

KEEFEKTIFAN BEBERAPA FORMULA FUNGISIDA NABATI EUGENOL DAN SITRONELLA TERHADAP *Phytophthora palmivora* Bult. ASAL KAKAO

THE EFFECTIVENESS OF BOTANICAL FUNGICIDE FORMULAS CONTAINING EUGENOL AND CITRONELLA ON *Phytophthora palmivora* Bult. OF COCOA

*Rita Harni¹⁾, Widi Amaria¹⁾, dan Supriadi²⁾

¹⁾ Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Jalan Raya Pakuwon km 2 Parungkuda, Sukabumi Indonesia 43357

*rita_harni@yahoo.com

²⁾ Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat

Jalan Tentara Pelajar 3A Bogor Indonesia 16111

(Tanggal diterima: 15 Januari 2013, direvisi: 29 Januari 2013, disetujui terbit: 20 Februari 2013)

ABSTRAK

Phytophthora palmivora merupakan patogen utama pada tanaman kakao di seluruh dunia. Akibat serangan patogen ini menyebabkan kerugian sebesar 25-50%. Pengendalian patogen ini masih mengandalkan fungisida sintetik yang dikhawatirkan berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Fungisida nabati yang mengandung minyak atsiri, merupakan alternatif pengendalian yang lebih ramah lingkungan. Penelitian bertujuan mengevaluasi pengaruh formula eugenol, sitronella, asam salisilat dan silikon terhadap pertumbuhan *P. palmivora*. Penelitian dilakukan di Laboratorium dan Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar dari Maret sampai Agustus 2012. Minyak cengkeh (CK), serai wangi (SW), asam salisilat (AS) dan silikon cair (SI) digunakan sebagai bahan utama pembuatan formula. Formula yang diuji, yaitu (1) Eugenol, (2) Sitronella, (3) CK+SW, (4) SW+SI, (5) SW+AS, (6) CK+SI, dan (7) CK+AS. Percobaan dirancang secara acak lengkap dengan 5 ulangan. Pengujian formula terhadap pertumbuhan *P. palmivora* *in vitro* dilakukan dengan menginokulasikan potongan agar berisi kultur jamur pada permukaan PDA yang mengandung formula, sedangkan pengujian formula pada buah dan bibit kakao diuji di rumah kaca. Kadar fenol dan lignin dalam jaringan daun bibit kakao dianalisis untuk mengetahui mekanisme pertahanan tanaman terhadap infeksi patogen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua formula yang diuji menghambat pertumbuhan dan biomassa *P. palmivora* pada kondisi *in vitro*, dan perkembangan gejala penyakit pada buah serta bibit kakao. Formula eugenol + asam salisilat mampu menghambat total pertumbuhan dan bioassay patogen pada media PDA, menekan perkembangan penyakit 65,2% pada buah dan 66,25% pada bibit, serta meningkatkan kadar senyawa fenol dan lignin dalam jaringan daun.

Kata Kunci: Kakao, *Phytophthora palmivora*, eugenol, sitronella, fungisida nabati

ABSTRACT

Phytophthora palmivora is a major pathogen of cacao plants on the world. This pathogen caused 25-50% losses. The pathogen is commonly controlled with synthetic fungicide uses which may hazard for human and environment if used unwisely. Botanical fungicides containing essential oils offer more environmentally friendly control method. The study aimed to evaluate the effects of seven botanical fungicide formulas containing clove oil and citronella oil on *P. palmivora*. The study was conducted in the Laboratory and Greenhouse of the Indonesian Research Institute for Industrial and Beverage Crops from March to August 2012. A randomized complete designed with five replicates was used. Seven formulas tested were: (1) eugenol (CK), (2) citronella (SW), (3) CK+SW, (4) SW+ silicone (SI), (5) SW+salicylic acid (AS), (6) CK+SI, dan (7) CK+AS. The effects of formulas on growth and biomass of *P. palmivora* *in vitro* were tested by culturing the pathogen on solid PDA medium whereas its effect on disease developments was tested by inoculating cacao pods on fruits and seedlings. In addition, the phenol and lignin contents in the inoculated seedlings were assessed to support disease inhibition mechanism. The results showed that all the formulas tested inhibited the growth and biomass of *P. palmivora* *in vitro*. The highest inhibition was shown by the formula of clove oil mixed with salicylic acid. Disease developments on inoculated cocoa pods and seedlings reduced of 66.25% and 65.2% respectively, and increased levels of lignin and phenol in the leaves.

Keywords: Cocoa, *Phytophthora palmivora*, eugenol, citronella oil, botanical fungicide

PENDAHULUAN

Phytophthora palmivora merupakan penyakit utama pada tanaman kakao di seluruh dunia. Patogen ini penyebab busuk buah, kanker batang, hawar bibit, atau tunas air pada kakao (Purwantara, 1992; Erwin dan Ribeiro, 1996; Deberdt *et al.*, 2008). Akibat serangan *P. palmivora* di daerah Afrika, Brazil dan Asia dapat menurunkan hasil 450.000 ton senilai US\$ 423 juta. Di Indonesia, besarnya kehilangan produksi akibat patogen ini sangat bervariasi, di Jawa Tengah kerugian dapat mencapai 49,8%, di Jawa Timur 46,43%, di Jawa Barat 42,30% (Pawirosoemardjo dan Purwantoro, 1992), dan menurut Sukanto (2003) kerugian dapat mencapai 52,99% di Jawa Timur dan 15% di Sulawesi.

Fungisida nabati berbahan aktif eugenol atau sitronella telah banyak dilaporkan efektif mengendalikan organisme pengganggu tanaman (OPT) terutama kelompok jamur. Nurmansyah (2010) telah menguji minyak serai wangi dan fraksi sitronella untuk mengendalikan *P. palmivora* di laboratorium dan Manohara (1999) menggunakan eugenol untuk mengendalikan *Phytophthora capsici* penyebab penyakit busuk pangkal batang lada. Eugenol dan sitronella telah diformulasi oleh Supriadi (2011) dalam bentuk *Emulsifiable Concentrate* (EC) dan efektif mengendalikan hama dan penyakit tanaman. Formula ini efektif mengendalikan bercak daun *Phylosticta* sp. pada jahe, jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*) pada pala (Harni *et al.*, 2011). Formula masih disempurnakan dengan penambahan senyawa yang dapat menginduksi ketahanan tanaman seperti silikon dan asam salisilat.

Silikon merupakan unsur mikro yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman dan diketahui sebagai bahan yang dapat digunakan untuk pengendalian penyakit tanaman. Mekanisme kerja silikon dalam mengendalikan penyakit adalah berfungsi sebagai penghalang mekanik (mencegah penetrasi jamur) karena silikon terakumulasi pada dinding sel inang dan memicu produksi senyawa anti jamur seperti fitoaleksin, senyawa kitinase, fenol dan PR protein. Kaiser *et al.* (2010) telah memanfaatkan silikon untuk mengendalikan *P. cinnamomi*, pemberian

silikon dapat menghambat pertumbuhan *P. cinnamomi* 100% *in vitro*.

Asam salisilat (AS) merupakan senyawa yang dapat menginduksi ketahanan tanaman. AS diketahui berperan penting sebagai molekul signal dari beberapa respon ketahanan tanaman. Hammerschmidt dan Smith-Becker (1998) melaporkan bahwa perlakuan jaringan tanaman ketimun dengan AS memperlihatkan jaringan tanaman merespon lebih cepat terhadap serangan patogen dengan penghambatan penetrasi *Colletotrichum orbiculare* pada daun. Perlakuan AS pada hipokotil ketimun juga dapat meningkatkan kemampuannya untuk memproduksi kitinase (Kastner *et al.*, 1998) dan hidrogen peroksida (Kauss dan Jeblick, 1995), serta penumpukan material menyerupai lignin.

Penelitian bertujuan mengevaluasi pengaruh formula eugenol, sitronella, asam salisilat dan silikon terhadap pertumbuhan *P. palmivora* asal tanaman kakao.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium dan Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi dari bulan Maret sampai Agustus 2012.

Isolasi Patogen *P. palmivora*

P. palmivora diisolasi dari buah kakao yang sakit dengan gejala bercak berwarna coklat kehitaman. Permukaan buah kakao disterilisasi dengan tisu yang telah dibasahi dengan alkohol 70%. Sedikit (0,5 cm) daging buah diambil dari jaringan di antara yang bergejala sakit dan sehat, kemudian ditanam ke dalam media agar air (WA) 2% dan diinkubasi selama 4 hari pada suhu ruang. Setelah 4 hari, miselia jamur yang tumbuh dimurnikan pada media V8 agar (200 ml jus V8, 800 ml aquades, 1 g CaCO₃ dan 20 g agar) dan diidentifikasi menggunakan protokol standar identifikasi *P. palmivora*. Setelah positif bahwa yang didapat adalah isolat *P. palmivora*, jamur diperbanyak pada medium V8 agar dan diinkubasi pada suhu ruang selama 6 hari.

Penyediaan Formula

Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan formula fungisida nabati adalah minyak cengkeh (CK), minyak serai wangi (SW), asam salisilat (AS) dan silikon cair (SI). Formula yang diuji adalah (1) Eugenol, (2) Sitronella, (3) CK+SW, (4) SW+SI, (5) SW+AS, (6) CK+SI, dan (7) CK+AS. Ke dalam formula yang diuji ditambahkan bahan pembawa, pengemulsi dan perekat sehingga diperoleh formula siap pakai dalam bentuk emulsi (EC).

Pengujian Daya Hambat Formula *In Vitro*

Ketujuh formula yang diuji terhadap pertumbuhan isolat *P. palmivora* pada media Potato Dekstrosa Agar (PDA). Pengujian dilakukan dengan mencampur 0,5 ml formula dalam 100 ml media PDA yang masih mencair (45 °C) mengikuti cara Miftakhurohmah *et al.* (2008). Selanjutnya media yang telah mengandung formula dituangkan ke dalam cawan petri steril dan dibiarkan mengeras. Setelah mengeras, media diinokulasi dengan cara meletakkan potongan isolat *P. palmivora* ($\pm$ berdiameter 5 mm) di tengah-tengah medium yang telah diperlakukan. Kultur *P. palmivora* diinkubasikan pada suhu 28 °C. Sebagai perlakuan kontrol isolat *P. palmivora* ditumbuhkan pada media PDA yang tidak diperlakukan dengan formula fungisida nabati. Percobaan disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan 5 ulangan. Pengamatan dilakukan terhadap diameter pertumbuhan isolat *P. Palmivora*. Diameter pertumbuhan jamur diukur sampai memenuhi permukaan cawan (6 hari). Daya hambat formula yang diuji terhadap *P. palmivora* dihitung dengan rumus:

$$\text{Daya hambat} = \frac{K - P}{K} \times 100\%$$

K = diameter koloni jamur pada perlakuan kontrol

P = diameter koloni jamur pada perlakuan yang diuji

Penekanan terhadap Biomasa Jamur

Pengujian dilakukan pada media cair Potato Dekstrosa Broth (PDB). Sebanyak 250 ml media PDB dimasukkan ke dalam masing-masing erlenmeyer yang berukuran 500 ml, kemudian disterilkan dalam autoklaf (121 °C) selama 15 menit. Setelah steril, media PDB didinginkan.

Ketujuh formula yang sudah disiapkan diuji pengaruhnya terhadap *P. palmivora* pada konsentrasi 0,5% dengan cara memasukkan 1,25 ml formula ke dalam 250 ml media PDB steril. Selanjutnya media PDB yang telah mengandung formula yang diuji, diinokulasi dengan 3 potong kultur agar isolat *P. palmivora* ($\pm$ diameter 5 mm). Sebagai perlakuan kontrol adalah media PDB tanpa mengandung formula dan diinokulasi dengan *P. palmivora*. Perlakuan dirancang secara acak lengkap, 5 ulangan. Biakan diinkubasikan pada suhu 25 °C sambil digoyang selama 7 hari dengan kecepatan 150 rpm. Biomassa isolat *P. palmivora* yang tumbuh diambil dan ditimbang (sebagai parameter berat basah), sedangkan untuk mendapatkan berat keringnya, biomassa jamur dioven pada suhu 60 °C selama 48 jam.

Pengujian Daya Hambat Formula terhadap *P. palmivora* pada Buah Kakao

Buah kakao yang digunakan adalah buah klon kakao lokal Sukabumi yang sehat berukuran $\pm$ 15 cm. Permukaan buah kakao disterilisasikan dengan menyemprotkan alkohol 70% lalu digosok dengan tisu dan dibilas dengan air steril. Setelah dikering-anginkan, buah disemprot dengan formula yang diuji seperti disebutkan di atas pada konsentrasi 0,5%. Sebagai perlakuan kontrol adalah buah kakao yang hanya disemprot dengan air steril. Perlakuan dirancang secara acak lengkap, 5 ulangan, masing-masing perlakuan digunakan 3 buah kakao. Selanjutnya permukaan buah kakao diinokulasi dengan meletakkan potongan agar berisi kultur isolat *P. palmivora* ($\pm$ diameter 5 mm). Buah kakao yang telah diinokulasi, diinkubasikan di dalam kotak plastik berukuran 30 cm x 15 cm x 10 cm yang permukaan dalamnya telah dilapisi dengan tisu basah dalam keadaan tertutup dan disimpan pada suhu kamar. Perkembangan gejala penyakit diamati setiap hari dengan mengukur diameter bercak infeksi *P. palmivora* pada permukaan buah kakao.

Pengaruh Formula terhadap *P. palmivora* pada Bibit Kakao

Percobaan dilakukan di rumah kaca. Ketujuh formula yang diuji disemprotkan pada seluruh permukaan daun bibit kakao sampai basah. Bibit kakao yang digunakan adalah bibit hibrida berumur 4 bulan yang ditanam dalam polibeg yang

berisi tanah dan pupuk kandang sebanyak 3 kg. Sehari setelah perlakuan, bibit diinokulasi dengan *P. palmivora* dengan cara menyemprotkan suspensi zoospora (kerapatan 10^6 per ml) ke seluruh daun. Selanjutnya tanaman disungkup dengan kantong plastik untuk menjaga kelembaban. Sebagai perlakuan kontrol adalah bibit kakao yang tidak diinokulasi tanpa perlakuan formula. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap, 6 ulangan. Perkembangan gejala penyakit dan jumlah bercak pada bibit kakao diamati setiap hari.

Kadar fenol dan lignin di dalam jaringan daun dianalisis sebagai parameter tambahan untuk mengetahui mekanisme ketahanan terinduksi bibit kakao. Analisis fenol dilakukan di Laboratorium Balai Besar Pasca Panen Bogor menggunakan metode HPLC, sedangkan lignin dianalisis di Laboratorium Pengujian Hasil Hutan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan (P3KKPHH), Bogor.

Data yang diperoleh dianalisis dengan ANOVA dan dilanjutkan dengan uji Tukey taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Daya Hambat Formula *In Vitro*

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua formula fungisida nabati yang diuji menghambat pertumbuhan isolat *P. palmivora* dengan persentase penghambatan berkisar 61,1-100%. Pada konsentrasi yang diuji (0,5%), formula mengandung bahan aktif eugenol, sitronella, eugenol + sitronella, eugenol + asam salisilat dan sitronella + asam salisilat menghambat total pertumbuhan jamur sehingga tidak ada yang

tumbuh sama sekali. Pada perlakuan kontrol tanpa formula fungisida nabati, pertumbuhan *P. palmivora* normal, pada hari ke 6 jamur sudah tumbuh menutupi seluruh permukaan cawan petri berdiameter 9 cm (Tabel 1).

Hasil ini sejalan dengan penelitian Nurmansyah (2010) yang melaporkan bahwa perlakuan sitronella dan fraksi sitronella menghambat pertumbuhan *P. palmivora*. Sebelumnya, dinyatakan oleh Manohara (1999) bahwa eugenol juga efektif menghambat pertumbuhan *P. capsici*.

Pengaruh Formula terhadap Biomassa *P. palmivora*

Perlakuan formula fungisida nabati yang diuji pada konsentrasi 0,5% menghambat pertumbuhan biomassa *P. palmivora in vitro*, baik berat basah maupun berat keringnya (Tabel 2). Pengurangan berat basah dan kering tertinggi pada formula eugenol + silikon, tetapi tidak berbeda nyata dengan formula yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa eugenol dan sitronella merupakan senyawa yang bersifat antifungal. Keduanya termasuk kelompok terpenoid golongan monoterpen yang mampu menekan pertumbuhan jamur patogen. Senyawa-senyawa ini 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). Hasil ini menunjukkan bahwa eugenol dan sitronella merupakan senyawa fungisida nabati potensial untuk mengendalikan *P. palmivora* asal kakao.

Tabel 1. Pengaruh formula eugenol dan sitronella terhadap pertumbuhan *P. palmivora*
Table 1. The effect of eugenol and citronella formulas on the growth of *P. palmivora in vitro*

Formula (konsentrasi 0,5%)	Diameter koloni hari ke (cm)				
	2	3	4	5	6
Eugenol	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sitronella	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Eugenol+sitronella	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sitronella+silikon	1,5	2,0	2,5	2,9	3,5
Sitronella+asam salisilat	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Eugenol+silikon	0,0	1,2	1,2	1,2	1,3
Eugenol+asam salisilat	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kontrol	2,9	4,8	5,9	7,0	9,0

Tabel 2. Pengaruh formula eugenol dan sitronella terhadap berat basah dan kering *P. palmivora*
Table 2. The effect of clove oil and citronella formulas on the fresh and dry weights of *P. palmivora* biomass

Formula (konsentrasi 0,5%)	Berat basah koloni (g)	Berat kering koloni (g)
Eugenol	1,943 b	0,035 b
Sitronella	1,669 b	0,048 b
Eugenol+sitronella	1,803 b	0,053 b
Sitronella + silikon	1,669 b	0,048 b
Sitronella + asam salisilat	1,721 b	0,032 b
Eugenol + silikon	1,058 b	0,027 b
Eugenol + asam salisilat	1,785 b	0,033 b
Kontrol	16,872 a	0,242 a

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Tukey taraf 5%
Notes : The numbers followed by the same letter at the column are not significantly different according to Tukey test at 5% level

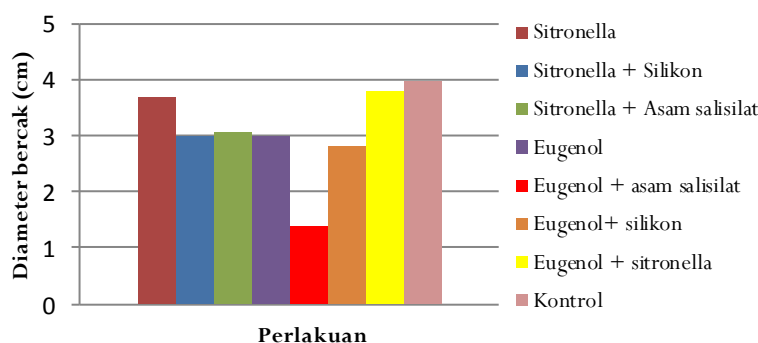
Pengaruh Formula terhadap *P. palmivora* pada Buah Kakao

Isolat *P. palmivora* yang diinokulasikan pada buah kakao (perlakuan kontrol) menyebabkan buah bergejala bercak berwarna coklat kehitaman. Gejala pertama mulai terlihat pada hari ke-2, kemudian berkembang menjadi besar (berdiameter 4 cm) pada hari ke-6 (Gambar 1). Bahkan, apabila dibiarkan terus maka seluruh permukaan buah kakao akan dikolonisasi *P. palmivora*. Hal ini menunjukkan bahwa teknik inokulasi dan isolat yang digunakan bisa diandalkan (*reliable*), seperti dilaporkan oleh Rubiyo *et al.* (2008). Hasil pengamatan terhadap perkembangan gejala penyakit pada buah kakao yang diperlakukan dengan formula yang diuji terlihat adanya penekanan, walaupun tingkat penekanannya sedikit bervariasi (Gambar 1).

Formula terbaik yang mampu menekan perkembangan *P. palmivora* adalah formula eugenol + asam salisilat dengan diameter bercak hanya mencapai 1,35 cm, diikuti dengan formula eugenol + silikon (diameter bercak 2,70 cm),

sitronella + silikon, citronella + asam salisilat dan eugenol (diameter bercak 3,0 cm) dan kontrol (4,0 cm). Persentase penekanan tertinggi pada formula eugenol+asam salisilat yaitu 66,25%, sedangkan formula yang mengandung eugenol saja penekanannya sebesar 25%. Hal ini berarti bahwa perlakuan eugenol dan asam salisilat mengindikasikan adanya sinergisme sehingga pengaruh formula semakin tinggi. Untuk mengkonfirmasi pengaruh sinergisme disarankan menguji formula yang hanya mengandung asam salisilat saja.

Senyawa eugenol diketahui bersifat antimikroba dan menyebabkan perubahan bentuk morfologi jamur serta kerusakan pada dinding sel, konidia maupun hifa (Giordani *et al.*, 2008). Selanjutnya Bevilacqua *et al.* (2008) menjelaskan bahwa aktifitas antimikroba dari eugenol dipengaruhi oleh gugus alkil sekunder, dan gugus OH dari fenolik yang sangat reaktif membentuk ikatan hidrogen dengan enzim (Utama *et al.*, 2002; Velluti *et al.*, 2004; Neri *et al.*, 2006).



Gambar 1. Pengaruh formula fungisida nabati eugenol dan sitronella terhadap diameter bercak *P. palmivora* pada buah kakao
Figure 1. The effect of eugenol and citronella botanical fungicides to colony diameter of *P. palmivora* on cocoa pods

Tabel 3. Pengaruh formula fungisida nabati terhadap masa inkubasi dan jumlah bercak *P. palmivora* serta kadar senyawa fenol dan lignin pada bibit kakao umur 4 bulan

Table 3. The effects of botanical pesticides on incubation periods, number of necrotic and levels of phenolic, lignin compounds in 4 month-old cocoa seedlings inoculated with *P. palmivora*

Perlakuan Formula (konsentrasi 5%)	Masa inkubasi (hari)	Jumlah bercak	Kadar fenol (mg/100g)	Kadar lignin (%)
Eugenol	3,00 a	10,0 c	456,75	32,27
Sitronella	3,00 a	20,6 b	484,35	33,39
Eugenol+sitronella	3,00 a	8,20 c	467,73	33,93
Sitronella + silikon	2,50 a	13,70 b	264,41	32,95
Sitronella + asam salisilat	3,00 a	14,80 b	489,55	32,43
Eugenol + silikon	2,50 a	13,80 b	216,25	32,78
Eugenol + asam salisilat	3,00 a	7,30 c	369,82	35,48
Kontrol	2,00 a	31,00 a	298,49	33,97

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Tukey taraf 5%

Notes : The numbers followed by the same letter at the column are not significantly different according to Tukey test at 5% level

Pengaruh Formula Fungisida Nabati terhadap *P. palmivora* Pada Bibit Kakao

Serangan *P. palmivora* pada daun kakao yang tidak diperlakukan (perlakuan kontrol) memperlihatkan bercak berwarna kuning kemudian berkembang membentuk bercak nekrotik yang lebih besar. Luas bercak bertambah seiring dengan lamanya masa inkubasi. Infeksi *P. palmivora* pada pucuk menyebabkan gejala layu dan tanaman mati pucuk. Gejala yang ditemukan sama dengan yang dilaporkan oleh Erwin dan Ribeiro (1996). Dengan demikian, jenis isolat dan metode inokulasi *P. palmivora* pada kondisi percobaan dapat diandalkan.

Perkembangan gejala penyakit pada daun kakao yang diperlakukan dengan formula fungisida yang diuji bervariasi berdasarkan jumlah bercak yang terlihat, tetapi berdasarkan masa inkubasi (kemunculan pertama gejala penyakit) tidak berbeda, walaupun pada perlakuan kontrol gejala penyakit lebih dahulu terlihat (Tabel 3). Jumlah bercak pada bibit kakao yang diperlakukan dengan formula eugenol+asam salisilat paling sedikit dan berbeda nyata dengan perlakuan kontrol, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan formula eugenol dan sitronella+eugenol. Hasil ini sejalan dengan penekanan perkembangan *P. palmivora* pada buah seperti diuraikan sebelumnya. Persentase penekanan gejala penyakit dari perlakuan formula eugenol + asam salisilat mencapai 65,2%, tidak jauh berbeda dengan perlakuan formula eugenol + sitronella dan eugenol, masing-masing 60,9% dan 52,3%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan senyawa silikon tidak berpengaruh

terhadap penekanan bercak *P. palmivora* pada bibit kakao. Walaupun ada penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penyiraman suspensi silikon pada tanaman alpukat (20,7% larutan *silicon dioxide*) dapat meningkatkan volume akar dan menekan perkembangan *P. cinnamomi* (Bekker *et al.*, 2006).

Hasil analisis kadar fenol dalam daun menunjukkan bahwa semua perlakuan formula yang diuji meningkatkan kadar fenol dibanding perlakuan kontrol, kecuali pada perlakuan sitronella+silikon dan eugenol+silikon yang lebih rendah dari kontrol (Tabel 3). Peningkatan kadar fenol terbesar diperoleh pada perlakuan sitronella+asam salisilat (489,55 mg/100g), lebih tinggi dari perlakuan eugenol + asam salisilat (369,82 mg/100g) dan kontrol (298,49 mg/100g). Sedangkan kadar lignin pada semua perlakuan tidak jauh berbeda dengan perlakuan kontrol, berkisar 32-35%.

Hal yang serupa juga ditemukan pada tanaman bhendi. Penyemprotan larutan asam salisilat (1mM) pada tanaman bhendi (*Abelmoschus esculantus*) meningkatkan akumulasi senyawa fenol yang berperan dalam peningkatan ketahanan tanaman terhadap serangan jamur embun tepung (*Erysiphe cichoracearum*). Mekanisme asam salisilat dalam menekan perkembangan penyakit adalah melalui reaksi hipersensitif, berupa terbentuknya nekrosis dari sel di sekitar infeksi patogen secara cepat (Liharska dan Williamson, 1997). Pada kejadian ini terjadi akumulasi H_2O_2 di permukaan sel tanaman. Akumulasi H_2O_2 hingga melewati ambang batas berperan sebagai *inducer* dari reaksi hipersensitif yang berhubungan dengan kematian

sel, sambil melepaskan signal untuk mengaktifkan gen ketahanan seperti senyawa fenol. H_2O_2 berperan dalam proses lignifikasi dari dinding sel inang yang dapat memperkuat dinding sel dan memperlambat invasi patogen.

KESIMPULAN

Formula fungisida nabati mengandung bahan aktif eugenol dan sitronella pada konsentrasi 0,5% bersifat fungisidal terhadap *P. palmivora* asal kakao. Formula eugenol + asam salisilat paling baik dalam menekan pertumbuhan dan biomassa jamur secara *in vitro*. Perlakuan formula pada buah dan bibit kakao dapat menekan perkembangan gejala serangan *P. palmivora*. Mekanisme penekanan serangan jamur diduga berasosiasi dengan peningkatan senyawa fenol. Penelitian skala lapang diperlukan untuk mengetahui keefektifan formula eugenol + asam salisilat terhadap serangan *P. palmivora* pada pertanaman kakao di daerah endemik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Proyek Peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perekayasa Kementerian Riset dan Teknologi dan Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian tahun 2012 yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bekker, T. F., C. Kaiser, and N. Labuschagne. 2006. Efficacy of water soluble silicon against *Phytophthora cinnamomi* root rot of avocado: A Progress Report. South African Avocado Growers' Association Yearbook 29: 58-62.
- Bevilacqua, A., M. R. Corbo, and M. Sinigaglia. 2008. Inhibition of *Alicyclobacillus acidoterrestris* spores by natural compounds. *Int. J. Food Sci. Technol.* 43: 1271-1275.
- Deberdt, P., C. V. Mfegue, P. R. Tondje, M. C. Bon, M. Ducamp, C. Hurard, B. A. D. Begoude, M. Ndoumbe-Nkeng, P. K. Hebbat, and C. Cilas. 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.
- Erwin, D. C. and O. K. Ribeiro. 1996. *Phytophthora Diseases Worldwide*. APS Press The American Phytopathological society. Minnesota.
- Giordani, R., Y. Hadeif, and J. Kaloustian. 2008. Compositions and antifungal activities of essential oils of some Algerian aromatic plants. *Fitoterapia* 79: 199-203.
- Hammerschmidt, R. and J. A. Smith-Becker. 1999. The Role of Salicylic Acid in Disease Resistance. St. Paul-Minnesota. APS Press.
- Harni, R. I. M. Trisawa, dan A. Wahyudi. 2011. Observasi dan identifikasi penyakit jamur akar putih pada tanaman pala. *Buletin RISTRI*. 2 (3): 383-390.
- Kaiser, C., R. Vander Merwe, T. F. Bekker, and N. Labuschagne. 2010. In-vitro inhibition of mycelial growth of several phytopathogenic fungi, including *Phytophthora cinnamomi* by soluble silicon. South African Avocado Growers' Association Yearbook 28, 2005.
- Kastner, B., R. Tenhaken, and H. Kaus. 1998. Chitinase in cucumber hypocotyls is induced by germinating fungal spores and by elicitor in synergism with inducers of acquired. *The Plant Journal* 113: 447-454.
- Kaus, H. and W. Jeblick. 1995. Pretreatment of parsley suspension cultures with salicylic acid enhances spontaneous and elicited production of H_2O_2 . *Plant Physiology* 108: 1171-1178.
- Knobloch, K. A., B. Paul, H. Ilber, Weigand, and W. Weil. 1989. Antibacterial and Antifungal properties of essential oil components. *J. Ess. Oil* 1: 119-128.
- Liharska, T. and V.M. Williamson. 1997. Resistance to root knot nematodes in tomato. In Fenoll, C., F. M. W. Grondler, Ohl SA. Eeds. *Cellular and Molecular Aspects of Plant Nematode Interaction*. Kluwer Academic Publishers. Netherland. p. 191-200.
- Manohara, D. 1999. Potensi tanaman rempah dan obat sebagai pengendali jamur *Phytophthora capsici*. Prosiding Forum Komunikasi Ilmiah Pemanfaatan pestisida Nabati. Bogor, 9-10 November 1999.
- Miftakhurohmah, D. Manohara, R. Noveriza, dan S. Suhirman. 2008. Pengaruh minyak jahe terhadap pertumbuhan *Phytophthora capsici* dan *Fusarium oxysporum*. Prosiding Seminar Nasional Pengendalian Terpadu Organisme Pengganggu Tanaman Jahe dan Nilam. Bogor, 4 November 2008. Hlm. 61-66.
- Neri, F., M. Mari, and S. Brigati. 2006. Control of *Penicillium expansum* by plant volatile compounds. *Plant Pathol.* 55: 100-105.
- Nurmansyah. 2010. Efektivitas minyak serai wangi dan fraksi sitronella terhadap pertumbuhan jamur *Phytophthora palmivora* penyebab penyakit busuk buah kakao. *Bul. Littro*. 21 (1): 43-52.

- Pawirosoemardjo, S. dan Purwantara A. 1992. Laju infeksi dan intensitas serangan *Phytophthora palmivora* pada buah dan batang beberapa varietas kakao. *Menara Perkebunan* 60 (2): 62-72.
- Purwantara, A. 1992. Perkembangan penyakit busuk buah dan kanker batang pada kakao akibat serangan *Phytophthora palmivora*. *Menara Perkebunan* 60: 78-84.
- Rubiyo, A. Purwantara, S. Sukamto, and Sudarsono. 2008. Isolation of indigenous *Phytophthora palmivora* from Indonesia; their morphological and pathogenicity characterizations. *J. Pelita Perkebunan* 24: 37-49.
- Sukamto, 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.
- Supriadi. 2011. Perkembangan Teknologi Pengendalian Pengerek Buah Kakao (PBK). Kajian literatur untuk strategi pengendalian PBK. Makalah disampaikan pada pembinaan PBTP Sulawesi Tengah, 6-11 September 2011.
- Utama, I. M. S., R. B. H. Wills, S. Ben-Yehoshua, and C. Kuek. 2002. In vitro efficacy of plant volatiles for inhibiting the growth of fruit and vegetable decay microorganisms. *Agric. Food Chem.* 50: 6371-6377.
- Velluti, S. Marin, P. Gonzalez, A. J. Ramos, and V. Sanchis. 2004. Initial screening for inhibitory activity of essential oils on growth of *Fusarium verticilloides*, *F. proliferatum* and *F. graminearum* on maize-based agar media. *Food Microbiol.* 21: 649-656.