
SERAI WANGI SEBAGAI PESTISIDA NABATI PENGENDALIAN PENYAKIT VASCULAR STREAK DIEBACK UNTUK MENDUKUNG BIOINDUSTRI KAKAO

CITRONELLA AS BOTANICAL PESTICIDE CONTROLLING VASCULAR STREAK DIEBACK DISEASE TO SUPPORT COCOA BIOINDUSTRY

Rita Harni

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

rita_harni@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penyakit pembuluh kayu (*vascular streak dieback/VSD*) merupakan penyakit utama pada tanaman kakao di Indonesia. Penyakit ini tidak hanya menurunkan produksi tetapi juga menyebabkan kematian tanaman. Pengendalian penyakit tanaman sesuai dengan teknik pengendalian hama terpadu (PHT) adalah mudah didapat, murah, dan ramah lingkungan, salah satunya adalah penggunaan pestisida nabati. Teknik pengendalian ini sesuai dengan prinsip bioindustri, yaitu ramah lingkungan. Serai wangi dapat digunakan sebagai pestisida nabati karena sifat dari bahan aktifnya yang tidak toksik, sistemik, kompatibel dengan teknik pengendalian lain, mudah terurai dan lebih ramah lingkungan. Pestisida nabati dari minyak serai wangi telah terbukti efektif untuk mengendalikan penyakit jaringan pembuluh atau VSD di pembibitan dan lapangan. Penggunaan minyak serai wangi di pembibitan dapat memperlambat munculnya gejala (masa inkubasi) dan intensitas serangan VSD, sedangkan di lapangan minyak serai wangi dapat menekan perkembangan penyakit, dimana penekanannya sama dengan pestisida sintetik. Di samping itu minyak serai wangi juga dapat mengendalikan penyakit busuk buah kakao (BBK), hama penggerek buah kakao (PBK), dan hama *Helopeltis antonii*.

Kata kunci: Serai wangi, *vascular streak dieback*, pestisida nabati, kakao

ABSTRACT

Vascular streak dieback (VSD) is a major disease in cacao plants in Indonesia. This disease not only reduce the production but also led to the death of the plant. Control of plant diseases according to integrated pest management (IPM) technique is easily available, inexpensive and environmental friendly, such as the using of botanical pesticides. This control technique in accordance with the principle of bioindustry is environmentally friendly. Citronella can be used as a botanical pesticide because it is not toxic, systemic, compatible with other control techniques, biodegradable and environmental friendly. Botanical pesticide of citronella oil has been proven effective in controlling vascular tissue disease or VSD in the nursery and field. The use of citronella oil in the nursery can slow the appearance of symptoms (incubation period) and attack intensity of VSD disease. Meanwhile in the field, citronella oil can suppress the progression of the disease, of which is equal to synthetic pesticides. In addition, citronella oil can also control black pod disease of cocoa (BPD), cocoa pod borer (CPB), and Helopeltis antonii.

Keywords: Citronella, vascular streak dieback, botanical pesticide, cocoa

PENDAHULUAN

Pertanian bioindustri pada dasarnya merupakan sistem pertanian yang mengelola dan/atau memanfaatkan secara optimal seluruh sumberdaya hayati termasuk biomassa dan/atau limbah organik pertanian, bagi kesejahteraan masyarakat dalam suatu ekosistem secara harmonis (Prastowo, 2014). Pada prinsipnya semua siklus yang dilakukan tersebut tujuannya adalah menjaga kelestarian lingkungan. Pertanian bioindustri dikembangkan dengan menghasilkan sesedikit mungkin limbah tak bermanfaat, menggunakan seminimal mungkin input produksi dan energi dari luar, mampu menghasilkan produk pangan dengan mengelola biomassa dan limbahnya menjadi bio-produk baru bernilai tinggi dan ramah lingkungan.

Bioindustri kakao merupakan suatu sistem yang mengelola dan atau memanfaatkan kakao secara optimal baik biomassa, limbah organik, dan produk olahannya. Di dalam budidaya kakao terdapat

berbagai sistem yang saling terkait satu sama lain di antaranya tersedianya varietas unggul, bibit, pemeliharaan (pemupukan dan pemangkasan), pengendalian hama dan penyakit serta panen dan pascapanen.

Salah satu penyakit penting pada tanaman kakao adalah penyakit pembuluh kayu atau *vascular streak dieback* (VSD) (Purwantara & Pawirosoemardjo, 1989; Rosmana, 2005; Guest & Keane, 2007). Kerugian akibat penyakit VSD di seluruh dunia mencapai 30.000 ton per tahun setara dengan US\$ 28.000.000 (World Cocoa Foundation, 2004). Di Indonesia, kerugian akibat penyakit ini belum diketahui secara pasti, tetapi jumlahnya diperkirakan cukup besar. Menurut Rosmana (2005), penyakit VSD lebih berbahaya dibandingkan penyakit lain, seperti busuk buah kakao karena tanaman yang terserang akan menjadi lemah, produktivitasnya menurun, bahkan mati secara perlahan-lahan (Harni, 2013).

Pengendalian penyakit VSD oleh petani biasanya dilakukan dengan menggunakan fungisida sintetik yang dibarengi dengan pemotongan ranting dan batang yang terserang. Penggunaan fungisida sintetik yang terus menerus dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti terjadinya resistensi patogen, ikut terbunuhnya makhluk hidup yang bukan sasaran, adanya residu pada buah kakao, dan pencemaran terhadap lingkungan serta dapat membahayakan kesehatan manusia (Mew *et al.*, 2004; Nasahi, 2009).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu dicari teknik pengendalian lain yang lebih ramah lingkungan. Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT), seperti disebutkan dalam UU No. 12 tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman, PP No. 6 tahun 1995 tentang Perlindungan Tanaman, dan Kepmentan No. 887 tahun 1997 tentang Pedoman Pengendalian OPT, dilaksanakan dengan menerapkan pengendalian hama terpadu (PHT), yaitu suatu cara pengendalian yang memperhatikan kelestarian lingkungan hidup. Dalam PHT, pengendalian OPT dilaksanakan dengan memadukan satu atau lebih teknik pengendalian yang dikembangkan dalam satu kesatuan. Melalui PHT, berbagai cara pengendalian yang kompatibel dapat diterapkan dengan pertimbangan, antara lain secara teknis dapat dilaksanakan, secara ekonomi menguntungkan, secara sosial budaya diterima masyarakat, dan secara ekologi dapat dipertanggungjawabkan. Salah satu teknik pengendalian yang dapat diterapkan oleh petani kakao adalah penggunaan pestisida nabati karena mempunyai banyak keuntungan di antaranya mudah, murah, dan ramah lingkungan. Teknik pengendalian ini sesuai dengan prinsip bioindustri, yaitu ramah lingkungan.

Pestisida nabati yang banyak dimanfaatkan untuk pengendalian penyakit tanaman pada saat ini adalah serai wangi (Nakahara, Alzoreky, Yoshihashi, Nguyen, & Trakoontivakom, 2003; Nurmansyah, 2010; Supriadi, 2011) karena mudah didapat dan bersifat membunuh patogen (fungisidal). Pemanfaatan fungisida nabati serai wangi untuk mengendalikan penyakit tanaman, dan penyakit pascapanen telah dilaporkan oleh Nakahara *et al.* (2003), Nurmansyah (2010) dan Harni, Amaria, & Supriadi (2013). Nurmansyah (2010) dan Harni *et al.* (2013) menggunakan minyak serai wangi untuk mengendalikan *Phytophthora palmivora* penyebab penyakit busuk buah pada kakao. Penggunaan minyak serai wangi dan fraksi sitronellal pada konsentrasi 750 ppm mampu menghambat pertumbuhan diameter koloni *P. palmivora* 75,95% dan biomassa koloni 82,61%. Fraksi sitronellal pada konsentrasi yang sama mampu menghambat pertumbuhan diameter dan biomassa koloni masing-masing 78,88% dan 88,41%. Selanjutnya Harni *et al.* (2013) juga menguji formula minyak serai wangi pada tingkat laboratorium dan rumah kaca terhadap *P. palmivora* asal kakao. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formula minyak serai wangi dapat

menghambat pertumbuhan *P. palmivora* 65-100% secara *in vitro* dan 66,25% pada bibit kakao di rumah kaca.

Tulisan ini membahas tentang pengendalian penyakit *vascular streak dieback* (penyakit pembuluh kayu) dengan pestisida nabati serai wangi dalam mendukung bioindustri tanaman kakao.

PENYAKIT VSD PADA TANAMAN KAKAO

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang berperan penting dalam perekonomian Indonesia, baik sebagai sumber pendapatan petani maupun devisa negara. Luas areal pertanaman kakao Indonesia pada tahun 2012 adalah 1.732.954 ha, dengan produksi sebesar 936.266 ton. Dari total areal tersebut 94,55% (1.638.540 ha) diusahakan dalam bentuk perkebunan rakyat, sedangkan sisanya merupakan perkebunan negara dan perkebunan swasta (Direktorat Jenderal Perkebunan [Ditjenbun], 2012). Ekspor kakao Indonesia pada tahun 2011 mencapai 550 ribu ton biji kering, dengan volume tersebut, Indonesia merupakan negara pengekspor biji kakao nomor tiga dunia di bawah Pantai Gading (1,2 juta ton) dan Ghana (662 ribu ton) (International Cocoa Organization [ICCO], 2011).

Permasalahan yang dihadapi perkakaoan nasional adalah rendahnya produktivitas dan mutu yang salah satunya disebabkan oleh serangan hama dan penyakit. Hama dan penyakit utama pada tanaman kakao adalah hama penggerek buah kakao (PBK) yang disebabkan oleh *Conopomorpha cramerella* Snell. (Lepidoptera: Gracillariidae) (Sianipar, 2008; Goenadi *et al.*, 2005; Santoso, Chaidamsari, Wiryadiputra, & de Maagd, 2004), penyakit VSD yang disebabkan oleh *Ceratobasidium theobromae* (Samuels *et al.*, 2011; Guest & Keane, 2007) dan penyakit busuk buah kakao (BBK) yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora* (Purwantara, 1992; Erwin & Ribeiro, 1996; Deberdt *et al.*, 2008; Sukamto, 2003).

Penyakit VSD pertama kali ditemukan di Papua New Guinea pada tahun 1930 an. Penyakit ini kemudian menyebar ke beberapa negara Asia lainnya seperti India Selatan, Cina, Pulau Hainan, Myanmar, Thailand, Malaysia, Filipina, dan Indonesia (Guest & Keane, 2007). Di Indonesia penyakit VSD pertama kali ditemukan di Pulau Sebatik, yang terletak di perbatasan antara Sabah dan Kalimantan Timur pada tahun 1983. Selanjutnya pada tahun 1984 penyakit ini ditemukan di Maluku dan Sulawesi. Di Sulawesi, penyakit VSD ditemukan pada tahun 1989 di daerah Kolaka (Askindo, 2008), kemudian pada tahun 2002 penyakit ini ditemukan hampir di seluruh Sulawesi. Pada saat ini penyakit VSD telah menyebar hampir diseluruh sentra produksi kakao seperti di daerah Jawa Timur, Jawa Barat, Maluku Utara, Kalimantan Timur, Bali, Sumatera Utara, dan Sumatera Barat (Guest & Keane 2007: Ditjenbun, 2008; Kusumadewi, 2014).



Gambar 1. Gejala infeksi VSD pada tanaman kakao: (a) tanaman kakao sehat dan (b) kakao terinfeksi VSD
Figure 1. Infection symptoms of VSD on cacao: (a) health plant and (b) VSD infected plant

Gejala Serangan

Serangan VSD pada tanaman kakao menyebabkan kerusakan pada jaringan pembuluh kayu (xylem), dan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti ranting dan cabang (Guest & Keane, 2007). Gejala khas serangan VSD adalah daun menjadi nekrotik dan menua, khususnya pada daun kedua atau ketiga dari ujung ranting. Gejala menguningnya daun mulai terlihat 6 sampai 16 minggu setelah spora jatuh. Pembuluh kayu pada daun terinfeksi menghitam dan rusak sehingga daun-daun diujungnya berguguran (Samuels *et al.*, 2014). Pada permukaan bekas menempelnya tangkai daun yang gugur akan terlihat ciri khas serangan VSD, yaitu adanya tiga titik berwarna cokelat yang menandakan pembuluh kayunya telah rusak karena terinfeksi oleh VSD. Apabila dari bagian ujung cabang tersebut dibelah membujur ke arah pangkal maka akan ditemukan garis kecokelatan. Di samping itu lentisel pada pohon terinfeksi biasanya membesar, menyebabkan kulit batang menjadi kasar. Gangguan ini akan menyebabkan gugur daun dan mati ranting (Gambar 1). Pada serangan lanjut, kematian jaringan dapat menjalar sampai ke cabang atau bahkan ke batang pokok. Infeksi yang terjadi pada fase bibit dapat menimbulkan kematian tanaman hingga 50% setelah bibit dipindah ke lapang (Keane, 2000).

BIOEKOLOGI PENYAKIT VSD

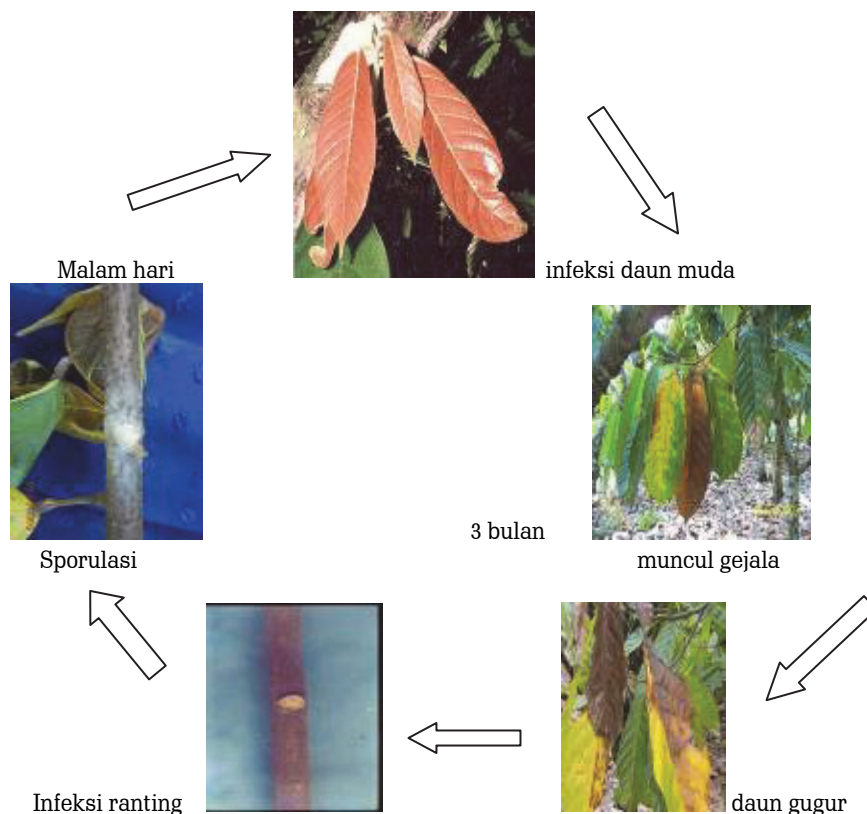
Penyakit pembuluh kayu VSD disebabkan oleh jamur *Ceratobasidium theobromae* (Basidiomycetes). Ciri khas dari jamur ini adalah pertumbuhannya yang lambat dan tidak menghasilkan spora seksual dan aseksual pada media agar. Jamur berwarna putih, miselium berukuran 4,5-7,5 μm , mempunyai hifa arachnoid steril, biasanya bercabang disudut kanan dan mengalami penyempitan pada titik percabangan dan mempunyai *clamp connections*.

Siklus hidup patogen jamur *C. theobromae* (Gambar 2) dimulai dengan menginfeksi tanaman kakao hanya melalui daun muda. Spora yang jatuh pada daun muda kemudian berkecambah dan

mengadakan penetrasi melalui epidermis dan mesofil ke dalam tulang daun. Jamur kemudian berada dalam berkas pembuluh kayu (xylem) sehingga mengakibatkan kerusakan jaringan pembuluh (Keane *et al.*, 1972 cited in Sri-Sukanto, Susilo, Abdoellah, Santoso, & Yuliasmara, 2008). Apabila kondisi lembab, jamur dapat berkembang keluar dan membentuk badan buah (basidiospora) pada bekas duduk daun yang terinfeksi setelah tengah malam sampai pagi hari. Badan buah berbentuk bantalan jamur yang berwarna putih.

Spora hanya mampu bertahan selama beberapa jam saja pada pagi hari dan tidak tahan terhadap sinar ultraviolet, apabila terkena sinar matahari selama 30 menit spora menjadi tidak infeksi (Chan & Wasir, 1976). Penyebaran spora dibantu oleh angin dan bila jatuh pada tempat yang kering maka akan segera kehilangan viabilitasnya. Pada daun yang lunak dan mengandung tetesan air, spora akan berkecambah dengan cepat, kemudian membentuk tabung kecambah untuk mempenetrasi epidermis dan selanjutnya masuk ke dalam xylem. Dalam waktu 6 sampai 16 minggu (tergantung pada umur dan varietas tanaman kakao), gejala akan muncul pada daun ke 2 dan ke 3 dari pucuk. Bila kondisi hujan terus menerus maka perkecambahan akan lebih cepat terjadi dan akan mengalami siklus yang sempurna.

Pada cabang yang masih hidup spora dapat bertahan selama 1 minggu, sedangkan pada cabang yang sudah dipotong hanya 1-2 hari. Perkembangan spora, penyebaran dan infeksi pada daun memerlukan periode basah, dengan demikian ada hubungan kritis antara puncak curah hujan dan periode infeksi (Guest & Keane, 2007). Meskipun penyakit VSD disebarkan oleh angin, tetapi spora hanya efektif dalam beberapa jam saja pada pagi hari, akibatnya sangat sedikit infeksi terjadi dan penyebarannya terbatas dalam jarak 200 m dari tanaman kakao yang terserang. Di Papua New Guinea dan Malaysia Barat, penyakit ini paling umum ditemukan di daerah basah di mana curah hujan tahunan melebihi 2.500 mm (Guest & Keane, 2007).



Gambar 2. Siklus hidup dari patogen penyebab penyakit VSD (*Ceratosidium theobromae*) (Sri-Sukamto, 2006)
 Figure 2. Life cycle of VSD pathogen (*Ceratosidium theobromae*) (Sri-Sukamto, 2006)

SERAI WANGI SEBAGAI TANAMAN SELA DAN PESTISIDA NABATI

Serai Wangi Sebagai Tanaman Sela

Serai wangi (*Cymbopogon nardus* L.) yang termasuk dalam famili Graminae merupakan salah satu jenis tanaman penghasil minyak atsiri yang banyak ditanam sebagai tanaman konservasi dan sela pada perkebunan kopi maupun kakao (Gambar 3). Tanaman ini dapat hidup dengan baik di daerah beriklim panas maupun basah, sampai ketinggian 1200 m di atas permukaan laut (dpl) namun berproduksi optimum pada 250 m dpl, dengan intensitas cahaya 75-100% (Sukamto dan Djazuli, 2014). Di samping itu, serai wangi juga dapat tumbuh di tempat yang kurang subur bahkan di daerah yang tandus karena mampu beradaptasi baik dengan lingkungannya. Cara berkembang biaknya adalah dengan anakan atau akarnya yang bertunas.

Tanaman serai wangi saat ini banyak dikembangkan pada perkebunan kakao sebagai tanaman sela. Penanaman serai wangi sebagai tanaman sela pada perkebunan kakao bertujuan untuk memanfaatkan lahan di antara tanaman kakao sehingga dapat menambah pendapatan petani. Tanaman serai wangi dapat ditanam pada semua lahan baik yang datar maupun yang topografinya

miring. Pada lahan datar serai wangi dapat ditanam dengan jarak tanam 100 X 100 cm di antara tanaman kakao dengan jarak tanam 2,5 x 3 m.

Pada topografi miring tanaman serai wangi dapat juga digunakan sebagai tanaman konservasi dengan jarak tanam 800 x 800 cm (Daswir, 2010). Hasil penelitian Daswir (2010) menunjukkan bahwa penanaman serai wangi di antara tanaman kakao dengan tingkat kemiringan >30% dapat meningkatkan panen biji kakao >40%/ha/th dan menurunkan kerusakan tanaman kakao oleh hama sebesar 25%.

Kandungan Minyak Serai Wangi

Komponen kimia dalam minyak serai wangi sangat kompleks, namun komponen yang terpenting adalah citronellal dan geraniol. Kedua komponen tersebut menentukan intensitas bau, harum, serta nilai harga minyak serai wangi.

Komposisi minyak serai wangi terdiri dari 30-40 komponen, yang termasuk kelompok alkohol, hidrokarbon, ester, aldehid, keton, oksida, terpena dan sebagainya. Menurut Guenther (2006), komponen utama penyusun minyak serai wangi adalah (1) citronellal ($C_{10}H_{16}O$) atau rhodinal atau 3,7-dimethyloct-6-en-1-al ($C_{10}H_{18}O$) adalah monoterpenoid, komponen utama dalam campuran

senyawa kimia terpenoid yang memberikan aroma lemon yang khas; (2) geraniol ($C_{10}H_{18}O$) adalah monoterpenoid dan alkohol; dan (3) citronelol ($C_{10}H_{20}O$) atau dihydrogeraniol, adalah monoterpenoid asiklik. Komposisi terbesar dalam minyak serai wangi adalah citronellal, yaitu 32-45%, geraniol 12-18%, citronelol 11-15%, geraniol asetat 3-8%, sitronelil asetat 2-4%. Menurut Wie & Wee (2013) terdapat 24 jenis komponen kimia yang menyusun minyak serai wangi (Tabel 1).

Serai Wangi Sebagai Pestisida Nabati

Minyak serai wangi mengandung senyawa aktif yang dapat digunakan sebagai bahan baku pestisida nabati untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman. Hal ini berkaitan dengan sifatnya yang mampu membunuh, mengusir, dan menghambat makan hama, serta mengendalikan penyakit tanaman yang bersifat antijamur, antibakteri, antivirus, dan antinematoda.



Gambar 3. Tanaman serai wangi
Figure 3. Citronella

Tabel 1. Komposisi kimia minyak serai wangi
Table 1. Chemical compositions of citronella oil

No.	Senyawa	Persentase
1.	Citronellal	29,6
2.	2,6-octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)	11,0
3.	cis-2,6-dimethyl-2,6-octadiene	6,9
4.	Propanoic acid, 2-methyl-, 3,7-dimethyl-2,6-octadienyl ester, (E)	6,9
5.	Caryophyllene	6,5
6.	Citronellol	4,8
7.	Phenol, 2-methoxy-3-(2-propenyl)	4,5
8.	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis (1-methylethenyl)	3,3
9.	Limonene	2,7
10.	2,6-octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (E)	2,4
11.	1,6-cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E, E)]	2,3
12.	Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)	1,8
13.	2,6-octadiene, 2,6-dimethyl	1,6
14.	Eugenol	1,5
15.	3,7-cyclodecadiene-1-methanol, a,a,4,8-tetramethyl-, [s-(z,z)]	1,3
16.	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1a,2a,4a)]	1,3
17.	Cyclohexanemethanol, 4-ethenyl-a,a,4-trimethyl-3-(1-methylethenyl)-, [1R-(1a,3a,4a)]	1,3
18.	2,6-octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)	1,2
19.	Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1a,4aa,8aa)	1,1
20.	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1a,4aa,8aa)	0,6
21.	a-caryophyllene	0,3
22.	2-Furanmethanol,5-ethenyltetrahydro-a,a-5-trimethyl-, cis	0,2
23.	Senyawa belum diketahui 1	0,1
24.	Senyawa belum diketahui 2	6,9

Sumber: Wei & Wee (2013)
Source: Wei & Wee (2013)

Antibakteri

Aktivitas minyak serai wangi sebagai anti bakteri telah dilaporkan terutama untuk mengendalikan patogen manusia dan hewan. Wei & Wee (2013) menguji minyak serai wangi pada bakteri *Edwardsiella*, *Vibrio*, *Aeromonas*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Flavobacteria*, *Pseudomonas* dan *Streptococcus* yang berasal dari hewan laut. Penggunaan minyak serai wangi dengan konsentrasi 0.244 µg/ml sampai 0.977 µg/ml dapat menghambat pertumbuhan bakteri sehingga minyak serai wangi ini kemudian direkomendasikan sebagai pengganti antibiotik untuk pengawetan hasil laut. Selanjutnya Luangnarumitchai *et al.* (2007) melaporkan penggunaan minyak serai wangi untuk mengendalikan *Propionobacterium acnes* pada manusia, dengan konsentrasi 1,25% dapat menghambat pertumbuhan bakteri tersebut.

Penggunaan minyak serai wangi untuk mengendalikan penyakit tanaman yang disebabkan oleh bakteri telah dilaporkan oleh Pradhanang, Momol, Olson, & Jones (2003) dan Hartati, Adhi, Asman, & Karyani (1994), dimana aplikasi serai wangi pada konsentrasi 10.000 ppm dapat menekan perkembangan *Ralstonia solanacearum* yang merupakan patogen pada tanaman jahe, dan penggunaan sebanyak 7 g daun/liter tanah dapat menekan *R. solanacearum* patogen pada tomat.

Antijamur

Aktivitas antijamur dari serai wangi telah banyak dilaporkan untuk mengendalikan patogen penyebab penyakit tanaman baik pada tanaman pangan, hortikultura maupun pada tanaman perkebunan. Pada tanaman perkebunan terutama kakao minyak serai wangi telah digunakan untuk mengendalikan penyakit busuk buah kakao (BBK) yang disebabkan oleh *P. palmivora* pada tingkat laboratorium dan lapangan (Nurmansyah, 2010; Harni *et al.*, 2013 dan 2014). Nurmansyah (2010) menggunakan sitronella dan fraksi sitronella terhadap *P. palmivora*, dimana keduanya terbukti dapat menekan perkembangan dan biomassa jamur tersebut. Sementara Harni *et al.* (2013) menguji formula minyak serai wangi dalam bentuk EC terhadap *P. palmivora*, yang menunjukkan bahwa formula dengan dosis 5 ml/l dapat menghambat 100% pertumbuhan *P. palmivora* di laboratorium dan 66,25% pada fase bibit. Nakahara *et al.* (2003) menggunakan minyak serai wangi untuk mengendalikan *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp pada biji kakao di penyimpanan karena salah satu sifat dari pestisida nabati ini adalah sebagai fumigan (Istianto, 2009). Di samping itu minyak serai wangi juga dapat digunakan untuk mengendalikan *Phytophthora* pada tanaman durian.

Aktivitas serai wangi terhadap serangga

Aktivitas dari minyak serai wangi terhadap serangga adalah sebagai penolak (*repellent*), menarik (*attractant*), racun kontak, racun pernafasan, mengurangi nafsu makan, menghambat peletakan telur, menghambat pertumbuhan, menurunkan fertilitas dan sebagai anti serangga vektor (Isman, 2000). Sitronella yang berasal dari serai wangi pada

konsentrasi 5 ml/l mampu mengendalikan hama penggerek buah kakao *C. cramerella* Snell. sebesar 46,26-65,01% pada tingkat serangan berat (Laba *et al.*, 2014). Selanjutnya Nurmansyah (2011) menguji serai wangi untuk mengendalikan hama *Helopeltis antonii* pada tanaman kakao. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rajangan daun serai wangi sebanyak 50 g/tabung memperlihatkan sifat menolak (*repellent*) terhadap serangga *H. antonii* dengan persentase rendah, yaitu 53,33%. Demikian juga dengan pemberian minyak serai wangi dan fraksi sitronellal pada dosis 0,1 ml/tabung, juga menunjukkan penolakan dengan persentase 53,33-73,33%. Pada dosis 0,30 ml/tabung pestisida nabati serai wangi bersifat membunuh (insektisida), dengan persentase kematian serangga *H. antonii* sebesar 76,67% pada pemberian minyak serai wangi dan 80% pada penggunaan fraksi sitronella di laboratorium. Penyemprotan minyak serai wangi dan fraksi sitronellal pada konsentrasi 2.000 ppm mampu membunuh serangga *H. antonii* sebesar 91,62%, sedangkan pada konsentrasi 4.000 ppm dapat mencapai 100%.

Kelebihan dan Kekurangan Serai Wangi Sebagai Pestisida Nabati

Serai wangi sebagai pestisida nabati mempunyai kelebihan dan kelemahan. Kelebihannya adalah aktivitas biologinya berspektrum luas (dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman, seperti telah diuraikan sebelumnya), tidak toksik, sistemik, kompatibel dengan teknik pengendalian lain (seperti pengendalian dengan agens hayati), mudah terurai dan lebih ramah lingkungan. Serai wangi tidak bersifat toksik terhadap mamalia, burung, dan ikan. Di samping itu serai wangi juga bersifat tidak persisten karena mudah terurai secara alami sehingga tidak tahan lama dalam air, udara, di dalam tanah dan tubuh mamalia (Hartati, 2012).

Kelemahan dari pestisida berbahan aktif minyak serai wangi adalah (1) keefektifannya kurang meyakinkan, terutama apabila dibuat pada skala rumah tangga; (2) sulitnya standarisasi mutu produk akibat besarnya keragaman genetik tanaman dan tempat tumbuhnya, serta pemanenan yang masih dilakukan secara tradisional; (3) kesulitan dalam pendaftaran dan paten; (4) nilai usaha tani belum pasti karena pengaruh musim, sumber bahan baku, dan tingkat keefektifannya; (5) stabilitas bahan aktif rendah karena bahan aktifnya bersifat volatil, yaitu tidak tahan terhadap sinar matahari (mudah terdegradasi oleh sinar ultraviolet); (6) tidak kompetitif terhadap pestisida sintetis (harga dan spektrum kerja); dan (7) terbatasnya data keamanan terhadap mamalia dan lingkungan (Rajashekar *et al.* (2012) cited in Supriadi (2013). Di samping itu mutu dari pestisida nabati tidak stabil karena sering berubah-ubah salah satu contohnya adalah minyak serai wangi yang disuling pada saat musim hujan dengan musim kemarau akan berbeda kandungan sitronella ataupun graniolnya. Selain masalah tersebut di atas kendala lainnya adalah kurangnya sumber bahan baku, belum adanya standarisasi dan kontrol kualitas serta kesulitan dalam registrasi dalam pengajuan sebagai pestisida (Isman,

2006 cited in Hartati, 2012). Permasalahan lain yang juga dihadapi adalah serai wangi di Indonesia belum dibudidayakan dengan baik dan kebanyakan hanya digunakan sebagai tanaman konservasi untuk mencegah erosi pada tanah-tanah miring atau pada lahan terasering serta sebagai tanaman sela sehingga pasokan dan mutu bahan bakunya cukup bervariasi.

Pengembangan Serai Wangi sebagai Pestisida Nabati

Serai wangi mempunyai peluang yang sangat besar untuk dikembangkan menjadi produk-produk pestisida, karena bahan aktif dari tanaman ini mempunyai spektrum luas baik sebagai pengendali hama yang bersifat menolak (*repellent*), menarik (*attractant*), racun kontak, racun pernafasan, mengurangi nafsu makan, menghambat peletakan telur, menghambat pertumbuhan, menurunkan fertilitas. Sebagai pengendali penyakit tanaman yang bersifat antibakteri, antijamur, antivirus dan antinematoda. Di samping itu serai wangi juga dapat digunakan sebagai bahan pengawet pada produk-produk makanan dan hasil laut sebagai pengganti antibiotik seperti telah diuraikan di atas. Produk dari serai wangi yang sudah di jual di pasaran adalah Asimba 50 EC yang efektif mengendalikan hama penggerek buah kakao di lapang (Asaad & Willis, 2012), serta mengendalikan penyakit tular tanah seperti *Fusarium* dan *Phytophthora*.

Isman (2000) menyatakan bahwa prospek penggunaan pestisida nabati sangat terbuka, terutama pada sistem pertanian organik di negara-negara maju atau pada pertanian secara umum di negara-negara berkembang seiring dengan harga pestisida sintetis yang semakin mahal. Salah satu contohnya adalah penggunaan mimba sebagai pestisida nabati yang semakin marak di negara-negara berkembang karena mempunyai banyak kelebihan, di antaranya ramah lingkungan, mudah terdegradasi, tidak beracun, dapat dikombinasikan dengan jenis pestisida lainnya, tidak mudah menimbulkan resistensi pada hama sasaran, mudah larut dalam air, memperbaiki pertumbuhan tanaman, dan harganya murah (Asogwa *et al.*, 2010). Namun demikian, pengembangan pestisida nabati

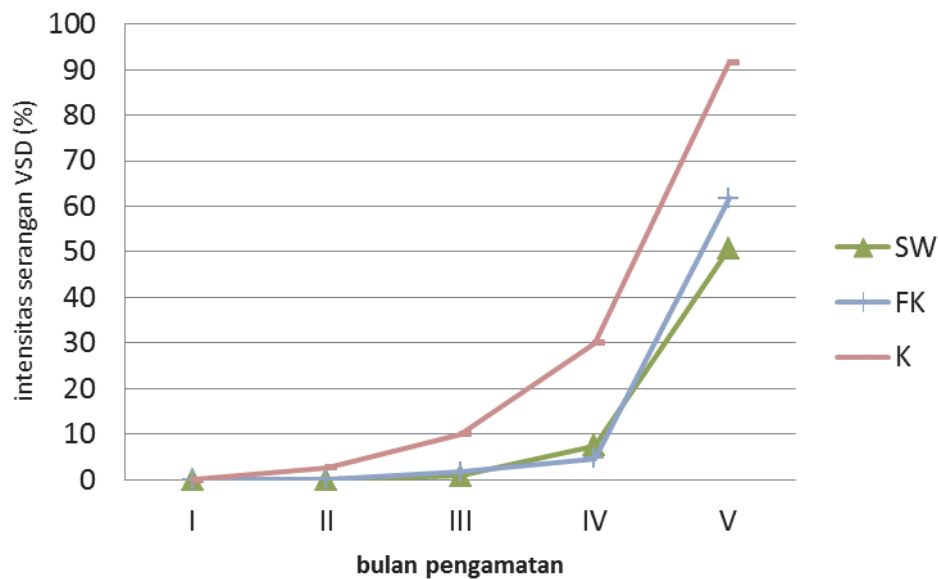
masih menghadapi kendala karena daya kerjanya lambat serta bahan baku untuk skala komersial masih terbatas.

PEMANFAATAN SERAI WANGI UNTUK PENGENDALIAN PENYAKIT VSD

Penyakit VSD merupakan penyakit yang sulit dikendalikan karena berada dalam jaringan pembuluh. Penggunaan serai wangi untuk mengendalikan penyakit VSD telah dilaporkan oleh Harni & Khaerati (2013) di pembibitan, serta Harni & Baharudin, (2014) di lapangan. Penggunaan serai wangi pada bibit kakao dapat memperlambat munculnya gejala (masa inkubasi) dan intensitas serangan VSD. Pada kontrol, gejala mulai muncul 2 bulan setelah perlakuan sedangkan pada perlakuan minyak serai wangi gejala muncul 3 bulan setelah aplikasi. Perlakuan serai wangi juga dapat menekan intensitas serangan pada bibit kakao, intensitas serangan penyakit VSD pada bibit kakao yang diperlakukan dengan serai wangi adalah 51,66% sedangkan pada kontrol 91,67%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan minyak serai wangi tidak berbeda nyata dengan penggunaan fungisida kimia (Gambar 4) (Harni & Khaerati, 2013).

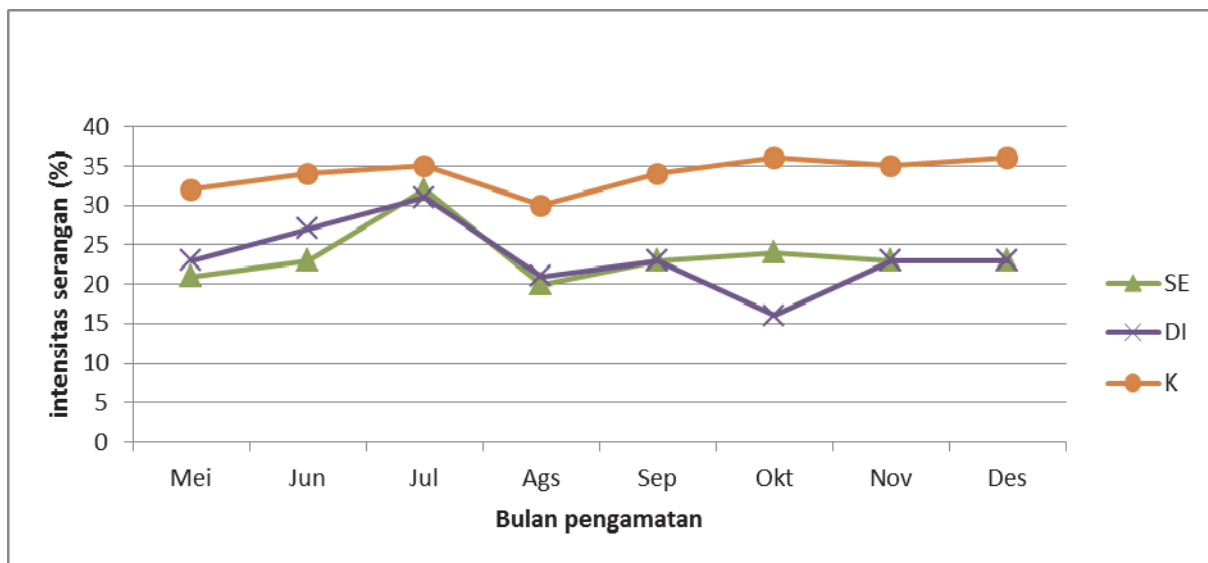
Harni & Baharudin (2014) telah menggunakan minyak serai wangi untuk mengendalikan penyakit VSD di lapangan. Penelitian dilaksanakan di daerah endemik VSD, yaitu di Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara. Minyak serai wangi diaplikasikan dengan cara menyemprotkan suspensi seluruh bagian tanaman dengan interval satu bulan sekali dengan dosis 5 ml/l. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa minyak serai wangi dapat menekan perkembangan penyakit VSD, yang ditunjukkan dengan berkurangnya persentase dan intensitas serangan penyakit dibanding dengan kontrol (Gambar 5).

Perkembangan penyakit VSD setelah diperlakukan dengan pestisida nabati serai wangi secara umum menunjukkan penurunan dari bulan pertama sampai bulan ke 8 pengamatan dibanding dengan kontrol (Gambar 5).



Gambar 4. Perkembangan gejala penyakit VSD pada bibit kakao setelah diberi serai wangi (Harni & Khaerati, 2013). SW = serai wangi, K = kontrol, FK = fungisida kimia

Figure 4. Symptoms development of VSD on cacao seedling after citronella application (Harni & Khaerati, 2013). SW = citronella, K = control, FK = chemical fungicide



Gambar 5. Perkembangan penyakit VSD pada tanaman kakao setelah diperlakukan dengan pestisida nabati serai wangi (Harni & Baharudin, 2014). Keterangan: K = kontrol, SE = serai wangi, DI = fungisida kimia

Figure 5. Development of VSD disease in cocoa plants after being treated with citronella oil (Harni & Baharudin, 2014) K = control SE = citronella oil, and DI = chemical fungicide

Pada kontrol (tanaman tanpa diperlakukan) perkembangan penyakit terus meningkat, sedangkan pada perlakuan pestisida nabati memperlihatkan penurunan yang sama dengan perlakuan menggunakan fungisida kimia. Pengurangan persentase dan intensitas serangan penyakit VSD setelah diperlakukan dengan serai wangi disebabkan oleh bahan-bahan yang dikandungnya, yaitu sitronella suatu senyawa yang

bersifat antifungal. Senyawa ini termasuk dalam kelompok terpenoid golongan monoterpen yang mampu menekan pertumbuhan jamur patogen. Senyawa tersebut dapat menghambat proses metabolisme jamur sehingga mengganggu pertumbuhannya. Komponen kimia minyak atsiri yang bersifat antifungal mampu menembus dinding sel jamur dan akan mengganggu proses metabolisme di dalam sel sehingga mengalami

kematian sel (Knobloch *et al.*, 1989). Di samping itu, senyawa fenol menginaktivkan enzim dan protein dari jamur sehingga jamur tidak dapat berkembang dengan baik.

PERANAN SERAI WANGI DALAM BIOINDUSTRI KAKAO

Konsep pertanian bioindustri adalah memandang lahan bukan hanya sekedar sumber daya alam tetapi juga industri dengan memanfaatkan seluruh faktor produksi untuk menghasilkan pangan guna mewujudkan ketahanan pangan serta produk lain dengan menerapkan konsep *biorefinery*. Untuk meningkatkan nilai tambah yang diperoleh dari sebidang lahan pertanian maka pertanian di masa yang akan datang perlu digeser dari lahan untuk memproduksi komoditas pangan atau pertanian, menjadi lahan untuk menghasilkan multi produk dengan nilai ekonomi yang lebih tinggi. Untuk mencapai tujuan ini maka pertanian perlu diarahkan untuk mendukung bioindustri.

Dalam bioindustri kakao salah satu yang dapat mendukung nilai tambah perkebunan kakao adalah tanaman serai wangi. Tanaman ini dapat ditanam sebagai tanaman sela di antara tanaman kakao yang dapat dipanen setelah berumur 6 bulan dan panen selanjutnya setiap 3 bulan. Daun hasil panen serai wangi biasanya disuling sehingga didapat minyak. Minyak serai wangi dapat dijual sehingga dapat menambah pendapatan petani, di samping itu minyak serai wangi juga dapat dibuat sebagai produk lain, yaitu pestisida nabati. Pestisida nabati dapat digunakan kembali di kebun kakao untuk mengendalikan hama dan penyakit seperti hama penggerek buah (PBK), *Helopeltis* spp., penyakit busuk buah (BBK) yang disebabkan oleh *P. palmivora*, dan penyakit *vascular streak dieback* (VSD) yang disebabkan oleh *C. theobromae*. Selain minyak, bagian lain yang dapat dimanfaatkan adalah limbah serai wangi (ampas hasil penyulingan). Limbah serai wangi dapat digunakan sebagai pakan ternak karena mutunya yang lebih baik dibanding dengan jerami. Limbah serai wangi mengandung 7% protein sedangkan limbah jerami hanya mengandung 3,9%. Kadar proteinnya dapat ditingkatkan dengan perlakuan fermentasi, yaitu menambahkan probion dan molase sehingga protein dapat meningkat sampai 11,2% (Sukanto & Djazuli, 2014).

Limbah serai wangi sisa pakan ternak dapat dijadikan kompos sehingga dapat dimanfaatkan untuk pemupukan tanaman kakao sehingga biomassa yang berasal dari kebun kakao dapat dikembalikan ke dalam kebun. Hal ini sesuai dengan konsep pertanian bioindustri, yaitu sistem pertanian yang mengelola dan/atau memanfaatkan secara optimal seluruh sumberdaya hayati termasuk biomassa dan/atau limbah organik pertanian, bagi kesejahteraan masyarakat dalam suatu ekosistem secara harmonis.

PENUTUP

Serai wangi sebagai tanaman sela pada pertanaman kakao dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman. Sifat dari serai wangi yang berspektrum luas, tidak toksik, sistemik, kompatibel dengan teknik pengendalian lain, mudah terurai dan lebih ramah lingkungan (tidak toksik terhadap mamalia, burung dan ikan) dapat dikembangkan menjadi produk-produk yang aman terhadap kesehatan dan lingkungan, seperti insektisida, bakterisida, fungisida nabati ataupun sebagai pestisida pengawet hasil laut. Pestisida nabati dari minyak serai wangi telah terbukti efektif untuk mengendalikan hama dan penyakit pada tanaman kakao seperti pengendalian penyakit jaringan pembuluh atau VSD. Di samping itu minyak serai wangi juga dapat mengendalikan penyakit busuk buah kakao (BBK), hama penggerek buah kakao (PBK) dan hama *H. antonii*.

DAFTAR PUSTAKA

- Asaad, M., & Willis, M. (2012). Kajian pestisida nabati yang efektif terhadap hama penggerek buah kakao (PBK) pada tanaman kakao di Sulawesi Selatan. *Suara Perlindungan Tanaman*, 2(2).
- Askindo. (2008). *Laporan hasil diskusi VSD. Paper presented at* Pertemuan Nasional "A Day Discussion: Crass Program Addressing VSD Disease. Makassar, 5 Juni 2008.
- Darwis. (2010). Peranan serai wangi sebagai tanaman konservasi pada tanaman kakao di lahan kritis. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*, 21(2), 117-128.
- Deberdt, P., Mfegue, C. V., Tondje, P. R., Bon, M. C., Ducamp, M., Hurard, C., Begoude, B. A. D., Ndoumbe-Nkeng, M., Hebbat, P. K., & Cilas, C. (2008). Impact of environmental factors, chemical fungicide and biological control on cacao pod production dynamics and black pod disease (*Phytophthora megakarya*) in Cameroon. *Biological Control*, 44, 149-159.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2008). *Program pengendalian penyakit VSD (vascular streak dieback) pada tanaman kakao*. Pertemuan Nasional "A Day Discussion: Crass Program Addressing VSD Disease. Makassar, 5 Juni 2008.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2012). *Statistik perkebunan Indonesia 2010-2012. Kakao* (p. 53). Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Erwin, D. C., & Ribeiro, O. K. (1996). *Phytophthora diseases worldwide*. Minnesota: APS Press The American Phytopathological Society.

- Guest, D., & Keane, P. (2007). Vascular-streak dieback: A new encounter disease of cacao in Papua New Guinea and Southeast Asia caused by the obligate basidiomycete *Oncobasidium theobromae*. *Phytopathology*, 97, 1654-1657.
- Goenadi, D.H., Baon, J.B., Herman, & Purwoto, A. (2005). *Prospek dan arah pengembangan agribisnis kakao di Indonesia* (p. 27). Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Harni, R. (2013). Penyakit vascular streak dieback pada tanaman kakao dan strategi pengendaliannya. *Prosiding Seminar dan Kongres Perhimpunan Fitopatologi Indonesia ke XXII* (pp. 259-266). Padang, 10 Oktober 2013.
- Harni, R., Amaria, W., & Supriadi. (2013). Keefektifan fungisida nabati berbahan aktif eugenol dan sitronellal terhadap *Phytophthora palmivora* asal kakao. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 4(1), 11-18.
- Harni, R., & Khaerati. (2013). Potensi beberapa fungisida nabati untuk mengendalikan penyakit vascular streak dieback (VSD) pada bibit kakao. *Prosiding Seminar dan Kongres Perhimpunan Fitopatologi Indonesia ke XXII* (pp. 178-186). Padang, 10 Oktober 2013.
- Harni, R. (2013). *Keefektifan fungisida nabati untuk mengendalikan penyakit VSD pada tanaman kakao*. Laporan Hasil Penelitian APBN 2013. Sukabumi: Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar.
- Harni, R., & Baharuddin. (2014). Aktivitas anti jamur minyak cengkeh, serai wangi, dan ekstrak bawang putih terhadap penyakit vascular streak dieback (*Certhobacidium thebromae*). *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 4(3), 167-174.
- Hartati, S.Y., Adhi, E.M., Asman, A., & Karyani, N. (1994). Efikasi minyak atsiri terhadap bakteri *Pseudomonas solanacearum*. *Prosiding Seminar Pemanfaatan Pestisida Nabati*. Bogor: Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat.
- Hartati, S.R. (2012). Prospek pengembangan minyak atsiri sebagai pestisida nabati. *Perspektif*, 11(1), 37-43.
- International Cocoa Organization. (2014). *Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics*, Vol: XXXV No. 2.
- Isman, M.B. (2000). Plant essential oil for pest and disease management. *Crop Protection*, 19, 603-608.
- Istianto, M. (2009). Pemanfaatan minyak atsiri, alternatif pengendalian organisme pengganggu tanaman buah yang ramah lingkungan. *Iptek Hortikultura*, 5, 34-38.
- Keane, P.J. (2000). Biology and control of vascular-streak dieback of cocoa. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 17, 46-59.
- Knobloch, K. A., Paul, B., Ilber, H., Weigand, & Weil, W. (1989). Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. *J. Ess. Oil*, 1, 119-128.
- Kusumadewi, G.A.S.F.R. (2011). *Identifikasi molekuler dan keragaman genetik patogen penyebab penyakit pembuluh kayu pada tanaman kakao berdasarkan sekuen internal transcribe spacer (ITS)*. (Tesis, Magister Bioteknologi Pertanian Universitas Udayana, Bali)
- Laba, I.W., Willis, M., Rohimatun, Ahyar, Tarigan, N., & Sukmana, C. (2011). Pengendalian hama penggerek buah (*Conopomorpha cramerella*) > 50% dan penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora*) > 30% pada tanaman kakao. Laporan Tahunan. Bogor: Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat.
- Luangnarumitchai, S., Lamlertthon, S., & Tiyafoonchai, W. (2007). Antimicrobial activity of essential oils against five strains of *Propionibacterium acnes*. *Mahidol University Journal of Pharmaceutical Sciences*, 34(1-4), 60-64.
- Nakahara, K., Alzoreky, N.S., Yoshihashi, T., Nguyen, H.T.T., & Trakoontivakom, G. (2003). Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Cymbopogon nardus*. *JARQ*, 37(4), 249-252.
- Nasahi, C. (2009). *Laporan hasil percobaan pengujian lapangan efikasi fungisida Rizolex 50 WP (metil tolklofos 50%) (385/PPI/8/2008) terhadap penyakit busuk daun Phytophthora infestans pada tanaman kentang*. Kerja Sama: PT. Sumitomo Indonesia. Bandung: Universitas Padjadjaran. Retrieved from http://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2010/06/pengujian_lapangan_efikasi_fungisida.pdf.
- Nurmansyah. (2010). Efektivitas minyak serai wangi dan fraksi sitronellal terhadap pertumbuhan jamur *Phytophthora palmivora* penyebab penyakit busuk buah kakao. *Bul. Litro.*, 21(1), 43-52.
- Nurmansyah. (2011). Efektivitas serai wangi terhadap hama pengisap buah kakao *Helopeltis antonii*. *Bul. Litro.*, 22(2), 205-213.
- Prastowo, B. (2014). *Pedoman umum bioindustri*. Pusat Penelitian Tanaman Perkebunan.
- Pradhanang, P. M., Momol, M.T., Olson, S. M., & Jones, J.B. (2003). Effects of plant essential oils on *Ralstonia solanacearum* population density and bacterial wilt incidence in tomato. *Plant disease*, 87, 423-427

-
-
- Purwantara, A., & Pawirosoemarjo, S. (1989). Isolasi dan identifikasi patogen penyebab vascular streak dieback pada tanaman kakao. *Menara Perkebunan*, 57, 99-103.
- Purwantara, A. (1992). Perkembangan penyakit busuk buah dan kanker batang pada kakao akibat serangan *Phytophthora palmivora*. *Menara Perkebunan*, 60, 78-84.
- Rajashekar, Y., Bakthavatsalam, N., & Shivanandap, T. (2012). *Botanicals as grain protectants. psyche 2012*, Article ID 646740, 13 pages. doi:10.1155/2012/646740. Hindawi Publishing Corporation.
- Rosmana, A. (2005). Vascular streak dieback (VSD): Penyakit baru pada tanaman kakao di Sulawesi. *Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI dan PFI XVI Komda SULSEL*.
- Samuels, G.J., Ismaiel, A., Rosmana, A., Junaid, A., Guest, D., McMahon, P., ... Cubeta, M.A. 2011. Vascular streak dieback of cacao in Southeast Asia and Melanesia: In planta detection of the pathogen and a new taxonomy. *Fungal Biology*, 11(6), 11-23.
- Sianipar, M.S. (2008). Potensi formulasi jamur *Beauveria bassiana* Balls. (Vuill.) Terhadap Intensitas Serangan *Conopomorpha cramerella* Snell. (Lepidoptera; Gracillaridae) diperkebunan Kakao (*Theobroma cacao* Linn.).
- Sri-Sukanto, Susilo A.W., Abdoellah, S., Santoso T.I., & Yuliasmara, F. (2008). Perkembangan teknik pengendalian penyakit pembuluh kayu (VSD) pada tanaman kakao. *Prosiding Simposium Kakao 2008*. Denpasar, 28-30 Oktober 2008. Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Sukanto, S. (2003). Pengendalian secara hayati penyakit busuk buah kakao dengan jamur antagonis *Trichoderma harzianum*. Seminar Ilmiah dan Kongres Nasional PFI XVI Bandung, 6-8 Agustus 2003.
- Sukanto, & Djazuli, M. (2011). Pengendalian penyakit budok pada tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth). *Warta Badan Litbang Pertanian*, 33, 6-7.
- Supriadi. (2011). *Perkembangan Teknologi Pengendalian Penggerek Buah Kakao (PBK)*. Kajian Literatur untuk Strategi Pengendalian PBK. Makalah disampaikan pada pembinaan PBTP Sulawesi Tengah, 6-11 September 2011.
- Santoso, D., T. Chaidamsari, Wiryadiputra, S., & de Maagd, R.A. (2004). Activity of *Bacillus thuringiensis* toxins against cocoa pod borer larvae. *Pest Management Science*, 60, 735-738.
- Wei, L.S., & Wee, W. (2013). Chemical composition and antimicrobial activity of *Cymbopogon nardus* citronella essential oil against systemic bacteria of aquatic animals. *Iranian Journal Microbiology* 5 (2): 147-152.

