

## Pemanfaatan Cendawan Antagonis In Situ sebagai Agens Biokontrol *Lasiodiplodia theobromae* Penyebab Dieback pada Pala di Aceh Selatan

(Utilization of In Situ Antagonistic Fungus as A Biocontrol Agent of *Lasiodiplodia theobromae* Causes of Dieback Disease on The Nutmeg Tree in Aceh Selatan)

Susanna<sup>1\*</sup>, Meity S.Sinaga<sup>2</sup>, Suryo Wiyono<sup>2</sup>, Hermanu Triwidodo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala Banda Aceh

<sup>2</sup>Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor

\*Corresponding author e-mail : susanmulizar@gmail.com

### ABSTRACT

Dieback disease caused by *Lasiodiplodia theobromae* is an important disease on the nutmeg tree in Aceh Selatan. The disease has been widespread in the district. One alternative to control the disease is the use of antagonistic fungi from the nutmeg tree to inhibit the development of the cause of the disease. In vitro experiments were carried out by evaluating 4 types of antagonistic fungi from the nutmeg tree to *L. theobromae*. The aim of the study was to determine the potential of in situ soil fungus as an antagonistic agents against *L. theobromae*, the cause of dieback disease on the nutmeg tree in Aceh Selatan. Microbial isolation using serial dilution method. The fungus test which was successfully isolated as an antagonist candidate was carried out through the dual culture method. The results showed that four fungi namely; *Trichoderma harzianum*, *T. virens*, *T. asperellum*, and *Talaromyces pinophilus* have the potential as antagonistic agents against pathogens cause dieback disease on the nutmeg tree in Aceh Selatan, with inhibitory power ranging from 66-100% in vitro.

**Key words.** Antagonis agents, *Trichoderma harzianum*, *T. virens*, *T. asperellum*, *Talaromyces pinophilus*.

### ABSTRAK

Mati meranggas yang disebabkan oleh *Lasiodiplodia theobromae* merupakan penyakit penting pada tanaman pala di Kabupaten Aceh Selatan. Penyakit ini telah menyebar luas di Kabupaten tersebut. Salah satu alternatif untuk pengendalian penyakit tersebut adalah pemanfaatan cendawan antagonis asal pertanaman pala tersebut dalam menghambat perkembangan penyebab penyakit. Percobaan *in vitro* dilakukan dengan mengevaluasi 4 jenis cendawan antagonis asal pertanaman pala terhadap *L.theobromae*. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui potensi cendawan tanah in situ sebagai agens antagonis terhadap *Lasiodiplodia theobromae* penyebab mati meranggas pala di Aceh Selatan. Isolasi mikroba menggunakan metoda pengenceran berseri. Uji cendawan yang berhasil diisolasi sebagai kandidat antagonis dilakukan melalui metoda *dual culture*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa empat cendawan yaitu; *Trichoderma harzianum*, *T. virens*, *T. asperellum*, dan *Talaromyces pinophilus* berpotensi sebagai agens antagonis terhadap patogen mati meranggas pohon pala di Aceh Selatan, dengan daya hambat berkisar 66 - 100% secara *in vitro*.

**Kata Kunci:** agens antagonis, *Trichoderma harzianum*, *T. virens*, *T. asperellum*, *Talaromyces pinophilus*.

## PENDAHULUAN.

Pala memiliki peran yang sangat penting bagi perekonomian Indonesia, khususnya Aceh Selatan. Beberapa kendala rendahnya produktivitas pala di Kabupaten Aceh Selatan adalah kurangnya penerapan teknologi budidaya pala, gangguan cuaca, iklim, dan hama penyakit. Kerugian yang disebabkan penyakit tanaman tidak hanya kehilangan hasil akibat kerusakan tanaman tetapi juga besarnya biaya yang diperlukan untuk pengendaliannya. Susanna (2018) melaporkan bahwa penyakit mati meranggas telah menginfeksi seluruh pertanaman pala di Aceh Selatan, yang umumnya disebabkan oleh *Lasiodiplodia theobromae*. Penyakit tersebut menginfeksi semua umur tanaman, tetapi lebih banyak pada umur tanaman telah tua. Tanaman yang terinfeksi menunjukkan mati pucuk berupa *dieback*, daun menguning dan mengering. Kemudian menggantung selama 4-8 minggu, akhirnya meranggas dan mati (Agrios 2005; Sinaga 2003; Susanna 2018).

Penularan *L. theobromae* umumnya melalui kontak tanaman terserang dan percikan air yang disertai angin. Patogen dapat bertahan hidup pada tanaman yang telah mati dan juga di dalam tanah. Patogen ini termasuk cendawan yang memiliki kisaran inang yang luas yang menyerang berbagai macam tanaman seperti: jeruk (Retnosari *et al.*, 2014), mangga (Khanzada 2005; 2005), karet (Pha *et al.* 2010; Febbiyanti 2017), kakao (Twumasi *et al.* 2014), dan peach (Li *et al.* 2016).

Salah satu cara pengendalian penyakit yang ramah lingkungan adalah dengan memanfaatkan mikroorganisme sebagai agens biokontrol. Mikroorganisme tanah merupakan mikroflora tanah yang berpotensi sebagai indikator penting untuk kualitas dari kesehatan tanah. Kelimpahan dan keragaman mikroba tanah merupakan salah satu pengukuran organisme sebagai indikator kesehatan tanah. Ciri-ciri tanah yang sehat yaitu: 1) populasi organismenya beragam dan aktif, 2) memiliki residu materi organik yang relatif baru dalam jumlah tinggi sebagai sumber makanan organisme, dan 3) memiliki jumlah bahan organik tinggi yang terhumifikasi untuk

mengikat air dan muatan negatif untuk pertukaran kation (Magdoff 2001).

Mekanisme pengendalian dengan agens antagonis terhadap cendawan patogen tumbuhan secara umum ada tiga, yaitu: kompetisi terhadap ruang tumbuh dan nutrisi, antibiosis, dan parasitisme. Mikroba pengendali hayati yang dapat digunakan antara lain *Trichoderma* spp. dan *Talaromyces* spp. Cendawan *Trichoderma* memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan cendawan patogen karena menghasilkan lipase yang dapat memecahkan senyawa kitin, glukukan dan lemak dinding sel patogen (Vinale *et al.* 2008). Beberapa species *Trichoderma* menghasilkan siderofor yang mengkhelat besi dan menghentikan pertumbuhan cendawan lain.

Informasi mengenai agens antagonis sebagai biokontrol patogen mati meranggas yang menyerang pala di Aceh Selatan belum pernah ada dan dipublikasi, sehingga menjadi penting untuk dilakukan penelitian tersebut agar dapat dijadikan landasan dalam menyusun strategi pengendaliannya. Agens antagonis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *T. harzianum*, *T. virens*, *T. asperellum*, dan *Talaromyces pinophilus*, yang merupakan cendawan tanah asal pertanaman pala di Aceh Selatan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi cendawan in situ sebagai agens antagonis terhadap *Lasiodiplodia theobromae* penyebab mati meranggas pala di Aceh Selatan.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Mikologi Tumbuhan Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, pada bulan September - Desember 2017. Penelitian menggunakan Rancangan Acal Lengkap (RAL). Bahan-bahan yang digunakan adalah: media agar kentang, alkohol, isolat *Lasiodiplodia theobromae*, *Trichoderma harzianum*, *T. virens*, *T. asperellum*, dan *Talaromyces pinophilus*.

## Kelimpahan Cendawan Rizosfer serta Uji Antagonisme terhadap Patogen Mati Meranggas Pala.

Eksplorasi dan uji antagonis cendawan tanah dilakukan untuk melihat potensinya dalam menekan keberadaan patogen mati meranggas.

### 1. Kelimpahan Cendawan Rizosfer

Analisis ini dimaksudkan untuk melihat potensi cendawan tanah di sekitar perakaran sebagai penghancur inokulum patogen mati meranggas. Disinyalir inokulum patogen dapat bertahan dalam waktu cukup lama pada jaringan tanaman. Atas dasar ini maka pengamatan hanya melihat pada kemampuan cendawan tanah sebagai antagonis. Isolasi mikroba diambil dari tanah di perakaran pala pada enam kecamatan (Labuhan Haji Timur, Meukek, Sawang, Samadua, Tapaktuan, dan Pasie Raja). Pengambilan tanah di setiap kebun dilakukan pada empat titik, kemudian dikompositkan.

Isolasi mikroba menggunakan metoda pengenceran (Dhingra & Sinclair 1983) secara berseri. Sebanyak 10 g tanah ditambahkan 90 ml aquades steril dalam erlenmeyer, dikocok sampai membentuk suspensi. Suspensi ini kemudian diencerkan secara berseri. Setiap tingkat pengenceran suspensi tanah tersebut, mulai 1:100 diambil menggunakan mikropipet sebanyak 100  $\mu$ l, dan dipencarkan pada media agar pada cawan petri. Pemencaran menggunakan batang segitiga (*spreader*), dan dikerjakan dalam *laminar airflow cabinet* (LAC). Media agar yang digunakan untuk mengisolasi cendawan adalah *martin agar* (MA). Identifikasi morfologi cendawan tanah mengacu kepada Watanabe (1994) dan Kubicek & Harman (2002).

### 2. Uji Antagonisme Cendawan Rizosfer

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi kemampuan cendawan sebagai antagonis terhadap patogen. Penetapan sebagai antagonis dimulai berdasarkan kemampuannya sebagai antibiosis dan melisis. Uji cendawan yang berhasil diisolasi sebagai kandidat antagonis dilakukan melalui metoda *dual culture* (Nicoloti & Varese 1996).

Kandidat antagonis dan patogen ditumbuhkan bersamaan pada media PDA dengan jarak 4 cm dalam cawan petri. Nilai kemampuan sebagai antagonis ditentukan dengan menggunakan rumus  $(R-r)/R \times 100\%$ , dimana R adalah radius koloni patogen yang tumbuh menjauh dari antagonis, sedangkan r adalah radius yang mendekati kearah antagonis.

### Analisa Data

Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap dengan 3 ulangan. Data pengamatan dianalisis ragam dengan SAS 9.1 dan dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan  $\alpha = 5\%$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kelimpahan Cendawan Rizosfer

Organisme tanah cukup baik sebagai bioindikator lahan dan iklim, berkorelasi baik terhadap sifat tanah yang menguntungkan dan fungsi ekologis seperti penyimpanan air, dekomposisi, dan siklus hara, netralisasi bahan beracun dan penekanan organisme patogen berbahaya. Organisme tanah juga dapat menggambarkan rantai sebab akibat yang menghubungkan keputusan pengelolaan tanah terhadap produktivitas akhir dan kesehatan tanah. Berdasarkan pengamatan di lapangan, jumlah koloni cendawan pada tanah yang berasal dari tempat tumbuh tanaman pala sehat ternyata lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang berasal dari tanaman yang sakit (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa kelimpahan cendawan tanah sebagai mikroba berperan dalam kesehatan tanaman. Bila dilihat dari kelimpahan cendawan antagonis yang hanya berkisar  $10^5$  cfu  $g^{-1}$  belumlah mampu menghambat koloni patogen, karena koloni mikroba cendawan bermanfaat akan mampu menekan perkembangan patogen apabila kelimpahannya mencapai  $10^6$  cfu  $g^{-1}$  tanah. Untuk meningkatkan jumlah koloni cendawan yang bermanfaat tersebut maka harus diberikan bahan organik yang cukup sebagai nutrisi, sehingga koloni cendawan yang bermanfaat akan berkembang lebih baik.

Tabel 1 Kelimpahan cendawan asal tanaman pala sehat dan terinfeksi (sakit) di Aceh Selatan

Asal Isolat	Cendawan total (x10 <sup>5</sup> cfu g <sup>-1</sup> )	
	Sehat	Sakit
SD	6.00 ± 2.00 a	2.67 ± 0.58 b
SW	5.67 ± 1.53 a	1.67 ± 0.58 b
TT	5.33 ± 0.57 a	2.33 ± 0.58 b

Angka-angka yang diikuti dengan huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan (DMRT) α = 5%; SD = Samadua; SW = Sawang; TT = Tapak Tuan.

Populasi mikroba dipengaruhi oleh pH, teknik budidaya, pemupukan, pemakaian pestisida, dan penambahan bahan organik. Adanya mikroorganisme pada tanah tanaman yang tidak terinfeksi dapat memberikan beberapa keuntungan seperti memelihara kesehatan akar, pengambilan nutrisi atau unsur hara, dan toleran terhadap stres atau cekaman lingkungan. Pengelolaan untuk memperbaiki kesehatan tanah prinsipnya adalah bagaimana mengurangi stres tanaman dan meningkatkan daya tahan tanaman terhadap berbagai organisme pengganggu tanaman dan bahan yang bersifat racun.

**Uji Antagonisme Cendawan Rizosfer**

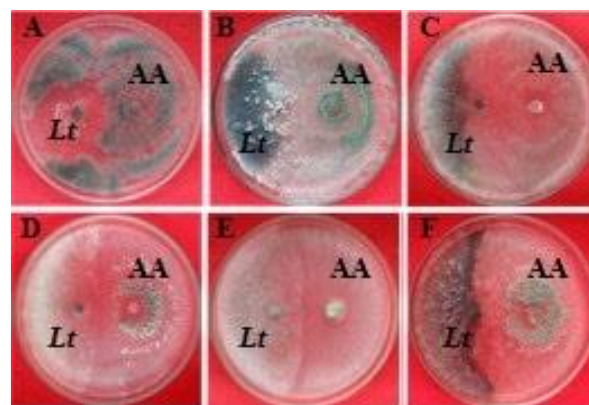
Hasil eksplorasi mikroba tanah yang berasal dari rizosfer pala diperoleh 2 jenis cendawan, spesies *Trichoderma* dan spesies *Talaromyces* berdasarkan karakter morfologi (Susanna, 2018). Rata-rata daya hambat agens antagonis yang berasal dari tanah pertanaman pala terhadap *L.theobromae* memperlihatkan persentase penghambatan diatas 66% pada hari ketiga (Tabel 2) dan cukup potensial dalam mengendalikan patogen mati meranggas pada tanaman pala. Kemampuan menghambat pertumbuhan radial miselia berdasarkan pada senyawa yang bersifat anti cendawan. Senyawa ini ternyata dapat berdifusi dengan baik ke dalam media PDA sehingga menghambat pertumbuhan koloni patogen. Tetapi jika pengamatan dilakukan pada 5 hsi (hari setelah inokulasi) maka koloni *Trichoderma* spp. sudah tumbuh melintasi koloni patogen (*over growth*). Pola antagonis yang ditunjukkan oleh *Trichoderma* spp. ini,

selain menghambat juga dapat tumbuh melintasi koloni patogen (Nicoloti & Varese, 1996). Sedangkan pada *Talaromyce pinophilus*. hanya menghambat pertumbuhan koloni patogen walaupun pengukuran dilakukan sampai 5 hsi (Gambar 1).

Tabel 2 Persentase penghambatan pertumbuhan *Lasiodiplodia theobromae* oleh beberapa agens antagonis asal tanah dari pertanaman pala sehat di Kabupaten Aceh Selatan

Perlakuan	Rata-rata penghambatan (%)
SWs56 x <i>L. theobromae</i>	100.00 ± 3.68
SD3 x <i>L. theobromae</i>	100.00 ± 3.03
SD1 x <i>L. theobromae</i>	100.00 ± 2.85
SDs5 x <i>L. theobromae</i>	92.80 ± 4.71
TTs2 x <i>L. theobromae</i>	72.79 ± 1.43
SDs1 x <i>L. theobromae</i>	66.18 ± 7.42

SWs56 = *Talaromyces pinophilus*, SD3 = *Trichoderma harzianum*, SD1 = *Trichoderma viren*, SDs5 = *Trichoderma asperelum*, TTs = *Trichoderma asperelum*, SDs1 = *Trichoderma harzianum*.



Gambar 1 Uji antagonis antara *L.theobromae* (*Lt*) dengan agens antagonis (AA) ; (A) *Talaromyces pinophilus* x *Lt*, (B) *Trichoderma harzianum* x *Lt*, (C) *T. virens* x *Lt*, (D) *T. asperellum* x *Lt*, (E) *T. asperellum* x *Lt*, (F) *T. harzianum* x *Lt*.

Hasil uji antagonisme agens antagonis yang dilakukan terhadap patogen mati meranggas pala secara *in vitro* menunjukkan kemampuan menekan yang bervariasi.

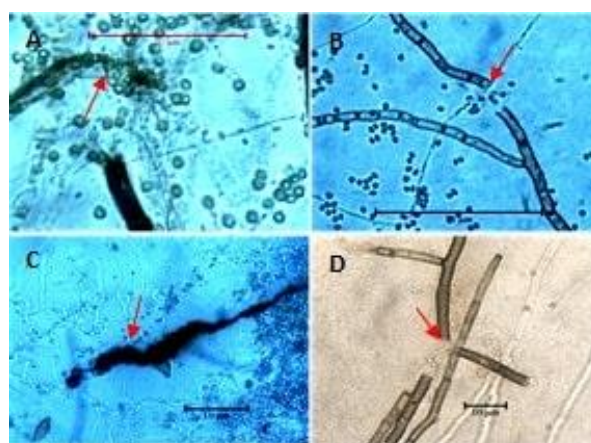
Kemampuan dalam menghambat patogen ada kaitannya dengan kemampuan *Trichoderma* menghasilkan enzim proteinase, endochitinase dan  $\beta$ -1,3 glukanase (Consolo *et al.* 2012). *T. harzianum* menghasilkan enzim hidrolitik  $\beta$ -1,3 glukanase, kitinase, dan selulase (Ismail dan Tenrirawe 2013). Enzim kitinase mampu menyebabkan kerusakan sel cendawan patogen yang akhirnya dapat menyebabkan kematian sel cendawan patogen (Umrah *et al.* 2009). Mekanisme antagonis cendawan *T. harzianum* yaitu dengan kompetisi ruang, nutrisi, parasitisme, dan lisis (Sunarwati & Yoza, 2010).

Pada pengujian yang dilakukan oleh Ortiz & Orduz (2000) baik *Trichoderma* dan *Gliocladium* mempunyai kemampuan mengkoloni, mampu berkompetisi terhadap nutrisi sehingga memperlihatkan pertumbuhan yang melewati koloni cendawan lain, *Attamyces* spp. Pada daerah pertemuan ternyata terjadi deformasi dinding sel hifa patogen, terjadi kematian akibat tekanan turgor. *Trichoderma* juga memiliki kemampuan antibiosis karena menghasilkan metabolit yang dapat berdifusi ke media perbanyakannya, hal ini sangat mungkin bila dikembangkan sebagai fungisida biologi (Schuster & Schmoll 2010).

Pengamatan mikroskopis isolat *L. theobromae* yang diuji dengan agens antagonis secara *dual culture* menunjukkan adanya hifa yang terdegradasi dan perubahan hifa menjadi tidak normal (malformasi) (Gambar 2). Adanya hifa yang terdegradasi atau terjadinya perubahan bentuk yang tidak normal merupakan efek dari senyawa racun yang dikeluarkan oleh cendawan antagonis dan mengkonfirmasi penyebab penghambatan pertumbuhan radial isolat *L. theobromae*.

Falah *et al.* (2015) melaporkan bahwa *B. theobromae* (sin. *L. theobromae*) yang ditumbuhkan pada media yang diracuni dengan metabolit sekunder yang berasal dari ekstrak mahoni mengalami perubahan morfologi hifa patogen menjadi tidak normal, dan terjadi pembengkakan, berbentuk manik-manik (malformasi), pertumbuhan yang melingkar dan berlebihan. Sudarma dan Suprpta (2011) menyatakan bahwa,

mekanisme penghambatan *Trichoderma* spp. terhadap cendawan patogen adalah dengan kompetisi nutrisi dan ruang tumbuh, mikoparasitisme serta antibiosis dengan menghasilkan antibiotik. *Trichoderma* spp. dapat menghasilkan antibiotik seperti alametichin, paracelsin, dan trichotoksin yang dapat menghancurkan sel cendawan melalui pengrusakan permeabilitas membran sel, serta menghasilkan enzim kitinase yang dapat menyebabkan lisis dinding sel serta dapat melakukan interfensi hifa.



Gambar 2 Interaksi antara *L. theobromae* dengan cendawan antagonis (Pembesaran 400x); A. Hifa *L. theobromae* terdegradasi karena *Trichoderma harzianum*; B. Hifa *L. theobromae* terdegradasi karena *T. virens*; C. Hifa *L. theobromae* malformasi karena *T. asperellum*; D. Hifa *L. theobromae* terdegradasi karena *Talaromyces pinophilus*.

Berdasarkan hasil pengamatan uji antagonisme *dual culture*, persentase daya hambat, dan pengamatan mikroskopis dapat disimpulkan bahwa cendawan antagonis yang paling efektif dalam menghambat *L. theobromae* adalah *T. harzianum*.

Mekanisme pengendalian dengan agens hayati terhadap cendawan patogen tumbuhan secara umum dibagi atas tiga macam, yaitu kompetisi terhadap tempat tumbuh dan nutrisi, antibiosis, dan parasitisme (Baker & Cook 1982). Umumnya kematian mikroorganisme disebabkan kekurangan nutrisi. Beberapa

*Trichoderma* spp menghasilkan siderofor yang mengkelat besi dan menghentikan pertumbuhan cendawan lain (Berlian *et al.* 2013). *T. harzianum* T35 berhasil mengendalikan *Fusarium oxysporum* dengan mengkoloni rizosfer dan mengambil nutrisi lebih banyak (Grosclaude 1973). *Trichoderma* spp. adalah cendawan saprofit tanah yang secara alami merupakan parasit dan menyerang banyak jenis cendawan patogen tanaman atau memiliki spektrum pengendalian yang luas. Dalam keadaan lingkungan yang kurang baik, miskin hara atau kekeringan, *Trichoderma* spp. akan membentuk klamidospora sebagai propagul untuk bertahan dan berkembang kembali jika keadaan lingkungan sudah menguntungkan. Oleh karena itu dengan sekali aplikasi *Trichoderma* spp. akan tetap tinggal dan berkembang di dalam tanah (Berlian *et al.* 2013).

*Trichoderma* spp. yang terkenal spesies kosmopolit dapat berkembang di lingkungan perakaran, tanah, dan daun mempunyai beberapa keunggulan sebagai agens pengendali patogen tanaman seperti: a) bisa meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman walaupun mekanismenya belum diketahui banyak. *Trichoderma* menghasilkan sejenis protein kaya sistein (*cystein*), yaitu hidrofobin. Senyawa ini merangsang pertumbuhan akar dan dapat memodifikasi perubahan fisiologi pada tanaman sehingga membuatnya menjadi lebih resisten terhadap banyak jenis patogen tanaman, b) menghasilkan beberapa enzim yang berperan dalam mendegradasi dinding sel, menghambat pertumbuhan dan aktivitas antagonistik lainnya terhadap patogen tanaman. Kerja salah satu enzim yang dihasilkan *T. hamatum*, *T. atriviridae*, dan *T. virens* sebagai antagonis diatur oleh gen monooksigenase yang dapat mengganggu katabolit nitrogen (Munir *et al.* 2013; Carpenter 2008). Sementara *Talaromyces pinophilus* ternyata hanya dapat menghambat pertumbuhan radial koloni patogen. Hal ini menandakan bahwa antagonis hanya menghasilkan senyawa yang bersifat anti cendawan yang dapat dilepaskan ke dalam media. Hasil penelitian Nicoletti *et al.* (2007) *Penicillium canescens* dan *P. janczewskii*

menghasilkan senyawa anti cendawan yang dilepaskan ke dalam kultur filtrat sehingga menghambat aktivitas cendawan patogen. Senyawa anti cendawan yang dimaksud adalah griseofulvin, dechlorogriseofulvin dan juga asam curvulinic.

## SIMPULAN

*Trichoderma harzianum*, *T. asperellum*, *T. virens.*, dan *T. pinophilus* merupakan cendawan tanah dari lokasi pertanaman pala yang berpotensi sebagai agens antagonis. Ke empat agens antagonis tersebut dapat menghambat pertumbuhan *Lasiodyplodia theobromae in vitro* berkisar antara 66% - 100%. Kelimpahan dan keragaman cendawan antagonis ini masih tergolong rendah ( $10^5$  cfu  $g^{-1}$  tanah) di lapangan, sehingga tidak mampu menghambat cendawan patogen penyebab mati meranggas pada pala di Aceh Selatan.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ungkapan terima kasih ditujukan kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Perguruan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberikan dana melalui beasiswa Bantuan Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN) untuk kelancaran penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agrios GN. 2005. Plant Pathology. 5<sup>th</sup>Ed. Academic Press. San Diego.
- Asiah AR, BPW Soekarno, & Achmad. 2015. Isolasi dan identifikasi cendawan yang berasosiasi dengan penyakit mati pucuk pada bibit Jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Nig). J. Pen. Hutan Tan 12(3): 153 - 163.
- Baker, KF & RJ Cook. 1982. Biological control of plant pathogens. The American Phytopathology Society. Minnesota Fravel.
- Berlian I, B Setyawan, & H Hadi. 2013. Mekanisme Antagonisme *Trichoderma* spp. terhadap beberapa patogen tular tanah. Warta Perkaretan 32 (2): 74 - 82.

- Carpenter MA, HJ Ridgway, AM Stringer, AJ Hay, & A Stewart. 2008. Characterisation of a *Trichoderma hamatum* monooxygenase gene involved in antagonistic activity against fungal plant pathogens. *Curr Genet* 53:193–205.
- Dhingra OD & JB Sinclair. 1983. *Basic Plant Pathology Methods*. CRC Press. New York.
- Falah S, Achmad, & A Winara. 2015. Aktivitas antifungi ekstrak akar mahoni terhadap isolate *Botryodiplodia theobromae* Pat. penyebab mati pucuk pada bibit jabon. *J. Ilmu Teknol. Kayu Tropis* 13(1): 1-10.
- Febbiyanti TR. 2017. *Diagnosis dan status penyakit kanker batang karet di Sumatera Selatan [disertasi]*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Grosclaude C, JL Ricard, & B Dubos. 1973. Inoculation of *Trichoderma viride* spores via pruning shears for biological control of *Stereum purpureum* on plum tree wounds. *Plant Dis. Rep.* 57: 25–28.
- Harni R, IM Trisawa, & A Wahyudi. 2011. Observasi dan identifikasi penyakit jamur akar pada tanaman pala di Kabupaten Aceh Selatan. *Bulletin RISTRI* Vol. 2(3): 383 - 390. <https://media.neliti.com/media/publications/141559-ID-observasi-dan-identifikasi-penyakit-jamur.pdf>
- Khanzada MA, AM Lodhi, & S Shahzad. 2004. Mango dieback and gummosis in Sindh, Pakistan caused by *Lasiodiplodia theobromae*. Online. *Plant Health Progress* doi:10.1094/PHP-2004-0302-01-DG.
- Khanzada MA, AM Lodhi AM, & S Shahzad. 2005. Chemical control of *Lasiodiplodia*, the causal agent of mango decline in Sindh. *Pak. J. Bot* 37(4): 1023-1030.
- Li C, Z Yang, RHC Zhang, D Zhang, S Chen, & LJ Ma. 2013. Effect of pH on cellulase production and morphology of *Trichoderma reesei* and the application in cellulosic material hydrolysis. *J Biotech* 168:470– 477.
- Li Z, Y Fan, L Gao, X Cao, J Ye, & G Li. 2016. The dual roles of zinc sulfate in mitigating peach gummosis. *Plant Dis* 100:345-351
- Magdoff F. 2002. Concept, componen and strategies of soil health in agroecosystems. *J. Nematol* 33 (4); 169-172.
- Munir S, Q Jamal, K Bano, SK Sherwani, TZ Bokhari, TA Khan, RA Khan, A Jabbar, & M Anees. 2013. Biocontrol ability of *Trichoderma*. *Intl J Agri Crop Sci* 6 (18):1246-1252.
- Nicoletti R, MP Lopez-Gresa, E Manzo, A Carella, & LM Ciavatta. 2007. Production and fungitoxic activity of Sch 642305, a secondary metabolite of *Penicillium canescens*. *Mycopathologia* 163:295–301.
- Nicoloti G & GC Varese. 1996. Screening of antagonistic fungi against air-borne infection by *Heterobasidium annosum* on Norway spruce. *For Ecol Manag* 88:249-257.
- Pha TA, PT Dung, ND Hieu, & NA Nghia. 2010. Disease caused by *Botryodiplodia theobromae* Pat. on rubber tree in Vietnam. Rubber Research Institute of Vietnam. <http://www.rriv.org.vn/uploads/userfiles/28-BCMalaysiaPha.ppt>
- Retnosari E, JBD Henuk, & MS Sinaga. 2014. Identifikasi penyebab penyakit busuk pangkal batang pada jeruk. *J Fitopatol Indones.* 10(3):93-97. DOI: 10.14692/jfi. 10.3.93.
- Sinaga MS. 2003. *Dasar-dasar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sudarma, IM & DN Suprpta. 2011. Potensi Jamur Antagonis yang Berasal Dari Habitat Tanaman Pisang Dengan dan Tanpa Gejala Layu Fusarium Untuk Mengendalikan Fusarium oxysprumf.sp.cubense Secara In Vitro. *The Excellence Research Universitas Udayana*, hal. 161-166, diakses pada 10 Agustus 2017, <http://lppm.unud.ac.id/wp->

[content/uploads/Potensi--Jamur-Antagonis-yang-berasal-dari-habitat-tanaman-pisang-oleh-MadeSudarma.pdf](#).

Twumasi P, G Ohene-Mensah, & M Moses. 2014. The rot fungus *Botryodiplodia theobromae* strains cross infect cocoa, mango, banana, and yam with

significant tissue damage and economic losses. Afr J of Agric Res 9(3): 613-619. Umrah, T Anggraeni, RR Esyanti, & INP Aryantha. 2009. Antagonisitas dan efektivitas *Trichoderma* sp. dalam menekan perkembangan *Phytophthora palmivora* pada buah kakao. J. Agroland 16 (1): 9 - 16.