

TUMBUHAN INDONESIA POTENSIAL SEBAGAI INSEKTISIDA NABATI UNTUK MENGENDALIKAN HAMA KUMBANG BUBUK JAGUNG (*Sitophilus spp.*)

*Indonesian Plants Potential as Bioinsecticide for Controlling Maize Weevil (*Sitophilus spp.*)*

M. Sudjak Saenong

Balai Penelitian Tanaman Serealia
Jalan Dr. Ratulangi 274, Kotak Pos 173, Maros 90514, Indonesia
Telp. (0411) 371529, Faks. (0411) 371961
E-mail: msudjaksenong@gmail.com, balitereal@litbang.pertanian.go.id

Diterima: 5 April 2016; Direvisi: 21 Juli 2016; Disetujui: 5 Agustus 2016

ABSTRAK

Indonesia mempunyai keragaman flora yang sangat besar. Lebih dari 400 ribu jenis tumbuhan telah teridentifikasi bahan kimianya dan 10 ribu di antaranya mengandung metabolit sekunder yang potensial sebagai bahan baku pestisida nabati. Hasil-hasil penelitian menunjukkan senyawa metabolit sekunder dapat mengendalikan populasi serangga hama. Sifat dan mekanisme kerja bahan nabati tersebut dalam melindungi tanaman dapat sebagai antifitopatogenik (antibiotik pertanian), fitotoksik atau mengatur pertumbuhan tanaman (fitotoksin, hormon, dan sejenisnya), dan bahan aktif terhadap serangga (hormon serangga, feromon, antifidan, repelen, atraktan, dan insektisida). Tulisan ini membahas pemanfaatan insektisida nabati dalam pengendalian hama kumbang bubuk (*Sitophilus spp.*) pada jagung selama penyimpanan. Selain pada jagung, hama ini juga merusak komoditas tanaman pangan penting lainnya seperti padi, sorgum, dan gandum. Untuk mengatasi hama tersebut, pemanfaatan insektisida nabati dapat menjadi salah satu pilihan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan metabolit sekunder dapat menekan perkembangan populasi serangga hama. Kandungan metabolit sekunder pada tanaman antara lain adalah senyawa atsiri seperti minyak atsiri, sitral, geraniol, tanin, piperin, asetogenin, azadirachtin, saponin, asaron, akoragermakron, akolomonin, isoakolamin, kalameon, kalamediol, alfamirin, kaemfasterol, salanin, nimbin, nimbidin, asetogenin, dan beberapa kelompok asam seperti asam sianida, asam oleanolat, dan asam galoyonat. Komponen alkaloid hampir terdapat dalam semua tanaman yang diuji, selain flavonoid lainnya yang berdampak langsung terhadap kehidupan serangga hama.

Kata kunci: Tumbuhan, insektisida nabati, *Sitophilus spp.*, jagung

ABSTRACT

Indonesia has an abundant flora diversity. More than 400 thousand species of plants have been identified having chemical compounds and 10 thousand species of them contain secondary metabolites that are potential as a raw material of biopesticide. The results of the study indicated that secondary metabolite compounds were able to control insect pest population. The nature and mode of action of bio-material in protecting the plants can be as anti-phytopathogenic compounds (antibiotics), phytotoxic compounds

or plant growth regulator (phytochemicals, hormones and the like), and active compounds against insects (the hormone of insects, pheromones, antifeedant, repellent, attractant and insecticide). This paper discusses the use of plant-based insecticides for controlling maize weevil (*Sitophilus spp.*) on corn during storage. In addition to corn, this pest also damages other important food crops such as rice, sorghum and wheat. To overcome this pest, bio-insecticide could be an option. The results showed that secondary metabolites could suppress the development of pest insect populations. The secondary metabolites in crops include volatile compounds such as essential oils, citral, geraniols, tannins, piperines, acetogenins, azadirachtin, saponin, asarone, akoragermakron, akolomonin, isoakolamin, kalameon, kalamediol, alfamirin, kaemfasterol, salannine, nimbin, nimbidin, acetogenin, and some acidic groups such as cyanide, oleanollic acid and galoyonate acid. Alkaloid almost undetectable in all the tested plants, in addition to other flavonoids that have a direct impact on the lives of insect pests.

Keywords: Plants, botanical insecticide, *Sitophilus spp.*, corn

PENDAHULUAN

Kebijakan global pembatasan penggunaan pestisida sintesis dapat menjadi hambatan dalam ekspor komoditas pertanian. Hal ini karena isu pencemaran lingkungan membuat negara-negara maju makin waspada yang manifestasinya dapat dilihat dengan semakin ketatnya peraturan yang berkaitan dengan *ecolabelling*. Persyaratan yang tercantum di dalamnya sangat sulit diterapkan oleh pelaku usaha, pemerintah, dan masyarakat sehingga dapat menghambat ekspor produk pertanian Indonesia (Suwanto 1994; Suwahyono 1996).

Pemerintah telah ikut berperan dalam mengatasi masalah pencemaran limbah pertanian dengan menerapkan teknologi yang ramah lingkungan. Ekoteknologi merupakan salah satu cara untuk mengatasi masalah lingkungan, yakni teknologi yang memerlukan energi yang kecil dan menghasilkan buangan sekecil mungkin (yang mampu diterima oleh lingkungan) atau tanpa limbah (Said 1994; Utami dan Rahyu 1996).

Pemerintah telah membuat regulasi melalui Peraturan Pemerintah No. 6 Tahun 1995 tentang Penggunaan Insektisida Sintetis dan Sejenisnya. Dalam Bab II Pasal 19 ditegaskan bahwa dalam rangka pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT), penggunaan insektisida sintetis seyogianya dipilih sebagai alternatif terakhir, demikian pula dampak yang ditimbulkan akibat dari penggunaan senyawa kimiawi sintetis tersebut sudah harus dipikirkan sedini mungkin dan harus ditekan seminimal mungkin (Anonim 2016). Oleh karena itu, kebijakan pemanfaatan bahan nabati ramah lingkungan merupakan pilihan yang tepat untuk membangun pertanian masa depan (Syakir 2011). Pemanfaatan pestisida nabati antara lain dapat diterapkan dalam pascapanen jagung. Hal ini karena penanganan pascapanen jagung di tingkat petani masih dilakukan secara tradisional dengan fasilitas yang minim dan rendah teknologi. Biji jagung atau tongkol jagung hasil panen setelah dijemur hanya dimasukkan ke dalam karung atau ditaruh di atas para-para untuk yang berbentuk tongkol dan kemudian disimpan dalam jangka waktu cukup lama. Walaupun biji atau tongkol dijemur hingga kadar air awal di bawah 13%, dengan berjalannya waktu kadar air tersebut lambat laun akan meningkat. Peningkatan kadar air dalam biji tersebut akan memperlunak tingkat kekerasan kulit yang pada akhirnya biji jagung akan terserang hama kumbang bubuk *Sitophilus* spp. (Saenong 2009). Sebenarnya teknologi pengendalian hama kumbang bubuk dalam gudang sudah tersedia, misalnya dengan fumigasi menggunakan phosphate (PH₃), metil bromida (CHBr), karbon disulfida, asam hidrisianida, fosfin, etilen oksida, dan etilen dibromida, tetapi biayanya sangat mahal sehingga sulit dijangkau petani kecil, selain padat teknologi. Oleh karena itu, pemanfaatan insektisida nabati lebih prospektif untuk dikembangkan karena bahan bakunya tersedia dan pembuatannya mudah sehingga akan cepat diadopsi petani (Babarinde *et al.* 2008).

HAMA KUMBANG BUBUK: POTENSI MERUSAK DAN KERUGIAN YANG DITIMBULKAN

Hama kumbang bubuk (*Sitophilus* spp.) (Coleoptera: Curculionidae) merupakan hama penting pada produk sereal di daerah tropis maupun subtropis (Sutikanti 2004; Throne 1994 *dalam* Herlina dan Istiaji 2013), terutama yang disimpan di gudang tanpa diproteksi dengan perlakuan kimia. Hama ini bersifat polifag karena dapat merusak beberapa komoditas pangan seperti jagung, sorgum, beras, gandum, dan produk makanan olahan, di antaranya pasta dan biskuit. Menurut FAO (1974) *dalam* Lopulalan (2010), kerusakan pada produk yang disimpan mempunyai nilai penting secara ekonomi karena 1) bahan tersebut sudah siap dikonsumsi, 2) bahan tersebut menghabiskan biaya yang cukup banyak sejak pembenihan, pengolahan tanah, penanaman, pemelihara-

an, hingga panen. Oleh karena itu, kerusakan sedikit saja pada bahan tersebut merupakan kerugian yang besar dibandingkan dengan serangan OPT di pertanaman. Selain itu, infestasi serangga akan menyebabkan perubahan kualitas maupun kuantitas bahan yang disimpan, seperti perubahan warna, rasa, dan bau yang tidak enak, bahkan terkontaminasi senyawa yang terbawa organisme tersebut, misalnya aflatoksin.

Hama kumbang bubuk mampu menyebabkan kerusakan antara 26–29% (Semple 1985 *dalam* Saenong 2009), bahkan di atas 30% pada bahan yang disimpan. Di Sulawesi Selatan, nilai kerusakan pernah mencapai 85% dengan penyusutan bahan sampai 17%. Bila kadar air cukup tinggi, antara 18–20%, serangan hama ini dapat menyebabkan kerusakan 30–40% (Garcia-Lara dan Bergvinson 2007). Pakan (1997) menyatakan bahwa serangan hama kumbang bubuk dapat menyebabkan susut bobot 12,6–21,5%. Namun, bila serangan hama ini terjadi bersama dengan hama gudang lain, kerugian yang ditimbulkan lebih rendah, yakni 24,5%. Hal ini mungkin akibat adanya kompetisi dalam tempat dan sumber makanan sehingga hama kumbang bubuk kurang aktif melakukan infestasi pada biji yang disimpan. Selain merusak secara langsung, serangan kumbang bubuk dapat menurunkan kualitas gizi, berat biji, dan persentase perkecambahan benih, yang pada gilirannya akan menurunkan nilai pasar (Tefera *et al.* 2011; Napoleao *et al.* 2013). Serangan pada biji jagung dapat menurunkan berat sangat drastis, sedangkan pada beras penurunannya cukup ringan (Morallo dan Javier 1980).

Bila dilihat dari kisaran persentase kerusakan, kerugian ekonomi akibat serangan hama kumbang bubuk ini bila dihitung dalam skala nasional ternyata sangat besar. Sebagai ilustrasi, jika hasil rata-rata jagung di tingkat petani 6 t/ha dikurangi persentase rata-rata kerusakan dari total produktivitas tanaman dikalikan harga jagung, maka hasilnya cukup fantastis dalam menyumbang kerugian di tingkat petani maupun terhadap negara.

Kehilangan hasil komoditas pertanian bisa mencapai 20% mulai panen, penjemuran, pemipilan, pengangkutan, hingga penyimpanan (Rajesus 1981; ICRISAT 1988; FAO 1977 *dalam* Saenong 2009). Kehilangan hasil pada setiap tahap tersebut berbeda menurut daerah dan sistem produksinya. Tahap penyimpanan merupakan tahap yang paling kritis, dan hama gudang merupakan faktor utama yang menimbulkan masalah serius pada tahap ini (Morallo dan Javier 1980; Saenong 2009).

Di daerah beriklim tropis, hama kumbang bubuk sering dijumpai saat tanaman masih di lapangan maupun setelah hasilnya disimpan di gudang (Porntip dan Sukpraharn 1974). Di Honduras, hama ini hanya ditemukan di gudang penyimpanan (Hoppe 1986). Namun, Jorge (1981) menyatakan hama kumbang bubuk bukan hanya merusak produk di tempat penyimpanan, tetapi juga dapat menyerang tanaman pada stadia muncul malai hingga menjelang panen sampai biji berada di tempat penyimpanan.

POTENSI TUMBUHAN SEBAGAI SUMBER INSEKTISIDA NABATI

Pestisida nabati adalah pestisida yang bahan dasarnya berasal dari tumbuhan, mempunyai kandungan bahan aktif yang dapat mengendalikan serangga hama. Sejarah telah mencatat bahwa pemanfaatan pestisida nabati sebenarnya sudah dipraktikkan sejak tiga abad yang lalu. Pada tahun 1690, petani di Perancis menggunakan perasan daun tembakau untuk mengendalikan hama kepik pada buah persik. Pada tahun 1800, bubuk tanaman pirethrum digunakan untuk mengendalikan kutu daun (Chan Bacab dan Pena Rodriguez 2001; Biebel *et al.* 2003). Penggunaan pestisida nabati selain dapat mengurangi pencemaran lingkungan, juga lebih murah dibandingkan dengan pestisida kimia (Zhu *et al.* 2001; Auger *et al.* 2004; Wiratno *et al.* 2009; Wiratno *et al.* 2011).

Secara evolusi, tumbuhan telah mengembangkan dan memproduksi bahan kimia alami sebagai alat pertahanan diri terhadap serangga pengganggu. Tumbuhan mengandung bahan kimia dalam bentuk senyawa metabolit sekunder yang fungsinya dalam proses metabolisme tumbuhan masih kurang jelas. Namun, kelompok senyawa ini ternyata berperan penting dalam proses berinteraksi atau berkompetisi, termasuk melindungi diri dari gangguan pesaingnya (Kardinan dan Wikardi 1994). Produk metabolit sekunder tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan aktif pestisida nabati (Kardinan dan Wikardi 1997; Dubey *et al.* 2008) dan juga digunakan oleh tumbuhan sebagai alat pertahanan dari serangan organisme pengganggu.

Walaupun hanya sekitar 10 ribu jenis metabolit sekunder yang telah teridentifikasi, jumlah bahan kimia pada tumbuhan yang potensial sebagai pestisida nabati diperkirakan mencapai 400 ribu jenis (Grainge dan Ahmed 1988; Oyedele *et al.* 2002; Aranillewa *et al.* 2006). Diperkirakan ada sekitar 1.800 jenis tanaman yang mengandung pestisida nabati yang dapat digunakan untuk pengendalian hama. Di Indonesia, jenis tumbuhan penghasil pestisida nabati tersebar dalam 235 famili dengan 2.400 jenis tanaman (Kardinan 2011).

MEKANISME INSEKTISIDA NABATI DALAM MELINDUNGI TANAMAN

Pada dasarnya, bahan alami yang mengandung senyawa bioaktif dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu bahan alami dengan kandungan senyawa bersifat anti-fitopatogenik (antibiotik pertanian), bersifat fitotoksik atau mengatur pertumbuhan tanaman (fitotoksin, hormon tanaman dan sejenisnya), dan bahan alami dengan kandungan senyawa yang bersifat aktif terhadap serangga (hormon serangga, feromon, *antifeedant*, repelen, atraktan, dan insektisida) (Takahashi 1981). Secara umum, mekanisme kerja pestisida nabati dalam melindungi tanaman dari OPT yaitu secara langsung menghambat proses reproduksi

serangga hama khususnya serangga betina, mengurangi nafsu makan, menyebabkan serangga menolak makanan, merusak perkembangan telur, larva dan pupa sehingga perkembangbiakan serangga hama terganggu, serta menghambat pergantian kulit. Berdasarkan cara kerjanya (sifatnya), Takahashi (1981) menggolongkan pestisida nabati sebagai kelompok repelen, yaitu menolak kehadiran serangga misalnya karena bau yang menyengat, kelompok antifidan yang dapat mencegah serangga memakan tanaman yang telah disemprot, menghambat reproduksi serangga betina, sebagai racun syaraf dan dapat mengacaukan sistem hormon di dalam tubuh serangga, kelompok atraktan, yakni pestisida nabati yang dapat memikat kehadiran serangga sehingga dapat dijadikan sebagai senyawa perangkap serangga dan juga untuk mengendalikan pertumbuhan jamur/bakteri (Marianah 2016), serta kelompok pestisida nabati yang menurunkan preferensi serangga dalam mengakses sumber makanan.

Keunggulan pestisida nabati yaitu: 1) teknologi pembuatannya mudah dan murah sehingga dapat dibuat dalam skala rumah tangga, 2) tidak menimbulkan efek negatif bagi lingkungan maupun makhluk hidup sehingga relatif aman untuk digunakan, 3) tidak berisiko menimbulkan keracunan pada tanaman sehingga tanaman lebih sehat dan aman dari cemaran zat kimia berbahaya, 4) tidak menimbulkan resistensi (kekebalan) pada hama sehingga aman bagi keseimbangan ekosistem, dan 5) hasil pertanian lebih sehat dan bebas dari residu pestisida kimiawi (Suriana 2012 dalam Hidayanti dan Ambarwati 2016; Yusuf 2012; Amanupunyo dan Handri 2016). Kelemahan pestisida nabati adalah: 1) daya kerjanya lambat, tidak dapat dilihat dalam jangka waktu cepat, 2) pada umumnya tidak mematikan langsung hama sasaran, tetapi hanya bersifat mengusir dan menyebabkan hama menjadi tidak berminat mendekati tanaman budi daya, 3) mudah rusak dan tidak tahan terhadap sinar matahari, 4) daya simpan relatif pendek sehingga harus segera digunakan setelah diproduksi dan ini menjadi hambatan dalam memproduksi pestisida nabati secara komersial, 5) perlu penyemprotan berulang-ulang sehingga dari sisi ekonomi tidak efektif dan efisien (Suriana 2012 dalam Hidayanti dan Ambarwati 2016; Yusuf 2012; Amanupunyo dan Handri 2016).

RESENSI HASIL PENGUJIAN INSEKTISIDA NABATI

Jenis bahan nabati yang dapat digunakan sebagai pestisida nabati cukup banyak. Berikut ini jenis-jenis bahan nabati yang telah dicoba pada serangga hama kumbang bubuk *Sitophilus spp.*

Serai (*Cymbopogon citratus*). Tanaman serai termasuk golongan rumput-rumputan. Genus ini meliputi hampir 80 spesies, tetapi hanya beberapa jenis yang menghasilkan minyak atsiri (Hartati 2012). Minyak atsiri serai terdiri atas sitral, sitronela, geraniol, mirsena, nerol,

farnesol, metil heptenol, dan dipentena (Guenther 1990; Herminanto *et al.* 2010). Kandungan yang paling besar adalah sitronela yaitu 35% dan geraniol 35–40%. Senyawa sitronela mempunyai sifat racun dehidrasi (*desiccant*) dan racun kontak. Serangga yang terkena racun ini akan mati karena kekurangan cairan. Di samping itu, daun serai juga bersifat penolak (*repellent*) serta sebagai insektisida, bakterisida, dan nematisida.

Kadir *et al.* (2014) meneliti efektivitas daun serai sebagai insektisida nabati untuk menekan serangan hama kumbang bubuk jagung (*Sitophilus spp.*) pada beberapa wadah. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh wadah penyimpanan dan bentuk sediaan serai (dibakar dan bentuk tepung) terhadap persentase mortalitas hama, efektivitas pestisida, dan jumlah turunan pertama hama kumbang bubuk jagung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan toples kaca memberikan pengaruh nyata terhadap persentase mortalitas hama sebesar 51,7%, persentase efektivitas sebesar 51%, dan jumlah turunan pertama 81 ekor. Bentuk sediaan serai tidak berpengaruh nyata terhadap persentase mortalitas, persentase efektivitas, dan jumlah turunan pertama. Persentase mortalitas makin menurun seiring lamanya waktu aplikasi, yakni sekitar 6% pada pengamatan hari kelima dan menurun menjadi kurang dari 1% pada hari ke-25.

Astriani (2012) mengkaji bioaktivitas formulasi serai (sereh) dan akar wangi (serai wangi) terhadap hama kumbang bubuk pada benih jagung. Hasil penelitian menunjukkan akar wangi dan serai wangi dosis 5–20% dalam formulasi larutan (ekstrak) mempunyai toksisitas kontak dan pakan terhadap hama kumbang bubuk pada benih jagung, sedangkan formulasi serbuk dan bentuk asli (nonekstrak) mempunyai toksisitas pakan. Akar wangi dan serai wangi dosis 5–20% dalam berbagai formulasi dapat menekan populasi hama bubuk pada benih jagung selama penyimpanan 9 minggu. Serai wangi menyebabkan mortalitas hama bubuk lebih tinggi daripada serai, dan dosis 20% menyebabkan mortalitas lebih tinggi daripada dosis 5 dan 10%. Aplikasi akar wangi dosis 5–20% dalam berbagai formulasi (ekstrak, nonekstrak, dan serbuk) pada penyimpanan benih jagung selama 9 minggu dapat memperkecil penurunan bobot benih, namun tidak memengaruhi daya tumbuh benih (Tabel 1).

Tabel 1. Mortalitas hama bubuk jagung *Sitophilus spp.* dengan perlakuan akar wangi dan serai bentuk asli dan formulasi larutan setelah 9 minggu dalam penyimpanan (%).

Konsentrasi (%)	Akar wangi	Serai (sereh)	Rata-rata
5	28,42	24,02	26,22
10	34,98	18,57	26,78
20	47,62	34,00	40,81
Rata-rata	37,01	25,53	

Sumber: Astriani (2012).

Serai Wangi (*Cynubopogon nardus*). Tanaman serai wangi tidak banyak memerlukan persyaratan media tumbuh, bahkan dapat ditanam di tanah yang kurang subur. Tanaman ini memiliki akar serabut yang banyak sehingga dapat dimanfaatkan untuk konservasi lahan.

Serai wangi mempunyai mekanisme pengendalian antiserangga, insektisida, antifedan, repelen, antijamur, dan antibakteri. Daun dan batangnya mengandung saponin, flavonoid, dan polifenol, selain itu daunnya juga mengandung minyak atsiri. Minyak atsiri mengandung komponen sitronela, sitral, geraniol, metilheptenon, eugenol-metilester, dipenten, eugenol, kadinen, kadinol, dan limonen. Bagian tanaman yang berpotensi mengendalikan hama adalah daun dan minyak atsirinya. Kandungan senyawa serai wangi antara lain geraniol 55–65% dan sitronela 7–15% (Grainge dan Ahmed 1988).

Pengujian pengaruh serai wangi terhadap hama kumbang bubuk telah dilakukan oleh Astriani (2012). Hasil penelitian menunjukkan aplikasi serai wangi dan akar wangi menurunkan populasi hidup hama kumbang bubuk *Sitophilus spp.* Aplikasi serai wangi dan akar wangi dalam formulasi ekstrak (larutan) dan nonekstrak pada dosis 5%, 10%, dan 20% pada benih jagung selama penyimpanan 9 minggu dapat menekan populasi *Sitophilus spp.* yang muncul, seperti terlihat pada Tabel 2.

Bawang Merah. Bawang merah merupakan salah satu jenis sayuran yang banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia setelah cabai dan kacang panjang. Bawang merah terutama digunakan sebagai bumbu masakan, namun dapat pula sebagai bahan obat untuk menurunkan kadar kolesterol, obat terapi, antioksidan, dan antimikroba.

Daun bawang merah mengandung minyak atsiri, sikloaliin, metilaliin, dihidroaliin, lavonglikosida, saponin, peptida, fitohormon, kuersetin, dan asetogenin dengan konsentrasi tinggi. Asetogenin memiliki keistimewaan sebagai antifedan. Dalam konsentrasi rendah, senyawa ini bersifat racun perut yang bisa mengakibatkan serangga hama mati. Senyawa asetogenin mengganggu proses pencernaan dan merusak organ pencernaan, yang berakibat pada kematian serangga (Plantus 2008).

Pemanfaatan bawang merah sebagai pestisida nabati untuk hama kumbang bubuk pernah diuji oleh Fattah dan Syafaruddin (1996) dalam Saenong dan Mas'ud (2009). Bawang merah dapat menurunkan intensitas serangan 16,1% dengan tingkat mortalitas serangga 8,1%. Efek repelen cukup nyata mengusir serangga target.

Bawang Putih. Ekstrak bawang putih berfungsi sebagai penolak kehadiran serangga. Minyak atsiri dalam bawang putih mengandung komponen aktif yang bersifat asam. Andriana (1999) menguji efektivitas ekstrak bawang putih terhadap mortalitas *Sitophilus spp.* pada jagung selama penyimpanan dan menyimpulkan bahwa ekstrak bawang putih memiliki daya kerja sebagai insektisida yang dapat menghambat perkembangan *Sitophilus spp.* Perlakuan ekstrak bawang putih konsentrasi 7% mampu

Tabel 2. Populasi hama kumbang bubuk jagung (*Sitophilus* spp.) dengan perlakuan akar wangi dan serai wangi formulasi ekstrak (larutan) dan nonekstrak setelah 9 minggu dalam penyimpanan.

Perlakuan	Populasi <i>Sitophilus</i> spp. (%)			
	Larva	Pupa	Imago	Total
Akar wangi nonekstrak 5%	139	55	182	376
Akar wangi nonekstrak 10%	59	51	135	245
Akar wangi nonekstrak 20%	46	46	83	175
Akar wangi ekstrak 5%	78	91	157	326
Akar wangi ekstrak 10%	61	42	182	285
Akar wangi ekstrak 20%	62	39	108	209
Sereh wangi nonekstrak 5%	104	89	250	443

Sumber: Astriani (2012).

menurunkan populasi serangga turunan pertama menjadi nol (tidak ditemukan serangga F1 yang muncul).

Hasnah dan Hanif (2010) juga meneliti pengaruh ekstrak bawang putih terhadap mortalitas *Sitophilus* spp. pada biji jagung di tempat penyimpanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak bawang putih efektif sebagai insektisida nabati. Konsentrasi ekstrak 6% efektif mengendalikan *Sitophilus* spp. di laboratorium, dengan tingkat mortalitas 85%. Perlakuan konsentrasi 12% memberikan mortalitas *Sitophilus* spp. tertinggi (100%), waktu kematian semakin cepat, persentase kerusakan biji jagung rendah, dan jumlah turunan pertama hama yang muncul paling sedikit. Konsentrasi terendah (2%) memberikan efek mortalitas terendah (32%), waktu kematian lebih lama, persentase kerusakan biji jagung tinggi, dan jumlah turunan pertama yang muncul tertinggi.

Dringo. Dringo atau jeringau (*Acorus calamus*, Gambar 1) tumbuh secara liar di tanah yang sedikit tergenang atau berair. Daerah-daerah yang dapat ditanami dringo membentang dari dataran rendah hingga pegunungan dengan ketinggian 1.800 m di atas permukaan laut. Tanaman ini cocok hidup di daerah yang basah, lembap, dan berawa. Dringo diperbanyak dengan rimpang bagian ujung yang berdaun.

Dringo memiliki aroma harum pada bagian daun hingga rimpang (rizoma). Aroma tanaman ini berkat adanya kandungan senyawa kimia antara lain eugenol, asarilaldehid, asaron (alfa dan beta asaron), kalameon, kalamediol, isokalamendiol, preisokalmendiol, akorenin, akonin, akoragermakron, akolamonin, isoakolamin, siobunin, isosiobunin, episiobunin, resin, dan amilum (Agusta 2000).

Kajian pengaruh bahan nabati dringo telah dilakukan oleh Pano *et al.* (2016). Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan wadah toples memberikan efek kematian *Sitophilus* spp. lebih cepat, dengan rata-rata waktu kematian semakin cepat 1,91 hari, dan efektivitas lebih tinggi 22,8% dibanding pada awal efikasi. Perlakuan dosis tertinggi yaitu 5 g mampu membunuh hama kumbang



Gambar 1. Tanaman dringo (*A. calamus*). <http://www.namalatin.com/wp-content/uploads/2015/03/gambar-dlingo-acorus-calamus.jpg>

bubuk dengan waktu kematian tercepat rata-rata 1,5 hari, dan tingkat keberhasilan hama yang hidup paling sedikit, yaitu 10 ekor (Pano *et al.* 2016).

Hubungan antara lama efikasi dan efektivitas pestisida nabati berbentuk parabola terbalik. Pada awal efikasi, efektivitas pestisida paling tinggi dan mencapai titik terendah pada hari ke-22 untuk semua perlakuan dosis dan wadah penyimpanan. Efektivitas pestisida meningkat kembali setelah 22 hari, kecuali pada perlakuan wadah simpan karung plastik yang efektivitasnya terus menurun sampai pada hari ke-30. Kemampuan pestisida menurun sampai batas 22 hari pada semua dosis, diduga karena sifat pestisida yang volatil, sehingga semakin lama semakin hilang kemampuannya bersama bahan aktif menguap ke udara. Suhu ruangan 28,8 °C juga merupakan faktor lain yang menyebabkan bahan aktif mudah menguap sehingga kemampuan pestisida nabati pun menurun (Pano *et al.* 2016).

Babandotan (*Ageratum conyzoides*). Babandotan merupakan tumbuhan herba setahun yang tingginya lebih



Gambar 2. Tanaman babandotan (*A. conysooides*) (dok. Sudjak).

kurang 30–90 cm, batang bulat berambut, berdaun tunggal dan bertangkai dengan bentuk bulat telur, tepi daun bergerigi dengan ujung runcing, pangkal membulat panjang 3–4 cm, lebar 1–2,5 cm, daun berhadapan bersilang dan berwarna hijau. Bunganya merupakan bunga majemuk yang terletak di ketiak daun, berwarna putih atau ungu, mengelompok berbentuk cawan, setiap bulir terdiri dari 60–75 bunga (Gambar 2). Mahkota bunga berbentuk tabung dan tepi sempit, bentuk lonceng berlekuk lima (1–15 mm). Buah berwarna putih (2–3,5 mm), keras, bersegi lima, runcing dan mempunyai lima helai rambut sisik (Kardinan 2004).

Daun dan bunga babandotan mengandung saponin, flavonoid, dan polifenol, di samping itu daunnya juga mengandung minyak atsiri. Menurut Agusta (2000), setiap bagian tanaman babandotan mengandung bahan aktif yang bersifat sebagai pestisida, ovisida, dan antifidan terhadap hama.

Astriani (2010) melaporkan bahwa pestisida nabati babandotan dosis 6% paling efektif untuk mengendalikan hama *Sitophilus* spp. pada benih jagung yang disimpan 70 hari dibandingkan dengan dosis 2% dan 4% serta pestisida nabati tembelean (*Lantana camara*) dosis 2%, 4% atau 6%. Pestisida nabati babandotan dosis 6% dapat mempertahankan viabilitas benih jagung yang disimpan selama 70 hari, lebih baik daripada dosis 2% dan 4% serta pestisida nabati tembelean dosis 2%, 4% atau 6%. Laju mortalitas *Sitophilus* spp. pada benih jagung dalam penyimpanan karena aplikasi pestisida nabati babandotan dan tembelean meningkat dengan semakin lamanya waktu penyimpanan. Diduga bahan aktif pestisida nabati mengganggu aktivitas makan dengan mengurangi nafsu makan, memblokir kemampuan makan serangga sehingga hama menolak makan (Anonim 2010 dalam Astriani 2010).

Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). Cabai mengandung senyawa kimia capsaicin (8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamide) serta senyawa yang mirip dengan

capsaicin, yang dinamakan capsaicinoids. Wakman *et al.* (2003) meneliti cabai merah, tembelean, babandotan, dan serai wangi yang dikeringanginkan pada suhu kamar (26°C) selama seminggu kemudian digiling menjadi tepung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada konsentrasi 50% babandotan menyebabkan mortalitas 86,7% dan serai wangi dengan mortalitas 65,3%. Pada konsentrasi yang lebih rendah (10%), babandotan menyebabkan mortalitas 5,7%. Walaupun ekstrak daun cabai tidak menyebabkan mortalitas serangga hama, efek repelensinya cukup baik. Tembelean menunjukkan efek insektisida terhadap kumbang bubuk, tetapi kurang efektif dibanding babandotan dan serai wangi. Insektisida anorganik Decis 2,5 EC dan Dursban konsentrasi 0,1% dapat menyebabkan kematian hama kumbang bubuk 100%. Babandotan efektif hingga 3 hari setelah aplikasi, pada hari keempat mortalitasnya tinggal 20% dan pada hari kelima tidak efektif lagi. Serai wangi masa efektifnya lebih pendek, hanya 2 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa keempat bahan nabati tersebut dapat berfungsi sebagai repelen, artinya jika ada bahan nabati tersebut kumbang bubuk akan menghindar (Tabel 3).

Gulma. Pemanfaatan beberapa jenis gulma sebagai bahan pestisida nabati antara lain daun ketepeng cina (*Cassia alata*), akar dan daun alang-alang (*Imperata cylindrica*), daun putri malu (*Mimosa pudica*), daun dan umbi teki (*Cyperus rotundus*), daun patikan kebo (*Euphorbia hirta*), daun tembelean, daun babandotan, dan daun *Eupatorium odorata* telah diteliti oleh Astriani dan Dinarto (2014). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pestisida nabati dari bahan daun putri malu 4%, patikan kebo 2%, tembelean 6%, dan babandotan 2% menunjukkan padat populasi hama nol atau tidak terdapat hama bubuk sama sekali. Pemberian pestisida formulasi bubuk dari berbagai jenis gulma tidak menunjukkan pengaruhnya terhadap pertumbuhan populasi *Sitophilus* spp. maupun *T. confusum*. Beberapa perlakuan menunjukkan tidak munculnya kedua jenis hama tersebut atau populasi nol. Hal tersebut diduga perlakuan beberapa pestisida botani tersebut efektif menekan perkembangan populasi hama. Jika penyimpanan lebih lama, kemungkinan pertumbuhan dan perkembangan hama-hama tersebut akan meningkat dan efektivitas pestisida botani akan terlihat sehingga bisa menunjukkan beda nyata terhadap tingkat populasi hama. Perlakuan yang sama sekali tidak menunjukkan adanya hama *Sitophilus* spp. adalah pemberian bubuk pestisida botani dari gulma alang-alang 2%, daun putri malu 4%, teki 2%, patikan kebo 2%, tembelean 6%, dan babandotan 2%.

Mimba (*Azadirachta indica*, Gambar 3). Mimba merupakan salah satu tumbuhan sumber bahan pestisida nabati. Tanaman ini dapat dibudidayakan melalui setek, cangkok, dan biji. Bagian tanaman mimba yang dapat digunakan sebagai pestisida nabati adalah daun dan bijinya. Aktivitas biologis dari tanaman mimba disebabkan oleh kandungan senyawa bioaktif yang termasuk dalam kelompok limonoid (triterpenoid). Setidaknya ada

Tabel 3. Jumlah hama kumbang bubuk yang pindah (efek repellent) pada bahan yang diberi bahan nabati (jagung 800 g + 20 g bahan nabati, dan 100 ekor hama kumbang bubuk).

Bahan nabati	Jam setelah aplikasi					
	3	6	12	18	24	26
Tembelean	17	4	3	0	0	0
Babandotan	24	12	7	1	1	0
Serai wangi	21	7	2	1	0	0
Cabai merah	15	6	1	0	0	0
Kontrol	1	1	1	0	0	0

Sumber: Wakman *et al.* (2003).



Gambar 3. Tanaman mimba dan buahnya (*A. indica* Juss). <https://klinikpengobatanalami.files.wordpress.com/2013/05/pohon-mimba.jpg>

sembilan senyawa limonoid yang telah diidentifikasi, di antaranya azadirachtin, meliantriol, salanin, nimbin, dan nimbidin (Manaf *et al.* 2005; Subiyakto 2009). Ekstrak daun dan biji mimba mengandung senyawa aktif utama azadirachtin. Bahan aktif ini terdapat di semua bagian tanaman, tetapi yang paling banyak ada dalam bijinya (Kardinan 2004).

Daun mimba juga bersifat sebagai fungisida, virusida, nematisida, bakterisida, dan akarisisida. Mimba memiliki efek antiserangga. Ekstrak daunnya dapat menjadi fungisida alami untuk mengendalikan penyakit antraknosa pada apel setelah dipanen. Toksisitas dapat menyebabkan iritasi mata dan jaringan lunak, serta kemungkinan konjungtivitas dan inflamasi. Insektisida alami ini relatif aman bagi manusia, hewan, dan tanaman karena mudah terurai sehingga tidak menimbulkan residu. Daya racunnya umumnya berupa repelen, menghambat peletakan telur, dan sebagai antifidan. Daun mimba mengandung komponen aktif yang menimbulkan bau dan aroma yang tidak disukai oleh hama kumbang bubuk sehingga bahan tersebut memiliki potensi sebagai insektisida.

Manaf *et al.* (2005) melaporkan bahwa daun mimba memiliki pengaruh repelen (penolak) terhadap individu

dewasa kumbang *Sitophilus oryzae*. Yang paling tinggi pengaruh repelensinya adalah perlakuan 25 g. Sonyaratri (2006) menyatakan bahwa ekstrak daun mimba berpengaruh nyata terhadap jumlah total populasi turunan pertama *Sitophilus* spp. Penambahan ekstrak daun mimba 1,5% mampu menghambat secara total perkembangan *Sitophilus* spp. yang dibuktikan dengan tidak adanya serangga turunan pertama. Ekstrak daun mimba konsentrasi 1% mampu menurunkan jumlah populasi serangga, memperpanjang periode perkembangan dan memperkecil nilai indeks perkembangan, laju perkembangan intrinsik, serta kapasitas multiplikasi mingguan.

Lada (*Piper nigrum*, Gambar 4). Lada mengandung senyawa aktif yang mempunyai daya meracun, antara lain saponin, flavonoid, minyak atsiri, kavisin, piperin, piperlin, piperolain, piperanin, dan piperonal (Conectique 2012 dalam Hasnah *et al.* 2014). Senyawa piperin bersifat repelen terhadap *Sitophilus* spp. karena mengeluarkan aroma dan rasa pedas sehingga dapat memengaruhi serangga dalam menghasilkan telur dan juga menyebabkan kematian (Udo *et al.* 2011; Hasnah *et al.* 2014). Aroma dan flavor lada ditentukan oleh komposisi minyak volatil, sedangkan kepedasannya diproduksi oleh alkaloid yang tidak mudah menguap, salah satunya piperin. Lada dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan beberapa hama pascapanen seperti *Sitophilus* spp., *Callosobrunchus* sp., *Lasioderma serricornis*, *Rhizopertha dominica*, dan *Tribolium castaneum*. Senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan tumbuhan ini bersifat sebagai penolak (*repellent*), penghambat makan (*antifeedant/feeding deterrent*), penghambat peletakan telur (*oviposition repellent/deterrent*), dan sebagai senyawa racun yang mematikan serangga (Hasnah *et al.* 2014).

Hasnah *et al.* (2014) melaporkan aplikasi serbuk lada hitam pada biji jagung berpengaruh terhadap mortalitas imago, jumlah imago turunan pertama yang muncul, dan persentase kerusakan biji jagung akibat serangan *Sitophilus* spp., tetapi tidak berpengaruh terhadap lama imago muncul. Persentase kerusakan biji jagung tertinggi dijumpai pada kontrol yakni 7,9% dan terendah pada aplikasi serbuk lada hitam 1 g/100 g biji jagung, yaitu 3,1%.



Gambar 4. Tanaman lada hitam (*P. nigrum*) (dok. Sudjak).

Aplikasi serbuk lada hitam 1 g/100 g biji jagung efektif mengendalikan *Sitophilus* spp. dengan mortalitas mencapai 80%. Awoyinka *et al.* (2006) menyatakan bahwa penggunaan ekstrak lada hitam konsentrasi 1,45 mg/ml dalam waktu 80 menit dapat mematikan 10 imago *Sitophilus* spp., sementara Ashouri dan Shayesteh (2009) melaporkan aplikasi serbuk lada hitam konsentrasi 0,5% (w/w) dapat mematikan 90% kumbang bubuk *S. granarius* setelah 5 hari. Aplikasi serbuk lada hitam pada biji jagung berpengaruh terhadap mortalitas imago, jumlah imago turunan pertama yang muncul, dan persentase kerusakan biji jagung, akan tetapi tidak berpengaruh terhadap lama imago muncul.

Sirsak (*Annona muricata*). Sirsak mengandung senyawa asetogenin yang bersifat pestisida (Ruprecht *et al.* dalam Mustika 1999). Dua senyawa dari asetogenin yakni asimisin dan anonin IV atau butalasin mampu membunuh nematoda, bahkan asimisin konsentrasi 0,1 ppm dapat mematikan nematoda *Caenorhabditis elegans*. Butalasin terdapat dalam biji dan batang sirsak atau srikaya.

Sembiring *et al.* (2016) meneliti efektivitas tepung daun sirsak dalam mengendalikan hama kumbang bubuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi tepung daun sirsak konsentrasi 10 g/100 g biji jagung efektif mengendalikan hama *Sitophilus* spp. dengan waktu awal kematian 79,25 jam serta *lethal time* 50 selama 242,5 jam dan menyebabkan mortalitas 92,5%. Pada kontrol, waktu awal kematian 552 jam dan *lethal time* 50 selama 552 jam. Selanjutnya Putri (2004) menyatakan bahwa aplikasi tepung daun sirsak konsentrasi 2% pada media oligidrik dapat mematikan dan menghambat perkembangan imago *Sitophilus* spp. Pada 10 minggu setelah perlakuan, tidak ditemukan imago *Sitophilus* spp. maupun turunan pertamanya yang mampu bertahan hidup. Pada media tanpa perlakuan, populasi imago *Sitophilus* spp. turunan pertamanya mencapai 6.067 ekor.

Jeruk. Jeruk dapat dikonsumsi dalam bentuk segar maupun olahan dengan kadar protein 0,5 g, lemak 0,1 g, vitamin C 500–1.000 g, dan karbohidrat 7,20 g. Indonesia telah menjadikan jeruk sebagai produk industri seperti minyak dari kulit dan biji jeruk serta alkohol, gula tetes, dan pektin dari buah jeruk yang terbuang. Minyak dari kulit jeruk digunakan dalam minyak wangi, sabun, dan campuran kue.

Jeruk terutama kulitnya berpotensi sebagai pestisida nabati ditinjau dari aktivitas biologi, efikasi, kompatibilitas, sasaran, dan keamanannya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Kulit jeruk dapat digunakan sebagai biolarvasida dan mengandung senyawa limonoida (Moki *et al.* 2016). Penelitian pengaruh kulit jeruk terhadap mortalitas hama kumbang bubuk beras oleh Moki *et al.* (2016) menunjukkan bahwa perlakuan jeruk purut menyebabkan mortalitas imago *Sitophilus* spp. paling tinggi, yakni 48,3%, dengan laju penurunan persentase mortalitas 0,15%/hari dan efektivitas 49,2%. Perlakuan jeruk nipis dan jeruk manis menghasilkan mortalitas masing-masing 43,3% dan 35,9%.

Cengkih (*Syzygium aromaticum*). Cengkih terutama dimanfaatkan dalam industri rokok, selain industri makanan dan obat-obatan. Sejak tahun 1990-an, daun, bunga, dan gagang cengkih dimanfaatkan sebagai bahan baku pestisida nabati. Selain minyak atsiri, bunga cengkih mengandung senyawa kimia yang disebut eugenol, asam oleanolat, asam galoyonat, fenilin, resin, dan gom (Huang *et al.* 2002; Velluti *et al.* 2003). Minyak cengkih juga memiliki efek terapi untuk asma dan alergi (Kim *et al.* 1998).

Kandungan terbesar minyak cengkih adalah eugenol. Eugenol bermanfaat dalam pembuatan vanilin, eugenil metil ester, dan eugenil asetat. Vanilin merupakan bahan pemberi aroma pada makanan, permen, cokelat, dan parfum (Guenther 1990). Cara kerja senyawa-senyawa dalam daun cengkih adalah menghambat aktivitas makan dan mengakibatkan kemandulan pada serangga hama, serta sebagai fungisida.

Pada pemanfaatan sebagai pestisida nabati untuk hama kumbang bubuk, kemampuan menurunkan intensitas serangan hanya sekitar 6,6% dan menyebabkan mortalitas serangga 19,3%. Keadaan ini karena efek kerja dari pestisida ini adalah sebagai *antifeedant* (menyebabkan serangga kehilangan nafsu makan). Oleh karena itu, mortalitas serangga bukan disebabkan oleh efek kontak dengan pestisida nabati, tetapi karena terjadi starvasi serangga terhadap sumber makanan (Fattah dan Syafaruddin 1999 dalam Saenong dan Mas'ud 2009).

Kencur (*Kaempferia galanga*). Kencur banyak digunakan sebagai ramuan obat tradisional dan sebagai bumbu dalam masakan. Bagian dari tanaman kencur yang diperdagangkan adalah buah akar yang ada di dalam tanah yang disebut rimpang (Suprpto1986). Rimpang kencur mengandung etil sinamat, etil p-metoksisinamat, p-metoksistiren, karene, borneol, dan parafin. Di antara kandungan kimia tersebut, etil p-metoksisinamat

merupakan komponen utama dalam kencur (Asfriatini 1990). Tanaman kencur mempunyai kandungan kimia antara lain minyak atsiri 2,4–2,9% yang terdiri atas etil parametoksi sinamat (30%), kamfer, borneol, sineol, dan penta dekana. Etil parametoksi sinamat dalam kencur merupakan senyawa turunan sinamat (Inayatullah 1997).

Timoty (2014) meneliti pengaruh ekstrak kering kencur dan lama penyimpanan terhadap mortalitas hama kumbang bubuk, indeks daya kecambah, dan indeks kecepatan berkecambah benih jagung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak kering kencur dan lama penyimpanan meningkatkan mortalitas imago hama kumbang bubuk, menurunkan jumlah imago, dan mengurangi susut bobot benih jagung selama penyimpanan.

Jarak. Jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) mengandung bahan racun yang saat ini dikembangkan sebagai pestisida nabati. Kandungan kimia dari tanaman ini antara lain adalah triakontranol, alvaminin, kaempasterol, beta sitosterol, 7-keto-beta sitosterol, stigmasterol, stigma-5-en-3-beta-7-alfadiol, viteksin, isoviteksin, dan asam sianida (HCN). Daun dan batangnya mengandung saponin, flavonoid, tanin, dan senyawa polifenol, sedangkan bijinya mengandung alkaloid, saponin, dan protein beracun yang disebut kursin.

Penggunaan biji buah jarak sebagai insektisida nabati telah diteliti di Balai Benih Induk (BBI) Palawija Tarus. Hasil penelitian mendapatkan nilai mortalitas kumbang bubuk melebihi 50%; pada dosis 5 g bahan nabati mortalitasnya mencapai 73%, pada dosis 10 g bahan nabati mortalitasnya mencapai 83%, dan pada dosis 15 g bahan nabati mortalitasnya mencapai 93%. Soetopo (2007) juga meneliti bahan ini dan hasilnya menunjukkan bahwa daun, batang, dan bungkil jarak pagar mempunyai protein kasar yang tinggi, yaitu 58–60%, tetapi juga mengandung racun yang cukup kuat yang dapat digunakan untuk pengendalian hama, termasuk imago *Sitophilus* spp. Tukimin *et al.* (2010) menyatakan biji jarak pagar selain dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuat sabun dan biodiesel, juga dapat digunakan sebagai bahan baku insektisida botani, fungisida, dan moluskasida.

Subhan (2011) meneliti efektivitas beberapa insektisida nabati (serbuk jarak, serbuk biji sirsak, dan serbuk biji mengkudu dengan dosis 5, 10, dan 15 g per 400 g benih jagung) terhadap mortalitas imago *Sitophilus* spp. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan dosis meningkatkan mortalitas imago *Sitophilus* spp., menurunkan jumlah imago baru yang muncul, dan mengurangi susut bobot biji jagung dalam penyimpanan. Persentase mortalitas tertinggi terdapat pada perlakuan serbuk biji jarak (15 g/400 g jagung) yakni 98,3%, sedangkan persentase daya kecambah benih tertinggi diperoleh pada perlakuan serbuk biji mengkudu 5 g/400 g jagung sebesar 99,3%.

Mengkudu (*Morinda citrifolia*). Mengkudu merupakan tumbuhan asli Indonesia. Pemanfaatannya lebih banyak sebagai herbal untuk mengobati beberapa penyakit (Djauhariya 2003).

Kardinan (2004) meneliti pemanfaatan biji mengkudu untuk mengendalikan larva hama kumbang bubuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biji mengkudu dapat mematikan 60% populasi *Sitophilus* spp. dan bertindak sebagai racun perut terhadap serangga ini. Biji mengkudu mengandung senyawa alkaloid, saponin, tanin, dan glikosida jantung (Murdiati *et al.* 2016). Wahyuningsih (2000) menyatakan bahwa pemberian ekstrak biji mengkudu 1% (v/b) dapat menghambat dinamika dan aspek biologis *Sitophilus* spp. Daya hambatnya berupa ovipositant (menyebabkan serangga urung bertelur) dan menurunkan nafsu makan (*antifeedant*) serangga target.

KENDALA DAN STRATEGI PENGEMBANGAN PESTISIDA NABATI

Walaupun pestisida nabati dianggap ramah lingkungan dan biayanya relatif murah, terdapat beberapa faktor penghambat dalam pengembangannya. Menurut Natawigena (2000) dan Syakir (2011), faktor penghambat tersebut adalah: 1) kegiatan penelitian pestisida nabati belum terpadu (penelitian terputus-putus sehingga informasi yang dihasilkan belum dapat dijadikan dasar bagi pengembangan selanjutnya), 2) mahal biaya untuk mengembangkan pestisida nabati (meliputi pemilihan jasad sasaran, pemilihan jenis bahan aktif, penyediaan bahan baku, ekstraksi, pemurnian, pembuatan formulasi, paten, registrasi, pabrikasi dan pemasaran), 3) kebiasaan petani dalam menggunakan pestisida sintetis (banyak petani beranggapan penggunaan pestisida sintetis dapat menjamin keselamatan hasil tanamannya sehingga tetap diaplikasikan meskipun tanaman tidak diserang hama), 4) rendahnya penguasaan teknologi pembuatan pestisida nabati (mulai penyediaan bahan baku sampai produksi dan tanaman penghasil pestisida nabati belum dibudidayakan petani), dan 5) pestisida sintetis mendominasi pasar karena mudah dipakai dan mudah didapat serta hasilnya segera terlihat.

Strategi pengembangan pestisida nabati menurut Kardinan (2011) dan Syakir (2011) adalah: 1) penyiapan bahan baku pestisida nabati sehingga tidak bergantung pada alam, tetapi harus sudah mulai dibudidayakan dan dimasyarakatkan agar petani mau menanam bahan baku pestisida, 2) teknik pengolahan yang mudah dan murah agar pestisida nabati dapat disediakan sendiri oleh petani, 3) peningkatan pemahaman masyarakat terhadap pestisida nabati agar tidak bergantung pada pestisida sintetis, 4) distribusi dan pemasaran pestisida nabati ke daerah sehingga petani mudah memperolehnya pada saat memerlukannya, 5) penelitian dan pengembangan untuk mengatasi kelemahan pestisida nabati selain memperoleh temuan baru, dan 6) pengembangan indikator keberlanjutan, antara lain dapat dilihat dari: a) keuntungan petani, b) penurunan pasokan pestisida kimia sintetis, c) rendahnya residu pestisida kimia pada tanaman, tanah,

dan air, serta d) penerimaan masyarakat terhadap pestisida nabati.

KESIMPULAN

Tumbuhan Indonesia telah teridentifikasi bahan kimianya mengandung bahan metabolite sekunder yang potensial untuk dijadikan sebagai bahan baku pestisida nabati di antaranya yang potensial yaitu sereh, serai wangi, bawang merah, bawang putih, bunga cengkih, dringo, bandotan, jeruk, lombok merah, kencur, mimba, lada hitam, biji jarak, dan biji sirsak.

Bentuk formulasi yang sering digunakan sudah cukup beragam mulai dari yang bubuk, cairan, maupun gas, namun karena pestisida nabati ini masih dalam tahap pengembangan utamanya ditingkat riset maka penggunaannya masih berbentuk bubuk atau pellet, karena pengujian kepada serangga target dominan melihat efek repelensi, atraktansi ataupun antifidan dari tanaman uji.

Mekanisme kerja bahan nabati tersebut dalam melindungi tanaman dapat dikelompokkan dalam tiga kategori yakni, 1) bahan alami dengan kandungan senyawa bersifat antipatogenik (antibiotika pertanian), 2) bahan alami dengan kandungan senyawa bersifat fitotoksik atau mengatur tumbuh tanaman (fitotoksin, hormon tanaman dan sejenisnya) dan 3) bahan alami dengan kandungan senyawa bersifat aktif terhadap serangga (hormon serangga, feromon, antifidan, repelen, atraktan dan insektisida).

Merujuk pada resensi hasil-hasil penelitian yang dilakukan dilaboratorium menunjukkan bahwa kandungan metabolite sekunder yang dikandungnya secara umum antara lain komponen senyawa atsiri seperti minyak atsiri, sitral, geraniol, tannin, piperin, acetogenin, azadirechtin, saponin, asaron, akoragermakron, akolamonin, isoakolamin, kalameon, kalamediol, alfamirin, kaemfasterol, salanin, nimbin, nimbidin, asetogenin, dan beberapa kelompok asam seperti asam sianida, asam oleanolat, asam galoyonat. Komponen alkaloid hampir terdeteksi pada semua tanaman yang diuji, disamping juga ditemukan komponen flavonoid lainnya yang berdampak langsung pada kehidupan serangga uji.

SARAN

Beberapa faktor yang menjadi faktor penghambat dalam pengembangannya antara lain: 1) kegiatan penelitian pestisida nabati masih belum terpadu (pelaksanaan penelitian terhadap pestisida masih terputus-putus, menyebabkan informasi dan data yang dihasilkan belum dapat dijadikan dasar bagi pengembangan pestisida nabati selanjutnya), 2) mahalnnya biaya untuk mengembangkan pestisida nabati (pengembangan pestisida nabati dari mulai pemilihan jasad sasaran, pemilihan jenis bahan aktif, penyediaan bahan baku,

ekstraksi, pemurnian, pembuatan formulasi, paten, registrasi, pabrikasi dan pemasaran, memerlukan waktu dan biaya yang sangat besar), 3) kebiasaan petani (sosial-budaya) dalam menggunakan pestisida sintetis (dalam periode ini masih banyak petani beranggapan bahwa penggunaan pestisida sintetis dapat menjamin keselamatan hasil tanamannya. Oleh karena itu, ada atau tidak ada hama terutama pada tanaman ekonomis dilakukan aplikasi pestisida, hal ini menyalahi aturan strategi PHT), 4) rendahnya penguasaan teknologi pembuatan pestisida nabati (masih terbatasnya penguasaan teknologi dalam pembuatan pestisida nabati, dari mulai teknik penyediaan bahan baku sampai produksi, sampai saat ini tanaman penghasil pestisida nabati belum ada yang dibudidayakan petani, 5) pestisida sintetis mendominasi pasar (pestisida sintetis mudah dipakai dan mudah didapat serta hasilnya segera terlihat merupakan suatu keunggulan yang telah mendesak/melenyapkan penggunaan pestisida nabati di pasaran, juga dari segi harga kalah bersaing, sebab pestisida sintetis dibuat dari bahan kimia dan bahan bakunya tersedia dalam jumlah banyak menyebabkan harga produk relatif lebih murah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusta, A. 2000. Minyak Atsiri Tumbuhan Tropika Indonesia. Penerbit Institut Teknologi Bandung, Bandung. hlm. 101.
- Amanupurno dan R.D. Handri. 2016. Pemanfaatan pestisida nabati dalam perdagangan global. <http://dokumen.tips/documents/pestisida-nabati-55b0799898560.html>. [2 Mei 2016].
- Andriana, R. 1999. Kajian daya insektisida ekstrak umbi bawang putih (*Allium sativum*) dan ekstrak daun buah nona (*Annona reticulata* L.) terhadap serangga *Sitophilus zeamais* Motsch. (Skripsi). Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Anonim. 2016. PP No. 6 Tahun 1995 Tentang Perlindungan Tanaman. Menteri Sekretaris Negara Republik Indonesia, Jakarta.
- Aranillewa, S.T., T. Ekrakene and J.O. Akinneye. 2006. Laboratory evaluation of four medicinal plants as protectants against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motsch). Afr. J. Biotechnol. 5(21): 2032–2036. <http://www.academicjournals.org/AJB>.
- Asfriatini, J.J. 1990. Bercocok Tanam Kencur. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Ashouri, S. and N. Shayesteh. 2009. Insecticidal activities of black pepper and red pepper in powder form on adults of *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Sitophilus granaries* (L.). J. Entomol. 31(2): 799–804.
- Astriani, D. 2010. Pemanfaatan gulma babadotan dan tembelean dalam pengendalian *Sitophilus* spp. pada benih jagung. Jurnal AgriSains 1(1): 56–67.
- Astriani, D. 2012. Kajian bioaktivitas formulasi akar wangi dan sereh wangi terhadap hama bubuk jagung *Sitophilus* spp. pada penyimpanan benih jagung. Jurnal AgriSains 3(4): 44–52.
- Astriani, D. dan W. Dinarto. 2014. Uji toksisitas beberapa gulma sebagai pestisida nabati hama bubuk pada penyimpanan benih jagung. Jurnal AgriSain. hlm. 54–64. <http://lppm.mercubuana-yogya.ac.id>. [25 Februari 2016].
- Auger, J., I. Arnault, S. Diwo-Allain, M. Ravier, F. Molia and M. Pettiti. 2004. Insecticidal and fungicidal potential of *Allium* substances as biofumigants. Agroindustria 3: 5–8.

- Awoyinka, O.A., I.O. Oyewole, B.M.W. Amos and O.F. Onasoga. 2006. Comparative pesticidal activity of dichloromethane extracts of piper nigrum against *Sitophilus zeamais* and *Callosobruchus maculatus*. J. Biotechnol. 5(24): 2446–2449.
- Babarinde, S.A., A. Sosina and E.I. Oyeyiola. 2008. Susceptibility of the selected crops in storage to *Sitophilus zeamais* Motschulsky in Southwestern Niger. J. Plant Prot. Res. 48(4): 541–550 (<http://versita.metapress.com> [16 Juli 2016]).
- Biebel, R., E. Rametzhof, H. Klapal, D. Polheim and H. Viernstein. 2003. Action of pyrethrum-based formulations against grain weevils. Int'l J. Pharmaceutics 256(1–2): 175–181.
- Chan-Bacab, M.J. and L.M. Pena-Rodriguez. 2001. Plant natural products with leishmanicidal activity. Nat. Products Rep. 18: 674–688.
- Djauhariya, E. 2003. Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) tanaman obat potensial. J. Pengembangan Teknologi Rempah dan Obat 15(1): 1–16.
- Dubey, N.K., B. Srivastava and A. Kumar. 2008. Current status of plant products as botanical pesticides in storage pest management. J. Biopesticides 01(02): 182–186.
- García-Lara, S. and D.J. Bergvinson. 2007. Integral program to reduce postharvest losses in maize. Agricultura Técnica de México 33: 181–189.
- Grainge, M. and S. Ahmed. 1988. Handbook of Plants with Pest-Control Properties. John Wiley & Sons, New York-Chichester-Brisbane-Toronto Singapore. pp. 99–153.
- Guenther, E. 1990. Minyak Atsiri Jilid 3, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Hartati, S.Y. 2012. Prospek pengembangan minyak atsiri sebagai pestisida nabati. Jurnal Perspektif 11(01): 45–58.
- Hasnah dan U. Hanif. 2010. Efektivitas ekstrak bawang putih terhadap mortalitas *Sitophilus zeamais* M. pada jagung di penyimpanan. Jurnal Floratek 5: 1–10.
- Hasnah, M. Rahim, dan L. Suryanti. 2014. Efikasi serbuk lada hitam dalam mengendalikan hama *Sitophilus zeamais* pada biji jagung selama penyimpanan. Jurnal Penelitian Universitas Jambi Seri Sains 16(2): 23–32.
- Herlina, L. dan B. Istiaji. 2013. Respons ketahanan beberapa varietas gandum terhadap hama gudang *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Dryophthoridae). Buletin Plasma Nuftah 19(2): 89–91.
- Herminanto, Nurtiati, dan D.M. Kristianti. 2010. Potensi daun serih untuk mengendalikan hama *Collosobruchus analis* F. pada kedelai dalam penyimpanan. Jurnal Agrivigor 3(1): 19–27.
- Hidayanti, E. dan D. Ambarwati. 2016. Pestisida nabati sebagai alternatif pengendalian organisme pengganggu tumbuhan (OPT). <http://ditjenbun.pertanian.go.id/bbpptsurabaya/tinympuk/gambar/file/pesnab%20web.pdf>. [20/7/16].
- Hoppe, T. 1986. Storage insects of basic food grain in Horduras. Trop. Sci. 26: 25–28.
- Huang, Y., S.H. Ho, H.C. Lee and Y.L. Yap. 2002. Insecticidal properties of eugenol, isoeugenol and methyleugenol and their effects on nutrition of *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera?: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera?: Tenebrionidae). J. Stored Product Res. 38: 403–412.
- Inayatullah, M.S. 1997. Standarisasi Rimpang Kencur dengan Parameter Etil Para Metoksi Sinamat. Skripsi Fakultas Farmasi Universitas Airlangga, Surabaya. <http://repository.usu.ac.id>. [14 April 2016].
- Jorge, D.M. 1981. The effect of density on the survival and development of *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera Curculionidae) is different in maize varieties. Plant Protection News X, No. 7.
- Kadir, N.N., R. Iswati, dan F. Datau. 2014. Uji efektivitas serih (*Cymbopogon citratus*) sebagai insektisida nabati dalam menekan serangan hama kutu jagung (*Sitophilus zeamais*) pada beberapa wadah penyimpanan. Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo. <http://kim.ung.ac.id>. [25 Februari 2016].
- Kardinan, A. dan E.A. Wikardi. 1994. Pengaruh abu limbah serai dapur dan tepung bawang putih terhadap hama gudang *Callosobruchus analis*. Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat 9(1): 3–7.
- Kardinan, A. dan E.A. Wikardi. 1997. Pengaruh ekstrak akar tuba terhadap imago dan telur *Callosobruchus analis*. Jurnal Penelitian Tanaman Industri 3(1): 13–19.
- Kardinan, A. 2004. Pestisida Nabati, Ramuan dan Aplikasi. Penebar Swadaya, Jakarta. hlm. 29.
- Kardinan, A. 2011. Penggunaan pestisida nabati sebagai kearifan lokal dalam pengendalian hama tanaman menuju sistem pertanian organik. Pengembangan Inovasi Pertanian 04(4): 262–278.
- Kim, H.M., E.H. Lee, S.H. Hong, H.J. Song, M.K. Shin, S.H. Kim and T.Y. Shin. 1998. Effect of *Syzygium aromaticum* extract on immediate hypersensitivity in rats. J. Ethnopharmacol. 60(4): 125–131.
- Lopulalan, C.G.C. 2010. Analisa ketahanan beberapa varietas padi terhadap serangan hama gudang (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). Jurnal Pertanian 6(1): 11–16.
- Manaf, S. Kusmini, dan E. Helmiyati. 2005. Evaluasi daya repelensi daun mimba (*Azadirachta indica* A. Juss) terhadap hama gudang *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). Jurnal Gradien 1(1): 23–29. [16 Maret 2014]
- Marianah, L. 2016. Membuat pestisida nabati. <http://www.bppjambi.info/newspopup.asp?id=708>. [14 April 2016].
- Moki, M., R. Iswati, dan F. Datau. 2016. Uji efektivitas tiga jenis kulit jeruk sebagai insektisida nabati dalam menekan populasi dan serangan kumbang beras (*Sitophilus oryzae*). Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo.
- Morallo, B.R. and P.A. Javier. 1980. Laboratory assessment of damage caused by *Sitophilus* spp. and *Rhizoperta dominica* in stored grain. Sorghum and Millet Abstract. CAB April 1982. 7(1): 1–2.
- Murdiati, Tb., G. Adiwinata, dan D. Hildasari. 2016. Penelusuran senyawa aktif dari buah mengkudu (*Morinda citrifolia*) dengan aktivitas antelmintik terhadap *Haemonchus contortus*. <file:///C:/Users/USER/Downloads/191-191-1-PB.pdf>. [14 Juli 2016].
- Mustika, I. 1999. Konsep dan strategi pengendalian nematoda parasit tanaman di Indonesia. Pengembangan Inovasi Pertanian 3(2): 81–101. <http://pustaka.litbang.pertanian.go.id/publikasi/ip032101.pdf>. [18 April 2016].
- Napoleão, T.H., B.R. Belmonte, E.V. Pontual, L.P. Albuquerque, R. Araújo Sá, L.M. Paiva, L.C.B.B. Coelho and P.M.G. Paiva. 2013. Deleterious effects of *Myracrodruon urundeuva* leaf extract and lectin on the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). J. Stored Products Res. 54: 26–33.
- Natawigena, D.W. 2000. Beberapa kendala dalam memproduksi pestisida nabati. Staf Pengajar Jurusan Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian UNPAD. Disajikan dalam Seminar Nasional 'PHT Promo 2000' [29 Juni 2000].
- Oyedele, A.O., A.A. Gbolade, M.B. Sosan, F.B. Adewoyin, O.L. Soyelu and O.O. Orafidiya. 2002. Formulation of an effective mosquito-repellent topical product from lemongrass oil. Phytomedicine 9(3): 259–262.
- Pakan, S. 1997. Hama pascapanen jagung di Kabupaten Kupang. Buletin Legimunosae 4(1): 12–26.
- Pano, S.J., R. Iswati, dan F. Datau. 2016. Respons *Sitophilus zeamais* terhadap jeringau (*Acorus calamus* L.) sebagai insektisida alami pada variasi wadah penyimpanan. (Thesis) Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo.
- Plantus. 2008. Anekaplantasia. Plants Clipping Informations from All Over Media In Indonesia.

- Pornpip, V. and C. Sukpraharn. 1974. Current problems of pest of stored products in Thailand. *In* Pest of Stored Products. Biotrop Special Pub. 33: 45–53.
- Putri V.B. 2004. Kajian daya insektisida alami daun sirsak, daun srikaya, daun mahoni, dan bunga kecubung terhadap perkembangan serangga hama gudang *Sitophilus zeamais* Motsch. Skripsi Departemen Teknologi Pangan dan Gizi Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Saenong, S.M. 2009. Kajian aspek tingkah laku serangga hama kumbang bubuk *Sitophilus zeamais* Motsch di laboratorium. Prosiding Nasional Serealia Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros.
- Saenong, S.M. dan S. Mas'ud. 2009. Keragaan hasil teknologi pengelolaan hama kumbang bubuk pada tanaman jagung dan sorgum. Prosiding Nasional Serealia, Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros.
- Said, E.G. 1994. Dampak negatif pestisida, Sebuah catatan bagi kita semua. *Agrotek* 2(1): 71–72.
- Sembaring, R., D. Salbiah, dan R. Rustam. 2016. Pemberian tepung daun sirsak (*Annona muricata* L.) dalam mengendalikan hama kumbang bubuk jagung (*Sitophilus zeamais* M.) pada biji jagung. *Jurnal Faperta* 1(2): 1–11.
- Sonyaratri, D. 2006. Kajian daya insektisida ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica* A. Juss) dan ekstrak daun mindi (*Melia azedarach* L.) terhadap perkembangan serangga hama gudang *Sitophilus zeamais* Motsch. (Skripsi). Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Subiyakto. 2009. Ekstrak biji mimba sebagai pestisida nabati: Potensi, kendala, dan strategi pengembangannya. *Jurnal Perspektif* 8(2): 108–116.
- Surtikanti. 2004. Kumbang bubuk *Sitophilus zeamais* Motsch. *Jurnal Litbang Pertanian* 23(4): 123–128.
- Soetopo, D. 2007. Potensi jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) sebagai bahan pestisida nabati. Prosiding Lokakarya Nasional Jarak Pagar III. Puslitbangbun, 9–10 Maret 2007. Departemen Proteksi Tanaman. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Subhan, F. 2011. Uji efektivitas beberapa insektisida nabati terhadap mortalitas hama *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera; Curculionidae) pada benih jagung (*Zea mays*). Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan. <http://repository.usu.ac.id>. [25 Pebruari 2016].
- Suprpto, S. 1986. *Jamu Jawa Asli*. Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- Suwanto, A. 1994. Mikroorganisme untuk biokontrol: Strategi penelitian dan penerapannya dalam bioteknologi pertanian. *Agrotek* 2(1): 40–46.
- Suwahyono, U. 1996. Aplikasi biofungisida *Trichoderma* spp. untuk pengendali jamur patogen *Rhizoctonia solani* pada tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.). *Alami* 1(2): 50–53.
- Syakir, M. 2011. Status penelitian pestisida nabati. Seminar Nasional Pestisida Nabati. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor.
- Takahashi, N. 1981. Application of biologically natural products in agricultural fields. *In* M. Wirahadikusumah and A.S. Noer (Eds.). Proc. Regional Seminar on Recent Trend in Chemistry of Natural Product Research. pp. 110–132. Penerbit ITB, Bandung.
- Tefera, T., F. Kanampiu, H.D. Groote, J. Hellin, S. Mugo, S. Kimenju, Y. Beyene, P.M. Boddupalli, B. Shiferaw and M. Banziger. 2011. The metal silo: An effective grain storage technology for reducing postharvest insect and pathogen losses in maize while improving smallholder farmers' food security in developing countries. *Crop Prot.* 30(3): 240–245.
- Timoty, C.J. 2014. Pengaruh ekstrak kering kencur (*Kaempferia galanga* L.) dan lama penyimpanan terhadap mortalitas hama kumbang bubuk (*Sitophilus zeamais* L.), indeks daya kecambah dan indeks kecepatan kecambah benih jagung (*Zea mays*). Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember (Skripsi). <http://dspace.unej.ac.id>. [25 Februari 2016].
- Tukimin, D. Soetopo, dan E. Karmawati. 2010. Pengaruh minyak jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) terhadap mortalitas, berat pupa, dan penularan hama jarak kepyar. *Jurnal Littri* 16(4): 159–164.
- Udo, I.O., M.S. Ekanem and E.U. Inyang. 2011. Laboratory evaluation of West African black pepper (*Piper guineense*) seed powder against maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motsch). *J. Mun. Entomol. Zool.* 6(2): 56–77.
- Utami, A. dan B. Rahyu. 1996. Eko-teknologi sebagai jalan keluar untuk mengatasi problem lingkungan. *Alami* 1(2): 54–57.
- Velluti, A., V. Sanchis, A.J. Ramos, J. Edigo and S. Marin. 2003. Inhibitory effect of cinnamon, clove, lemongrass, oregano and palmarose essential oils on growth and fumonisin B 1 production by *Fusarium proliferatum* in maize grain. *Int'l. J. Food Microbiol.* 89: 145–154.
- Wahyuningsih, S. 2000. Kajian daya insektisida biji paria (*Momordica charantia*) dan biji mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) terhadap perkembangan *Sitophilus zeamais* Motsch. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Wakman, W., J. Tandiang, Masmawati, Suarni, M.S. Saenong, H. Talanca, M. Yasin, S. Kontong, dan Sutjiati. 2003. Laporan Akhir Pengelolaan Hama dan Penyakit Utama Jagung secara Hayati. Balai Penelitian Tanaman Jagung dan Serealia Lain, Maros.
- Wiratno, D. Taniwiryono, Hv Berg, J.A.G. Riksen, I.M.C.M. Rietjens, R. Djiwanti, J.E. Kammenga and A.J. Murk. 2009. Nematicidal activity of plant extracts against the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *The Open Natural Products J.* 2: 63–71.
- Wiratno, M. Rizal, dan I W. Laba. 2011. Potensi ekstrak tanaman obat dan aromatik sebagai pengendali keong mas. *Buletin Litro* 22(1): 54–64.
- Yusuf, R. 2012. Potensi dan kendala pemanfaatan pestisida nabati dalam pengendalian hama pada budidaya sayuran organik. Seminar UR-UKM ke-7. Optimalisasi Riset Sains dan Teknologi dalam Pembangunan Berkelanjutan.
- Zhu, B.C.R., G. Henderson, F. HF. Chen and RA Laine. 2001. Evaluation of vetiver oil and seven insect-active essential oils against the Formosan subterranean termite. *J. Chem. Ecol.* 27: 1617–1625.