

Efektivitas Trichodermin dalam Mengendalikan Jamur *Colletotrichum* sp. Penyebab Penyakit Antraknosa pada Tanaman Stroberi (*Fragaria x ananassa*)

Anton Muhibuddin, Marshanda Regin Naufalya*, Irisa Trianti
Universitas Brawijaya

*E-mail: marshandaregin@student.ub.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi trichodermin sebagai agens pengendali hayati yang berasal dari *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan jamur patogen *Colletotrichum* sp. pada buah stroberi. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Penyakit, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, pada bulan Desember 2024 - Maret 2025. Jamur *Colletotrichum* sp. diisolasi dari stroberi yang menunjukkan gejala penyakit antraknosa. *Tirchoderma* sp. ditumbuhkan dalam media PDB selama tujuh hari di *orbital shaker* dan disaring untuk mendapatkan filtrat serta dimerasera menggunakan metanol. Filtrat diekstrak menggunakan *rotary evaporator* dan dilakukan uji FTIR pada hasil ekstraksinya. Hasil ekstrak yang telah menunjukkan bilangan gelombang gugus fungsi khas dari trichodermin kemudian digunakan sebagai agen antagonis yang akan diujikan dengan *Colletotrichum* untuk mengetahui efektivitas pengendaliannya secara *in vitro* pada media PDA dan *in vivo* pada buah stroberi. Perlakuan yang paling berpotensi dalam mengendalikan pertumbuhan *Colletotrichum* sp. yaitu perlakuan P5 dengan konsentrasi trichodermin sebesar 25%.

Kata kunci: *Colletotrichum* sp., Metabolit sekunder, Stroberi, *Trichoderma* sp., Trichodermin

PENDAHULUAN

Tanaman stroberi (*Fragaria x ananassa*) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan permintaan yang terus meningkat di pasaran. Banyaknya minat konsumen terhadap stroberi menjadikan para petani juga harus siap untuk dapat membudidayakan tanaman stroberi dengan hasil produksi yang tinggi. Namun hasil produksi tanaman stroberi pada tahun 2021-2023 di daerah Jawa Timur mengalami fluktuatif dalam produksi buahnya yaitu 838 ton/tahun, 1.085 ton/tahun, dan 209 ton/tahun (BPS, 2024). Terjadinya hasil tanaman yang fluktuatif ini dapat disebabkan karena adanya gangguan pada tanaman, salah satunya yaitu adanya serangan penyakit. Salah satu penyakit yang sering menyerang tanaman stroberi yaitu antraknosa. Penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum* sp. merupakan salah satu masalah utama pada tanaman stroberi (Setiyawan *et al.*, 2020). Penyakit antraknosa pada stroberi dapat diketahui dengan melihat gejala yang muncul yaitu spot berwarna kecoklatan dan cekung pada bagian buah tanaman. Munculnya gejala akibat serangan patogen tersebut dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan, produktivitas, dan kualitas dari buah yang dihasilkan (Xiao *et al.*, 2020). Kerugian ekonomi akibat penyakit ini cukup signifikan karena buah yang terinfeksi tidak dapat dipasarkan, sehingga diperlukan adanya upaya mengatasi serangan penyakit tersebut.

Para petani umumnya masih menggunakan fungisida untuk dapat mengendalikan penyakit yang menyerang tanaman stroberi. Penggunaan fungisida secara jangka panjang pastinya akan menimbulkan efek negatif terhadap kesehatan dan lingkungan sekitar (Furi, 2017). Alternatif untuk dapat menggantikan penggunaan fungisida untuk menekan pertumbuhan patogen penyakit sangat diperlukan. Penggunaan agens hayati merupakan cara pengendalian yang aman dan tidak mencemari lingkungan (Agustina *et al.*, 2019). Salah satu agen hayati yang dapat digunakan yaitu pemanfaatan jamur *Trichoderma* sp. Jamur ini menghasilkan metabolit sekunder berupa fungisida yang efektif dalam mengendalikan jenis fitopatogen (Watngil *et al.*, 2024). Salah satu senyawa bioaktif yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. adalah trichodermin. Jamur *Trichoderma* sp. dalam menekan pertumbuhan patogen mampu memproduksi senyawa racun (antibiotik) berupa trichodermin, trichodermol, dan chrysophanol yang dapat menyebabkan lisis pada hifa jamur lain (Hamdi *et al.*, 2018). Efektivitas trichodermin dalam mengendalikan *Colletotrichum* sp. pada tanaman stroberi menjadi fokus utama dalam penelitian ini. Adanya pemberian dosis yang

berbeda dapat menjadi tolak ukur keefektifan dalam pengaplikasian trichodermin. Dengan memahami peran trichodermin sebagai agen hidup, diharapkan penggunaan fungisida kimia bisa dikurangi untuk dapat mendukung praktik pertanian yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan mulai dari bulan Desember 2024 - Maret 2025 di Laboratorium Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Kegiatan penelitian secara *in vivo* dilakukan di lahan, sedangkan penelitian secara *in vitro* dilakukan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

Isolasi dan Identifikasi Patogen *Colletotrichum* sp.

Patogen *Colletotrichum* sp. diisolasi dari buah stroberi yang menunjukkan gejala antraknosa. Proses isolasi dilakukan dengan memotong buah sehingga separuh bagian terinfeksi dan separuhnya tetap sehat, lalu dilakukan sterilisasi menggunakan alkohol 70%, dan akuades. Setelah itu, sampel ditumbuhkan pada media Potato Dextrose Agar (PDA) secara aseptis. Identifikasi isolat murni dilakukan melalui pengamatan makroskopis dan mikroskopis.

Peremajaan *Trichoderma* sp.

Isolat yang akan digunakan merupakan isolat *Trichoderma* sp. koleksi dari Bapak Dr. Anton Muhibuddin S.P., M.P. Peremajaan *Trichoderma* sp. dilakukan dengan menggunakan media PDA. Isolat jamur *Trichoderma* sp. yang telah disiapkan kemudian dipotong menggunakan jarum ose sebesar 0,5 cm (Ulfa et al., 2024). Isolat yang telah dipotong kemudian di letakkan pada media PDA dan diinkubasi selama 7-14 hari pada suhu ruang.

Ekstraksi *Trichoderma* sp.

Ekstraksi *Trichoderma* sp.
Ekstraksi *Trichoderma* sp. dilakukan dengan menumbuhkan *Trichoderma* sp. pada media *Potato Dextrose Broth* (PDB) selama 7 hari dalam orbital shaker dengan kecepatan 120 rpm. Kultur disaring dengan kertas Whatman no. 42, disentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 30 menit (Nurbailis et al., 2019). Filtrat dicampur metanol (4:1), dimaserasi 1-3 hari, dan diuapkan dengan *rotary evaporator*. Analisis FTIR dilakukan dengan meneteskan hasil ekstraksi pada kristal ATR dan nantinya akan menghasilkan spektrum gelombang yang menunjukkan ququs fungsi pada hasil ekstrak tersebut.

Uji Antagonis Senyawa Trichodermin terhadap Penyakit Antraknosa Secara *In Vitro*

Uji antagonis secara *in vitro* dilakukan dengan mencampur trichodermin dan media PDA dengan perbedaan konsentrasi yaitu 0,5 mL trichodermin + 9,5 mL media PDA, 1 mL trichodermin + 9 mL media PDA, 1,5 mL trichodermin + 8,5 mL media PDA, 2 mL trichodermin + 8 mL media PDA, 2,5 mL trichodermin + 7,5 mL media PDA, dan satu perlakuan kontrol tidak ditambahkan trichodermin. Media PDA diinkubasi selama 24 jam, kemudian dapat ditambahkan jamur patogen di bagian tengah dan dilakukan pengamatan selama 7 hari untuk mengetahui daya hambat yang terjadi. Perhitungan daya hambat tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Watngil *et al.*, 2024):

$$P = \frac{(DK - DP)}{DK} \times 100\% \dots \quad (1)$$

Keterangan :

P = Persentase penghambatan

DK = Diameter koloni kontrol

DP = Diameter koloni perlakuan

Uji Antagonis Senyawa Trichodermin terhadap Penyakit Antraknosa Secara *In Vivo*

Uji Antagonis Senyawa Trichodermin terhadap Penyakit Anthracnose Secara *In Vivo*
Uji antagonis secara *in vivo* dapat dilakukan dengan melukai buah stroberi menggunakan jarum steril dan merendam buah stroberi ke dalam trichodermin yang telah dicampurkan dengan akuades. Perendaman dilakukan pada suspensi trichodermin sebanyak 20 mL sesuai dengan konsentrasi perlakuan yang akan diterapkan selama satu menit. Setelah itu, jamur *Colletotrichum* sp. yang telah ditumbuhkan pada PDB diinokulasikan pada buah stroberi dengan cara diteteskan pada titik tusukan. Penyemprotan dilakukan dua hari setelah kegiatan inokulasi patogen menggunakan suspensi trichodermin dengan

konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25 %. Pengamatan dilakukan selama 7 hari untuk mengetahui diameter kerusakan dan keparahan penyakit yang terjadi. Perhitungan keparahan penyakit dapat menggunakan metode skoring dengan rumus sebagai berikut:

$$KP = \frac{\sum(n \times v)}{Z \times N} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

n : jumlah buah yang terserang

v : nilai skala kerusakan

Z : nilai skala kerusakan tertinggi

N : jumlah total sampel buah uji

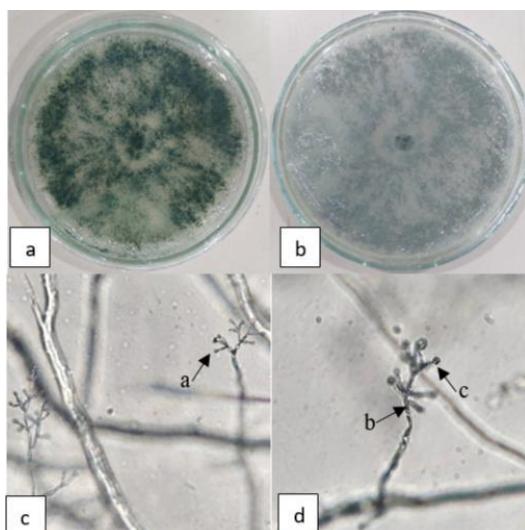
Analisis Data

Data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan ditabulasi dengan menggunakan aplikasi Microsoft excel dan R studio untuk mempermudah dalam pengolahan data. Data yang telah terkumpul kemudian dapat dianalisis untuk mengetahui hasil penelitian. Analisis data dilakukan dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA) 5% dan dilakukan uji lanjut menggunakan BNJ.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Hasil Peremajaan *Trichoderma* sp.

Trichoderma sp. yang telah tumbuh pada media memiliki warna koloni hijau tua saat dilihat pada bagian permukaan atas dan berwarna hijau kekuningan saat dilihat pada bagian permukaan bawah. *Trichoderma* sp. secara makrokopis mulanya miselium berwarna putih lalu menjadi hijau muda dan selanjutnya menjadi hijau tua (Erdiansyah dan Anugerah, 2023). Hasil dari peremajaan *Trichoderma* sp. dapat diketahui bahwa bentuk koloninya merupakan *circular* dan memiliki tekstur koloni yang halus (Gambar 1) dengan diameter 9 cm pada hari ketujuh. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Dewi (2018) bahwa jamur *Trichoderma* sp. memiliki permukaan halus dan ketebalan agak timbul.



Gambar 1. Hasil makroskopis (a-b) dan mikroskopis *Trichoderma* sp. (c-d: a. konidia, b. konidiofor, c. fialid)

Pengamatan secara mikroskopis juga dilakukan untuk dapat mengetahui bagaimana struktur dari jamur *Trichoderma* sp. yang tumbuh pada media. Hasil pengamatan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa konidiofor dari *Trichoderma* sp. memiliki bentuk bercabang, dan memiliki fialid yang berukuran pendek. Konidia yang tumbuh pada jamur *Trichoderma* sp. memiliki bentuk bulat telur (Gambar 1). Karakteristik tersebut mirip dengan yang disampaikan oleh Samuel et al. (2007) dalam Neto et al. (2022) bahwa Jamur *Trichoderma* sp. memiliki konidiofor tegak bercabang, konidia berbentuk bulat, dan fialid cenderung silindris atau sedikit membesar ditengah.

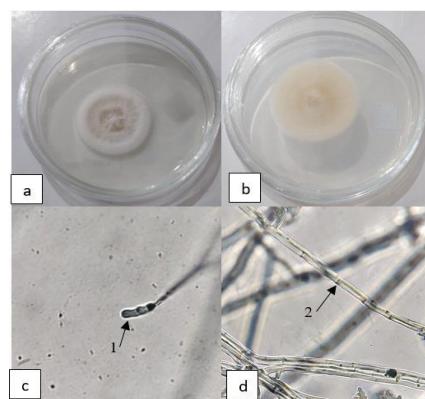


Gambar 2. Pohon filogenetika jamur *Trichoderma* sp.

Berdasarkan hasil analisis filogenetik pada Gambar 2 terdapat dua klad utama, yaitu Klad I dan Klad II. Klad I terdiri dari beberapa spesies seperti *Trichoderma viride*, *T. hamatum*, *T. asperelloides*, dan *T. asperellum*. Klad II didominasi oleh strain-strain *T. asperellum*, termasuk isolat UBP6 yang merupakan sampel isolat yang diujikan. Isolat tersebut terkelompok bersama dengan *T. asperellum* dengan nilai bootstrap sebesar 77. Nilai tersebut menunjukkan tingkat kepercayaan yang tinggi terhadap kekerabatan antarstrain tersebut (Lemoine *et al.*, 2018). Hal ini menunjukkan bahwa isolat uji tersebut memiliki kedekatan genetik yang erat dengan kelompok *T. asperellum* dan sehingga diduga kuat termasuk dalam spesies *T. asperellum*. Pengelompokan isolat uji ke dalam Klad II bersama strain *T. asperellum* lainnya memiliki implikasi penting, karena spesies ini memiliki kemampuan antagonistik yang tinggi terhadap berbagai patogen tanaman. *T. asperellum* sebagai agen biokontrol terhadap berbagai patogen tanaman memiliki keefektifan dalam menghambat pertumbuhan patogen pada tanaman (Liu *et al.*, 2024). Oleh karena itu, identifikasi isolat tersebut sebagai *T. asperellum* dapat mendukung potensinya sebagai agen antagonis dalam pengendalian berbagai penyakit tanaman.

Isolasi dan Identifikasi Patogen *Colletotrichum* sp.

Hasil isolasi menunjukkan bahwa secara makroskopis koloni patogen terlihat berwarna putih kekuningan dengan tekstur halus (Gambar 3). Koloni jamur berwarna putih dengan hifa menebal seperti kapas dan halus serta tepi koloni rata. Bagian bawah koloni jamur berwarna putih hingga berwarna krem hingga oranye (De Silva *et al.*, 2017). Jamur *Colletotrichum* sp. memiliki bentuk koloni *irregular*. Koloni yang tumbuh memiliki tekstur yang halus dan tidak terdapat *radial furrow*.



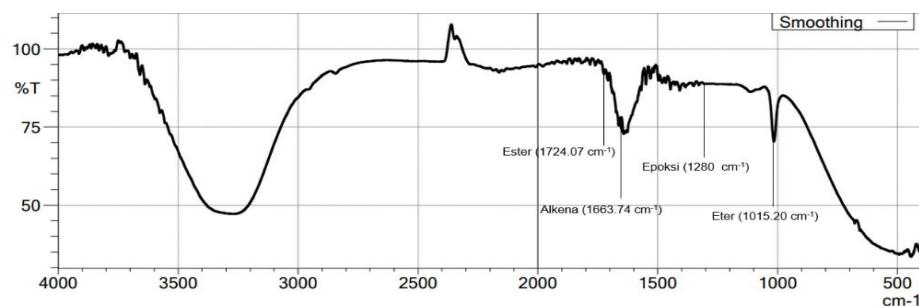
Gambar 3. Hasil makroskopis (a-b) dan mikroskopis *Colletotrichum* sp. (c-d: 1. konidia, 2. apresoria, 3. hifa bersekat)

Secara mikroskopis jamur *Colletotrichum* sp. memiliki hifa bercabang dan memiliki sekat. Konidia dari jamur ini memiliki bentuk cenderung oval atau lonjong (Gambar 3). Ciri-ciri umum jamur dari genus *Colletotrichum* yaitu memiliki hifa bersekat dan bercabang serta menghasilkan konidia yang transparan dan

memanjang dengan ujung membulat atau meruncing dengan massa konidia berwarna hitam (Dickman, 1993 dalam Sudirga, 2016).

Ekstraksi *Trichoderma* sp.

Ekstraksi *Trichoderma* sp. dilakukan dengan menggunakan *rotary evaporator*. Ekstraksi dapat dihentikan ketika seluruh bahan pelarut yaitu metanol telah menguap secara keseluruhan. Hasil ekstrak yang didapat umumnya juga sudah tidak memiliki aroma khas metanol dan sudah tidak ada lagi pelarut yang menetes ke labu penampung pada *rotary evaporator*. Hasil ekstrak yang telah didapatkan akan diuji menggunakan FTIR. Uji FTIR dapat membantu dalam mengidentifikasi senyawa atau gugus fungsi yang ada pada hasil ekstraksi (Sasidharan *et al.*, 2011). Hasil tersebut nantinya akan ditesteskan pada alat uji FTIR sehingga akan menunjukkan gelombang gugus fungsi yang khas dari suatu senyawa.

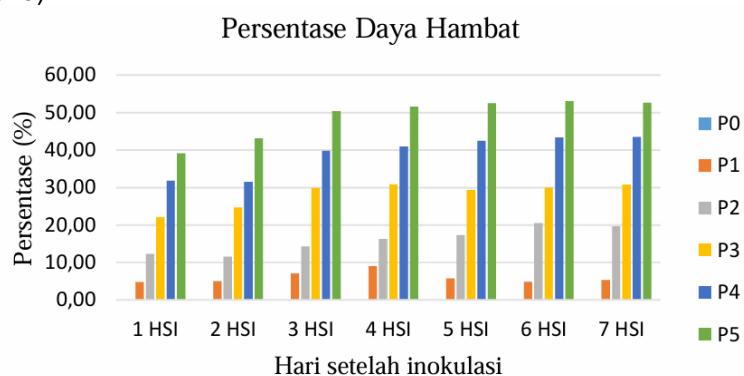


Gambar 4. Hasil ekstraksi *Trichoderma* sp. dan hasil FTIR

Berdasarkan hasil uji FTIR yang telah dilakukan terdapat beberapa gelombang gugus fungsi yang muncul (Gambar. 4). Gugus fungsi yang menjadi khas dari trichodermin yaitu adanya ester, eter, dan alkena (Azhari *et al.*, 2017). Gugus fungsi tersebut terdeteksi pada hasil FTIR yang telah dilakukan yaitu, bilangan gelombang 1724 cm^{-1} untuk ester, 1015 cm^{-1} untuk eter, dan 1663 cm^{-1} untuk alkena. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Coates (2015) bahwa gugus ester memiliki bilangan gelombang sekitar $1750\text{-}1720$, eter berada disekitar $1015\text{-}1050$, dan $1680\text{-}1620$ untuk alkena. Hasil ini dapat memprediksi keberadaan trichodermin sebagai metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. melalui proses ekstraksi yang telah dilakukan sebelumnya.

Uji Antagonis Senyawa Trichodermin terhadap Penyakit Antraknosa Secara In Vitro

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa perlakuan P5 memiliki persentase daya hambat paling tinggi, sedangkan P1 merupakan perlakuan yang memiliki persentase daya hambat terendah (Gambar 5). Perlakuan P5 memiliki persentase tertinggi karena dosis pemberian trichodermin yang paling tinggi diantara perlakuan lainnya. hal tersebut menunjukkan bahwa pada setiap peningkatan konsentrasi trichodermin yang diberikan maka persentase daya hambat yang diperoleh akan semakin rendah. Peningkatan persentase daya hambat tersebut dapat terjadi karena adanya kandungan antibiotik pada media sehingga dapat mempengaruhi dan menghambat pertumbuhan jamur patogen (Vey *et al.* 2001 dalam Alfizar *et al.* 2013).



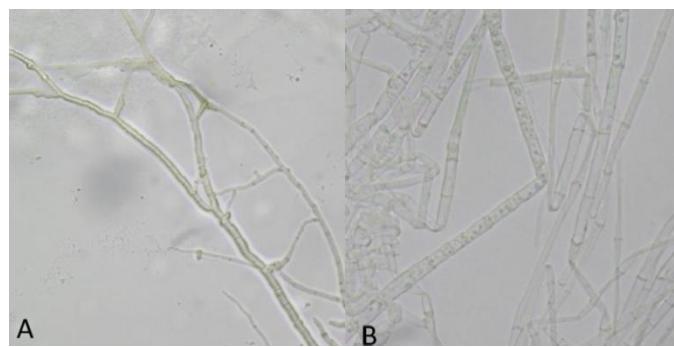
Gambar 5. Persentase daya hambat

Kandungan trichodermin pada media yang mulai bekerja akan menyebabkan penghambatan pada pertumbuhan jamur patogen. Toksin tersebut dapat menyerang dan menghancurkan propagul yang berisi spora-spora patogen di sekitarnya (Hamdi *et al.*, 2018). Jamur *Colletotrichum* sp. akan mengalami perubahan secara fisiologis karena efek dari adanya trichodermin. Secara makroskopis jamur *Colletotrichum* sp. akan mengalami berubahan warna dan miselium yang tumbuh cenderung lebih tipis seperti yang terlihat pada Gambar 6. Ukuran koloni dari jamur *Colletotrichum* sp. yang tumbuh pada media perlakuan juga lebih kecil yang disebabkan oleh pertumbuhan yang tidak optimal yang disebabkan karena efek dari kandungan trichodermin pada media tumbuh. Salah satu senyawa anti jamur yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. adalah trichodermin, yang telah terbukti memiliki aktivitas antijamur (Safitri *et al.*, 2023).



Gambar 6. Hasil uji antagonis (Perkembangan pertumbuhan jamur setiap perlakuan pada 1-7 HSI)

Berdasarkan hasil pengamatan mikroskopis, terlihat adanya perubahan morfologi pada miselium *Colletotrichum* sp. yang mengindikasikan terjadinya lisis (Gambar 7). Hal ini menunjukkan bahwa adanya pemberian trichodermin dapat menyebabkan kerusakan struktur jamur *Colletotrichum* sp., sehingga dapat menghambat pertumbuhan jamur tersebut. Trichodermin bekerja dengan menghambat enzim yang terlibat dalam biosintesis ergosterol, seperti enzim lanosterol 14 α -demethylase (Rahman *et al.*, 2018). Terjadinya ketidaksesuaian pertumbuhan pada struktur jamur *Colletotrichum* sp. ini akan mengganggu pertumbuhan jamur tersebut sehingga pertumbuhannya terhambat. Ketidakmampuan jamur patogen untuk memproduksi ergosterol yang cukup dapat mengganggu fungsi membran selnya, menyebabkan kebocoran membran, dan akhirnya menghambat pertumbuhan jamur (Ramdan *et al.*, 2021). Oleh karena itu, jamur *Colletotrichum* sp. yang tumbuh pada media perlakuan akan cenderung mengalami penghambatan.



Gambar 7. Hasil uji antagonis secara mikroskopis:(A) Kontrol, (B) Perlakuan trichodermin

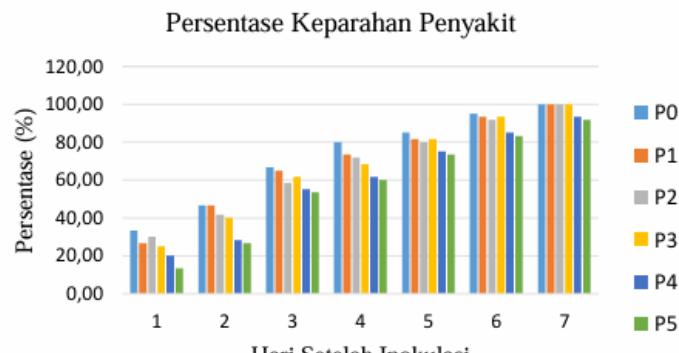
Analisis statistik dengan uji ANOVA menunjukkan hasil bahwa nilai F hitung lebih besar daripada F tabel 5% yang menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada setiap perlakuan. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa seiring waktu, pengaruh trichodermin menjadi lebih nyata. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya aktivitas antifungi dari trichodermin yang diberikan sebagai perlakuan, sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan jamur patogen (Alfizar *et al.*, 2013). Perlakuan P5 (konsentrasi tertinggi) secara konsisten menunjukkan nilai daya hambat tertinggi dan berbeda nyata dari perlakuan lain. Perlakuan P4 juga menunjukkan daya hambat yang tinggi dan mendekati efektivitas P5, serta P0 tetap menunjukkan daya hambat yang rendah dan tidak berbeda nyata dari perlakuan awal seperti P1 dan P2. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa efektivitas trichodermin dalam menghambat pertumbuhan *Colletotrichum* sp. secara *in vitro* bersifat progresif dan semakin tinggi konsentrasi trichodermin yang diberikan maka akan semakin besar daya hambat yang terjadi.

Tabel 1. Hasil uji lanjut daya hambat

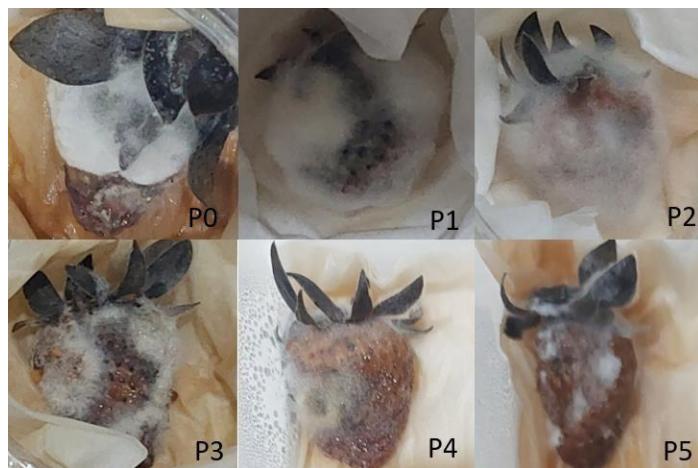
Perlakuan	Rata-Rata Persentase Daya Hambat Hari Ke-						
	1 HSI	2 HSI	3 HSI	4 HSI	5 HSI	6 HSI	7 HSI
P0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	e	c	d	e	d	c	d
P1	4,77	5,02	7,10	9,01	5,74	4,84	6,89
	de	c	cd	de	d	c	d
P2	12,27	11,59	14,31	16,29	17,27	20,46	19,67
	cd	c	c	d	c	b	c
P3	22,05	24,72	29,92	30,83	29,37	30,00	30,77
	bc	b	b	c	b	b	b
P4	31,82	31,52	39,81	40,93	42,48	43,34	43,52
	ab	ab	ab	b	a	a	a
P5	39,09	43,10	50,37	51,59	52,48	53,01	52,65
	a	a	a	a	a	a	a

Uji Antagonis Senyawa Trichodermin terhadap Penyakit Antraknosa Secara *In Vivo*

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa persentase keparahan penyakit mengalami peningkatan di setiap harinya pada seluruh perlakuan, namun terjadinya peningkatan persentase keparahan penyakit pada buah stroberi ini berbeda-beda tergantung pada perlakuan yang diberikan. Trichodermin menunjukkan aktivitas antimikroba yang kuat terhadap jamur, ragi, dan bakteri berfilamen (Tijerino *et al.*, 2011 dalam Barua *et al.*, 2019). Perlakuan P0 memiliki tingkat persentase keparahan penyakit tertinggi yaitu sebesar 72,32% dimana hal itu menunjukkan bahwa infeksi dari jamur *Colletotrichum* sp. mampu berkembang tanpa adanya hambatan yang signifikan. Perlakuan P5 merupakan perlakuan dengan konsentrasi trichodermin tertinggi, sehingga persentase keparahan penyakit mencapai 55,06% lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya (Gambar 8). Hal ini mengindikasikan bahwa pemberian trichodermin yang semakin tinggi maka semakin efektif dalam menghambat pertumbuhan *Colletotrichum* sp. Metabolit sekunder *Trichoderma* sp. memiliki efek yang signifikan dalam menghambat pertumbuhan *Colletotrichum* sp. dimana seiring dengan semakin besar konsentrasi yang diberikan maka pengaruh pengendalian juga akan meningkat (Watngil *et al.*, 2024). Kemampuan trichodermin dalam menekan keparahan penyakit antraknosa pada stroberi akan dapat menghambat pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp., namun infeksi pada buah tetap berlanjut meskipun pada perlakuan P4 dan P5 yang menunjukkan efektivitas pengendalian lebih baik dari yang lainnya (Gambar 9).

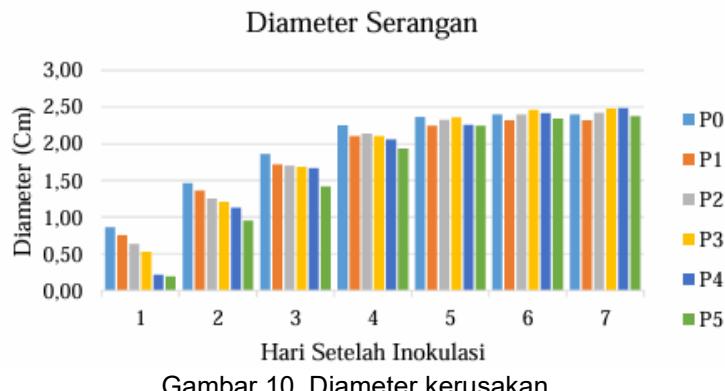


Gambar 8. Persentase keparahan penyakit



Gambar 9. Kondisi buah stroberi pada 7 HIS

Hasil diameter kerusakan menunjukkan bahwa perlakuan P5 yang memiliki konsentrasi paling tinggi menjadi perlakuan yang menunjukkan diameter kerusakan lebih kecil dibandingkan perlakuan lainnya hampir di setiap harinya. Hal tersebut mengindikasikan bahwa trichodermin mampu menghambat perkembangan *Colletotrichum* sp. secara lebih efektif. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. ini memiliki berbagai kandungan seperti enzim dan toksin, dimana salah satu toksin yang dihasilkan yaitu trichodermin (Watngil *et al.*, 2024). Meskipun P5 memiliki hasil yang paling rendah, namun perbedaan antar perlakuan pada diameter kerusakan memiliki perbedaan yang cukup tipis (Gambar 10). Hal tersebut dapat terjadi salah satunya karena ukuran buah stroberi yang digunakan berbeda-beda, sehingga ketika serangan terjadi pada buah stroberi yang memiliki ukuran cenderung kecil akan terlihat stabil karena diameter kerusakan sudah mencapai ukuran maksimal. Selain itu, kondisi lingkungan tanaman yang memiliki kelembaban tinggi dapat membuat kondisi buah saat dilakukannya pemotongan kurang baik, sehingga dapat mempengaruhi parahnya dengan hasil diameter kerusakan buah. Pada kondisi lingkungan yang mendukung, jamur *Colletotrichum* sp. akan dapat tumbuh dengan baik sehingga akan dapat meningkatkan kerusakan (Istifadah *et al.*, 2021). Berdasarkan hasil dari pengamatan keparahan penyakit dan diameter kerusakan pada buah stroberi menunjukkan bahwa pemberian trichodermin memiliki efek dalam menghambat pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. khususnya pada perlakuan dengan konsentrasi 25% (P5), namun perlu adanya kombinasi strategi pengendalian agar hasil yang didapatkan lebih optimal.



Gambar 10. Diameter kerusakan

Tabel 2. Hasil uji lanjut keparahan penyakit

Perlakuan	Rata-rata persentase keparahan penyakit hari ke-						
	1 HSI	2 HSI	3 HSI	4 HSI	5 HSI	6 HSI	7 HSI
P0	33,3	46,7	66,7	80,0	85,0	95,0	100,0
	a	a	a	a	a	a	a
P1	26,7	46,7	65,0	73,3	81,7	93,3	100,0
	ab	a	a	ab	a	a	a
P2	30,0	41,7	58,3	71,7	80,0	91,7	100,0
	a	ab	a	ab	a	a	a
P3	25,0	40,0	61,7	68,3	80,0	93,3	100,0
	ab	ab	a	ab	a	a	a
P4	20,0	28,3	55,0	61,7	75,0	85,0	93,3
	ab	ab	a	ab	a	a	b
P5	13,3	26,7	53,3	60,0	73,3	83,3	91,7
	b	b	a	b	a	a	ab

Tabel 3. Hasil uji lanjut diameter kerusakan

Perlakuan	Rata-rata persentase diameter kerusakan hari ke-						
	1 HSI	2 HSI	3 HSI	4 HSI	5 HSI	6 HSI	7 HSI
P0	0,85	1,45	1,88	2,25	2,38	2,43	2,43
	a	a	a	a	a	a	a
P1	0,73	1,35	1,70	2,10	2,23	2,30	2,23
	a	ab	a	a	a	a	a
P2	0,63	1,25	1,70	2,13	2,43	2,43	2,43
	ab	ab	a	a	a	a	a
P3	0,53	1,20	1,70	2,10	2,33	2,45	2,45
	ab	ab	a	a	a	a	a
P4	0,23	1,15	1,68	2,05	2,33	2,43	2,48
	b	ab	a	a	a	a	a
P5	0,20	0,95	1,48	1,93	2,15	2,33	2,38
	b	b	a	a	a	a	a

Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa aplikasi trichodermin, terutama pada konsentrasi tinggi (P4–P5), efektif menekan perkembangan awal penyakit antraknosa hingga hari ke-3 setelah inokulasi. Efektivitas ini terlihat dari lambatnya peningkatan diameter kerusakan dibandingkan kontrol, diduga karena *Trichoderma* sp. mampu menghambat infeksi awal *Colletotrichum* sp. melalui mekanisme antagonistik seperti kompetisi ruang dan nutrisi, mikoparasitisme, serta produksi metabolit toksik (Harman *et al.*, 2004). Namun, seiring waktu efektivitas tersebut menurun atau mencapai ambang stabil, sehingga tidak ada perbedaan nyata antarperlakuan pada hari-hari akhir pengamatan. Hal ini sejalan dengan pendapat Asad (2022) yang menyatakan bahwa aktivitas biokontrol *Trichoderma* dapat melemah akibat faktor lingkungan dan interaksi mikroba lain, sehingga diperlukan strategi kombinasi pengendalian agar hasilnya lebih optimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Pemberian trichodermin dengan konsentrasi 25% (P5) memiliki potensi paling tinggi dalam mengendalikan perkembangan *Colletotrichum* sp. penyebab antraknosa pada stroberi
2. Pemberian konsentrasi trichodermin yang berbeda akan berpengaruh terhadap efektivitas pengendalian. Semakin tinggi konsentrasi yang diberikan, maka akan semakin efektif dalam mengendalikan penyakit antraknosa pada stroberi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfizar, A., Marlina, M., dan Susanti, F. 2013. Kemampuan antagonis *Trichoderma* sp. terhadap beberapa jamur patogen in vitro. *Jurnal Floratek*, 8(1), 45-51.
- Agustina, D., Triasih, U., Dwiaستuti, M. E., dan Wicaksono, R. C. 2019. Potential of antagonistic fungi in inhibiting the growth of *Botryodiplodia theobromae* fungi causes stem rot disease in citrus. *Jurnal Agronida*, 5(1): 1–6.
- Azhari, M. A., Putri, I. W., Pratama, A. I., Hidayah, R. E., dan Ambarsari, L. 2017. Development of trichodermin nanoemulsion based on medium chain triglycerides as antifungal of *Ganoderma boninense* in vitro. *Current Biochemistry*, 4(2), 12-22.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2024. Produksi Tanaman Buah-Buahan Tahun 2021-2023. Diakses 02 Oktober 2024. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjljMg=/produksi-tanaman-buah-buahan.html>
- Barúa, J. E., de la Cruz, M., de Pedro, N., Cautain, B., Hermosa, R., Cardoza, R. E., dan Collado, I. G. 2019. Synthesis of trichodermin derivatives and their antimicrobial and cytotoxic activities. *Molecules*, 24(20): 3811.
- Coates, J. 2000. Interpretation of infrared spectra, a practical approach. *Encyclopedia of Analytical Chemistry*, 12, 10815-10837.
- Dewi, O. K. M. 2018. Eksplorasi jamur rhizosfer pada tanaman tebu serta potensi antagonis terhadap penyakit pokahbung (*Fusarium moniliformae* L.) di lahan milik Pg Kebon Agung Kabupaten Malang. Universitas Brawijaya.
- De Silva, D. D., Crous, P. W., Ades, P. K., Hyde, K. D., dan Taylor, P. W. J. 2017. Life styles of *Colletotrichum* species and implications for plant biosecurity. *Fungal Biology Reviews*, 31(3), 155–168.
- Erdiansyah, I. dan Anugerah, E.R. 2023. Karakteristik *Trichoderma harzianum* asal tanah latosol dan sifat antagonisnya terhadap penyakit busuk batang kacang tanah. *Agropross: National Conference Proceedings of Agriculture*, pp. 94-103.
- Furi, T. N. 2017. Uji antagonis fungi endofit *Trichoderma* sp. dan *Mucor* sp. terhadap fungi patogen penyebab bercak daun (*Leaf Spot*) pada tanaman stroberi (*Fragaria x ananassa*) (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Hamdi, N. M., Lisnawati, L., dan Pinem, M. I. 2018. Uji Metabolit *Trichoderma* spp. terhadap *Ganoderma* sp. in vitro. In *Talenta Conference Series: Agricultural and Natural Resources (ANR)*, 1(1): 11-15.
- Istifadah, N., Ayuningtyas, A., dan Nasahi, C. 2017. Efek pencampuran bahan pestisida nabati terhadap keefektifannya dalam menekan *Colletotrichum* sp. in vitro serta penyakit antraknosa pada stroberi. *Agrologia*, 6(1), 288741.

- Lemoine, F., Domelevo Entfellner, J. B., Wilkinson, E., Correia, D., Dávila Felipe, M., De Oliveira, T., dan Gascuel, O. 2018. Renewing Felsenstein's phylogenetic bootstrap in the era of big data. *Nature*, 556 (7702), 452-456.
- Liu, P., Yang, R., Wang, Z., Ma, Y., Ren, W., Wei, D., dan Ye, W. 2024. Biocontrol potential of *Trichoderma asperellum* CMT10 against strawberry root rot disease. *Horticulturae*, 10(3): 1-16.
- Neto, P. D., Henuk, J. B., dan Mau, A. E. 2022. Isolasi dan identifikasi *Trichoderma* spp. dari rhizosfer tanaman jati (*Tectona grandis* Linn.) di taman Hutan Raya Prof. Ir. Herman Yohanes, Desa Kotabes, Kecamatan Amarasi Kabupaten Kupang. *Wana Lestari*, 4(01): 083-089.
- Nurbailis, N., Djamaan, A., Rahma, H., dan Liswarni, Y. 2019. Potential of culture filtrate from *Trichoderma* spp. as biofungicide to *Colletotrichum gloeosporioides* causing anthracnose disease in chili. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(10): 2915-2920.
- Rahman, M., Ansari, T., Alam, M., Moni, J., dan Ahmed, M. 2018. Efficacy of *Trichoderma* against *Colletotrichum capsici* causing fruit rot due to anthracnose of chili (*Capsicum annuum* L.). *The Agriculturists*, 16(02), 75-87.
- Ramdan, E. P., Risnawati, R., Kanny, P. I., Miska, M. E. E., dan Lestari, S. A. 2021. Penekanan pertumbuhan *Colletotrichum* sp. penyebab penyakit antraknosa oleh beberapa agens hayati pada skala in vitro. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, 24(2), 68-72.
- Safitri, Y., Pradana, R., Nugraheni, I. A., dan Fardhani, D. M. 2023. Uji antagonis *Trichoderma* spp. terhadap *Colletotrichum* spp. penyebab penyakit antraknosa pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens*) secara in vitro. Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM Universitas' Aisyiyah Yogyakarta (1), 491-497.
- Sasidharan, S., Chen, Y., Saravanan, D., Sundram, K. M., dan Latha, L. Y. 2011. Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 8(1): 1-10.
- Setiyawan, D., Hartono, S., dan Widiastuti, A. 2020. Identifikasi penyakit cendawan penting pada tanaman stroberi (*Fragaria ananassa*) di Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah, Indonesia. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 16(4): 145-156.
- Sudirga, S. K. 2016. Isolasi dan identifikasi jamur *Colletotrichum* spp. isolat PCS penyebab penyakit antraknosa pada buah cabai besar (*Capsicum annuum* L.) di Bali. *Jurnal metamorfosa*, 3(1), 23-30.
- Ulfa, M., Anhar, A., Violita., dan Vauzi. 2024. Growth of *Trichoderma asperellum* with the addition of paraffin to corn-based medium. *Jurnal Serambi Biologi*, 9(1), 23- 30.
- Watngil, B., Kalay, A. M., Talahaturuson, A., dan Uruilal, C. 2024. Penilaian efektivitas metabolit sekunder *Trichoderma harzianum* dalam menghambat pertumbuhan *Colletotrichum capsici* dan *Cercospora capsici*: Kajian in vitro. *Jurnal Ilmu Budidaya Tanaman*, 13(1): 8-16.
- Xiao, J. R., Chung, P. C., Wu, H. Y., Phan, Q. H., Yeh, J. L. A., dan Hou, M. T. K. 2020. Detection of stroberi diseases using a convolutional neural network. *Plants*, 10(1): 31.