

Monograf

**STATUS DAN MITIGASI DINI SERANGAN
PENYAKIT PINUS di JAWA TIMUR**

Menuju Agroforestri Sehat Berbasis Pinus

Sutarman



UMSIDA PRESS

ISBN 978-979-3401-71-7



9 789793 401997

Monograf

STATUS DAN MITIGASI DINI SERANGAN PENYAKIT PINUS di JAWA TIMUR

Menuju Agroforestri Sehat Berbasis Pinus

Oleh
Sutarman



Diterbitkan oleh
UMSIDA PRESS

Jl. Mojopahit 666 B Sidoarjo

ISBN: xxx-xxx-xxxx-xx-x

Copyright©2018

Sutarman

All rights reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang.
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian
atau seluruh isi buku ini ke dalam bentuk apapun,
secara elektronik, maupun mekanis, termasuk fotokopi,
merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya,
tanpa izin tertulis dari penerbit.
[Berdasarkan UU No. 19 Tahun 2000 tentang Hak Cipta
Bab XII Ketentuan Pidana, Pasal 27, Ayat (1), (2), dan (6)]

Monograf

Status dan Mitigasi Dini Serangan Penyakit Pinus di Jawa Timur

Menuju Agroforestri Sehat Berbasis Pinus

Penyusun

Sutarman

Dosen Program Studi Agroteknologi

Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Editor ahli

Prof. Dr. Ir. Siti Rasminah Ch. Sy., MS

Editor

Dyah Satiti, MT

Penerbit

UMSIDA PRESS

P3I Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Kampus 1 Universitas Muhamamdiyah Sidoarjo

Jl. Mojopahit 666 B Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia

Telp. +62 31 8945444

Fax +62 31 8949333

<https://p3i.umsida.ac.id>

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas tersusunnya monograf yang merupakan salah satu luaran penelitian yang dimulai sejak 2014/2015 hingga akhir 2017 sesuai kompetensi penyusun di bidang kesehatan dan penyakit tanaman.

Buku ini disusun berdasarkan hasil penelitian observasi dan eksperimental serta kajian literatur yang bersumber pada berbagai artikel jurnal nasional dan Internasional relevan terkait.

Penyiapan bioteknologi bagi agroforestri berbasis model tumpangsari tanaman muda pinus dan hortikultur yang memiliki fungsi mitigasi serangan penyakit oleh *soil borne pathogen* di masa depan adalah merupakan nilai kebaruan dalam penelitian ini .

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada: Rektor Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (UMSIDA), Dekan Fakultas Pertanian, Kepala LPPM, serta Kepala Laboratorium Agrokompleks UMSIDA atas dukungan moril dan fasilitas yang disediakan bagi kelancaran penelitian dan penyusunan buku ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Sidoarjo, Mei 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
BAB 2. TINJAUAN PENYAKIT TANAMAN	7
2.1 Penyakit Bibit Pinus	7
2.2 Epidemiologi Penyakit dan Inang Alternatif	9
BAB 3. PENGENDALIAN HAYATI	13
3.1 Tinjauan Pengendalian Penyakit Pinus	13
3.2 Trichoderma Sebagai Fungi Efektif	16
BAB 4. METODE PENELITIAN	18
4.1 Tempat dan Waktu Penelitian	18
4.2 Gejala Serangan Penyakit	18
4.3 Isoalsi dan Pengamatan Patogen	19
4.4 Profil Serangan Penyakit Pinus	20
4.4.1 Status Serangan hawar daun	21
4.4.2 Status Serangan berdasarkan ketinggian tempat	24
4.4.3 Peta Serangan Hawar Daun	24
4.5 Isolasi Trichoderma	24
4.6 Uji Daya Antagonistik Trichoderma	24
BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
5.1 Gejala Serangan Penyakit	29
5.1.1 Gejala hawar daun pinus	29
5.1.2 Gejala Serangan damping off	33
5.2 Hasil Isoalsi Patogen	34
5.2.1 Patogen hawar daun pinus	34
5.2.2 Patogen damping off	36
5.3 Profil Serangan Penyakit Pinus	37
5.3.1 Status Serangan hawar daun	39
5.3.2 Status Serangan berdasarkan ketinggian	

tempat	41
5.3.3 Peta Serangan Hawar Daun	47
5.4 Trichoderma Aensia Hayati Potensial	50
5.5 Uji Daya Antagonistik Trichoderma	51
5.5.1 Uji in vitro	51
5.3.2 Uji in vivo	52
5.6 Mitigasi Dini Serangan Penyakit	55
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	61
6.1 Kesimpulan	61
6.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Skor derajat serangan berdasarkan kriteria gejala hawar daun bibit pinus	22
2. Skor derajat serangan dan kategori kesehatan tegakan berdasarkan kriteria gejala hawar daun tegakan pinus	23
3. Status serangan penyakit hawar daun pada tegakan tegakan	23
4. Pengamatan rerata intensitas gejala serangan penyakit bibit pada beberapa umur	29
5. Deskripsi patogen <i>damping off</i> pada pinus	37
6. Status penyakit hawar daun pinus di wilayah pengelolaan hutan KPH Pasuruan dan KPH Malang (kawasan utama hutan pinus) Perum Perhutani Unit Jawa Timur	40
7. Hasil pengamatan status serangan penyakit bergejala hawar daun pada tanaman/tegakan <i>P. merkusii</i> pada representasi berbagai ketinggian tempat di KPH Pasuruan	42
8. Hasil pengamatan status serangan penyakit bergejala hawar daun pada tanaman/tegakan <i>P. merkusii</i> pada representasi berbagai ketinggian tempat di KPH Malang	43
9. Hasil pengamatan status serangan penyakit bergejala hawar daun pada tanaman/tegakan <i>P. merkusii</i> pada representasi berbagai ketinggian tempat	46
10. Peta serangan hawar daun pinus pada wilayah representasi kawasan hutan pinus di Jawa Timur	47

DAFTAR TABEL

	Halaman
11. Rerata persentase kejadian penyakit hawar daun bibit <i>P. merkusii</i> sebagai respons aplikasi dua isolat <i>Trichoderma</i> sebagai biopestisida dan biofertilizer pada satu bulan setelah inokulasi	53
12. Rerata persentase kejadian penyakit <i>damping off</i> kecambah <i>P. merkusii</i> sebagai respons aplikasi dua isolat <i>Trichoderma</i> di baki perkecambahan pada tiga minggu setelah inokulasi	54

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Rataan mingguan curah hujan rata-rata harian (mm) di area persemaian	11
2. Rataan mingguan durasi sinar matahari mencapai tajuk (%) di area persemaian	12
3. Rataan mingguan kelembaban relatif udara rata-rata harian (%) di persemaian	12
4. Proyeksi tampilan koloni pada uji antagonistik metode <i>dual culture</i>	26
5. Gejala serangan pada bibit <i>P. merkusii</i> ; gejala serangan berat dan kematian bibit (kiri) serta “mosaic” gejala serangan pada bedeng persemaian pinus	30
6. Representasi gejala serangan hawar daun pada tanaman <i>P. merkusii</i> di lapang	31
7. Tegakan pinus yang menunjuk gejala hawar secara masif	32
8. Gejala <i>damping off</i> bibit pinus	33
9. Morfologi, koloni (pada PDA-c), dan miseium (pada tabung rekasi) patogen <i>P. theae</i> yang diisolasi dari daun bergejala hawar	35
10. Koloni dalam cawan petri dan tabung reaksi, serta konidiospora, <i>Trichoderma</i> sp. yang diambil dari Claket, KPH Pasuruan	50
11. Pertumbuhan daya hambat dua isolat <i>Trichoderma</i> sp. terhadap <i>P. theae</i> patogen hawar daun pinus	52
12. Bagan alir tahap kegiatan penelitian yang bertujuan merancang strategi mitigasi dan pengendalian hayati dalam agroforestri berbasis pinus	56

BAB 1

PENDAHULUAN

Pinus merkusii merupakan tanaman penting di Indonesia bukan hanya sebagai penghara kebutuhan industri per kayu dan industri berbasis getah sadapan, tetapi juga berperan dalam fungsi pengendali hidrologis kawasan dan industri ekowisata. Hasil observasi yang dilakukan di berbagai klaster pertanaman pinus di sebagian pulau Jawa menunjukkan adanya kesamaan pola serangan hawar daun dan patogen penyebab penyakit yang relatif sama [1].

Status organisme penyebab penyakit hawar daun pinus dalam dua hingga tiga dekade yang lalu *sebagai* patogen lemah diduga kini sebagai bentuk adaptasi terhadap perubahan iklim berubah secara evolutif menjadi penyebab penyakit berbahaya dengan kisaran wilayah serangan bersifat meluas. Berbagai tindakan silvikultur/agronomis ternyata tidak mampu mencegahnya perkembangan gejala penyakit hawar daun terutama pada bibit *P. Merkusii* [2].

Top soil dari bawah tegakan pinus yang biasa digunakan sebagai komponen media tanam bibit telah menjadi media bagi penyebaran spora *P. theae* ke tempat persemaian [3]. Di samping itu, kemampuan patogen ini menginfeksi gulma dan tanaman pinus dewasa, serta mampu menginfeksi berbagai jenis dan strata pertumbuhan tanaman [4, 5, 6], membuat propagul *P. theae* selalu tersedia dan menjadi ancaman yang serius bagi bibit pinus.

Interaksi antara patogen dan pertanaman *P merkusii* termasuk inang alternatif, serta pengaruh dinamika

perubahan iklim dapat mempengaruhi dan mendorong virulensi patogen dan peningkatan kerentanan tanaman yang diwujudkan dalam suatu fakta adanya peningkatan intensitas dan luas serangan hawar daun bibit pinus. Berdasarkan karakter patogenesis *P. theae* [7] dan karakter epidemiologinya [3], maka "outbreak" penyakit hawar daun pinus merupakan suatu kenisayaan yang dapat menghancurkan sistem penyiapan permudaan *P. merkusii*, yang berarti merupakan ancaman serius bagi kelangsungan dan kelestarian hutan pinus di Jawa Timur dan sekitarnya pada khususnya serta di hutan pinus lainnya di Indonesia.

Saat ini dalam rangka mewujudkan dan meningkatkan ketahanan pangan, maka intensifikasi budidaya tanaman pertanian tidaklah memadai. Di Indonesia dari 191,09 juta Ha lahan pertanian sebesar 67,2% adalah lahan kering serta terdapat 12,01 juta hektare tegal atau kebun yang kurang produktif dan 11,7 juta hektare lahan tidur yang belum dimanfaatkan [8]. Namun demikian ekstensifikasi atau pembukaan lahan bagi pengembangan pertanian pangan bukan hal yang mudah. Selain dihadapi oleh masalah status lahan juga karena berbagai tantangan dalam usaha pertanian lahan kering di antaranya adalah: kemasaman atau pH tanah yang rendah, kapasitas tukar kation yang rendah, kekahatan P, cekaman air [9].

Pemanfaatan lahan perkebunan dan lahan hutan yang didominasi oleh pohon dan tegakan untuk pengembangan pertanian pangan adalah dengan mengimplementasikan berbagai variasi teknologi agroforestri. Persoalan yang

muncul pada sistem agroforestri dengan tanaman pokok memiliki tajuk yang menaungi tanaman di bawahnya adalah intensitas sinar matahari yang rendah. Untuk mengatasi cekaman naungan, maka berbagai penelitian telah yang bertujuan menghasilkan tanaman pangan tahan naungan.

Sistem agroforestri berbasis pinus akan menguntungkan bagi upaya peningkatan produktivitas lahan jika pertanaman pinus dalam kondisi sehat. Hutan pinus di Jawa Timur berperan penting dalam pengaturan hidrologi kawasan [11] dan menjadi penyangga kehidupan masyarakat baik di bagian hulu maupun hilir. Idealnya produksi tanaman pangan terjaga namun produktivitas pertanaman pinus juga tetap optimal. Pada wilayah yang saat ini merupakan kawasan hutan pinus sudah dimaklumi memiliki manfaat yang sangat besar bagi keajegan: produksi kayu, produksi getah-getahan penghara berbagai industri, penghasil dan penopang industri wisata alam, serta pendukung utama terciptanya sistem hidrologis hutan yang menjamin ketersediaan air bagi kehidupan manusia.

Salah satu pengancam kelestarian hutan pinus adalah gangguan patogen penyebab penyakit. Bibit yang gagal diproduksi akan menyebabkan kegagalan penanaman kembali pinus yang ditebang karena sudah melewati umur daur. Tanaman muda dan tegakan pinus yang selalu mendapat tekanan penyakit akan dapat mengancam eksistensi dan kelestarian hutan pinus di Jawa. Bibit dan tanaman pinus yang terinfeksi penyakit juga akan menjadi

menghasilkan propagul infeksi yang dapat menyerang dan merusak tanaman pertanian di dalam sistem agroforestri dan/atau pada tanaman pertanian di sekitar kawasan hutan pinus.

Dengan pertimbangan bahwa dalam 2-3 dasawarsa terakhir telah terjadi fluktuasi iklim yang ekstrim, maka tentunya akan berdampak pada kehidupan organisme termasuk penurunan ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan dan sebaliknya berdampak pada peningkatan virulensi patogen.

Untuk itu perlu dipelajari secara seksama dampak perubahan iklim terhadap kehidupan organisme. Hawar daun pinus misalnya sebelum tahun 1990-an dianggap patogen minor, tetapi awal 2000-an di Jawa Barat dan Jawa Tengah menimbulkan gangguan berat pada kesehatan bibit tanaman dan menghasilkan propagul infeksi ketika menyerang tanaman dewasa atau tegakan [1]. Saat ini perlu dievaluasi status serangan penyakit ini khususnya di Jawa Timur dan lebih spesifik di kawasan utamanya hutan pinus di mana di dalamnya telah dikembangkan sistem agroforestri yang berbasis pada tumpang sari pinus dan tanaman hortikultur strategis.

Di lain pihak, saat ini penggunaan pestisida seringkali tidak efektif mencegah kerusakan dan penyebaran penyakit. Kesadaran yang mulai meningkat di kalangan konsumen sayuran dan produk pangan, maka berbagai upaya untuk mensubstitusi pestisida merupakan tantangan yang memerlukan jawaban sesegera mungkin.

Pemanfaatan *Trichoderma* yang diambil dari lahan hutan merupakan salah satu harapan bagi upaya pengembangan agroforestri yang sehat tanpa pestisida kimia. Saat ini banyak penelitian pemanfaatan *Trichoderma*, namun sebagian terbesar pada ranah komodiats pertanian. Untuk itu perlu lebih ditumbuh-kembangkan penelitian pemanfaatan *Trichoderma* untuk dapat memberikan sumbangan bagi penciptaan agroforestri yang sehat.

Penelitian pemanfaatan *Trichoderma* untuk pengendalian *damping off* pada fase perkecambahan pinus telah terkonfirmasi [12] dan menunjukkan prospek yang menjanjikan pada tahap implementasinya. Sementara itu telah dilakukan pula pengujian potensi fungsi *Trichoderma* yang bersifat *soil borne* sebagai agen biokontrol dalam ranah *air borne* agar mampu mengatasi gangguan penyakit busuk lada bukan hanya di dalam tanah dan di pangkal batang tetapi lebih tinggi lagi mendekati tajuk [13]. *Trichoderma* sp yang berasal dari lahan hutan ternyata juga menunjukkan kemampuannya sebagai agensia pengendali hayati di permukaan daun bibit kakao [14].

Dengan berbagai pertimbangan nilai pentingnya fungsi efektif dan potensi ancaman patogen di area hutan pinus, maka sangat diperlukan penelitian komprehensif yang bersifat menguji kinerjanya dalam melindungi kesehatan tanaman pinus sekaligus tanaman hortikultur strategis yang biasa dikembangkan di kawasan hutan pinus.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran tentang prospek pengendalian penyakit utama pinus yang meliputi:

- a. Mengetahui dan mendeskripsikan gejala penyakit pinus terutama hawar daun dan *damping off* di kawasan hutan pinus Jawa Timur;
- b. Mengetahui dan mendeskripsikan patogen penyakit pinus terutama hawar daun dan *damping off* di kawasan hutan pinus Jawa Timur;
- c. Mengetahui penyebaran penyakit hawar daun bibit dan tajuk tegakan pinus di Jawa Timur;
- d. Mengetahui daya hambat *Trichoderma* yang diisolasi dari area persemaian baik secara *in vitro* dan *in vivo* terhadap patogen utama penyakit pinus;
- e. Menjelaskan strategi mitigasi dini serangan penyakit pinus di Jawa Timur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sutarman. 2017. The impact controlling of the increasing plant pathogens virulence to prevents environmental degradation, In: In'am A, Latipun, Hiley H, Musa MZ, Bantala DS, & Batre NM (eds.), Proceedings 4th International Conference the Community Development in ASEAN, 21-23 March 2017, pp. 789-803. Royal Academy of Cambodia,

Russian Federation Blvd, Pochentong Phnom Penh
Cambodia

- [2] Sutarman, Achmad, & Hadi S. 2001. Penyakit hawar daun bibit *Pinus merkusii* di pesemaian. Agritek 9: 1419-1427
- [3] Sutarman, S. Hadi, A. Saefuddin, Achmad, & A. Suryani. 2004. Epidemiologi hawar daun bibit *Pinus merkusii* yang disebabkan oleh *Pestalotia theae*. J. Manajemen Hutan Tropika 10 (1): 43-60
- [4] Canon P. 1997. Report on fungi from diseased Acacia samples examined at Institute of Horticultural Development, Knoxfield Victoria. Hlm. 108-113 *dalam* Proceedings of an International Workshops held at Subanjeriji (South Sumatra); Subanjeriji; 28 April - 3 May 1996. Old KM, See LS, Sharma JK (peny.). Bogor: Cifor Special Publication
- [5] Old KM. 1997. Diseases of tropical acacias in Torthern Queensland. Hlm. 1-22 *dalam* Proceedings of an International Workshop held at Subanjeriji (South Sumatra); Subanjeriji; 28 April - 3 May 1996
- [6] Sharma JK & Florence EJM. 1997. Fungal pathogens as a potential threat to tropical acacias: case study of India. Hlm. 70-107 *dalam* Proceedings of an International Workshop held at Subanjeriji (South Sumatra); Subanjeriji; 28 April - 3 May 1996. Old KM, See LS, Sharma JK (peny.). Bogor: Cifor Special Publication
- [7] Sutarman, S. Hadi, A. Suryani, Achmad, & A. Saefuddin. 2004. Patogenesis hawar daun bibit *Pinus merkusii* yang disebabkan oleh *Pestalotia theae* di pesemaian. J. Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika 4(1): 32-41
- [8] Yulida M. 2016. Ini Jurusan Kementan dan FAO Agar Lahan Kering Bisa Digarap Petani. <https://finance.detik.com/ekonomi-bisnis/3364375/ini-jurus-kementan-dan-fao-agar-lahan-kering-bisa-digarap-petan>. Diakses 2 Mei 2017

- [9] Katadata. 2017. Pemanfaatan 36,8 juta hektare lahan pertanian belum maksimal. <http://katadata.co.id/berita/2016/12/07/jokowi-pemanfaatan-368-juta-hektare-lahan-pertanian-belum-maksimal>. Diakses 22 April 2017
- [10] Sukarno A., Hardiyanto E.B., Marsoem S.N., & Na'iem M. 2013. Correlation of drill size differences on resin production of *Pinus merkusii* Jungh Et De Vriese. *J-PAL* 4 (1): 38-42
- [11] Pemprov Jawa Timur. 2005. Peraturan Daerah Propinsi Jawa Timur Nomor 6 Tahun 2005 tentang Penertiban dan Pengendalian Hutan Produksi di Propinsi Jawa Timur
- [12] Achmad, S. Hadi, EG Sa'id, B. Satiawihardja, MK Kardin, & Harran S. 1999. The potential use of two species of *Trichoderma* for the biological control of damping-off on *Pinus merkusii*. Hal. 103-107 dalam Proceedings of Manila Workshop. RE De la Cruz, M Follosco, K Ishii (peny.). Manila, Philippines BIIO-REFOR/IUFRO/SPDC
- [13] Ginting C dan Maryono T. 2012. Penurunan keparahan penyakit busuk pangkal batang pada lada akibat aplikasi bahan organik dan *Trichoderma harzianum*. *J. HPT Tropika* 12:162-168
- [14] Nurudin MJ & Sutarman. 2014. Potensi *Trichoderma* sp. sebagai penegndali *Phytophthora palmivora* penyebab hawar daun bibit kakao. *J. Nabatia* 11 (1):21-28
- [15] Achmad, S Hadi, S Harran, EG Sa'id, B Satiawihardja, & Kardin MK. 1997. Biochemical Defence Of *Pinus merkusii* Seedlings Against Damping-Off Pathogens. Hal. 237-240 dalam Proceedings of Brisbane Workshop. J Kikkawa, P Dart, D Doley, K Ishii, D Lamb, K Suzuki (peny.). Brisbane, Australia BIIO-REFOR/IUFRO/SPDC
- [16] Rahayu, S. 2000. Potensi ektomikoriza dalam menurunkan intensitas penyakit busuk akar dan kering pucuk pada semai *Pinus merkusii*. Hlm. 147-153 dalam Prosiding Hasil Seminar Nasional

- Mikoriza I; Bogor; 15-16 November 1999. Anonim (peny.). Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan. Bogor
- [17] Bailey MJ & Pessa E. 1990. Strain and process for production of polygalacturonase. *Enzyme Microb. Technol.* 12: 266-271
- [18] Huber L & Gillespie TJ. 1992. Modelling leaf wetness in relation to plant disease epidemiology. *Annu. Rev. Phytopathol.* 30: 553-577
- [19] Abbas HK, Egley GH, & Paul RN. 1995. Effect of conidia production temperature on germination and infectivity of *Alternaria helianthi*. *Phytopathology* 85: 677-682
- [20] DeVallavieille-Pope C, Huber L, Leconte M, & Goyeau H. 1995. Comparative effects of temperature and interrupted wet periods on germination, penetration, and infection of *Puccinia recondita* f. sp. tritici and *P. striiformis* on wheat seedlings. *Phytopathology* 85: 409-415
- [21] Gilles T, Fitt BD dan Jeger MJ. 2001. Effect of environmental factors on development of *Pyrenopeziza brassicae* (light leaf spot) apothecia on oilseed rape debris. *Phytopathology* 91: 392-398
- [22] Agrios GN. 1997. Plant pathology. Edisi ke-4. Academic Press. San Diego
- [23] Dix NJ dan Webster J. 1995. Fungal ecology. Chapman & Hall. London
- [24] Sutarman, Hadi S, Achmad, Suryani, A & Saefuddin A. 2004. Sumber inokulum patogen hawar daun bibit *Pinus merkusii* di pesemaian. *J. Nabatia* 1 (2): 267-77
- [25] Sulistyowati L, NL Hamidah, & S. Djauhari. 1999. Pengaruh jenis dan masa peram ekstrak kompos pada aplikasi *Trichoderma* spp. untuk pengendalian penyakit bercak daun apel (*Marssoninna soronaria*). *J. Agritek* 7 (1): 8-15.

- [26] Harman GE, Howel CR, Viterbo A, Chet I, & Lorito M. 2004. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts, *Nature Reviews, Microbiol.* 2:43-56
- [27] Ginting C & Maryono T. 2011. Efektivitas *Trichoderma* spp. dengan bahan organik dalam pengendalian penyakit busuk pangkal batang lada. *J. HPT Tropika* 11:147-156
- [28] Howell CR. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. *Plant Dis.* 87, 4-10
- [29] Verma M, Brar SK, Tyagi RD, Surampalli RY, & Valero JR. 2007. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: panoply of biological control. *Biochemistry Engineering Journal* 37, 1-20
- [30] Benítez T, Rincón AM, Limón MC, & Codon A. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *Int. Microbiol.* 7 (4), 249-260
- [31] Harman GE. 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 96, 190-194
- [32] Vinale F, Sivasithamparam K, Ghisalberti EL, Marra R, Barbetti MJ, Li H, Woo SL, & Lorito M. 2008. A novel role for *Trichoderma* secondary metabolites in the interactions with plants. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 72, 80-86
- [33] Gravel V, Antoun H, & Tweddell RJ. 2007. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: possible role of indole acetic acid (IAA). *Soil Biol. Biochem.* 39, 1968-1977
- [34] Srivastava R., Khalid A, Singh US, & Sharma AK. 2010. Evaluation of arbuscular mycorrhizal fungus, fluorescent *Pseudomonas* and *Trichoderma harzianum* formulation against *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici for the management of tomato wilt. *Biological Control* 55, 24-31
- [35] Vargas Gil S, Pastorb S, & Marcha GJ. 2009. Quantitative isolation of biocontrol agents *Trichoderma* spp. *Gliocladium* spp. and

- Actinomycetes from soil with culture media. *Microbiol. Res.* 164, 196–205
- [36] Sutarman & Prihartiningrum AE. 2015. Penyakit hawar daun Pinus merkusii di berbagai persemaian kawasan utama hutan pinus Jawa Timur. *J. HPT Tropika* 15 (1): 44-52
- [37] Ginting C. 1997. Screening for fungal biocontrol agents against *Phytophthora capsici* Leonian (*P. Palmivora* MF4) causing root rot on black pepper. Hlm, 406-410 *dalam* Prosiding Kongres dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. Kusuma SSH (peny.), 27-28 Oktober 1997. Palembang
- [38] Guba EF. 1961. Monograph of *Monochaetia* and *Pestalotia*. Harvard Univ. Press. Massachusetts
- [39] Achmad, S Hadi, EN Herliyana, & A Setiawan. 1999. Patogenisitas *Rhizoctonia solani* Pada Semai *Pinus merkusii* dan *Acasia mangium*. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* 1 (1-2): 10-17
- [40] Sumardiyono C, Wibowo A, & Suryanti. 2007. Pengendalian penyakit layu pisang dengan *Fusarium* nonpatogenik dan *Fluorescent Pseudomonads*. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indoneia*, 13 (2): 142-150
- [41] Fadhillah S, Wiyono S & Surahman, M. 2014. Pengembangan teknik deteksi *Fusarium* patogen pada umbi benih bawang merah (*Allium ascalonicum*) di laboratorium. *J. Hort.* 24(2):171-178
- [42] Noveriza R, Tombe, Rialdy H, & Manohara D. 2005. Aplikasi *Fusarium oxysporum* non patogenik (FoNP) untuk menginduksi ketahanan bibit lada terhadap *Phytophthora capsici* L. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*, 16 (1): 1-11
- [43] Isniah US & Widodo. 2015. Eksplorasi *Fusarium* nonpatogen untuk pengendalian penyakit busuk pangkal pada bawang merah. *J Fitopatol Indones*, 11 (1): 14-22

- [44] Dayana Amira R, Roshanida AR, Rosli MI, Zahrah SFMF, Anuar MJ, & Adha NCM. 2012. Bioconversion of empty fruit bunch (EFB) and palm oil mill effluent (POME) into compost using *Trichoderma virens*. *African Journal of Biotechnology* 10, 18775-18780
- [45] Yedidiaa I, Benhamoub N, Kapulnikc Y, & Cheta I. 2000. Induction and accumulation of PR proteins activity during early stages of root colonization by the mycoparasite *Trichoderma harzianum* strain T-203. *Plant Physiology and Biochemistry* 38 (11): 863–873
- [46] Al-Taweil HI, Osman MB, Aidil AH, & Wan-Yussof WM. 2009. Optimizing of *Trichoderma viride* cultivation in submerged state fermentation. *Am. J. Appl. Sci.* 6, 1277–1281
- [47] Chowdappa P, Kumar SPM, Lakshmi MJ, & Upreti KK. 2013. Growth stimulation and induction of systemic resistance in tomato against early and late blight by *Bacillus subtilis* OTPB1 or *Trichoderma harzianum* OTPB3. *Biol. Control* 65, 109–117
- [48] Rodriguez HG, Maiti R, & Kumari CA. 2016. Biodiversity of leaf traits in woody plant species in Northeastern Mexico: A Synthesis. *Forest Res* 5: 169. doi:10.4172/2168-9776.1000169
- [49] AlAskar AA & Rashad YM. 2010. Arbuscular mycorrhizal fungi: a biocontrol agent against common bean *Fusarium* root rot disease. *Plant Pathol. J.* 9, 31–38
- [50] Dubey SC, Suresha M, & Singha B. 2007. Evaluation of *Trichoderma* species against *Fusarium oxysporum* f. sp. ciceris for integrated management of chickpea wilt. *Biol. Control* 40, 118–127
- [51] Saravanakumar K, Yu C, Dou K, Wang M, Li Y, & Chen J. 2016. Synergistic effect of *Trichoderma*-derived antifungal metabolites and cell wall degrading enzymes on enhanced biocontrol of *Fusarium oxysporum* f. sp. cucumerinum. *Biological Control* 94 (2016) 37–46

- [52] Gerbore J, Benhamou N, Vallance J, Le Floch G, Grizard D, Regnault-Roger C, & Rey P. 2014. Biological control of plant pathogens: advantages and limitations seen through the case study of *Pythium oligandrum*. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 21, 4847–4860.)
- [53] Buysens C, César V, Ferrais F, De Boulois HD, & Declerck S. 2016. Inoculation of *Medicago sativa* cover crop with *Rhizophagus irregularis* and *Trichoderma harzianum* increases the yield of subsequently-grown potato under low nutrient conditions. *Applied Soil Ecology* 105,137–143
- [54] Hu X, Roberts DP, Xie L, Yu C, Li Y, Qin L, Hu L, Zhang Y, & Liao X. 2016. Use of formulated *Trichoderma* sp. Tri-1 in combination with reduced rates of chemical pesticide for control of *Sclerotinia sclerotiorum* on oilseed rape. *Crop Protection* 79, 124-127
- [55] Youssef SA, Tartoura KA, & Abdelraouf GA. 2016. Evaluation of *Trichoderma harzianum* and *Serratia proteamaculans* effect on disease suppression, stimulation of ROS-scavenging enzymes and improving tomato growth infected by *Rhizoctonia solani*. *Biological Control* 100, 79–86
- [56] Alguacil MM, Torrecillas E, García-Orenes F, & Roldán A. 2014. Changes in the composition and diversity of AMF communities mediated by management practices in a Mediterranean soil are related with increases in soil biological activity. *Soil Biol. Biochem.* 76, 34–44
- [57] Van der Heijden MG, Streitwolf-Engel R, Riedl R, Siegrist S, Neudecker A, Ineichen K, Boller T, Wiemken A, & Sanders IR. 2006. The mycorrhizal contribution to plant productivity, plant nutrition and soil structure in experimental grassland. *New Phytologist* 172, 739-752

- [58] Sutarman. 1997. Effect of compost to intensity of mychorryzal infection on the roots of *Pinus merkusii*. *J. Agritek* 5 (2): 79-90
- [59] Widyati E., Irianto R.S.B., Santosa S., Najmullah, & Sutarman. 2001. The impact of carbofuran environmental insecticide against fungi ectomychorryzal *Pisolithus arrizus* and *Schleroderma columnare* inoculated on seedlings of *Pinus merkusii* Jung et de Vries. *J. Agritek* 9 (3): 1178—1182
- [60] Heinemeyer A, Hartley IP, Evans SP, Carreira De La Fuente JA, & Ineson P. 2007. Forest soil CO₂ flux: uncovering the contribution and environmental responses of ectomycorrhizas. *Glob. Change Biol.* 13, 1786–1797. doi:<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01383.x>
- [61] Barea JM, Palenzuela J, Cornejo P, Sánchez-Castro I, Navarro-Fernández C, López-García A, Estrada B, Azcón R, Ferrol N. & Azcón-Aguilar C. 2011. Ecological and functional roles of mycorrhizas in semi-arid ecosystems of Southeast Spain. *J. Arid Environ.* 75, 1292–1301.