annum L.)*. In: Aryanta, I., Pangkahila, A., Marina Silalahi, M., Adiputra, I. & Nyoman Arsana, I. (eds.) *Integrasi Keanekaragaman Hayati Dan Kebudayaan Dalam Pembangunan Berkelanjutan*. Denpasar, FMIPA, Universitas Hindu Indonesia, pp.197–205.
- Dumeva, A., Syarifah & Fitriah, S. (2016) Pengaruh ekstrak batang brotowali (*Tinospora crispa*) terhadap kematian larva nyamuk *Aedes aegypti*. *Jurnal Biota*. 2 (2), 166–172.
- Dweck, A.C. & Cavin, J.-P. (2006) Andawali (*Tinospora crispa*): a review. *Personal Care Magazine*. 7, 33–39.
- El-Wakeil, N.E. (2013) Botanical pesticides and their mode of action. *Gesunde Pflanzen*. [Online] 65 (4), 125–149. Available from: doi:10.1007/s10343-013-0308-3.
- Elanchezhian, K., Gokulakrishnan, J., Deepa, J. & Selvakumar, B. (2015) Botanical extracts of *Tinospora crispa* (Menispermaceae) and *Psidium guajava* (Myrtaceae) against important agricultural polyphagous field pest armyworm, *Spodoptera litura* (Fab.). *International Journal of Recent Scientific Research*. [Online] 6 (2), 2703–2709. Available from: www.recentscientific.com.
- Ermiami (2017) analisis finansial penggunaan pestisida nabati pada usahatani jahe putih besar (studi kasus Kecamatan Tanjungkerta, Sumedang). *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*. 28 (2), 199–209.
- Huner, N.P.A. & Hopkins, W. (2009) *Introduction to Plant Physiology*. John Wiley & Sons, NY. 4th edition. New York.
- Isa, N., Satar, S.A., Bakhari, N.A., Nur, S., Diana, A., Tik, L.B. & Wan, W.Z. (2013) The effect of *Tinospora crispa* extract against *Spodoptera exigua* on *Spinacia oleracea*. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*. 9 (2), 110–114.
- Iwai, C.B., Pratad, Y., Sereepong, S. & Noller, B. (2008) Earthworm: potential bioindicator for monitoring diffuse pollution. 13 (October), 1081–1088.
- Karunamoorthi, K. (2012) Medicinal and aromatic plants: a major source of green pesticides/risk-reduced pesticides. *Med*

Aromat Plants. 1, 137.

- Khater, H.F. (2012) Prospect of botanical biopesticides in insect pest management. *Pharmacologica*. 3 (12), 641–656.
- Kubo, I. (2000) Tyrosinase inhibitors from plants. *Revista Latinoamericana de Química*. 28 (1), Laboratorios Mixim, SA de CV, 7–20.
- Kulkarni, J., Kapse, N. & Kulnarni, D.K. (2009) Plant based pesticide for control of *Helicoverpa armigera* on *Cucumis sativus*. *Asian Agri-History*. 13 (4), 327–332.
- Liu, X., Tian, Y., Dong, F., Xu, J., Li, Y., Liang, X., Wang, Y. & Zheng, Y. (2014) Simultaneous determination of matrine and berberine in fruits, vegetables, and soil using ultra-performance liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Journal of AOAC International*. [Online] 97 (1), 218–224. Available from: doi:10.5740/jaoacint.12-328.
- Maistrello, L., Vaccari, G. & Sasanelli, N. (2010) Effect of chestnut tannins on the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Helminthologia*. 47 (1), Springer, 48–57.
- Malikova, J., Zdarilova, A. & Hlobilkova, A. (2006) Effects of sanguinarine and chelerythrine on the cell cycle and apoptosis. *Biomedical Papers-Palacky University Olomouc*. 150 (1), 5.
- Mamun, M.S.A. & Ahmed, M. (2011) Prospect of indigenous plant extracts in tea pest management. *Int. J. Agril. Res. Innov. & Tech*. 1 (1&2), 16–23.
- Miyazawa, M., Watanabe, H. & Kameoka, H. (1997) Inhibition of acetylcholinesterase activity by monoterpenoids with apmenthane skeleton. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45 (3), ACS Publications, 677–679.
- Mkenda, P., Mwanauta, R., Stevenson, P.C., Ndakidemi, P., Mtei, K. & Belmain, S.R. (2015) Extracts from field margin weeds provide economically viable and environmentally benign pest control compared to synthetic pesticides. *PLoS One*. 10 (11), Public Library of Science, e0143530.
- Nas, M.N. (2004) In vitro studies on some natural beverages as botanical pesticides against *Erwinia amylovora* and *Curtobacterium flaccumfaciensis* subsp. *poinsettiae*. *Ecology*. [Online] 28, 57–61. Available from: doi:10.3906/tar-0307-2.
- Nidhi, P., Swati, P. & Krishnamurthy, R. (2013) Indian *Tinospora* species: natural immunomodulators and therapeutic agents. *International Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Science*. 2 (2), 1–9.
- Nor Aziyah, B., Norain, I., Nor Aimi, A.W., Lim, B.T., Wan Zarina, W.K. & Siti Nur Amirah Diana, F. (2014) Biopesticidal effect of *Tinospora crispa* extracts against flea beetles, *Phyllotera sinuata* ateph. *Research Journal of Biotechnology*. 9, 1.
- Ntalli, N.G. & Menkissoglu-Spiroudi, U. (2011) Pesticides of botanical origin: a promising tool in plant protection. In: *Pesticides-Formulations, Effects, Fate*. InTech, pp.2–24.
- Oyeniya, E.A., Gbaye, O.A. & Holloway, G.J. (2015) The influence of geographic origin and food type on the susceptibility of *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) to *Piper guineense* (Schum and Thonn). *Journal of Stored Products Research*. [Online] 63, 15–21. Available from: doi:10.1016/j.jspr.2015.05.005.
- Pal, J.K., Singh, A., Rawani, A. & Chandra, G. (2016) Larvicidal activity of *Tinospora crispa* (Menispermaceae) fruit extract against filarial vector *Culex quinquefasciatus*. *Journal of Mosquito Research*. 6.
- Pamungkas, O.S. (2016) Bahaya paparan pestisida terhadap kesehatan manusia. *Bioedukasi*. 16 (1), 27–31.
- Pangnakorn, U. & Chuenhooklin, S. (2015) Effectiveness of biopesticide against insects pest and its quality of pomelo (*Citrus maxima* Merr.). *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*. 9 (3), 285–288.
- Park, I.K., Lee, H.S., Lee, S.G., Park, J.D. & Ahn, Y.J. (2000) Antifeeding activity of isoquinoline alkaloids identified in coptis japonica roots against *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Arctiidae) and *Agelastica coerulea* (Coleoptera: Galerucinae). *Journal*

- of *Economic Entomology*. [Online] 93 (2), 331–335. Available from: doi:10.1603/0022-0493-93.2.331.
- Raden, I. (2016) Qualitative determination of secondary metabolic compounds and macro-nutrients some botanical pesticide plants of East Kalimantan, Indonesia. *Nusantara Bioscience*. [Online] 8 (2), 141–144. Available from: doi:10.13057/nusbiosci/n080202.
- Rahman, S., Biswas, S., Barman, N. & Tamanna, F. (2016) Plant extract as selective pesticide for integrated pest management. 2 (1), 6–10.
- Rahmaniar, D., Bermawie, N., Pribadi, E., Noor, S., Hartono, B., Banjarnahor, D., Julianto, A., Rachmi, D., Rahmawati, F., Waludin, J., Sumaryo, A. & Royanah (2015) *Buku Saku Budidaya Tanaman Obat*. Jakarta, Direktorat Budidaya dan Pascapanen Sayuran dan Tanaman Obat, Dirjen Hortikultura. Kementerian Pertanian.
- Rao, A., Zhang, Y., Muend, S. & Rao, R. (2010) Mechanism of antifungal activity of terpenoid phenols resembles calcium stress and inhibition of the TOR pathway. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. [Online] 54 (12), 5062–5069. Available from: doi:10.1128/AAC.01050-10.
- Rattan, R. (2010) Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. *Crop Protection*. 29 (0), 913–920.
- Reddy, B.K., Balaji, M., Reddy, P.U., Sailaja, G., Vaidyanath, K. & Narasimha, G. (2009) Antifeedant and antimicrobial activity of *Tylophora indica*. *African Journal of Biochemistry Research*. 3 (12), 393–397.
- Rozaq, P. & Sofriani, N. (2009) Organic pesticide from urine and spices modification. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*. 2 (Special Issue), King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT).
- Ruenrom, K., Tantakom, S. & Thongket, T. (2011) *Insecticidal efficacy of Tinospora crispa Miers. extracts by different solvents on diamondback moth larvae*. In: *Proceedings of the 49th Kasetsart University Annual Conference, Kasetsart University, Thailand, 1-4 February, 2011. Volume 1. Subject: Plants*. Kasetsart University, pp.93–98.
- Salunke, B.K., Kotkar, H.M., Mendki, P.S., Upasani, S.M. & Maheshwari, V.L. (2005) Efficacy of flavonoids in controlling *Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Bruchidae), a post-harvest pest of grain legumes. *Crop Protection*. 24 (10), Elsevier, 888–893.
- Schmeller, T., Latz-Brüning, B. & Wink, M. (1997) Biochemical activities of berberine, palmatine and sanguinarine mediating chemical defence against microorganisms and herbivores. *Phytochemistry*. 44 (2), Elsevier, 257–266.
- Septian, R.E. & Ratnasari, E. (2010) Pengaruh kombinasi ekstrak biji mahoni dan batang brotowali terhadap mortalitas dan aktivitas makan ulat grayak pada tanaman cabai rawit. *Lentera Bio*. 2 (1), 107–112.
- Shaalán, E.A.-S., Canyon, D., Younes, M.W.F., Abdel-Wahab, H. & Mansour, A.-H. (2005) A review of botanical phytochemicals with mosquitocidal potential. *Environment International*. 31 (8), Elsevier, 1149–1166.
- Shahabuddin, P. (2009) Pengujian efek penghambatan ekstrak daun widuri terhadap pertumbuhan larva *Spodoptera exigua* Hubn dengan menggunakan indeks pertumbuhan relatif. *J. Agroland*. 16 (2), 148–154.
- Singh, R.N. & Saratchandra, B. (2005) The development of botanical products with special reference to seri-ecosystem. *Caspian Journal of Environmental Sciences*. 3 (1), 1–8.
- Sukadana, I.M., Rita, W.S. & Koreh, F.R. (2007) Isolasi dan identifikasi senyawa antimakan dari batang tumbuhan brotowali (*Tinospora tuberculata* Beumee.). *Jurnal Kimia*. 1 (1), 55–61.
- Suprpta, D.N., Suanda, I.W., Arya, N. & Ohsawa, K. (2003) Insecticidal activity of *Tinospora crispa* leaf extract against diamond back moth in cabbage. *Journal of ISSAAS*. 9 (2), 18–24.
- Ünver, E., Okur, A.A., Tahtabiçen, E., Kara, B. & Şamlı, H.E. (2014) Tannins and their impacts on animal nutrition. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 2 (6), 263–267.

- Wartono, Suwignyo, R.A., Napoleon, A. & Suheryanto (2018) *Insecticides Residue in the Centre of Paddy Field in Musi Rawas, South Sumatra, Indonesia*. In: *First SRICOENV 2018*. 68, pp.1–6.
- Wiranti, E.W. (2005) Ulasan (review) masyarakatan penggunaan pestisida nabati dalam mendukung agribisnis. *Planta Tropika*. 1 (2), 84–88.
- Yahya, H., Wong, K.-C. & Yang, P.-S. (2012) *Integrated pest management practices for rice crops: Review of Indonesia and Taiwan*. In: *The Proceedings of The 2nd Annual International Conference Syiah Kuala University 2012 & The 8th IMT-GT Uninet Biosciences Conference*. 2 (1), Banda Aceh, 22-24 November 2012, pp.100–105.
- Yunita, E.A., Suparpti, N.H. & Hidayat, J.W. (2009) Pengaruh ekstrak daun teklan (*Eupatorium riparium*) terhadap mortalitas dan perkembangan larva *Aedes aegypti*. *Bioma*. 11 (1), Department of Biology, MIPA UNDIP, 11–17.
- Yusuf, U., Horsten, S. & Lemmens, R. (1999) *Tinospora* spp. In: de Padua, L., Bunyapraphatsara, N. & Lemmens, R. (eds.) *PROSEA Medicinal and Poisonous Plants 1*. Leiden, Backhuys Publishers, pp.479–484.