

Eksplorasi cendawan endofit dan potensinya untuk pengendalian *Phytophthora palmivora* penyebab penyakit busuk buah kakao

The exploration of endophytic fungi and their potential for controlling *Phytophthora palmivora* causes black-pod disease of cocoa

YENNY LISWARNI*, NURBAILIS, MUNZIR BUSNIAH

Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas. Jl. Unand, Kampus Limau Manis, Padang, Sumatera Barat. Tel.: +62-751-72701, Fax.: +62-751-72702, *email: yennilswarni@gmail.com

Manuskrip diterima: 23 Juni 2018. Revisi disetujui: 6 Agustus 2018.

Abstrak. Liswarni Y, Nurbailis, Busniah M. 2018. Eksplorasi cendawan endofit dan potensinya untuk pengendalian *Phytophthora palmivora* penyebab penyakit busuk buah kakao. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 4*: 231-235. Pemanfaatan cendawan endofit dalam pengendalian penyakit busuk buah kakao perlu dilakukan karena mempunyai potensi yang sangat besar. Eksplorasi cendawan endofit sangat penting untuk menemukan cendawan yang potensial untuk mengendalikan *Phytophthora palmivora*. Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan jenis cendawan endofit yang berpotensi digunakan sebagai agens biokontrol untuk mengendalikan penyakit busuk buah pada kakao yang disebabkan oleh *P. palmivora*. Ekplorasi dilakukan dengan mengisolasi cendawan endofit dari buah kakao kemudian diperbanyak dan dilakukan uji antagonis terhadap jamur *P. palmivora*. Hasil uji antagonis dari 47 isolat cendawan endofit dengan menggunakan metode biakan ganda menunjukkan bahwa hanya ada 8 isolat yang mampu menghambat perkembangan cendawan patogen *P. palmivora* dengan daya hambat lebih dari 30%, tujuh isolat cendawan endofit memiliki daya hambat 15-30% dan 32 isolat memiliki daya hambat kurang dari 15%. Isolat B124 dan B132 memiliki daya hambat tertinggi (57.00 dan 58.62%) dibandingkan dengan isolat lain. Hasil uji antagonis dari 8 isolat cendawan endofit dengan menggunakan metode uap didapat dua isolat (B144 dan B143) yang mampu menghambat pertumbuhan koloni cendawan patogen *P. palmivora* dengan daya hambat 43.33-43.52%.

Kata kunci: Jamur endofit, *Phytophthora palmivora*, penyakit busuk buah

Abstract. Liswarni Y, Nurbailis, Busniah M. 2018. The exploration of endophytic fungi and their potential for controlling *Phytophthora palmivora* causes black-pod disease of cocoa. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 4*: 231-235. Utilization of endophytic fungi in the control of black-pod disease needs to be done because it has enormous potential. Exploration of endophytic fungi is essential for finding potential fungi to control *Phytophthora palmivora*. The aim of the study was to obtain endophytic fungus species that could potentially be used as biocontrol agents to control black-pod disease in cocoa caused by *P. palmivora*. The exploration was done by isolating the endophytic fungi from the cocoa fruit then propagated and the antagonistic test was performed on *Phytophthora* fungi. The objective of the study was to obtain an endophytic fungus species that could potentially be used as biocontrol agents to control black-pod disease in cocoa caused by *P. palmivora*. The exploration was done by isolating the endophytic fungus from the cocoa fruit and then reproduced and the antagonistic test was performed on *P. palmivora* fungus. The results of the antagonistic test of 47 isolates of endophytic fungi using a double culture method showed that there were only 8 isolates capable of inhibiting the development of *P. palmivora* pathogenic fungi with inhibitory of more than 30%, seven isolates of endophytic fungi had 15-30% inhibition and 32 isolates has a resistor of less than 15%. Isolates B124 and B132 have the highest inhibitory power (57.00 and 58.62%) compared with other isolates. The results of antagonistic test of 8 isolates of endophytic fungi using two steam methods (B144 and B143) were able to inhibit the growth of *P. palmivora* pathogenic fungal colonies with inhibitory capacity of 43.33-43.52%.

Keywords: Black-pod disease, Endophytic fungi, *Phytophthora palmivora*

PENDAHULUAN

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang mempunyai nilai ekonomis untuk dikembangkan. Tanaman ini merupakan salah satu komoditas ekspor yang cukup potensial sebagai penghasil devisa negara. Kakao menduduki urutan ke 3 pada sub sektor perkebunan setelah kelapa sawit dan karet. Kakao juga memiliki pasar yang cukup stabil dan harga yang relatif mahal, sehingga peningkatan kualitas hasil

selalu dilakukan agar kakao tetap penting sebagai mata dagang non migas.

Salah satu faktor penyebab rendahnya produktivitas tanaman kakao adalah serangan hama dan penyakit. Penyakit utama pada tanaman kakao di Sumatera Barat adalah penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora* Butler.), kanker batang (*Phytophthora palmivora* Butler), antraknose (*Colletotricum gloeosporioides* Penz.Sacc), Vascular Streak Dieback (*Oncobasidium theobromae* Talbot & Keane), cendawan upas (*Corticium salmonicolor*

Beck. Et Br), dan cendawan akar (*Phellinus lamaoensis* (Murr) Hein, (*Ganoderma pseudoferrum* (Wakef) Ov), Et Stein, (*Leptoporus lignosus* (Klot) Hein et Pat) (Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Barat 2011). Penyakit busuk buah yang disebabkan oleh *P. palmivora* merupakan salah satu faktor penghambat produksi tanaman kakao. Selama musim hujan, serangan *P. palmivora* dengan mudah meningkat 50 %, kemudian menurun kembali pada musim kemarau. Selain itu, apabila buah-buah busuk tidak diambil, cendawan patogen dapat menjalar ke bantalan bunga dan selanjutnya menyebabkan kanker batang (Junianto dan Sukanto 1992).

Besarnya kerugian akibat penyakit busuk buah kakao (BBK) karena usaha pengendalian yang dilakukan seringkali memberikan hasil yang tidak menguntungkan (Rubiyo dan Amaria 2013). Penggunaan pestisida secara terus-menerus dikhawatirkan akan menimbulkan masalah lain yang lebih berat, contoh penggunaan bahan kimia (pestisida) terhadap tanaman tidak seluruhnya dapat dihancurkan oleh mikroorganisme dalam tanah dan dapat menyebabkan polusi terhadap aliran-aliran air dan sungai sehingga dapat mempengaruhi biota air (Pelczar dan Chan 2006).

Dalam strategi pengendalian hama dan penyakit terpadu (PHT), pemanfaatan potensi musuh alami mempunyai peranan penting dalam menekan kelimpahan populasi OPT. Diantara musuh alami yang dapat dimanfaatkan untuk pengendalian penyakit secara hayati adalah cendawan endofit. Cendawan endofit merupakan cendawan yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menimbulkan gejala penyakit pada tanaman inangnya. Hubungan antara cendawan endofit dan tanaman inangnya merupakan hubungan simbiosis dimana kedua belah pihak untuk kehidupannya saling menguntungkan. Cendawan endofit memperoleh substrat nitrogen dan karbohidrat dari tanaman inang, dimana substrat ini dibuang keluar oleh tanaman sebagai bagian dari sistem pembuangan bagi tanaman dari zat-zat beracun. Substrat ini kemudian ditangkap oleh cendawan endofit untuk dipergunakan dalam kehidupannya. Kehadiran cendawan endofit pada inang dan berasosiasi dengan inang mampu mengendalikan beberapa patogen.

Peranan cendawan endofit dalam melindungi inang tanaman dari serangan penyakit telah dilaporkan oleh beberapa peneliti. Cendawan endofit mampu mengurangi serangan penyakit pada tanaman yang disebabkan oleh *Pythium*, *Rhizoctonia*, and *Fusarium*. Aplikasi cendawan endofit *Trichoderma* pada daun anggur untuk tujuan preventif mampu menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit downy mildew, *Plasmopara viticola* (Berk. & M.A. Curtis) Berl. & De Toni (Oomycota: Peronosporales) (Perazzolli et al. 2008). Induksi ketahanan tanaman secara sistemik setelah aplikasi cendawan endofit *T. harzianum* T39 Rifai (Ascomycota: Hypocreales) pada akar dan daun *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh juga mampu berperan sebagai agen biokontrol terhadap Botrytis. (Korolev et al. 2008). Dengan demikian, eksplorasi cendawan endofit sangat penting untuk menemukan cendawan yang potensial untuk mengendalikan *P. palmivora*. Tujuan penelitian adalah

untuk mendapatkan jenis cendawan endofit yang berpotensi digunakan sebagai agens biokontrol untuk mengendalikan penyakit busuk buah pada kakao yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora*.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu

Penelitian ini dilaksanakan selama enam bulan. Eksplorasi cendawan endofit dilakukan di lahan pertanaman kakao di Kotamadya Padang. Isolasi dan uji antagonis cendawan endofit dilakukan di Laboratorium Pengendalian Hayati, Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang, Sumatera Barat.

Koleksi dan isolasi cendawan endofit

Koleksi cendawan endofit dilakukan dengan menggunakan metode *stratified purposive sampling*. Koleksi dilakukan di lahan pertanaman kakao di Kotamadya Padang. Tanaman kakao yang dijadikan sampel adalah tanaman kakao yang sehat, bebas dari hama dan penyakit tanaman.

Isolasi cendawan endofit dilakukan dengan menggunakan metode yang dilaporkan oleh Hazelin et al. (2009). Bagian tanaman sampel yaitu buah kakao dipotong dengan ukuran sekitar 1 cm. Bagian tanaman tersebut disterilasi permukaan dengan cara merendam dalam larutan etanol 70% selama 1 menit kemudian dipindahkan kedalam 2,5% larutan sodium hipoklorit selama 3 menit, dikeringkan dan dimasukkan kembali kedalam larutan etanol 70% selama 30 detik. Terakhir dicuci dua kali dengan akuades steril. Potongan tanaman dikeringkan dengan kertas saring steril dan ditempatkan dalam cawan petri yang telah berisi media PDA. Masing-masing petri berisi 5 potongan jaringan tanaman. Cendawan yang tumbuh kemudian dipindahkan ke dalam cawan petri lain yang telah berisi media PDA

Perbanyakan cendawan endofit

Perbanyakan cendawan endofit dilakukan dengan cara memindahkan biakan murni cendawan seluas 1 cm² ke dalam cawan petri yang berisi media PDA dan diinkubasi selama 3 minggu sampai konidia cendawan terbentuk. Biakkan ini siap untuk dipakai.

Isolasi cendawan *Phytophthora palmivora* Butler

Isolasi cendawan penyebab penyakit dari buah tanaman kakao yang bergejala dilakukan dengan metode tanam langsung di medium CMA dan PDA. Bagian tanaman yang terserang dipotong dengan ukuran 1 x 1 cm² dengan menyertakan jaringan yang sehat. Potongan sampel tersebut kemudian disterilisasi permukaannya dengan cara memasukkan potongan tersebut ke dalam akuades-alkohol 70%-akuades dan dikeringanginkan. Selanjutnya potongan tersebut diletakkan di dalam cawan petri yang telah berisi medium CMA sebanyak 4 potongan/petri dan diinkubasi selama 3 hari pada suhu ruang. Setelah 3 hari inkubasi, cendawan yang tumbuh dipindahkan ke medium PDA sampai didapatkan biakan murni dari cendawan tersebut,

sehingga bisa diamati karakter makroskopis dan mikroskopisnya (Drenth and Sendall 2001).

Uji antagonis

Tujuannya adalah untuk mengetahui antagonis dari masing-masing cendawan endofit terhadap cendawan *P. palmivora* penyebab penyakit busuk buah pada kakao. Pengujian dilakukan dengan metode biakan ganda. Masing-masing koloni cendawan endofit dan patogen yang berukuran diameter 1 cm diletakkan pada cawan petri yang telah berisi media PDA. Jarak antar kedua koloni adalah 5 cm. Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan koloni kedua cendawan dengan menghitung diameter koloni cendawan dan ada tidaknya zona bening diantara kedua koloni. Pengamatan terhadap persentase hambatan diukur dari hari pertama setelah ditanam ke media PDA sampai 5 hari.

Uji senyawa volatil

Isolat cendawan endofit yang memiliki daya hambat tinggi selanjutnya diuji untuk melihat pengaruh senyawa volatil yang dihasilkan terhadap cendawan patogen. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode yang dilaporkan oleh Dennis and Webster (1971) dalam Amaria et al. (2015). Masing-masing potongan biakan murni cendawan antagonis dan patogen *P. palmivora* diambil dari biakan murni pada media PDA menggunakan *cork borer* (0,8 cm) kemudian diletakkan di tengah cawan petri yang telah berisi media PDA secara terpisah. Kedua dasar cawan kemudian direkatkan menggunakan cling wrap. Selanjutnya kedua cawan petri tersebut ditangkupkan satu sama lain saling berhadapan. Cendawan *P. palmivora* berada di atas dan cendawan antagonis berada di bawah, dan diinkubasi pada suhu 27°C sampai cendawan patogen pada kontrol penuh. Pengamatan dilakukan dengan cara mengukur diameter koloni cendawan *P. palmivora* setiap 24 jam sampai biakan cendawan patogen berumur lima hari atau sudah memenuhi cawan petri.

Identifikasi cendawan endofit

Identifikasi cendawan dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Kunci identifikasi yang digunakan adalah kunci Barnett dan Hunter (1972) dan Poinar dan Thomas (1984).

Pengamatan dan analisis data

Pengamatan terhadap persentase daya hambat diukur dari hari pertama setelah ditanam ke media PDA sampai 5 hari, dengan menggunakan rumus:

$$P = \frac{r_1 - r_2}{r_1} \times 100\%$$

Keterangan:

P : Daya hambat (%)

r1 : Jari-jari koloni patogen yang menjauhi koloni cendawan antagonis

r2 : Jari-jari patogen yang mendekati koloni cendawan antagonis

Data diameter pertambahan koloni dan persentase hambatan cendawan antagonis dianalisa sidik ragam dan apabila terdapat perbedaan yang nyata maka dilakukan uji lanjut LSD taraf 5%. Pengamatan diameter koloni cendawan patogen dilakukan dengan cara mengukur diameter cendawan patogen setiap hari sampai pertumbuhan cendawan patogen pada kontrol telah memenuhi cawan petri. Isolat cendawan yang didapatkan diidentifikasi sampai tingkat genus. Identifikasi dilakukan terhadap isolat yang memiliki mekanisme antagonis terhadap cendawan *P. palmivora*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi cendawan endofit

Hasil isolasi cendawan endofit dari empat buah kakao didapatkan 47 isolat dengan variasi warna, bentuk maupun pertumbuhan koloni. Jumlah isolat cendawan endofit yang berhasil diisolasi dari sampel buah kakao bervariasi antara 4-10 isolat.

Uji antagonis

Hasil uji antagonis dari 47 isolat cendawan endofit dengan menggunakan metode biakan ganda menunjukkan bahwa hanya ada 8 isolat yang mampu menghambat perkembangan cendawan patogen *P. palmivora* dengan daya hambat lebih dari 30%. Tujuh isolat cendawan endofit memiliki daya hambat 15-30% dan 32 isolat memiliki daya hambat kurang dari 15% (Tabel 1). Rata-rata daya hambat delapan isolat cendawan endofit dapat dilihat pada Tabel 2.

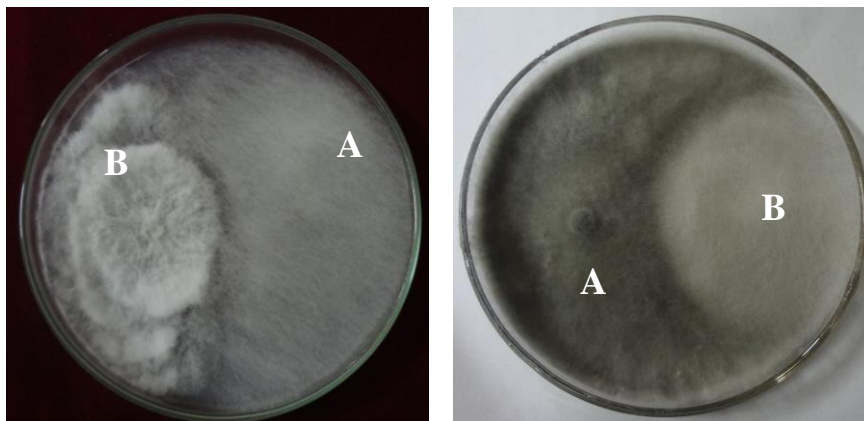
Daya hambat cendawan endofit terhadap cendawan patogen *P. palmivora* bervariasi antar isolat. Hasil analisis sidik ragam delapan isolat cendawan endofit yang memiliki daya hambat lebih dari 30% dapat dilihat pada Tabel 2. Isolat B124 mempunyai kemampuan menghambat yang lebih besar dibandingkan dengan isolat lainnya. Metode uji daya hambat kedelapan isolat dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 1. Jumlah isolat cendawan endofit dari buah kakao berdasarkan daya hambatnya terhadap cendawan *Phytophthora palmivora*

Daya hambat (%)	Jumlah Isolat
0 – 15	32
>15 – 30	7
>30	8

Tabel 2. Pengujian daya hambat isolat cendawan endofit dari buah kakao yang mempunyai persentase daya hambat >30% terhadap cendawan *Phytophthora palmivora*

Isolat	Daya hambat (%) 5 hari setelah inokulasi
B124	58.62 a
B132	57.00 a
B143	47.00 b
B146	45.39 b c
B142	40.00 c d
B144	39.00 d
B112	37.27 d
B431	37.00 d



Gambar 1. Uji daya hambat dengan metode biakan ganda cendawan endofit dengan *Phytophthora palmivora*. A. jamur endofit, B. jamur *Phytophthora palmivora*

Hasil pengamatan uji daya hambat delapan isolat cendawan endofit terhadap *P. palmivora*. yang telah dilakukan di laboratorium menunjukkan bahwa kedelapan isolat mampu menghambat perkembangan cendawan patogen dengan daya hambat berkisar antara 37-58.62%. Adanya perbedaan daya hambat ketujuh isolat yang diuji disebabkan karena adanya perbedaan kecepatan tumbuh dari masing-masing isolat dan kemampuannya berkompetisi dalam mendapatkan nutrisi dari media tumbuh. Menurut Melysa et al. (2013) sifat antagonis muncul dikarenakan adanya persaingan yang terjadi antara dua jenis jamur yang ditumbuhkan berdampingan. Persaingan ini terjadi akibat adanya kebutuhan yang sama dari masing-masing jamur, yaitu kebutuhan tempat tumbuh dan nutrisi dari media yang digunakan untuk tumbuh. Hasil penelitian ini sejalan dengan yang dilaporkan oleh Mpika et al. (2009) dan Husain et al. (2012) bahwa ada perbedaan daya hambat isolat jamur antagonis terhadap jamur patogen *P. palmivora*.

Mekanisme penghambatan cendawan antagonis selain kompetisi, juga dapat berupa antibiosis yang ditunjukkan dengan adanya zona bening. Dari 47 isolat yang diuji hanya empat isolat yang bersifat antibiosis. Terbentuknya zona bening ini diduga karena adanya senyawa metabolit yang dihasilkan cendawan antagonis dan bersifat antifungal. Menurut Yoza dan Sunarwati (2010) menunjukkan bahwa jamur *Trichoderma* mampu memproduksi antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan hifa jamur patogen. Aeny et al. (2011) melaporkan bahwa keberadaan jamur patogen akan merangsang *T. viride* untuk menghasilkan senyawa antibiotik viridin, yang ditunjukkan oleh adanya pigmen berwarna kuning kecoklatan. Adanya antibiotik ini menyebabkan hifa dan sporangium *P. palmivora* yang bersentuhan dengan koloni *T. viride* mengalami lisis. Dalam media PDA, keberadaan cendawan endofit ini menyebabkan terbatasnya tempat tumbuh dan nutrisi untuk pertumbuhan cendawan patogen. Kompetisi yang terjadi pada metode biakan ganda disebabkan adanya kebutuhan nutrisi seperti karbohidrat, protein, asam amino esensial,

mineral dan elemen-elemen mikro seperti fosfor (P), magnesium (Mg), kalium (K), vitamin C (asam askorbat), beberapa vitamin B (tiamin, niasin, vitamin B6) (Mukarlina et al. 2010). Akibat adanya senyawa metabolit yang dihasilkan menyebabkan terjadinya perubahan warna koloni *P. palmivora*. Miselia cendawan patogen yang semula berwarna krem berubah menjadi merah muda, abu-abu sampai hitam tergantung pada isolat cendawan endofit.

Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa ada satu isolat cendawan endofit yang dapat tumbuh di atas koloni cendawan *P. palmivora* (invasi) yang mengindikasikan terjadinya mekanisme mikoparasitisme. Nurbailis (2008) melaporkan adanya mekanisme parasitisme jamur *Trichoderma* terhadap jamur patogen *Fusarium oxysporum* (*Foc*) ditunjukkan dengan kemampuan jamur *Trichoderma* melakukan penetrasi dan masuk ke dalam hifa *Foc*, kemudian tumbuh, berkembang dan membentuk konidia di dalam sel hifa patogen.

Uji senyawa volatil

Hasil uji pengaruh senyawa volatil terhadap pertumbuhan cendawan patogen *P. palmivora* menunjukkan ada penghambatan pertumbuhan koloni cendawan patogen *P. palmivora*. Persentase penghambatan sangat tergantung pada isolat (Tabel 4).

Tabel 4. Diameter koloni cendawan patogen *Phytophthora palmivora* dengan perlakuan isolate cendawan endofit

Isolat	Diameter koloni (cm)	% penghambatan
B144	5.08	43.52 a
B143	5.10	43.33 a
B146	5.25	41.67 a
B431	8.13	9.63 b
B142	8.20	9.26 b
B132	8.25	8.33 b
B124	8.50	5.55 b
B112	8.60	4.45 b
Kontrol	9.00	-

Hasil penelitian menunjukkan semua perlakuan memiliki kemampuan yang berbeda dalam menghambat pertumbuhan diameter koloni cendawan patogen *P. palmivora* pada uji uap. Terhambatnya pertumbuhan koloni cendawan patogen *P. palmivora* tersebut membuktikan bahwa terdapat beberapa senyawa menguap yang dihasilkan oleh cendawan endofit yang digunakan. Cendawan endofit dapat mengeluarkan senyawa antibiotik atau alkaloid yang mudah menguap. Berdasarkan hasil penelitian Ting et al. (2010) membuktikan bahwa jamur *Penicillium* sp. menghasilkan senyawa anti jamur yang mudah menguap (volatil) yaitu glicidol, 2-asetil-5-metilfuran, asam asetat pentil ester, 1-propanol 2-metil, 1-butanol 2-metil, dan α -pellandrin. Beberapa senyawa volatil tersebut merupakan golongan senyawa fenol yang dapat menyebabkan kerusakan pada membran plasma jamur patogen. Hal ini juga diperkuat oleh Einhellig (1986) senyawa fenolat dapat menurunkan permeabilitas membran sel.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa: (i) Cendawan endofit yang didapatkan sebanyak 47 isolat, sebanyak 8 isolat mampu menghambat perkembangan cendawan patogen *P. palmivora* dengan daya hambat lebih dari 30%, tujuh isolat cendawan endofit memiliki daya hambat 15-30% dan 32 isolat memiliki daya hambat kurang dari 15%. (ii) Isolat B124 memiliki potensi terbaik dengan daya hambat sebesar 58.62% dengan metode biakan ganda sedangkan dengan metode uap menunjukkan bahwa isolat B144 mampu menghambat pertumbuhan koloni cendawan patogen *P. palmivora* dengan daya hambat 43.52%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aeny TN, Juariyah S, Maryono T. 2011. Potensi antagonis beberapa isolat *Trichoderma* terhadap *Phytophthora palmivora* penyebab busuk buah kakao. Prosiding seminar nasional sains dan teknologi IV. Bandar Lampung, 24-30 November 2011.
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Barat. 2011. Teknologi Budidaya Tanaman Kakao di Areal Kebun Kelapa .http://www.sumbar.litbang.deptan.go.id [13 Juli 2014]
- Barnet HL, Hunter BB. 1972. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. 3rd ed. Burgess Publishing Company, Minneapolis, Minnesota.
- Drenth A, Sendall B. 2001. Practical guide to detection and identification of *Phytophthora*. CRC for Tropical Plant Protection Brisbane, Australia.
- Einhellig FA. 1986. Mechanism and modes of action of allelochemicals. In: Putnam AR, Tang CS (eds.). The Science of Allelopathy. John Wiley and Sons, New York.
- Hazalin, Ramasamy K., Lim SM. 2009. Cytotoxic and antibacterial activities of endophytic fungi isolated from plants at the national park, Pahang, Malaysia. BMC Compl Alternat Med. DOI: 10.1186/1472-6882-9-46.
- Husain F, Umrah, Alwi M. 2012. Skrining *Aspergillus* antagonis terhadap *Phytophthora palmivora* Butler. Penyebab Penyakit Busuk Buah Kakao di Sulawesi Tengah. Universitas Tadulako. Biocelebes. 6 (2): 56-65.
- Junianto YD, Sukanto S. 1992. Efektivitas H₃PO₃ Terhadap Penyakit Busuk Buah (*Phytophthora palmivora* Butler). Pusat Penelitian Perkebunan Jember. Pelita Perkebunan 7 (4).
- Korolev N, David DR, Elad Y. 2008. The role of phytohormones in basal resistance and *Trichoderma*-induced systemic resistance to *Botrytis cinerea* in *Arabidopsis thaliana*. BioControl 53: 667-683
- Melysa, Fajrin N, Suharjono, Astuti MED. 2013. Potensi *Trichoderma* sp. sebagai agen pengendali *Fusarium* sp. patogen tanaman strawberry (*Fragaria* sp.) Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika, Tlekung, Kota Batu.
- Mpika J, Kébé IB, Issali AE, N'Guessan FK, Druzhinina S, Komon-Zélazowska M, Kubicek CP, Aké S. 2009. Antagonist potential of *Trichoderma* indigenous isolates for biological control of *Phytophthora palmivora* the causative agent of black pod disease on cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Côte d'Ivoire. African J Biotechnol 8 (20): 5280-5293.
- Nurbailis. 2008. Karakteristisasi Mekanisme *Trichoderma* spp. dalam Pengendalian *Fusarium oxysporum* f.sp *cubense* Penyebab Penyakit Layu *Fusarium* pada Tanaman Pisang [Disertasi]. Padang. Program Pasca Sarjana Universitas Andalas, Padang.
- Pelczar MJ, Chan ECS. 2006. Dasar-Dasar Mikrobiologi Jilid 2. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Perazzoli M, Dagostin S, Ferrari A, Elad Y, Pertot I. 2008. Induction of systemic resistance against *Plasmopara viticola* in grapevine by *Trichoderma harzianum* T39 and benzothiadiazole. Biol Control 47: 228-234.
- Poinar GO, Thomas GM. 1984. A Fossil Entomogenous Fungus from Dominican Amber. Experientia 40: 578-579.
- Rubiyo, Amaria W. 2013. Ketahanan tanaman kakao terhadap penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora* Butl.) resistance of cocoa to black pod disease (*Phytophthora palmivora* Butl.). Perspektif 12 (1): 23-36
- Ting ASY, Mah SW, Tee CS. 2010. Identification of volatile metabolites from fungal endophytes with biocontrol potential towards *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* race 4. Amer J Agric Biol Sci 5 (2): 177-182.
- Yoza R, Sunarwati D. 2010. Kemampuan *Trichoderma* dan *Penicillium* Dalam Menghambat Pertumbuhan Cendawan Penyebab Penyakit Busuk Akar Durian (*Phytophthora palmivora*). Secara In Vitro. Seminar Nasional Program dan Strategi Pengembangan Buah Nusantara. Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika Solok, Solok, Sumatera Barat.