

Isolation And Testing Of The Potential Of Trichoderma In Marginal Saline Soil As A Biographical Agent Of Biofertilizer

[Isolasi Dan Pengujian Potensi Trichoderma Lahan Salin Marginal Sebagai Agen Hayati Biofertilizer]

Noviana Indarwati¹⁾, Sutarman^{*2)}

¹⁾Program Studi Agroteknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Agroteknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: sutarman@umsida.ac.id

Abstract. *The Use of suboptimal wetlands has good prospects in the future, but low salinity and soil fertility are difficult obstacles to solve. Utilization of biological agent fungi that can perform well over a wide range of pH, salinity, and low soil fertility is the best solution. This study aims to obtain Trichoderma fungi from saline soil which has potential as a biofertilizer biological agent. The research was carried out starting from the isolation of the Trichoderma fungus and the morphological characterization of its species, as well as testing its growth performance on media containing saline soil. The fungus Trichoderma sp. isolated from marginal saline soil has the potential as a biofertilizer agent as shown by its in vitro performance which is similar to the biological agent Trichoderma asperellum, a collection of the UMSIDA Microbiology and Biotechnology Laboratory. This biological agent also has the ability to grow on saline soils and is able to utilize growing media resources containing saline soil for its vegetative growth in the form of branching hyphae and production of conidiospores up to four days after inoculation. Growth of Trichoderma sp. isolates, from saline soil on media with composition PDA-c: saline soil 2:1 resulted in a growth increase of up to 50% four days after inoculation.*

Keywords - Saline Fields, Biological Agents, In Vitro

Abstrak. *Pemanfaatan lahan basah suboptimal memiliki prospek yang baik di masa mendatang, namun salinitas dan kesuburan tanah yang rendah merupakan salah satu kendala yang sulit dipecahkan. Pemanfaatan fungi agen hayati yang mampu berkinerja baik pada rentang pH yang luas, salinitas, dan kesuburan tanah yang rendah merupakan solusi terbaik. Penelitian ini bertujuan mendapatkan fungi Trichoderma dari tanah salin yang memiliki potensi sebagai agen hayati biofertilizer. Penelitian dilakukan mulai dari isolasi fungi Trichoderma dan karakterisasi morfologi jenisnya, serta menguji keragaan tumbuhnya pada media yang mengandung tanah salin. Fungi Trichoderma sp. yang diisolasi dari tanah salin marginal berpotensi sebagai agen pupuk hayati (biofertilizer) yang ditunjukkan oleh keragaannya secara in vitro yang serupa dengan agen hayati Trichoderma asperillum koleksi Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi UMSIDA. Agen hayati ini juga memiliki kemampuan tumbuh pada tanah salin bagi pertumbuhan vegetatifnya dalam bentuk percabangan hifa dan produksi konidiospora hingga empat hari setelah inokulasi, Pertumbuhan isolate Trichoderma sp. dari tanah salin pada media dengan komposisi PDA -c: tanah salin 2:1 menghasilkan peningkatan pertumbuhan hingga 50% pada empat hari setelah inokulasi.*

Kata Kunci - Lahan Salin, Agen Hayati, In Vitro

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan lahan kering sebagai upaya dalam pemberlakuannya ekstensifikasi lahan untuk meningkatkan produksi kedelai [24]. Tapi dalam kenyataannya banyak tantangan dalam pemanfaatan lahan kering diantaranya kandungan bahan organik yang rendah, terbatasnya nutrisi yang tersedia, dan kondisi biologis pada rizosfer yang tidak menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. [20].

Beberapa tahun terakhir yang banyak mendapatkan perhatian adalah holobiont tanaman-mikroba, yang menyoroti pentingnya unit ekologis. Sejalan dengan hal tersebut, manipulasi entitas mikroba yang terlibat di mikrobioma rizosfer guna mendukung pertanian berkelanjutan juga menjadi pusat perhatian. Dampaknya menghasilkan bioformulasi komersial untuk meningkatkan hasil panen dan kebal terhadap hama. Bioformulasi ini disebut pupuk hayati, dengan keberadaan dan evolusi yang tetap dari berbagai jenis. Tetapi, yang menjadi tren saat ini berfokus pada penerapan mikroorganisme ini untuk valorisasi limbah dan sebagai hasilnya produksi pupuk "biofertilizer" [10].

Pupuk "biofertilizer" yang mengandung amandemen organik dan mikroorganisme menguntungkan telah secara konsisten terbukti meningkatkan kesuburan dan hasil tanah [30]. Pupuk organik meningkatkan kandungan ammonium, nitrogen nitrat, fosfor yang tersedia, kalium yang tersedia dan bahan organik dan mendorong peningkatan pH dan konduktivitas listrik, [2].

Beragam kelompok mikroorganisme (bakteri dan jamur) dengan fungsi enzimatis yang berbeda seperti kitinolitik, lignoselulolitik, dan proteolisis, selain sifat pemicu pertumbuhan tanamannya sedang dieksplorasi sebagai konsorsium untuk aplikasi sebagai biokonversi limbah inoculum menjadi pupuk [10].

Salah satu mikroba efektif yang dapat membantu tanaman dan meningkatkan kesuburan tanah dalam mengatasi masalah cekaman lingkungan, [20]. Dari kelompok jamur, *Trichoderma spp.*, yang berperan memberikan perlindungan bagi tanaman dari penyakit di rizosfer [28]. Mikroorganisme dari kelompok bakteri efektif antara lain *Bacillus spp.*, yang menghasilkan senyawa ekstraseluler berperan dalam mendorong pertumbuhan tanaman, [20].

Konsorsium *Trichoderma* atau/dan *Bacillus* secara signifikan meningkatkan atribut tanaman di semua tingkat amandemen. Hasil penelitian [31] menunjukkan bahwa konsorsium *Trichoderma* dan *Bacillus* pada takaran 10% meningkatkan panjang tunas dan biomassa kering sebesar 65,3% dan 51,6% dibandingkan kontrol. Selain itu konsorsium mikroba *T. harsianum* dan *B. subtilis* meningkatkan biomassa mikroba C dan K yang tersedia [26]. Kelimpahan bakteri menguntungkan ini meningkat secara signifikan ketika *B. subtilis* dan *T. harzianum* diaplikasikan bersamaan [2].

Konsorsium mikroba yang kompatibel memicu respon pertahanan pada tingkat lebih tinggi kacang polong daripada mikroba saja dan memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap pembusukan *Sclerotinia* [7]. Sementara galur lain secara khusus merangsang pertumbuhan akar (*T. harzianum*, *Bacillus amyloliquefaciens*), yang mendorong perolehan juga nutrisi mineral lainnya, seperti N, K, dan Mn. Efek serupa tercatat di bawah kondisi lapang pada tanah liat-lempung basa pH 8,6 [21].

Di India, dua spesies *Trichoderma* yaitu, *T. viride* dan *T. harzianum* terdaftar secara komersial untuk penggunaan melawan patogen tular tanah seba gaimana besar perlakuan benih atau aplikasi tanah [15]. *Trichoderma* dari lingkungan ekstrim juga telah dilaporkan sebagai bioresources yang potensial untuk remediasi biologis, [11]. *Trichoderma harzianum* berperan dalam agresivitas patogen dan penyebab hawar pelepah padi [4]. *Trichoderma* memfasilitasi penyerapan, asimilasi, dan akumulasi nitrogen dalam wolfberry Cina di bawah tekanan garam, meningkatkan kemampuan fiksasi karbon fotosintesis dan efisiensi penggunaan nitrogen dan pada akhirnya mendorong pertumbuhan tanaman [16]. Mirobioma tanah salin adalah sumber halotolerant yang kaya, *Trichoderma spp.* rawa garam memainkan peran control biologis secara alami dalam ekosistem tanah [6].

Sebagaimana besar mikroba efektif yang berguna dalam budidaya perairan ini sesungguhnya juga memiliki peran hampir serupa di dalam lahan pertanian dan dimanfaatkan sebagai agen hayati bagi proses biofertilasi dan biocontrol terhadap patogen khususnya yang bersifat *soil borne*. Sementara itu sebagai bahan organik air tambak juga memiliki kesamaan dalam proses dan dinamika siklus kimianya di dalam tanah lahan pertanian. Dengan demikian air tambak yang juga mengandung limbah dari proses budidaya sekaligus berbagai mikroba efektif berpotensi dapat dimanfaatkan bagi peningkatan kesuburan tanah dan perlindungan pertumbuhan dan kesehatan tanaman pertanian.

Pada lahan kering marginal, terutama pada areal pematang tambak yang tersedia lahan di antara tambak, kondisi lahan yang sering mendapatkan cahaya matahari dengan intensitas sinar yang rendah sering dijumpai selain berbagai unsur penting yang kurang bagi tanaman. Varietas kedelai yang dibudidayakan di bedengan dengan kesuburan tanah serta intensitas cahaya rendah mampu tumbuh optimal dengan bantuan mikroba efektif di dalam tanah. Diberikan *Trichoderma spp.* dan *Basillus spp.* memiliki komposisi yang sama di rizosfer, perlu diketahui sejauh mana kinerja pertumbuhan tanaman kedelai pada fase vegetative awal. Kemampuan hidup yang baik pada fase ini akan menjamin keberhasilan produksi yang optimal.

Peneletian ini mengkaji dalam memperoleh jamur *Trichoderma spp.* yang diisolasi dari lahan marginal sebagai agen pupuk hayati (biofertilizer) melalui perbandingan keragannya secara in vitro terhadap agen hayati *Trichoderma asperellum* (koleksi Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi UMSIDA).

II. METODE

Isolasi fungi *T. asperellum* dilakukan di laboratorium Mikrobiologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Fungi *T. asperellum*. diambil dari tanah rizosfer kedelai diambil dari desa Trimulyo, Kecamatan Juwana, Kabupaten Pati, Jawa Tengah. Fungi *T. asperellum*. diisolasi dan subkultur pada media PDA-c (*Potato Dextrose Agar-chloramphenicol*). Proses isolasi dan identifikasi dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (LBM-UMSIDA).

Langkah awal dilakukan pembuatan media PDA-c (*Potato Dextrose Agar-chloramphenicol*) yang dituangkan dalam cawan petri untuk menumbuhkan mikroba yang terkandung dalam tanah sampel. Selanjutnya dilakukan pencuplikan sampel tanah sebanyak 2 gram dan di encerkan sebesar 10^{-4} pada beaker gelas 100 ml dengan tiap pengenceran dilakukan perataan campuran dengan menggunakan *magnetic stirrer* sehingga suspensi menjadi homogen. Dari pengenceran terakhir, cairan sebanyak satu ml diambil menggunakan syringe dan di semprotkan ke permukaan media cawan petri, kemudian diinkubasi selama tiga hari. Koloni kecil fungi *Trichoderma* yang memperlihatkan ciri khas warna putih dan ada rona hijau dicuplik dengan menggunakan jarum ose dan diinokulasi ke

permukaan media PDA-c baru. Keberhasilan pemindahan inoculum dari koloni kecil terduga fungi *Trichoderma* ini akan tumbuh tanpa disertai adanya kontaminan pada tiga hari berikutnya. Setelah melewati masa inkubasi 7-10 hari setelah pemindahan inoculum, maka koloni pada media PDA-c yang baru akan tumbuh memenuhi permukaan media dalam cawan petri. Selanjutnya digunakan untuk kegiatan identifikasi morfologi baik secara makroskopis maupun mikroskopis. Secara makroskopis dilakukan pengamatan bentuk, tekstur, dan warna koloni, sedangkan secara mikroskopis dilakukan pengamatan bentuk fialid, konidiospora, dan percabangan hifa, serta dimensi isolate terutama diameter hifa, fialid, dan konidiospora. Hasil pengamatan dan pengukuran diperbandingkan dengan beberapa artikel relevan.

Dalam percobaan ini, isolate *Trichoderma* yang ditemukan dari kegiatan isolasi sampel tanah yang diambil dari desa Trimulyo, Kecamatan Juwana, Kabupaten Pati, Jawa Tengah diamati pertumbuhan koloninya secara in vitro dan diperbandingkan dengan pertumbuhan koloni *Trichoderma asperellum* (isolate agen hayati koleksi LBM-UMSIDA) yang sudah teruji kemampuannya sebagai agen biofertilizer sekaligus agen biokontrol. Kegiatan dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi UMSIDA Oktober 2022.

Kedua isolat *Trichoderma* baik hasil isolasi maupun isolat koleksi ditumbuhkan pada media PDA-c dengan masa inkubasi hingga empat hari. Tiap hari dilakukan pengamatan pertumbuhan koloni dengan mengukur jari-jari pertambahan jangkauan koloni; kemudian diperbandingkan pertumbuhan koloninya. Isolate *Trichoderma sp.* (hasil isolasi) dan *T. asperellum* (koleksi LBM-UMSIDA) dikulturkan dengan masa inkubasi 8 hari untuk digunakan dalam proses pengujian keragaan tumbuhnya pada media PDA-c yang dicampurkan dengan tanah salin.

Sampel tanah dari lahan yang tidak biasa ditanam kedelai digunakan untuk memperoleh isolate *Trichoderma* dan bakteri *Bacillus*. Lahan berada di Tlocor, Tanjungsari, Kupang, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo dengan strata vegetasi yang lebih rendah yang sebagian tertutup tajuk bakau dengan intensitas tutupan tajuk setara 50-70%. Suspensi yang dihasilkan dari pencampuran 500 gram tanah yang telah diencerkan dalam 500 ml air destilat kemudian hasilnya disaring menggunakan kertas saring Whatman No 1 dan corong vakum. Setelah itu diukur baik pH maupun salinitasnya. Hasil saringan dicampur dengan media PDA-c dengan komposisi 500 ml dengan perbandingan 2:1; selanjutnya diukur pH dan salinitasnya.

Kedua isolate fungi diuji kemampuannya dalam merespons media tumbuhnya yang menggunakan tanah salin. Mekanisme pengujiannya serupa dengan uji daya hambat yang biasa dilakukan dengan menumbuhkan masing-masing isolate pada model biakan ganda (*dual culture*) dan *mono culture* sebagai control dengan menumbuhkan satu isolate secara sendiri. Cuplikan isolate yang diperoleh dengan menggunakan *cork borer* ukuran 5 mm diletakkan dalam cawan berisi media PDA-c dengan jarak 3 cm dari masing-masing tepi cawan petri, kemudian diinkubasi dalam incubator pada suhu 25°C selama 4x24 jam. Presentase daya hambat dihitung pada hari ke-4 dengan menggunakan rumus (1) [1].

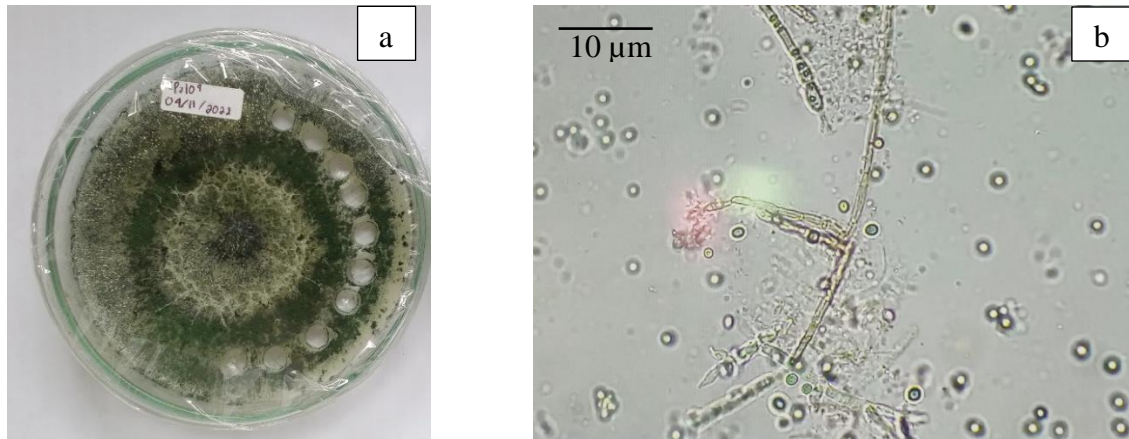
$$\text{Presentase Daya Hambat (\%)} = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Dengan ketentuan: R1 dan R2 masing-masing adalah jari-jari koloni *Trichoderma sp.* pada media PDA-c dan media PDA-c yang mengandung tanah salin perbandingan konsentrasi 2:1.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Identifikasi Morfologi

Hasil pengamatan morfologi terhadap isolate *Trichoderma sp* yang diperoleh dari lahan di pesisir desa Trimulyo, Kecamatan Juwana, Kabupaten Pati, Jawa Tengah yang berasal dari bagian rizosfer tanaman kedelai pada periode kering lahan basah optimal diperlihatkan pada Gambar 1. Penampilan koloni isolate *Trichoderma sp* pada awalnya memperlihatkan tekstur seperti kapas dengan warna putih. Koloni yang berkembang memunculkan pola seperti cincin yang disertai dengan tampilan warna hijau dipermukaan miseliumnya yang tampak bentuk kapas tersebut. Hasil pengamatan mikroskopis menunjukkan hifa bening atau hialin yang tumbuh bercabang dengan diameter rata-rata 3,2µm, sementara itu fialid berbentuk oval hialin dengan rata-rata diameter 3,38µm dan konidia berdiameter rata-rata 2,45µm.



Gambar 1. Morfologi makroskopis dan mikroskopis *Trichoderma* sp. (a) Gambar *Trichoderma* sp dalam cawan petri, (b) Gambar *Trichoderma* sp dilihat dalam mikroskop.

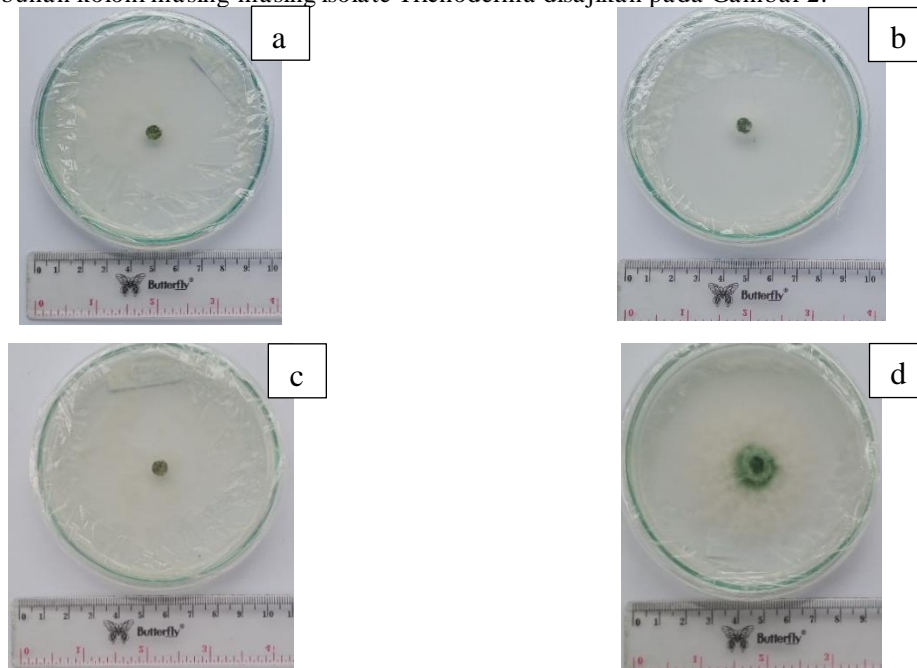
Secara dimensi hasil pengamatan morfologi fungi yang mirip dengan karakteristik yang ditemukan oleh peneliti lain *T.asperellum* dengan hifa bersepta, konidiofor hialin bercabang memiliki ukuran konidiofor 2,42µm, rerata diameter konidia oval 2,51µm dengan fialid oval pula berukuran 2,40µm [5].

Pada tahap awal pertumbuhan koloni *Trichoderma* tampak putih dan seperti kapas, kemudian berkembang menjadi jumbai kompak hijau kekuningan sampai hijau tua terutama di pusat tempat tumbuh atau di zona seperti cincin konsentris pada permukaan media agar. Konidiofor berulang kali bercabang, tersusun tidak beraturan dalam lingkaran, muncul sebagai kelompok divergen. Konidiofor biasanya melengkung asimetris, berbentuk labu/silindris hingga fialid hampir subglobosa dengan konidia ellipsoidal hingga globose berwarna hijau, hialin dan mengelompak secara agregat di terminal fialid [1].

Meskipun demikian isolate belum dapat ditentukan spesiesnya. Variasi warna atau pola pertumbuhan koloni dan percabangan hifa belum cukup untuk menentukan perbedaan antara *spesies* [12]. Di luar cara identifikasi berbasis mikro molecular, kiranya identifikasi dapat menggunakan informasi jenis dan kinerja senyawa ekstraselular yang dihasilkan. Genus *Trichoderma* dapat menghasilkan enzim selulolitik dan hemoselulolitik [27] yang dapat digunakan untuk menyempurnakan diidentifikasi berdasarkan ciri morfologi.

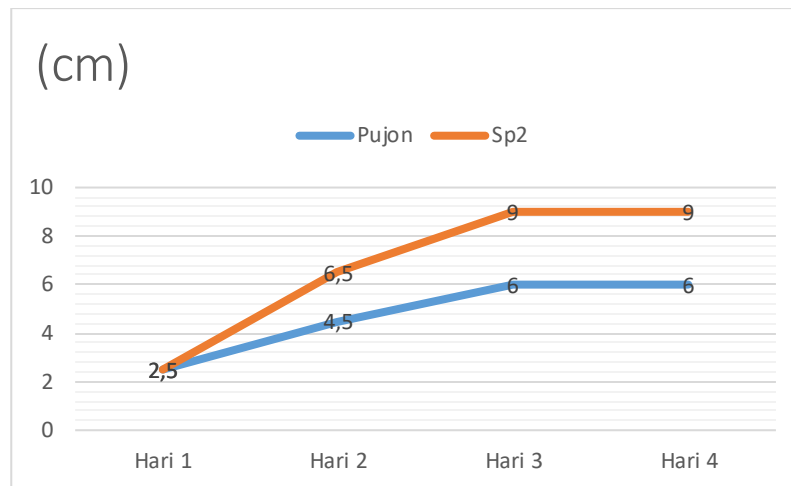
B. Pengamatan Pertumbuhan In Vitro Agen Hayati

Pertumbuhan koloni masing-masing isolate *Trichoderma* disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan penampilan pertumbuhan antara *Trichoderma* sp (kiri) dan *T. asperellum* (kanan) pada 1 HSI (atas) dan 2 HSI (bawah). (a) *Trichoderma* sp pada umur 1 HSI, (b) *T. asperellum* pada umur 1 HSI, (c) *Trichoderma* sp pada umur 2 HSI, (d) *T. asperellum* pada umur 2 HSI

Seperti ditunjukkan pada Gambar 2, tampak bahwa pertumbuhan koloni menunjukkan adanya perbedaan yaitu pertambahan diameter koloni isolate *T. asperellum* pada media PDA-c lebih tinggi dibandingkan isolate *Trichoderma* sp. pada periode inkubasi yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa dengan capaian panjang diameter yang sama *T. asperellum* tumbuh lebih cepat dibandingkan *Trichoderma* sp. tanah salin. Koloni *T. asperellum* yang tumbuh lebih cepat pada waktu 4×24 jam sudah memenuhi cawan petri berdiameter 9 cm, sedangkan isolate *Trichoderma* sp hanya mencapai sekitar 70% dari total Panjang diameter media tumbuh dalam cawan petri. Secara diagramatik perbedaan pertumbuhan koloni kedua isolate ini diperlihatkan pada grafik Gambar 3.



Gambar 3. Rata-rata pertumbuhan diameter koloni isolate *Trichoderma* sp (Pujon), isolate *T. asperellum* (Sp2) di media PDA-c pada 1-4 HSI

Gambar 3 memperlihatkan bahwa mulai 2 HSI perbedaan diameter koloni di antara kedua isolat tersebut memperlihatkan perbedaan yang besar. Perbedaan makin membesar dan mencapai puncaknya pada 3 HSI dimana pertumbuhan koloni *T. asperellum* sudah memenuhi cawan petri atau diameter koloni mencapai 9 cm, sementara itu diameter koloni pada *Trichoderma* sp. dengan rata-rata sebesar 6,2 cm. Pertumbuhan stagnan hingga akhir pengamatan (3 HSI) secara in vitro.

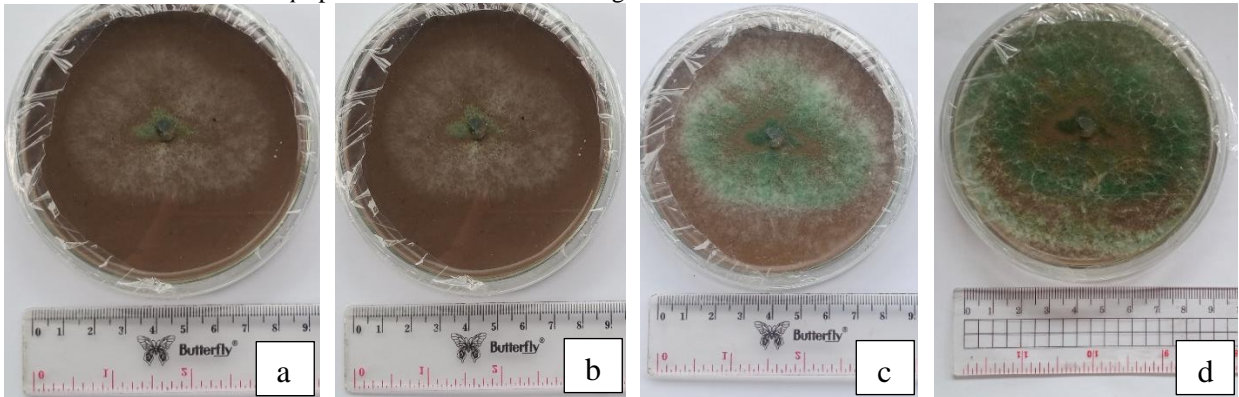
Kecepatan pertumbuhan fungi antagonis merupakan indikator mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi dengan pathogen. Semakin cepat pertumbuhan fungi antagonis akan semakin efektif menekan pertumbuhan pathogen. Kecepatan pertumbuhan koloni fungi merupakan salah satu factor penting dalam menentukan potensinya sebagai agen hayati terhadap pathogen [17]. Sementara itu pertahanan hidup fungi pada lingkungan dilihat dari pertumbuhan koloni fungsinya [25].

Koloni fungi pada media PDA-c awalnya berjaln hifa berwarna putih yang segera diikuti dengan adanya wama hijau yang merupakan hasil penebalan ujung hifa yang menebal menjadi konidiofor hydric, tegak tidak beraturan, berinding halus. Karakter makroskopis *T. asperellum* yang diinkubasi selama 4 hari memiliki diameter koloni 4 mm, koloni berwarna hijau tua dengan gradasi cincin konsentrasi hijau muda, koloni di sisi sebaliknya berwarna putih kehijauan dengan tekstur koloni seperti kapas dan kasar, serta memiliki zona pertumbuhan dengan pola pertumbuhan melingkar. Pada percobaan berbeda, *Trichoderma* sp. yang diinkubasi selama 4 hari memiliki diameter 4,6 cm, memiliki miselia menyebar terlihat menumpuk, koloni muda berwarna putih kehijauan kemudian akan menjadi hijau tua saat masa inkubasi diperpanjang [3], *T. asperellum* memiliki koloni berbentuk lingkaran dengan tepi halus, permukaan koloni berwarna putih kemudian menjadi hijau, memiliki koloni dan membentuk cincin-cincin konsentris [23].

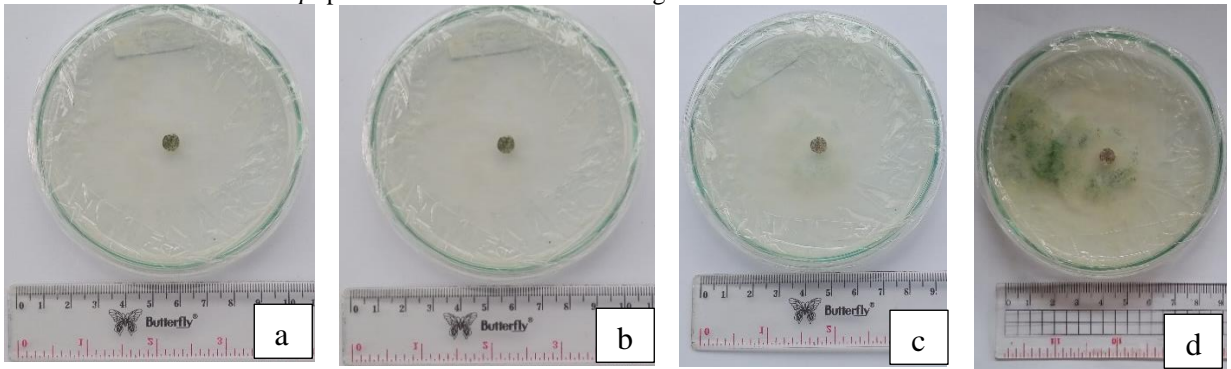
C. Uji Keragaan Agen Hayati Pada Tanah Salin

Hasil pengujian keragaan kedua isolate fungi agen hayati memperlihatkan penampilan pertumbuhan koloni hingga hari keempat seperti ditunjukkan pada Gambar 4 untuk *Trichoderma* sp. dan Gambar 5 untuk *T. asperellum*

Pertumbuhan *Trichoderma sp.* pada media 2 : 1 atau 250 gram

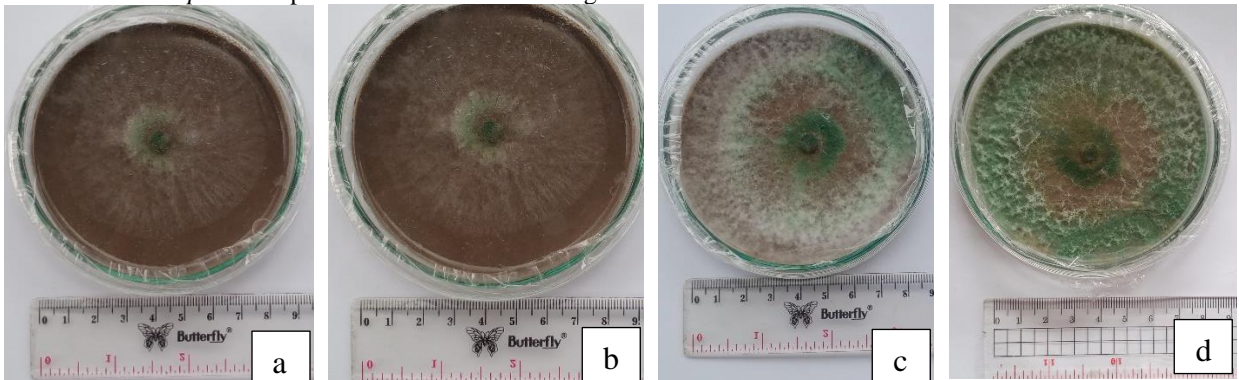


Pertumbuhan *Trichoderma sp.* pada media PDA-c biasa sebagai control

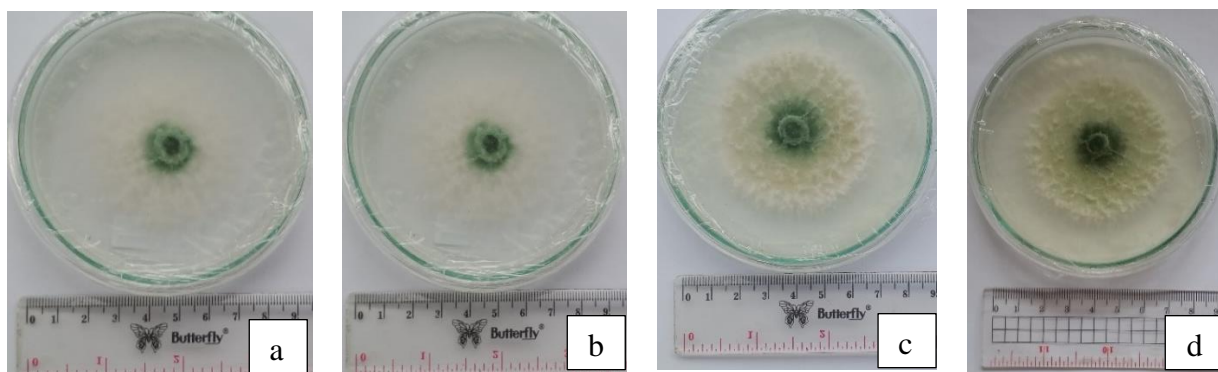


Gambar 4. Pertumbuhan *Trichoderma sp.* 1 sampai 4 HSI pada media tanah salin 2 : 1 (atas), dan kontrol (bawah).
 (a) Perumbuhan *Trichoderma sp* pada 1 HSI, (b) Pertumbuhan *Trichoderma sp* pada 2 HSI, (c) Pertumbuhan *Trichoderma sp* pada 3 HSI, (d) Pertumbuhan *Trichoderma sp* pada 4 HSI

Pertumbuhan *T.asperellum* pada media 2 : 1 atau 250 gram



Pertumbuhan *T.asperellum* pada media PDA-c biasa sebagai control



Gambar 5. Pertumbuhan *T. asperellum* 1 sampai 4 HSI pada media tanah salin 2 : 1 (atas), dan kontrol (bawah). (a) Pertumbuhan *T. asperellum* pada 1 HSI, (b) Pertumbuhan *T. asperellum* pada 2 HSI, (c) Pertumbuhan *T. asperellum* 3 HSI, (d) Pertumbuhan *T. asperellum* 4 HSI.

Koloni dua isolat fungi *Trichoderma sp.* yang sudah di subkulturkan pada media PDA-c tanah salin dengan umur biakan 4 hari, masing-masing isolate *Trichoderma sp* ada pada Gambar 4 dan Gambar 5. Pertumbuhan miselium pada kedua isolate sudah dimulai sejak hari pertama setelah inoculasi; tampak pertumbuhan *T. asperellum* lebih cepat dibandingkan *Trichoderma sp.* hingga akhir pengamatan. Hal ini memperlihatkan bahwa *Trichoderma sp.* merupakan isolat yang sudah terbiasa hidup pada habitat tanah salin.

Sebagai halnya pertumbuhan rata-rata fungi *Trichoderma*, kedua isolate fungi ini memperlihatkan pertumbuhan dan perkembangan koloni yang khas, yaitu perubahan warna mulai dari warna yang didominasi oleh putih menjadi warna hijau (Gambar 4 dan 5). Pada media PDA-c: tanah salin 2 : 1 tampak rona warna hijau yang menjadi ciri khas fungi ini pada isolat *T. asperellum* yang pada hari kedua seluas sekitar 10% koloni pada hari ketiga dan keempat masing-masing berkembang menjadi 70 dan 100%. Adapun perkembangan rona hijau pada *Trichoderma sp.* lebih lambat yaitu hanya mencapai 45% pada hari keempat pada kedua macam komposisi media tumbuh. Hal ini menunjukkan bahwa media tumbuh yang mengandung tanah salin lebih memberikan kondisi yang cukup dalam memenuhi kebutuhan hidup isolate *Trichoderma sp.* yang terbiasa hidup pada tanah salin.

Perubahan tampilan koloni fungi *T. asperellum* berupa rona warna hijau yang lebih besar dan muncul lebih cepat itu menunjukkan cepatnya produksi konidiospora sebagai respons terhadap keterbatasan nutrisi dan/atau sumberdaya lainnya yang dibutuhkan oleh isolate tersebut. Intensitas, bentuk, dan dimensi konidiospora merupakan bagian dari respons tersebut. Konidia berbentuk elips hingga membulat umumnya berwarna hijau, kadang-kadang hialin untuk mengelompok dalam a gregat di terminal filialid [22]. Meskipun ada perbedaan respons terhadap kualitas dan kuantitas media tumbuh, namun secara morfologi dan respon fisiologi secara umum memperlihatkan bahwa kedua isolate ini memiliki kekerabatan yang dekat. Ekspresi genetic dan aktivitas fisiologis yang diperlihatkan akan membentuk kelompok fungsional yang berbeda genus *Trichoderma spp.* [17].

Secara kuantitatif respons isolate fungi terhadap media yang diberi tanah salin diperlihatkan pada Tabel 1.

Table 1. Hasil presentase penghambatan isolate *Trichoderma sp.* dan *T. asperellum* yang ditumbuhkan pada media salin 2:1

Perlakuan	Waktu Pengamatan ke			
	1	2	3	4
<i>Trichoderma sp.</i> pada media salin 2:1	-40%	-55%	-33,33%	-50%
<i>T. asperellum</i> pada media salin 2:1	-20%	-15,38%	0	0

Kemampuan tumbuh *Trichoderma sp* dan *T. asperellum* pada media tanah salin, berdasarkan hasil pengamatan tampak bahwa rata-rata inkubasi *Trichoderma sp* tampak samasekali tidak terhambat; bahkan substrat lumpur mendukung pertumbuhan koloni fungi selama masa inkubasi. Sementara itu pertumbuhan koloni *T. asperellum* terdukung oleh substrat tanah salin hingga 24-48 jam setelah inoculasi yaitu masing-masing 20 dan 15,38%. Pada setiap media perbanyakan yang diujikan adalah 4x24 jam. Sehubungan dengan fakta ini tampak bahwa tanah yang terkandung dalam campuran media PDA-c menyediakan sumber karbon yang lebih banyak dibandingkan control. Dalam pertumbuhannya *Trichoderma sp.* sangat bergantung pada ketersediaan karbohidrat yang digunakan sebagai sumber energi untuk pertumbuhannya termasuk bagi perkembangan hifa dan produksi konidiospora [5].

IV. KESIMPULAN

Fungi *Trichoderma sp.* yang diisolasi dari tanah salin marjinal berpotensi sebagai agen pupuk hayati (biofertilizer) yang ditunjukkan oleh keragaannya secara *in vitro* yang serupa dengan agen hayati *Trichoderma asperellum* koleksi Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi UMSIDA. Agen hayati ini juga memiliki kemampuan tumbuh pada tanah salin bagi pertumbuhan vegetatifnya dalam bentuk percabangan hifa dan produksi konidiospora hingga empat hari setelah inokulasi.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Penelitian Matching Fund Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan Kebudayaan dan Riset Teknologi Tahun 2022. Untuk itu disampaikan ucapan terimakasih kepada Direktorat Jendral DIKTI atas pendanaan kegiatan yang diterima oleh tim pelaksana program Matching Fund UMSIDA Batch 2 Tahun 2022.

REFERENSI

- [1] Biologi, B. J., & Purwanto, A. (2022). *Minireview: Kepentingan Trichoderma dalam Sistem Pertanian Berkelanjutan*. 2(1), 101–106.
- [2] Darmayasa, I. B. G. dan Oka, I. G. L. (2016). A Study on Inhibitory Effect of *Trichoderma sp.* TKD on *Aspergillus flavus* FNCC6109 and Its Molecular Identification. *International Journal of Pure and Applied Bioscience* 4(2): 103-110.
- [3] Dauda, W. P., Shanmugam, V., & Tyagi, A. (2023). Biocontrol of sheath blight of rice (*Oryza sativa* L.) through alteration in expression dynamics of candidate effector genes of *Rhizoctonia solani* AG1 -IA during pathogenesis. *Letters in applied microbiology*, 76(1), ovac008. <https://doi.org/10.1093/lambio/ovac008>
- [4] Dian, K., Sawitri, L., Proborini, M. W., & Wijayanti, F. E. (2023). *Potensi Trichoderma asperellum TKD dalam Menghambat Phytophthora spp. pada Benih Kakao Selama Masa Penyimpanan* *The Potential of Trichoderma asperellum TKD as Inhibitor of Phytophthora spp. on Cocoa Seeds during Storage Period* *Pendahuluan Metode Penelitian Pemeriksaan Koloni Phytophthora spp. pada*. 8(September 2022), 40–50. <https://doi.org/10.24002/biota.v8i1.6076>
- [5] Ding, M. Y., Chen, W., Ma, X. C., Lv, B. W., Jiang, S. Q., Yu, Y. N., Rahimi, M. J., Gao, R. W., Zhao, Z., Cai, F., & Druzhinina, I. S. (2021). Emerging salt marshes as a source of *Trichoderma arenarium* sp. nov. and other fungal bioeffectors for biosaline agriculture. *Journal of applied microbiology*, 130(1), 179–195. <https://doi.org/10.1111/jam.14751>
- [6] Jain, A., Singh, S., Kumar Sarma, B., & Bahadur Singh, H. (2012). Microbial consortium-mediated reprogramming of defence network in pea to enhance tolerance against *Sclerotinia sclerotiorum*. *Journal of applied microbiology*, 112(3), 537–550. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2011.05220.x>
- [7] Jain, A., Singh, A., Singh, S., Sarma, B. K., & Singh, H. B. (2015). Biocontrol agents-mediated suppression of oxalic acid induced cell death during *Sclerotinia sclerotiorum*-pea interaction. *Journal of basic microbiology*, 55(5), 601–606. <https://doi.org/10.1002/jobm.201400156>
- [8] Jumadi, O., & Caronge, W. (2021). *Trichoderma dan pemanfaatan*
- [9] Kiruba, J. M., & Saeid, A. (2022). An Insight into Microbial Inoculants for Bioconversion of Waste Biomass into Sustainable "Bio-Organic" Fertilizers: A Bibliometric Analysis and Systematic Literature Review. *International journal of molecular sciences*, 23(21), 13049. <https://doi.org/10.3390/ijms232113049>
- [10] Kour, D., Kaur, T., Devi, R., Yadav, A., Singh, M., Joshi, D., Singh, J., Suyal, D. C., Kumar, A., Rajput, V. D., Yadav, A. N., Singh, K., Singh, J., Sayyed, R. Z., Arora, N. K., & Saxena, A. K. (2021). Beneficial microbiomes for bioremediation of diverse contaminated environments for environmental sustainability: present status and future challenges. *Environmental science and pollution research international*, 28(20), 24917–24939. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13252-7>
- [11] Kubicek, C. P., Steindorff, A. S., Chenthamara, K., Manganiello, G., Henrissat, B., Zhang, J., ... Kuo, A. (2019). Evolusi dan genomik komparatif yang paling umum *Trichoderma* jenis. *BMC Genomic*, 20(1), 1–24.
- [12] Kubicek, C. P., Christian, P., et al. 2019. Evolution and comparative genomics of the most common *Trichoderma* species. *Research Article BMC Genomic*.
- [13] Mardhatillah, Z. (2018). Keefektifan *Trichoderma harzianum* dan *Trichoderma koningii* dalam Pengendalian Penyakit Moler pada Bawang Merah [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.

- [14] Mawar, R., Manjunatha, B. L., & Kumar, S. (2021). Commercialization, Diffusion and Adoption of Bioformulations for Sustainable Disease Management in Indian Arid Agriculture: Prospects and Challenges. *Circular economy and sustainability*, 1(4), 1367–1385. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00089-y>
- [15] Mei, H. M., Ruan, Y. N., Zhang, J. X., Cui, J. X., Yan, K., Dong, X. Y., Bian, L. X., & Sun, Y. H. (2022). [Effects of Trichoderma on nitrogen absorption and use efficiency in Lycium chinense roots under saline stress]. *Ying yong sheng tai xue bao = The journal of applied ecology*, 33(9), 2539–2546. <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.202209.015>
- [16] Melyanti, N., Ester, F., Kandou, F., Flora, M., & Singkoh, O. (2022). *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan Pada Tanaman Bawang Merah Allium cepa Isolat Lokal Tonsewer Secara In vitro*. 13(2), 1–7.
- [17] Miftahurrohmat, A. (2018). The morphological response of the soybean growth (*Glycine max* (L) until vegetative stage 3 on various intensities of light. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 420(1), p. 012069.
- [18] Miftahurrohmat, A. (2020). Utilization of trichoderma sp. and pseudomonas fluorescens as biofertilizer in shade-resistant soybean. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 821(1), p. 012002.
- [19] Miftakurrohmat, A. & Sutarman. (2021). The vegetative growth response of detam soybean varieties towards bacillus subtilis and trichoderma sp. applications as bio-fertilizer. *E3S Web of Conferences*, 232, p. 03024. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123203024>
- [20] Mpanga, I. K., Nkebiwe, P. M., Kuhlmann, M., Cozzolino, V., Piccolo, A., Geistlinger, J., Berger, N., Ludewig, U., & Neumann, G. (2019). The Form of N Supply Determines Plant Growth Promotion by P-Solubilizing Microorganisms in Maize. *Microorganisms*, 7(2), 38. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7020038>
- [21] Nengsih, E. P., Faizah, M., & Prasetyono, H. (2022). Uji Tiga Jenis Media Tumbuh Trichoderma sp. dan Efektifitas Antagonisme Terhadap Fusarium sp. Secara Invitro. *Agrosaintifika*, 4(2), 294–298. <https://doi.org/10.32764/agrosaintifika.v4i2.989>
- [22] Oszako, T., Voitka, D., Stocki, M., Stocka, N., Nowakowska, J. A., Linkiewicz, A., Hsiang, T., Belbahri, L., Berezovska, D. dan Malewski, T. (2021). Trichoderma asperellum Efficiently Protects Quercus Robur Leaves Against Erysiphe Alphitoides. *Journal Plant Pathology* 159: 159-295.
- [23] Prihatiningrum, A. E. (2020). Test the ability of trichoderma harzianum and bacillus subtilis as control agents of wilted ralstonia solanacearum bacteria in tobacco plants (*Nicotiana tabacum*). *Nabatia*, 8(1), 1-7.
- [24] Purwanto, A. (2020). Isolasi Fungi Selulolitik Trichoderma pada Beberapa Limbah Organik. *JURNAL AGRI-TEK : Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Eksakta*, 21(1), 42–47. <https://doi.org/10.33319/agatek.v21i1.70>
- [25] Sarkar, D., & Rakshit, A. (2022). Amalgamation of Farmers' Bio-priming Knowledge in Integrated Nutrient Management for Sustainable Management of Red Cabbage Soil Under Middle Gangetic Plains, India. *Environmental management*, 10.1007/s00267-022-01638-3. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s00267-022-01638-3>
- [26] Schütz, G., Haltrich, D., & Atanasova, L. (2020). Influence of spore morphology on spectrophotometric quantification of Trichoderma inocula. *BioTechniques*, 68(5), 279–282. <https://doi.org/10.2144/btn-2019-0152>
- [27] Sutarman, S., & Miftahurrohmat, A. (2021). Growth response of soybean varieties to trichoderma application on acid soils. *E3S Web of Conferences*, 316, p. 03007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131603007>
- [28] Wang, T., Cheng, K., Huo, X., Meng, P., Cai, Z., Wang, Z., & Zhou, J. (2022). Bioorganic fertilizer promotes pakchoi growth and shapes the soil microbial structure. *Frontiers in plant science*, 13, 1040437. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1040437>
- [29] Wang, Z., Yang, T., Mei, X., Wang, N., Li, X., Yang, Q., Dong, C., Jiang, G., Lin, J., Xu, Y., Shen, Q., Jousset, A., & Banerjee, S. (2022). Bio-Organic Fertilizer Promotes Pear Yield by Shaping the Rhizosphere Microbiome Composition and Functions. *Microbiology spectrum*, 10(6), e0357222. <https://doi.org/10.1128/spectrum.03572-22>
- [30] Younas, H., Nazir, A., & Baren, F. E. (2022). Application of microbe-impregnated tannery solid waste biochar in soil enhances growth performance of sunflower. *Environmental science and pollution research international*, 29(38), 57669–57687. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19913-5>

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.