

Pengendalian Kapang Patogen Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) Menggunakan Konsorsium Kapang Tanah (*Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* spp.)

Control of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Pathogen Mold Using Consortium Soil Molds (*Trichoderma* spp. and *Aspergillus* sp.)

Desak Ketut Tristiana Sukmadewi¹, Isna Arofatum Nikmah^{2*}

¹ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Warmadewa, Jln. Terompong No 24, Denpasar 80239, Bali, Indonesia

² Program Studi Biologi, Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Kampus Universitas Pertahanan, Sentul, Bogor 16810, Jawa Barat, Indonesia

*Corresponding author : isna.nikmah@idu.ac.id

ABSTRACT

Cocoa (Theobroma cacao L.) is one of the commodity which play an important role for the national economy, especially as source of foreign exchange through exports. However, the development and production of cocoa in some areas was inhibited by the presence of the pod rot disease, caused by Phytophthora palmivora (P. palmivora). This study aimed to evaluate the effectiveness of the Trichoderma spp. and Aspergillus sp. consortium against P. palmivora. This research consisted of four main works: isolation of pathogenic molds; isolation of Trichoderma spp. and Aspergillus sp.; identification of pathogenic and antagonist molds; In Vitro Antagonism tested, consisted of (1) Trichoderma spp. (2) Aspergillus spp., (3) Trichoderma spp. and Aspergillus sp. consortium against pathogenic molds. The result showed that dual culture consortium of Trichoderma spp. and Aspergillus sp. effectively inhibits the growth of pathogenic fungi about 73.08%. When the consortium is inoculated first, the inhibition percentage is 100%. It indicated that the time of inoculation greatly affects the effectiveness of the Trichoderma spp. and Aspergillus sp. consortium.

Keywords: Antagonist mold, Cocoa, Consortium, Pathogen

ABSTRAK

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas yang memiliki peranan penting bagi perekonomian nasional, terutama sebagai sumber devisa negara melalui ekspor. Namun perkembangan dan produksi kakao di beberapa daerah terhambat oleh adanya penyakit busuk buah yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora* (*P. palmivora*). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas konsorsium *Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* sp. terhadap *P. palmivora*. Penelitian ini terdiri dari empat pekerjaan utama: isolasi kapang patogen; isolasi *Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* sp.; identifikasi jamur patogen dan antagonis; Uji antagonisme in vitro, terdiri dari (1) *Trichoderma* spp. (2) *Aspergillus* spp., (3) *Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* sp. consortium terhadap jamur patogen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsorsium kultur ganda *Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* sp. efektif menghambat pertumbuhan jamur patogen sekitar 73,08%. Ketika konsorsium diinokulasi terlebih dahulu, persentase penghambatannya adalah 100%. Hal ini menunjukkan bahwa waktu inokulasi sangat mempengaruhi efektivitas konsorsium *Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* sp..

Kata kunci: Jamur Antagonis, Kakao, Konsorsium, Patogen

PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang peranannya penting bagi perekonomian nasional, khususnya sebagai penyedia lapangan kerja, sumber pendapatan dan devisa negara. Kakao juga berperan dalam mendorong pengembangan wilayah dan pengembangan agroindustri. Indonesia merupakan negara pengekspor biji kakao terbesar ke-5 di dunia, yang sebelumnya pernah menempati posisi ke-3 (Kindangen *et al.*, 2017).

Produktivitas biji kakao di Indonesia rata-rata mencapai 742 kg/ha pada tahun 2019 sedangkan potensi produksinya dapat melebihi 1,5ton/ha (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2019). Peningkatan produksi menjadi faktor penting yang perlu diperhatikan karena permintaan biji kakao di dunia kian meningkat. Kualitas wajib menjadi perhatian seiring dengan tuntutan pasar dunia yang semakin memperhatikan mutu. Pengembangan tanaman kakao perlu diprioritaskan ke depannya untuk menghasilkan produk biji kakao yang bermutu tinggi, sehingga meningkatkan pendapatan masyarakat (Manalu *et al.*, 2018).

Peningkatan produktivitas tanaman kakao salah satunya dapat dilakukan melalui optimalisasi perawatan kakao dan penanganan pasca panen yang tepat. Perawatan meliputi kegiatan pemeliharaan semua aspek pertumbuhan tanaman kakao mulai dari periode belum menghasilkan hingga periode tanaman menghasilkan. Perawatan dilakukan untuk memastikan tanaman tetap dapat berproduksi secara ekonomis. Perawatan yang kurang optimal dapat menurunkan produktivitas tanaman kakao (Asare dan David, 2011).

Pengembangan produktivitas kakao secara luas masih menghadapi hambatan antara lain oleh adanya serangan hama dan penyakit. Beberapa

jenis penyakit dapat menyerang tanaman kakao yang diakibatkan oleh kapang patogen. Kapang patogen tersebut dapat menyebabkan beberapa penyakit yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. Contoh penyakit yang disebabkan oleh kapang patogen antara lain penyakit busuk buah, penyakit pembuluh kayu, dan busuk daun pada tanaman kakao. Penyakit pembuluh kayu dapat mengakibatkan kematian kakao pada saat pembibitan. Penyakit busuk buah dan kanker batang yang disebabkan oleh kapang *Phytophthora palmivora* (*P. palmivora*) merupakan penyakit utama kakao, karena mengakibatkan penurunan kuantitas dan kualitas hasil, yang merugikan secara ekonomi. Serangan *P. palmivora* dapat menurunkan hampir 50% dari produksi kakao di seluruh dunia (Sriwati *et al.*, 2012; Hakkar *et al.*, 2014). Berdasarkan hal tersebut diperlukan pengendalian kapang patogen yang efektif, efisien dan ramah lingkungan. Salah satunya adalah dengan agen pengendali hayati. Pengendalian biologi (hayati) menunjukkan alternatif pengendalian yang dapat dilakukan tanpa harus memberikan pengaruh negatif terhadap lingkungan dan sekitarnya, salah satunya adalah dengan pemanfaatanagen hayati Kapang. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kapang *Trichoderma*, seperti *Trichoderma viridae* dapat menghambat pertumbuhan *P. palmivora* sampai 68,60% serta mampu menurunkan infeksi *P. palmivora* pada benih kakao di rumah kaca. Aplikasi agen hayati pada benih kakao sebelum diinokulasi patogen mampu melindungi 60% benih kakao dari infeksi patogen, sedangkan yang diaplikasikan 3 hari setelah inokulasi patogen hanya mampu melindungi benih kakao 47,50% (Samsudin *et al.*, 2018).

Berdasarkan penelitian lain menunjukkan *Trichoderma* sp., *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* dan

Aspergillus spp. merupakan jenis kapang endofit yang mempunyai daya hambat lebih dari 80% terhadap *P. palmivora*. *Aspergillus flavus* adalah jenis kapang yang mampu mengendalikan patogen *P. palmivora* dengan persentase daya hambat hingga mencapai angka 95%. Kapang *Aspergillus* sp. juga efektif menghambat pertumbuhan jamur *P. palmivora* (Indrawangsa *et al.*, 2017).

METODE

Isolasi Kapang Patogen

Sampel tanaman diambil berdasarkan metode *search sampling* yaitu dengan cara mengamati langsung bagian tanaman kakao yang terserang penyakit diisolasi dari tanaman kakao. Bagian yang terserang penyakit dinokulasi dengan cara dibersihkan terlebih dahulu bagian tersebut secara keseluruhan menggunakan desinfektan, kemudian dibilas dengan akuades steril. Jaringan yang terinfeksi dan berbatasan dengan jaringan sehat dipotong dengan ukuran 1cm x 1cm selanjutnya ditanam pada medium PDA, diinkubasi selama 3 x 24 jam. Setelah tumbuh miselium pada medium *potato dextrose agar* (PDA), dilanjutkan dengan pemurnian pada medium PDA yang baru. Selanjutnya diidentifikasi berdasarkan kriteria pengamatan morfologi koloni pada medium PDA dan pengamatan dengan menggunakan mikroskop (Harni *et al.*, 2016).

Isolasi Kapang *Trichoderma* spp dan *Aspergillus* sp.

Sampel tanah untuk isolasi kapang *Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* spp. diambil menggunakan metode *search sampling* yaitu diambil dari tanah yang ditanami tanaman kakao yang terserang kapang patogen. Sampel tanah diambil dengan menggunakan bor tanah pada kedalaman 0-10 cm dari permukaan tanah. Kapang tanah kemudian

Berdasarkan hal tersebut akan dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menguji konsorsium *Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* sp. dalam mengendalikan kapang patogen pada tanaman kakao. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas konsorsium *Trichoderma* spp dan *Aspergillus* sp. terhadap pertumbuhan kapang patogen pada tanaman kakao.

dimasukkan dalam kantong plastik untuk selanjutnya dibawa ke laboratorium. Sampel diisolasi dengan menggunakan metode pengenceran (*dilution method*) (Verma *et al.*, 2017; Oyesola *et al.*, 2020). Sampel tanah diambil sebanyak 25 g dengan cara ditimbang menggunakan timbangan digital dan disuspensikan ke dalam 225 mL akuades steril pada labu erlenmeyer untuk selanjutnya dilakukan seri pengenceran 10^{-5} . Suspensi sampel pada setiap tingkat pengenceran diambil 0,1 mL dan dinokulasikan ke dalam cawan petri steril untuk *dipour plate*. Masing-masing cawan yang berisi suspensi sampel tersebut dituangi dengan medium (PDA) yang mengandung 50 mg/L terramycin (Verma *et al.*, 2017; Oyesola *et al.*, 2020). Biakan kemudian diinkubasi pada suhu 25 °C selama tujuh hari. Isolat kapang yang didapatkan selanjutnya dimurnikan dengan teknik monospora.

Identifikasi Kapang Patogen, *Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* spp.

Isolat kapang yang sudah murni digunakan untuk uji antagonis dan identifikasi berdasarkan karakter fenotip. Dalam melakukan identifikasi digunakan empat isolat acuan yaitu *Trichoderma* sp., *Aspergillus niger*, *Phytium* sp., dan *Phythophthora* sp. Kapang patogen, *Trichoderma* sp. dan *Aspergillus* sp. diidentifikasi berdasarkan 114 karakter fenotip yang diamati secara makroskopis dan mikroskopis. Karakter morfologi koloni isolat yang diamati secara

makroskopis meliputi diameter, bentuk, tepi, permukaan dan pigmentasi, struktur, pertumbuhan, garis radial koloni. Karakter kapang yang diamati secara mikroskopis meliputi struktur hifa, bentukkonia, konidiofor, sporangium, sporangiofor, klamidiosfor, sitoplasma, struktur koloni, philiades, vesikula, struktur reproduksi. Karakter-karakter dari isolat kapang pathogen, kapang *Trichoderma* sp. dan kapang *Aspergillus* sp. dianalisis secara numerik menggunakan program NTSYS untuk mengetahui nilai similaritas fenotip. Nilai silmilaritas ditentukan dengan *simple matching method* (SSM) menggunakan persamaan 1 (Nugrahani *et al.*, 2012).

$$SSM = \frac{(a + d)}{(a + b + c + d)} \times 100\%$$

Keterangan.

- a = jumlah karakter yang (+) untuk kedua isolat;
- b = jumlah karakter yang (+) untuk isolat pertama dan (-) untuk isolat kedua;
- c = jumlah karakter yang (-) untuk isolat yang pertama dan (+) untuk isolat yang kedua;
- d = jumlah karakter yang (-) untuk kedua isolat

Uji Antagonis *Trichoderma* spp., *Aspergillus* sp., serta Konsorsium *Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* sp. terhadap Kapang Patogen Secara *in vitro*

Percobaan untuk uji antagonisme atau penghambatan kapang *Trichoderma* spp., *Aspergillus* sp., serta konsorsium *Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* sp. terhadap kapang patogen menggunakan rancangan acak kelompok faktorial dengan tiga ulangan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan Anova atau uji ragam dengan signifikansi 5%. Data diolah menggunakan program SPSS. Kombinasi perlakuan pada

percobaan tersebut adalah jenis kapang antagonis dan waktu penginokulasian kapang. Jenis kapang antagonisnya adalah *Trichoderma* spp., *Aspergillus* sp., serta konsorsium *Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* sp. Kombinasi waktu penginokulasian kapang yaitu (a) inokulasi kapang antagonis (*Trichoderma* spp.) dilakukan bersamaan dengan inokulasi kapang patogen; (b) inokulasi kapang antagonis terlebih dahulu (48 jam) kemudian diinokulasikan kapang patogen; (c) inokulasi kapang patogen terlebih dahulu (48 jam) kemudian diinokulasikan kapang antagonis. Parameter yang diamati yaitu persentase penghambatan kapang *Trichoderma* spp., kapang *Aspergillus* ssp. serta konsorsium kedua kapang tersebut terhadap pertumbuhan kapang patogen. Uji penghambatan kapang patogen oleh *Trichoderma* atau *Aspergillus*. serta konsorsium keduanya dilakukan dengan mengacu pada metode dua biakan /*dual culture method* (Dwiastuti *et al.*, 2015; Verma *et al.*, 2017).

Isolat kapang patogen maupun isolat *Trichoderma*, *Aspergillus* serta konsorsium, dilubangi dengan menggunakan pelubang gabus atau *corc borrer* dimana pelubangan dilakukan dalam satu baris lingkaran. Hasil cuplikan masing-masing isolat tersebut diinokulasikan pada medium PDA dengan jarak 3 cm pada cawan petri sesuai dengan kombinasi perlakuan. Biakan diinkubasi selama 5-7 hari pada suhu 28 °C. Koloni kapang patogen yang tumbuh diukur jarak pertumbuhan koloninya (diameter) pada biakan dengan adanya *Trichoderma* spp., *Aspergillus* sp. serta konsorsium keduanya dibandingkan dengan biakan kontrol yaitu tanpa *Trichoderma* spp., *Aspergillus* sp. serta tanpa kombinasi keduanya pada cawan yang diinokulasi kapang patogen. Persentase penghambatan dihitung dengan menggunakan persamaan 2 (Lone *et al.*, 2012; Sonawane *et al.*, 2015).

$$P = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

R1 = jarak pertumbuhan kapang patogen pada kontrol
 R2 = jarak pertumbuhan kapang patogen yang diinokulasi dengan kapang antagonis

Keterangan:

P = persentase penghambatan kapang antagonis terhadap kapang patogen

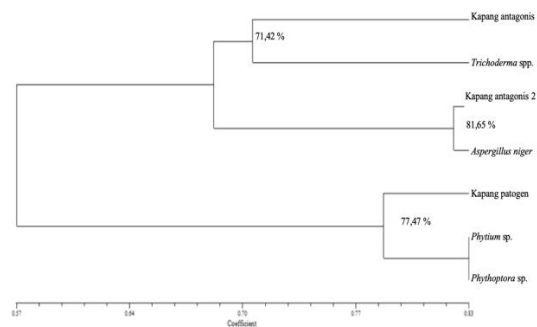
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Isolasi dan Identifikasi Kapang Patogen, *Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* sp.

Dari hasil isolasi didapatkan tiga isolat yang berdasarkan pengamatan awal makrokosmos fenotipnya memiliki kesamaan dengan kapang patogen dan kapang antagonis yaitu isolat patogen (diduga kapang patogen), isolat antagonis 1 (diduga *Trichoderma* spp.) dan isolat antagonis 2 (diduga *Apergillus* sp.).

Berdasarkan uji NTSYS Gambar 1. menunjukkan bahwa isolat acuan *Trichoderma* spp. memiliki tingkat similaritas 71,42 % dengan isolat

antagonis 1. Hal ini menunjukkan tingkat kesamaan dalam satu genus . Isolat acuan *Aspergillus niger* menunjukkan tingkat similaritas 81,65 % dengan isolat antagonis 2. Hal ini menunjukan tingkat kesamaan dalam satu spesies. Isolat patogen dengan acuan *phytium* sp. dan *Phytophthora* sp. menunjukkan tingkat similaritas 77,47 %.Tingkat similaritas 77,47 % menunjukkan tingkat kesamaan dalam satu genus.



Gambar 1. Dendogram similaritas kapang patogen dengan kapang antagonis

Uji Antagonis *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp., serta Konsorsium *Trichoderma* sp. dan *Aspergillus* sp. terhadap Kapang Patogen Secara *in vitro*

Berdasarkan uji antagonis yang telah dilakukan pada perlakuan waktu inokulasi yang sama namun jenis kapangnya yang berbeda didapatkan hasil

pada waktu inokulasi bersamaan persentase penghambatan antar kapang *Trichoderma* spp. VS patogen, *Aspergillus* sp. VS patogenserta patogen VS konsorsium menunjukkan penghambatan yang memiliki beda nyata. Penghambatan tertinggi ditunjukkan oleh konsorsium *Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* sp. dengan penghambatan sebesar 73.08 %.

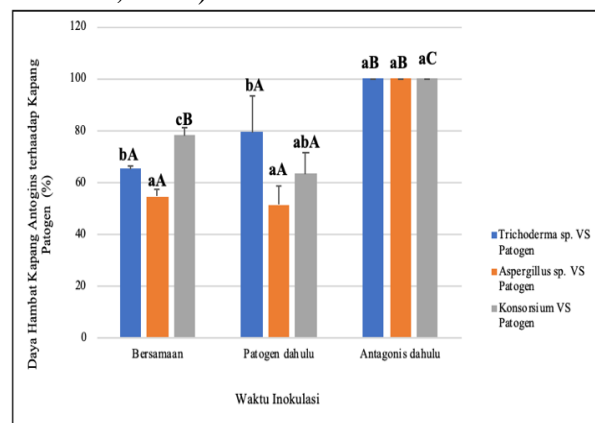
Perlakuan waktu inokulasi kapang patogen yang diinokulasi terlebih dahulu menunjukkan hasil penghambatan oleh *Trichoderma* spp. memiliki persentase tertinggi sebesar 74.30% dan menunjukkan adanya beda nyata terhadap perlakuan *Aspergillus* sp. VS patogen. Perlakuan *Trichoderma* spp. VS patogen, serta *Aspergillus* sp. VS patogen dibandingkan dengan penghambatan oleh konsorsium tidak menunjukkan adanya beda nyata. Perlakuan, waktu inokulasi kapang antagonis yang diinokulasi terlebih dahulu menunjukkan, semua hasilnya tidak ada beda nyata, persentase penghambatannya sebesar 100%.

Perlakuan yang jenis kapangnya sama namun waktu inokulasinya yang berbeda didapatkan hasil pada perlakuan *Trichoderma* spp. VS patogen pada inokulasi bersamaan dibandingkan pada saat patogen yang diinokulasi terlebih dahulu tidak menunjukkan adanya adanya beda nyata, sedangkan pada perlakuan waktu inokulasi kapang antagonis (*Trichoderma* spp.) lebih dahulu diinokulasi menunjukkan hasil persentase penghambatan tertinggi sebesar 100% dan ada beda nyata dari waktu inokulasi bersamaan dan patogen lebih dahulu.

Perlakuan *Aspergillus* sp. VS patogen saat diinokulasikan bersamaan dan kapang patogen lebih dahulu tidak menunjukkan adanya beda nyata, sedangkan pada perlakuan kapang antagonis diinokulasi terlebih dahulu menunjukkan penghambatan tertinggi yaitu 100% dan memiliki beda nyata antar perlakuan inokulasi bersamaan dan kapang patogen terlebih dahulu. Perlakuan konsorsium VS patogen menunjukkan hasil, pada semua waktu inokulasi menunjukkan adanya beda nyata, daya hambat konsorsium kapang antagonis *Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* sp. terhadap patogen penghambatan tertinggi ditunjukkan pada waktu kapang antagonis (konsorsium) diinokulasikan terlebih dahulu. Untuk

lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.

Ada beberapa mekanisme yang dapat menyebabkan kapang antagonis (*Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* sp.) dalam menghambat pertumbuhan kapang patogen. Mekanisme antagonis pada mikroba dapat terjadi melalui tiga cara yaitu parasitisme secara langsung, antibiosis dengan menghasilkan metabolik sekunder yang bersifat toksin dan kompetisi dalam hal ruang dan kebutuhan nutrisi (Pradana *et al.* 2013). *Trichoderma* mampu melakukan penetrasi dan pelilitan terhadap kapang patogen. *Trichoderma* sp. mampu mengekresikan enzim ekstraseluler seperti kitinase, β -glucanase serta proteinase yang dapat melubangi dinding sel kapang patogen dan mengambil nutrisi yang tersedia. Enzim kitinase yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. lebih efektif dibandingkan kitinase yang dihasilkan oleh organisme lain untuk menghambat berbagai fungi patogen pada tanaman secara mikoparasitisme (Umrah *et al.*, 2009).



Gambar 2. Daya hambat kapang antagonis terhadap kapang patogen

Keterangan: Grafik yang diikuti huruf kecil yang samapada waktu inokulasi yang sama dan perlakuan yang berbeda menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata. Grafik yang diikuti huruf besar yang samapada waktu inokulasi yang berbeda dan perlakuan yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata.

Penelitian lain yaitu penelitian Jiang *et al.* (2016) menunjukkan *Trichoderma asperellum* (*T. Asperellum*) mampu menghancurkan miselium koloni patogen melalui uji kultur ganda dengan memecah hifa patogen menjadi fragmen. Pemindaian mikroskop elektron menunjukkan bahwa hifa *T. asperellum* mengelilingi dan menembus hifa patogen.

Tidak hanya *Trichoderma* spp., *Aspergillus* ssp. jugamerupakan salah satu jenis kapangtanah yang mampu menghambat pertumbuhan kapang patogen dengan menghasilkan senyawa antimikroba yang produktif. Senyawa antimikroba yang dihasilkan oleh *Aspergillus* bersifat netral, polar, dan memiliki gugus fenol. Fenol ini mampu mendenaturasikan protein pada dinding dan membran sel mikrob lainnya. Senyawa antifungal *Aspergillus* memiliki bentuk kristal putih yang teridentifikasi jenis fenolik. Senyawa lain yang dihasilkan oleh *Aspergillus* antara lain aspulvinone, asamasterric, asterolquinone, butyrolactone I, citrinin, emodin, geodin, itaconate, lovastatin, questrindan asam terrecyclic (Pradana *et al.*, 2013). Penelitian lain yaitu penelitian Simamora *et al.* (2021) menunjukkan isolat *Apergillus* yang didapatkan pada penelitian tersebut (*Aspergillus*4, *Aspergillus*5, *Aspergillus*6) dievaluasi kemampuannya mereduksi *P. palmivora* pada bibit kakao. Hasil yang didapatkan menunjukkan aktivitas maksimum mereduksi *P. palmivora* dalam uji kultur ganda, polong, dan kecambah.

Oleh karena itu, dengan digunakannya konsorsium antara *Trichoderma* sp. dan *Aspergillus* sp. berdasarkan hasil yang didapatkan dapat menghambat pertumbuhan kapang patogen secara efektif. Mekanismenya diduga seperti yang telah dipaparkan atas, masing-masing kapang antagonis baik *Trichoderma* spp. maupun *Aspergillus* sp. memiliki mekanisme tersendiri dalam menghambat pertumbuhan kapang patogen, sehingga saat dijadikan

konsorsium pertumbuhan kapang kapang patogen dihambat dengan gabungan mekanisme penghambatan dari *Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* sp. yaitu dengan antibiosis, parasitisme serta dalam kompetisi ruang dan kebutuhan nutrisi secara sekaligus. Hal ini menyebabkan daya hambat konsorsium menjadi efektif. Selain itu, hal ini juga akan menyebabkan kapang patogen yang menyerang tidak cepat resisten, karena ada berbagai macam mekanisme penghambatan yang disebabkan oleh konsorsium tersebut.

KESIMPULAN

Pada uji dual kultur konsorsium secara *in vitro* *Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* sp. efektif menghambat pertumbuhan kapang patogen. Hal ini ditunjukkan oleh daya hambat konsorsium yang tinggi saat diinokulasi secara bersamaan yaitu sebesar 73.08 % dan saat konsorsium tersebut diinokulasi terlebih dahulu memiliki persentase penghambatan sebesar 100%. Berdasarkan hal ini menunjukkan waktu inokulasi sangat mempengaruhi keefektifan dari konsorsium *Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* sp.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima penulis ucapkan kepada Kementerian Riset dan Teknologi yang telah memberikan hibah untuk mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asare R, David S. 2011. *Agricultural Practices for Sustainable Cocoa Production: A Guide for Farmer Training. Manual No. 1: Planting, Replanting and Tree Diversification in Cocoa Systems*. Accra (DK): Forest & Landscape Denmark.

- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2019. *Tree Crop Estate Statistics of Indonesia*. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian.
- Dwiastuti ME, Fajri MN, Yunimar. 2015. Potensi *Trichoderma* spp. sebagai agens pengendali *Fusarium* spp. penyebab penyakit layu pada tanaman stroberi (*Fragaria x ananassa* Dutch.). *J. Hortik.* 25(4): 331–339.
- Hakkar A, Rosmana A, Rahim M. 2014. Pengendalian penyakit busuk buah *Phytophthora* pada kakao dengan cendawan endofit *Trichoderma asperellum*. *J. Fitopatol. Indones.* 10(1): 139–144.
- Harni R, Amaria W, Efi Taufiq. 2016. Isolasi dan seleksi jamur endofit asal tanaman kakao sebagai agens hayati *Phytophthora palmivora* Butl. *J. Tanam. Ind. Penyejar.* 3(3): 141–150.
- Indrawangsa GD, Sudarma IM, Singarsa IDP. 2017. Uji daya hambat jamur endofit terhadap *Phytophthora palmivora* (Butler) Butler penyebab penyakit busuk buah kakao secara in vitro. *E-Jurnal Agroekoteknologi Trop.* 6(3): 229–238.
- Jiang H, Zhang L, Zhang J ze, Ojaghian MR, Hyde KD. 2016. Antagonistic interaction between *Trichoderma asperellum* and *Phytophthora capsici* in vitro. *J. Zhejiang Univ. Sci. B.* 17(4): 271–281.
- Kindangen H, Hartoyo S, Baga LM. 2017. Perkembangan produktivitas, luas lahan, harga domestik, permintaan dan ekspor biji kakao Indonesia periode 1990-2013. *J. Manaj. Agribisnis.* 14(2): 118–126.
- Lone MA, Rafiq Wani M, Sheikh SA, Sahay S, Suliman Dar M. 2012. Antagonistic potentiality of *Trichoderma harzianum* against *Cladosporium sphaerospermum*, *Aspergillus niger* and *Fusarium oxysporum*. *J. Biol. Agric. Healthc.* 2(8): 72–76.
- Manalu R, Biji P, Produksi K, Rakyat P, Meningkatkan U, Petani P. 2018. Processing of smallholder plantations cocoa production to increase farmers income. *J. Ekon. dan Kebijakan. Publik.* 9(2): 99–111.
- Nugrahani M, Suharjo, Endarto O. 2012. Eksplorasi kapang antagonis terhadap *Pytophthora* spp. patogen tanaman apel. *Natural.* 1(3): 214–221.
- Oyesola OL, Sobowale AA, Obembe OO. 2020. Effectiveness of *Trichoderma koningii* extract on *Aspergillus* species isolated from rotting tomato (*Solanum lycopersicum* mill.). *Trop. J. Nat. Prod. Res.* 4(11): 961–965.
- Pradana GS, Ardyati T, Aini QL. 2013. Eksplorasi kapang antagonis dan kapang patogen tanaman apel di lahan perkebunan apel poncokusumo. *Biotropika.* 1(1): 14–18.
- Samsudin, Harni R, Taufik Efi. 2018. Keefektifan *Trichoderma viride* TNU dalam menghambat infeksi *Phytophthora palmivora* pada kakao. *J. Tanam. Ind. Penyejar.* 5(1): 39–48.
- Simamora AV, Hahuly MV, Henuk JB. 2021. Endophytic fungi as potential biocontrol agents of *Phytophthora palmivora* in the cocoa plant. *Biodiversitas.* 22(5): 2601–2609.
- Sonawane A, Mahajan M, Renake S.

2015. Antifungal activity of a fungal isolates against *Pomegranate* wilt pathogen *Fusarium*. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*(2): 48–57.
- Sriwati R, Muarif R. 2012. Characteristic symptoms of *Phytophthora palmivora* on cocoa leaves. *J. Nat.* 12(2): 30–34.
- Umrah, Anggraeni T, Esyanti RR, Aryantha INP. 2009. Antagonisitas dan efektivitas *Trichoderma* sp dalam menekan perkembangan *Phytophthora palmivorapada* buah kakao. *J. Agrol.* 16(1): 9–16.
- Verma R, Dutta A, Kumar Choudhary A, Maurya S. 2017. *Trichoderma asperellum*, a potential fungal biocontrol agent against *Aspergillus niger*. *J. Adv. Lab. Res. Biol.* 8(4): 74–78.