

Aktivitas Antijamur Minyak Atsiri terhadap Penyakit Antraknos Buah Pisang di Penyimpanan pada Kondisi Laboratorium

Istianto, M. dan Eliza

Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika, Jl. Raya Solok-Aripan Km. 8, Solok 27301

Naskah diterima tanggal 1 September 2008 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 17 November 2008

ABSTRAK. Antraknos yang disebabkan oleh *Colletotrichum* sp. merupakan penyakit penting yang menyerang buah pisang pada penyimpanan. Teknologi yang direkomendasikan untuk mengendalikan penyakit ini adalah dengan penerapan perlakuan panas dan penggunaan fungisida. Teknologi alternatif yang mempertimbangkan keamanan konsumen dan lingkungan sangat diperlukan untuk menggantikan penggunaan fungisida. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi aktivitas antijamur beberapa minyak atsiri yang diekstrak dari daun kayu manis, sereh wangi, dan kulit jeruk besar terhadap penyakit antraknos. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Perlindungan Tanaman Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika pada suhu ruang mulai dari bulan Januari sampai Mei 2007. Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak atsiri mampu menekan perkembangan miselium jamur *Colletotrichum* sp.. Minyak atsiri yang diekstrak dari daun kayu manis mempunyai nilai penghambatan tertinggi (65-72%) terhadap pertumbuhan miselium *Colletotrichum* sp., diikuti oleh nilai penghambatan minyak atsiri sereh wangi (62-64%), dan kulit jeruk besar (14-19%). Hasil ini menunjukkan bahwa minyak atsiri mempunyai potensi yang baik untuk dikembangkan sebagai teknologi alternatif yang mempertimbangkan keamanan konsumen dan lingkungan.

Katakunci: Buah pisang; Minyak atsiri; *Colletotrichum* sp.; Aktivitas antijamur

ABSTRACT. Istianto, M. and Eliza. 2009. **Antifungal Activity of Essential Oils Against Anthracnose Disease on Banana Fruit During Storage at Laboratory Conditions.** Anthracnose, caused by *Colletotrichum* sp., is important disease attacking banana fruit during storage. The technologies recommended to control anthracnose were fungicide and heat treatment application. Alternative technologies that considered safe to consumer and environment are needed to replace the use of fungicides. The aim of this experiment was to evaluate antifungal activity of essential oils extracted from *Cinnamomum burmanni*, *Cymbopogon nardus*, and *Citrus grandis* against anthracnose disease. The experiment was conducted in the Plant Protection Laboratory of Indonesian Tropical Fruit Research Institute at room temperature from January to May 2007. The results showed that essential oils was able to suppress the growth of *Colletotrichum* sp's mycelial. Essential oil extracted from *C. burmanni* had highest inhibition value (65-72%) to the mycelial growth of *Colletotrichum* sp., followed by *C. nardus* (62-64%), and *C. grandis* (14-19%). This results indicated that essential oils had good potential to be developed as alternative technology to control anthracnose disease considering the consumer and environment safety.

Keywords: Banana fruit; Essential oils; *Colletotrichum* sp; Antifungal activity

Pisang adalah salah satu buah yang merupakan sumber vitamin, mineral, dan karbohidrat. Tanaman pisang mampu tumbuh pada kondisi lingkungan yang bervariasi dan ditemukan di hampir sebagian besar wilayah Indonesia. Di Indonesia, produksi pisang lebih tinggi dibanding produksi buah lain. Namun demikian, terdapat beberapa kendala dalam budidaya pisang yang menyebabkan penurunan produksi. Salah satu kendala tersebut adalah adanya serangan hama dan penyakit yang menyerang mulai dari pembibitan sampai pascapanen. Selama periode sebelum panen, hama dan penyakit utama pisang adalah penggerek bonggol, layu fusarium, penyakit darah, penyakit kerdil, dan sigatoka (Nasir *et al.* 2005, Jumjunidang *et al.* 2005, Hasyim *et al.*

2005). Pada penyimpanan, penyakit penting yang perlu mendapat perhatian adalah antraknos yang disebabkan oleh *Colletotrichum* sp. (Sabari dan Poernomo 1980).

Antraknos menyebabkan penurunan kualitas buah pisang baik pada saat penyimpanan maupun dalam pengiriman buah jarak jauh. Intensitas kerusakan yang disebabkan oleh penyakit ini dapat mencapai 57%, sehingga dapat dikatakan memiliki kontribusi kehilangan hasil cukup tinggi (Murtiningsih *et al.* 1991). Teknologi yang direkomendasikan untuk mengendalikan penyakit antraknos adalah dengan aplikasi fungisida benomil dan mancozeb, serta perlakuan panas pada suhu 55°C selama 30 menit (Murtiningsih *et al.* 1991). Walaupun fungisida tersebut

efektif untuk menekan serangan antraknos namun dapat menyebabkan efek negatif bagi kesehatan konsumen. Alternatif teknologi yang mempertimbangkan keamanan konsumen dan lingkungan diperlukan untuk menggantikan penggunaan fungisida. Salah satu alternatif teknologi tersebut adalah pemanfaatan minyak atsiri yang diekstrak dari tumbuhan.

Minyak atsiri telah lama diketahui mempunyai senyawa yang bersifat racun terhadap jamur. Penelitian sebelumnya menginformasikan bahwa minyak atsiri mempunyai potensi baik untuk dikembangkan sebagai agens pengendalian terhadap hama dan penyakit tanaman (Isman 2000). Senyawa atsiri, seperti pulegon dan mentol, mempunyai sifat penolak (*repellent*) dan penghambat makan (*deterrent*) terhadap tungau (Larson dan Berry 1984). Hasil yang hampir sama juga dilaporkan oleh Istianto *et al.* (2001), yaitu minyak atsiri yang diekstrak dari kulit jeruk dapat menghambat pertumbuhan tungau merah. Minyak atsiri yang diekstrak dari *Cymbopogon martini*, *Cinnamomum zeylanicum*, dan *Eugenia caryophyllata* mempunyai aktivitas antijamur terhadap *Botrytis cinerea* (Wilson *et al.* 1997). Minyak atsiri yang diekstrak dari cengkeh mampu menekan pertumbuhan koloni *Fusarium oxysporum* yang menyerang buah cabai (Dahlan *et al.* 1998). Singh *et al.* (1980) telah mengevaluasi aktivitas antijamur beberapa minyak atsiri terhadap 22 spesies jamur.

Penyakit laten sangat sulit dikendalikan terutama pada produk pertanian yang telah dipanen. Hal ini karena patogen berada dalam jaringan tanaman dan dalam keadaan tidak aktif. Fungisida sintetik yang bersifat nonsistemik umumnya tidak efektif dalam mengendalikan penyakit yang bersifat infeksi laten ini. Fungisida alami yang bersifat menguap (*natural fungicidal volatile*) ini diindikasikan mempunyai peluang yang baik untuk mengendalikan penyakit laten ini (Wilson *et al.* 1997).

Berdasarkan informasi ini, maka diperlukan suatu kajian terhadap potensi minyak atsiri, yang diekstrak dari tumbuhan asli Indonesia, sebagai agens pengendali penyakit antraknos yang menyerang buah pisang pada penyimpanan. Hasil yang diperoleh diharapkan mampu mendorong penggunaan sumberdaya alam sebagai bagian dalam menyusun teknologi pengendalian hama dan penyakit tanaman.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Perlindungan Tanaman Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika pada suhu ruang mulai bulan Januari sampai Mei 2007. Kegiatan penelitian terdiri atas persiapan, isolasi jamur *Colletotrichum* sp., ekstraksi minyak atsiri, dan evaluasi pengaruh minyak atsiri terhadap pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp..

Persiapan

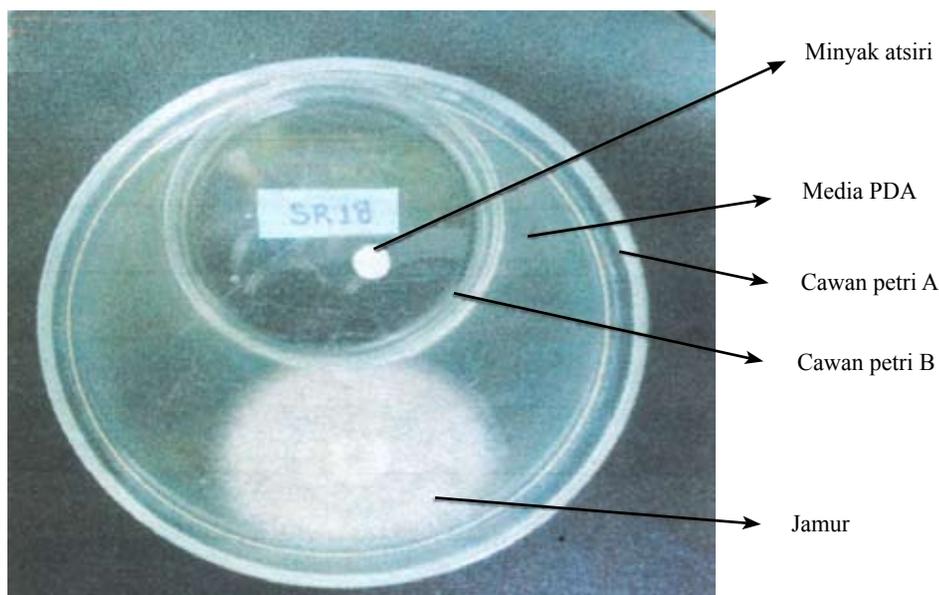
Kegiatan pada tahap ini meliputi pencucian dan sterilisasi cawan petri serta persiapan media. Cawan petri yang digunakan terdiri atas 2 ukuran diameter, yaitu 9 cm (A) dan 5 cm (B). Cawan petri yang akan digunakan dicuci dengan air bersih dan dikeringkan. Selanjutnya cawan petri disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan sebesar 15 lbs selama 30 menit. Pada saat yang sama, pembuatan media *potato dextrose agar* (PDA) juga dilakukan. Setelah proses sterilisasi selesai, cawan petri B diletakkan ke dalam cawan petri A dan selanjutnya media PDA sebanyak 10 ml dituang ke dalam cawan petri A. Minyak atsiri yang telah diteteskan pada kertas saring berdiameter 0,3 cm diletakkan ke dalam cawan petri B. Keseluruhan proses ini dikerjakan di dalam *laminar flow*.

Isolasi Jamur *Colletotrichum* sp.

Isolat jamur *Colletotrichum* sp. diperoleh dari buah pisang yang terserang penyakit antraknos. Jaringan pada kulit buah pisang, yang berada di antara bagian sakit dan sehat, diambil menggunakan pisau skalpel. Jaringan sakit tersebut kemudian diletakkan di atas media PDA pada cawan petri A dan selanjutnya diinkubasikan selama 4 hari. Untuk mendapatkan isolat *Colletotrichum* sp. murni dilakukan dengan cara mengambil miselium jamur yang berada di antara jamur lain yang tumbuh pada media PDA dan kemudian dipindahkan ke cawan petri lain yang berisi media PDA. Setelah 5 hari, isolat murni jamur *Colletotrichum* sp. telah siap digunakan.

Ekstraksi Minyak Atsiri

Daun kayu manis (*Cinnamomum burmanni*), sereh wangi (*Cymbopogon nardus*), dan kulit jeruk besar (*Citrus grandis*) yang diperoleh dari lapangan dikeringanginkan selama 4 hari



Gambar 1. Perlakuan minyak atsiri terhadap jamur *Colletotrichum* sp. (Treatment of essential oils to *Colletotrichum* sp.)

dan kemudian dihancurkan menggunakan blender. Bahan tanaman yang telah hancur berupa potongan-potongan berukuran kecil ($\pm 1-2$ mm), kemudian diekstrak menggunakan teknik distilasi uap (Guillet *et al.* 1998). Minyak atsiri yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam botol kaca berwarna coklat berukuran 5-8 ml dan disimpan dalam lemari es. Untuk mengetahui kandungan senyawa dalam minyak atsiri dilakukan analisis menggunakan metode *gas chromatography-mass spectrometry* (GC-MS). Pengujian dilakukan menggunakan *Agilent Technologies 6890 Gas Chromatograph* dengan *auto sampler* serta *5973 Mass Selective Detector*. Kolom untuk kromatografi dalam alat tersebut berupa pipa kapiler berukuran 17 m x 0,25 mm I.D x 0,25 μ m (ketebalan film). Temperatur oven diprogram mulai suhu 80°C yang kemudian meningkat 5°C/menit hingga mencapai suhu 280°C selama 25 menit. Identifikasi senyawa kimia dilakukan dengan membandingkan waktu retensi standar yang telah tersedia. Analisis GC-MS dilakukan di Laboratorium Obat dan Kesehatan di Rawasari, Jakarta.

Evaluasi Pengaruh Minyak Atsiri terhadap Jamur *Colletotrichum* sp.

Media PDA pada cawan petri A diinokulasi dengan isolat murni jamur *Colletotrichum* sp..

Ukuran diameter jamur yang diinokulasikan sebesar 0,5 cm. Minyak atsiri yang digunakan untuk perlakuan diteteskan pada kertas saring berukuran diameter 0,3 cm dan selanjutnya diletakkan ke dalam cawan petri B yang telah diletakkan di cawan petri A. Cawan petri kemudian ditutup dengan gelas penutup serta parafilm untuk mencegah adanya lubang/ruang terbuka yang menyebabkan terjadinya kontaminasi dan hilangnya uap minyak atsiri (Gambar 1). Dengan demikian pengaruh minyak atsiri terhadap pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. bukan karena adanya kontak langsung melainkan hanya berasal dari uap minyak atsiri tersebut.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah acak lengkap yang terdiri atas 10 perlakuan. Minyak atsiri yang diuji berasal dari daun kayu manis, serih wangi, dan kulit jeruk besar, masing-masing dengan volume 3, 9, dan 18 μ l, serta kontrol (tanpa perlakuan). Parameter yang diamati adalah nilai penghambatan minyak atsiri terhadap pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. yang dievaluasi setiap hari hingga miselium jamur pada kontrol memenuhi ruang cawan petri. Rumus perhitungan nilai penghambatan adalah:

$$\frac{R1-R2}{R1} \times 100\%$$

di mana:

R1 = Diameter miselium jamur *Colletotrichum* sp. pada kontrol

R2 = Diameter miselium jamur *Colletotrichum* sp. pada perlakuan

Data yang terkumpul dianalisis secara statistik. Perbedaan antarperlakuan diuji dengan DMRT pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Minyak Atsiri Daun Kayu Manis, Sereh Wangi, dan Kulit Jeruk Besar

Hasil analisis menggunakan metode GC-MS menunjukkan bahwa minyak atsiri dari ketiga bahan tanaman tersebut mengandung banyak senyawa atsiri. Sebagian dari senyawa tersebut memiliki kandungan yang relatif tinggi dibanding senyawa lainnya dan disebut sebagai senyawa dominan (Tabel 1, 2, dan 3). Senyawa dominan dari minyak atsiri daun kayu manis adalah benzofuran-2 metil (51,89%) dan trans-sinnamil asetat (9,47%). Senyawa dominan dari minyak atsiri sereh wangi adalah sitronella (35,97%) dan nerol (17,28%). Limonen merupakan senyawa dominan yang dimiliki minyak atsiri dari kulit jeruk besar. Senyawa dominan ini diduga memiliki efek lebih besar dibanding senyawa lainnya, yang memiliki kandungan lebih sedikit, terhadap pertumbuhan miselium *Colletotrichum* sp..

Pengaruh Minyak Atsiri terhadap Pertumbuhan Miselium *Colletotrichum* sp.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak atsiri yang diekstrak dari daun kayu manis, sereh

wangi, dan kulit jeruk besar mempunyai pengaruh negatif terhadap jamur *Colletotrichum* sp.. Efek negatif ini ditunjukkan dengan berkurangnya pertumbuhan miselium jamur *Colletotrichum* sp. (Gambar 2).

Masing-masing minyak atsiri menunjukkan nilai penghambatan yang berbeda terhadap pertumbuhan miselium jamur *Colletotrichum* sp. selama periode pengamatan (Tabel 4). Minyak atsiri kayu manis mempunyai nilai penghambatan yang stabil selama periode pengamatan dan antarvolume perlakuan tidak menunjukkan perbedaan nilai penghambatan yang nyata. Secara umum, rerata nilai penghambatan terhadap pertumbuhan miselium berkisar antara 70-75%. Nilai penghambatan minyak atsiri sereh wangi memiliki pola yang berbeda selama periode pengamatan. Nilai penghambatan cenderung menurun mulai dari awal hingga akhir pengamatan. Nilai penghambatan pada perlakuan volume 3 µl menurun dari 53% menjadi 37%, sementara itu pada perlakuan volume 9 µl dan 18 µl menurun hingga mencapai 62-64%. Minyak atsiri kulit jeruk besar memiliki nilai penghambatan yang secara nyata lebih rendah dibanding nilai penghambatan minyak atsiri daun kayu manis dan sereh wangi. Nilai penghambatan terhadap miselium jamur *Colletotrichum* sp. pada akhir pengamatan antara 15-19%.

Hasil analisis pada Tabel 4 juga menunjukkan bahwa secara umum nilai penghambatan mengalami penurunan hingga akhir pengamatan. Penurunan nilai penghambatan tersebut diperkirakan karena konsentrasi uap minyak atsiri dalam ruang cawan petri menurun dengan bertambahnya waktu pengamatan, mengingat aplikasi minyak atsiri hanya dilakukan sekali

Tabel 1. Kandungan senyawa minyak atsiri dominan yang diekstrak dari daun kayu manis (Dominant volatile compounds of essential oil extracted from leaves of *C. burmanni*)

Senyawa (Compounds)	%	Senyawa (Compounds)	%
Benzofuran, 2-metil	51,89	Limonen	2,26
Trans-sinnamil asetat	9,47	Trans-caryofilena	2,19
Benzaldehid	3,96	Nerolidol	1,59
Benzenapropanal	3,72	1-Alfa-terpineol	1,32
Linalool	3,70	Sinnamic aldehid	1,19
Alfa copaena	3,69	Bisiklo (2.2.1)heptan-2-ol	1,18
1.8 Sineol	2,76	Butanoic acid	1,00

Jumlah senyawa atsiri sebanyak 48. Senyawa yang ditampilkan pada tabel adalah yang memiliki kandungan $\geq 1\%$. (The number of volatile compounds were 48. Volatile compounds amounted $\geq 1\%$ were presented in the table)

Tabel 2. Kandungan senyawa minyak atsiri dominan yang diekstrak dari serih wangi (*Dominant volatile compounds of essential oil extracted from C. nardus*)

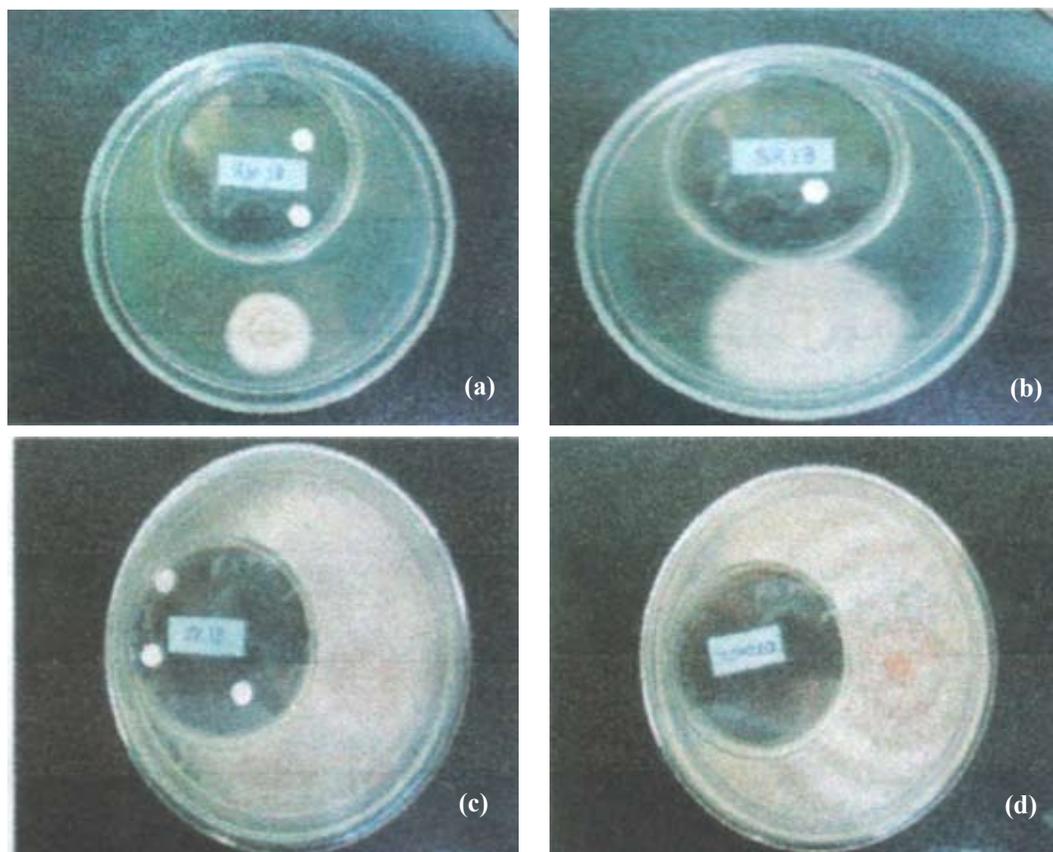
Senyawa (Compounds)	%	Senyawa (Compounds)	%
Sitronella	35,97	Delta cadinena	1,76
Nerol	17,28	Germacren D	1,52
Sitronellol	10,03	Siklobutena, 1.2.3.4-tetrametil	1,41
Geranil asetat	4,44	Eugenol	1,29
Elemol	4,38	Endo-1-bourbonanol	1,28
Limonen	3,98	T. cadinol	1,24
Sitronelil asetat	3,51	Sitral	1,01
Beta elemen	1,80		

Jumlah senyawa atsiri sebanyak 37. Senyawa yang ditampilkan pada tabel adalah yang memiliki kandungan $\geq 1\%$. (*The number of volatile compounds were 37. Volatile compounds amounted $\geq 1\%$ was presented in the table*)

yaitu pada saat awal perlakuan.

Efek penghambatan terhadap *Colletotrichum* sp. dapat disebabkan oleh senyawa dominan yang terkandung dalam ketiga minyak atsiri tersebut, yaitu benzofuran dan cinnamil asetat (minyak daun kayu manis), sitronella (minyak

serih wangi), dan limonen (minyak kulit jeruk besar). Hal ini didasarkan pada hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan terhadap jamur patogen lainnya. Dambolena *et al.* (2008) telah membuktikan bahwa senyawa limonen memiliki aktivitas antijamur yang tinggi terhadap



Gambar 2. Pertumbuhan miselium jamur *Colletotrichum* sp. yang mendapat perlakuan minyak atsiri daun kayu manis (a), serih wangi (b), dan kulit jeruk besar (c) pada volume 18 μ l dan kontrol (d) (*Mycelial growth of *Colletotrichum* sp. treated with essential oil from leaves of *C. burmanni* (a), *C. nardus* (b), and peel of *C. grandis* (c) at 18 μ l, and untreated (d)*)

Tabel 3. Kandungan senyawa minyak atsiri dominan yang diekstrak dari kulit jeruk besar (*Dominant volatile compounds of essential oil extracted from peel of C. grandis*)

Senyawa (Compounds)	%
Limonen	96,46
Mirsena	1,85

Jumlah senyawa atsiri sebanyak 12. Senyawa yang ditampilkan pada tabel adalah yang memiliki kandungan $\geq 1\%$ (*The number of volatile compounds were 12. Volatile compounds amounted $\geq 1\%$ presented in the table*)

Tabel 4. Nilai penghambatan minyak atsiri yang diekstrak dari daun kayu manis, sereh wangi, dan kulit jeruk besar terhadap pertumbuhan miselium jamur *Colletotrichum* sp. selama periode pengamatan (*Inhibition value of essential oils extracted from leaves of C. burmanni, C. nardus, and peel of C. grandis to the growth of Colletotrichum sp. mycelial during observation period*)

Minyak atsiri yang diekstrak dari (<i>Essential oil extracted from</i>)	Volume (μ l)	Nilai penghambatan (%) pada hari ke... <i>Inhibition value (%) at ... (day)</i>					
		2	3	4	5	6	7
<i>C. nardus</i>	3	63,7 b	53,3 c	47,1 b	46,2 b	42,1 b	37,1 b
	9	100,0 a	92,7 a	81,7 a	78,9 a	72,2 a	64,3 a
	18	100,0 a	87,3 a	80,4 a	75,2 a	68,1 a	62,5 a
<i>C. burmanni</i>	3	85,3 a	81,2 a	74,4 a	78,6 a	73,0 a	65,7 a
	9	70,6 ab	72,4 b	71,5 a	74,5 a	78,9 a	70,4 a
	18	70,6 ab	70,3 bc	67,7 ab	68,7 ab	65,5 a	72,0 a
<i>C. grandis</i>	3	18,6 c	16,7 d	18,1 c	19,4 c	15,3 c	14,9 c
	9	25,5 c	11,2 d	16,2 c	16,5 c	19,2 c	19,3 c
	18	30,3 c	18,2 d	12,5 c	20,2 c	20,6 c	19,6 c

Fusarium verticillioides. Senyawa sitronella memiliki aktivitas penghambatan terhadap jamur *Aspergillus* dan *Penicillium* (Kazuhiko *et al.* 2003). Masubuchi *et al.* (2003) melaporkan bahwa senyawa benzofuran memiliki aktivitas antijamur terhadap *Candida albicans*.

Mekanisme minyak atsiri dalam menghambat pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. masih belum banyak diketahui. Namun demikian beberapa hasil penelitian sebelumnya telah menginformasikan bahwa minyak atsiri dapat menyebabkan kerusakan pada sel maupun perubahan morfologi pada hifa. Pina-Vaz *et al.* (2004) mengidentifikasi bahwa minyak atsiri dapat menyebabkan perubahan pada morfologi hifa. Hifa menjadi rusak, terpelintir, dan struktur permukaan berubah. Dalam beberapa kasus, minyak atsiri mampu merusak membran sel. Chami *et al.* (2003) menginformasikan bahwa hasil pengamatan

menggunakan mikroskop elektron menunjukkan bahwa minyak atsiri cengkeh mampu merusak sel-sel jamur *Saccharomyces cerevisiae*.

Berdasarkan hasil penelitian ini terlihat bahwa minyak atsiri mempunyai potensi yang cukup menjanjikan untuk dikembangkan lebih jauh sebagai alternatif teknologi pengendalian yang bersifat aman bagi lingkungan dan konsumen. Senyawa atsiri yang bersifat racun dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan penyakit yang menyerang buah pada penyimpanan.

Minyak atsiri yang memiliki karakter antijamur tersebut dapat diformulasikan dan diaplikasikan untuk menggantikan fungisida sintetik.

KESIMPULAN

1. Minyak atsiri yang diekstrak dari daun kayu manis dan sereh wangi memiliki potensi yang baik dalam mengendalikan penyakit antraknos yang menyerang buah pisang pada penyimpanan. Nilai penghambatan pada akhir pengamatan, yaitu hari ketujuh, sebesar 62-64% untuk minyak sereh wangi dan 65-72% untuk minyak daun kayu manis.
2. Minyak atsiri yang diekstrak dari kulit jeruk besar memiliki nilai penghambatan yang rendah (14-19%) sehingga kurang efektif untuk mengendalikan penyakit antraknos.

3. Volume efektif minyak atsiri sereh wangi adalah 9 µl dan 18 µl, sedangkan untuk minyak daun kayu manis adalah 3 µl, 9 µl, dan 18 µl.

SARAN

Penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan jenis minyak atsiri lain yang mampu menekan pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. perlu dilakukan, sehingga dalam pengendalian penyakit antraknos akan menghindarkan dari kebergantungan terhadap satu jenis minyak atsiri saja.

PUSTAKA

1. Chami, F., N. Chami, S. Bennis, T. Bouchikhi, and A. Remmal. 2003. Oregano and Clove Essential Oils Induce Surface Alteration of *Saccharomyces cerevisiae*. <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/abstract/111080150/ABSTRACT> CRETRY=1&SRETRY=0
2. Dahlan, S., Nasrun, dan S. Erni. 1998. Pengujian Minyak Atsiri Daun Beberapa Jenis Tanaman terhadap Jamur *Fusarium oxysporum* Penyebab Penyakit Layu Tanaman Cabai (*Capsicum annum*) secara In Vitro. *Prosiding Seminar Sehari Perhimpunan Fitopatologi Indonesia Komisariat Daerah Sumatera Barat, Riau, dan Jambi di Padang* 4 Nopember 1998. Hlm. 131-136.
3. Dambolena, J.S., A.G. Lopes, M.C. Canepa, M.G. Theumer, J.A. Zygadlo, and H.R. Rubinstein. 2008. Inhibitory Effect of Cyclic Terpenes (Limonene, Menthol, Menthone, and Thymol) of *Fusarium verticillioides* MRC 826 Growth and Fumonisin B1 Biosynthesis. *Toxicon* 51(1):37-44.
4. Guillet, G., A. Belanger, and J. Arnason. 1998. Volatile Monoterpenes in *Porophyllum gracile* and *P. ruderale* (Asteraceae): Identification, Localization, and Insecticidal Synergism with α -Terthienyl. *J. Phytochem.* 49:423-429.
5. Hasyim, A., H. Yasir, dan Azwana. 2005. Seleksi Substrat untuk Perbanyakkan *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin dan Infektivitasnya terhadap Hama Penggerek Bonggol Pisang, *Cosmopolites sordidus* Germar. *J. Hort.* 15(2):116-123.
6. Isman, M.B. 2000. Plant Essential Oils for Pest and Disease Management. *Crop Protection* 19:603-608.
7. Istianto, M., Mulyadi, E. Martono, dan L. Setyobudi. 2001. Pengaruh Senyawa Limonen terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan *Panonychus citri* Mc. Gregor (Acarina: Tetranychidae) pada Kondisi Laboratorium. *J. Agrosains.* 14(1):45-58.
8. Jumjunidang, N. Nasir, Riska, dan H. Handayani. 2005. Teknik Pengujian In Vitro Ketahanan Pisang terhadap Penyakit Layu Fusarium Menggunakan Filtrat Toksin dari Kultur *Fusarium oxysporum* f. sp. Cubense. *J. Hort.* 15(2):135-139.
9. Kazuhiko, N., A. Najeeb, Y. Tadashi, N. Huong, and T. Gassinee. 2003. Chemical Composition and Antifungal Activity of Essential Oil from *Cymbopogon nardus* (Citronella grass). *Japan Agric. Research Quarterly* 37(4):249-252.
10. Larson, K.C. and R.E. Berry. 1984. Influence of Peppermint Phenolics and Monoterpenes on Twospotted Spider Mite (Acari: Tetranychidae). *Environ. Entomol.* 13:282-285.
11. Masubuchi M, H. Ebiike, K. Kawasaki, S.Sogabe, K. Morikami, Y. Shiratori, S. Tsujii, T. Fujii, K. Sakata, M. Hayase, H. Shindoh, Y. Aoki, T. Ohtsuka, and N. Shimma. 2003. Synthesis and Biological Activities of Benzofuran Antifungal Agents Targeting Fungal N-myristoyltransferase. *Bioorg Med Chem.* 11(20):4463-78.
12. Murtiningsih, W., Yulianingsih, dan I. Muhadjir. 1991. Penyakit Pascapanen pada Buah Pisang Raja Sere, Emas, dan Lampung serta Pengendaliannya. *J. Hort.* 1(3):35-38.
13. Nasir, N., Jumjunidang, dan Riska. 2005. Distribusi Penyakit Layu Fusarium dan Layu Bakteri *Ralstonia* pada Lokasi Sumber Bibit dan Sekolah Lapang Pengendalian Hama Terpadu Pisang di Sumatera Barat. *J. Hort.* 15(3):215-222.
14. Pina-Vaz, C., A. Gonçalves Rodrigues, E. Pinto, S. Costade-Oliveira, C. Tavares, L. Salgueiro, C. Cavaleiro, M. J. Gonçalves, and J. Martinez-de-Oliveira. 2004. Antifungal Activity of Thymus Oils and Their Major Compounds. *J. Eur. Acad. Dermatol Venereol.* 18(1):73-78.
15. Sabari, S.D. dan Poernomo. 1980. Penyakit Pascapanen pada Pisang. *Horti.* 11:303-307.
16. Singh, J., M.T. Wan, M.B. Isman, and D.J. Moul. 1980. Fungitoxic Activity of Some Essential Oils. *Econ. Bot.* 34:186-190.
17. Wilson, C.I., J.M. Solar, A. El Ghaouth, and M.E. Wisniewski. 1997. Rapid Evaluation of Plant Extracts and Essential Oil for Antifungal Activity Against *Botrytis cinerea*. *Plant Dis.* 81:204-210.