Penilaian Efektivitas Metabolit Sekunder *Trichoderma harzianum* dalam Menghambat Pertumbuhan *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsici* : Kajian In Vitro

Baidah Watngil[1)] A. Marthin Kalay[1,2,*)], Abraham Talahaturuson[1)], Costanza Uruilal[1)]

[1)]Progran Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Unpatti. Jln. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka Ambon.
[2)]Progran Studi Magister Ilmu Pertanian Pascasarjana Unpatti. Jln. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka Ambon.

*Korespondensi: marthinkalay@gmail.com

ABSTRAK

Budidaya tanaman cabai sering kali dihadapkan pada kendala adalanya serangan penyakit, terutama penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *Colletotricum capsici*, dan penyakit bercak daun yang disebabkan oleh jamur *Cercospora capsici*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan konsentrasi yang efektif dari metabolit sekunder *T. harzianum* (MSTh) dalam menghambat pertumbuhan *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsici* secara in vitro. Percobaan menggunakan berbagai konsentrasi MSTh yaitu: 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Hasil penelitian ditemukan bahwa pemberian MSTh dapat menghambat pertumbuhan patogen *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsici* secara in vitro. Pemberian MSTh dengan konsentrasi 10% sudah dapat menghambat pertumbuhan *Colletotricum capsic*i dan *Cercospora capsici* secara signifikan dibandingkan tanpa MSTh. Konsentrasi efektif yang ditunjukkan dengan nilai persentase daya hambat dan penurunan berat koloni adalah konsentrasi MSTh 40% dengan daya hambat pertumbuhan *Colletotricum capsici* sebesar 89,49 %, dan konsentrasi MSTH 50% dengan daya hambat pertumbuhan *Cercospora capsici* sebesar 57,78%.

Kata Kunci: *Colletotricum capsici, Cercospora capsici,* Metabolit sekunder, *Trichoderma harzianum*

Assessment of the Effectiveness of *Trichoderma harzianum* Secondary Metabolites in Inhibiting the Growth of *Colletotricum capsici* and *Cercospora capsici*: In Vitro Study

ABSTRACT

The cultivation of chili plants is often faced with obstacles such as disease attacks, especially anthracnose disease caused by the fungus *Colletotricum capsici* and leaf spot disease caused by the fungus *Cercospora capsic*i. This study aimed to determine the effective concentration of *T. harzianum* secondary metabolites (MSTh) in inhibiting the growth of *Colletotricum capsic*i and *Cercospora capsici* in vitro. The experiments used various MSTh concentrations: 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, and 50%. The research results found that administration of MSTh could inhibit the growth of *Colletotricum capsici* and *Cercospora capsic*i in vitro. Giving MSTh at a concentration of 10% can significantly inhibit the growth of *Colletotricum capsici* and *Cercospora capsic*i compared to without MSTh. The effective concentration indicated by the percentage value of inhibitory power and colony weight reduction is an MSTh concentration of 40% with a growth inhibition of *Colletotricum capsici* of 89.49% and an MSTH concentration of 50% with a growth inhibition of *Cercospora capsici* of 57.78%.

Keywords: *Colletotricum capsici, Cercospora capsici,* secondary metabolites, *Trichoderma harzianum*

e-ISSN 2580-9636
DOI: http://dx.doi.org/10.30598/ajibt.v13i1

PENDAHULUAN

Budidaya tanaman cabai sering kali dihadapkan pada kendala serangan penyakit, terutama penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *Colletotricum capsici*, dan penyakit bercak daun yang disebabkan oleh jamur *Cercospora capsici*. Penyakit antraknosa dapat muncul baik sebelum maupun setelah masa panen, dan sering kali menyebabkan kerugian yang signifikan, terutama pada musim hujan, dengan tingkat kerugian dapat mencapai 50 hingga 90%.

Penggunaan bahan kimia alami menjadi solusi untuk mengurangi ketergantungan pada pestisida sintetis dalam mengendalikan kedua fitopatogen tersebut. Salah satu solusi yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan jamur *Trichoderma harzianum* sebagai agens hayati. Jamur ini memiliki metabolisme sekunder yang menghasilkan metabolit sekunder berupa fungisida, yang efektif dalam mengendalikan berbagai jenis fitopatogen. Metabolit sekunder biasanya terbentuk pada tahap akhir pertumbuhan, sebagai hasil dari sisa-sisa metabolisme, dan seringkali tidak dibutuhkan oleh organisme atau mikroba tersebut, seperti antibiotika, enzim, hormon, dan toksin. Metabolit sekunder ini memiliki efektivitas tinggi dalam mengendalikan organisme pengganggu tanaman (OPT) di lapangan [1]. Hasil penelitian penggunaan metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *T. harzianum* dengan konsentrasi sebesar 10% sudah mampu mengurangi penyakit busuk buah *Phomopsis vexans* pada terung hingga 48,34% [2].

Trichoderma harzianum mampu menghasilkan berbagai metabolit sekunder, termasuk enzim seperti kitinase, protease, selulase dan -1,3-glukanase[3]. Peran utama dari enzim-enzim ini adalah untuk menguraikan dinding sel polisakarida menjadi oligomer pendek, memfasilitasi penetrasi hiperparasit ke dalam sitoplasma patogen jamur yang menjadi target [4][5]. Proses penghancuran sel pada jamur fitopatogen mengganggu pertumbuhannya secara signifikan.

Berdasarkan informasi tersebut, pengembangan penelitian tentang penggunaan metabolit sekunder atau pestisida hayati untuk mengendalikan penyakit pada tanaman perlu dilakukan, misalnya melalui penelitian penggunaannya terhadap jamur *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsici* secara in vitro. Dengan melakukan penelitian ini, akan dapat dievaluasi potensi efektivitas metabolit sekunder dari *T. harzianum* (MSTh) dalam menghambat pertumbuhan dan perkembangan kedua jenis jamur fitopatogen tersebut secara langsung di dalam lingkungan laboratorium, sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut di lapangan. Hal ini akan memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai potensi penggunaan pestisida hayati ini sebagai alternatif yang ramah lingkungan dalam pengendalian penyakit tanaman.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan konsentrasi yang efektif dari MSTh dalam menghambat pertumbuhan *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsici* secara in vitro. Dengan demikian, penelitian ini akan memberikan informasi yang berharga tentang potensi penggunaan MSTh sebagai alternatif dalam pengendalian penyakit pada tanaman, serta membantu dalam pengembangan strategi pengendalian penyakit yang lebih efektif dan ramah lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi biakan murni isolat *T. harzianum* dari koleksi Laboratorium Biokontrol Fakultas Pertanian Unpatti; isolat *Colletotriehum capsici* dan *Cercospora capsici*; kentang untuk membuat media PDA; aquades steril; agar; dextrose; chloramphenicol; alkohol 70%; spirtus; tisu steril; plastik wrap; dan alumunium foil.

Desain penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga Maret 2023, di Laboratorium Biocontrol Fakultas Pertanian Universitas Pattimura. Percobaan dalam penelitian ini menggunakan berbagai konsentrasi MSTh yaitu: 0% (tanpa metabolit sekunder sebagai

kontrol), 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%, dengan menggunakan pelarut air steril. Setiap konsentrasi akan diuji terhadap efektivitasnya dalam mengendalikan *Colletotrihum capsici* dan *Cercospora capsici*. Penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan empat ulangan.

Penyiapan metabolit sekunder *Trichoderna harzianum* (MSTh)

Proses persiapan MSTh dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Biakan murni *T. harzianum* dari koleksi laboratorium Biokontrol Fakultas Pertanian Unpatti diisolasi kembali pada media PDA.
- Setelah tumbuh selama lima hari, dilakukan reisolasi sebanyak 10 petridish hingga berumur tujuh hari pada media PDA.
- Lima petridish disiapkan untuk dijadikan inokulan. Masing-masing petridish ditambahkan dengan 15 mL air steril dan dikeruk. Kemudian, diambil masing-masing sebanyak ±10 mL dan disatukan.
- Ambil 50 mL dari campuran tersebut dan tambahkan pada media fermentasi yang terdiri dari campuran 200 mL air kelapa, 800 mL air cucian beras, 20 g tapioka, 10 g gula pasir, dan 10 g terasi, semua bahan disterilkan menggunakan autoclave [1] (yang dimodifikasi).
- Dilakukan pengocokan menggunakan shaker dengan kecepatan 120 rpm selama 25 hari pada suhu ruangan sekitar ±27°C.
- Setelah itu, dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 15 menit. Selanjutnya, larutan disaring dengan kertas saring dan dipanaskan pada Water Bath dengan suhu 60°C selama 30 menit [6].

Penyiapan Inukulan *Colletotrichum capsici* dan *Cercospora capsici*

Untuk persiapan *Colletotrichum capsici* dan *Cercospora capsici*, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- Biakan murni *Colletotrichum capsici* dan *Cercospora capsici* dari koleksi Laboratorium Biocontrol Fakultas Pertanian Unpatti diisolasi kembali pada media PDA.
- Biakan tersebut dibiarkan tumbuh selama tujuh hari sehingga mencapai umur yang optimal untuk digunakan dalam uji efektivitas metabolit sekunder.

Dengan menggunakan biakan berumur tujuh hari dari *Colletotrichum capsici* dan *Cercospora capsici* tersebut, penelitian dilakukan untuk menguji efektivitas MSTh terhadap pertumbuhan dan perkembangan kedua patogen tersebut secara in vitro.

Uji Penghambatan Pertumbuhan *Colletotrichum capsici* dan *Cercospora capsici* **dengan MSTh secara In Vitro.**

Untuk melakukan uji penghambatan pertumbuhan *Colletotrichum capsici* dan *Cercospora capsici*, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- Siapkan 1 mL MSTh dan campur dengan 9 mL media PDA dalam sebuah cawan petri. Goyangkan campuran tersebut hingga tercampur secara merata dan biarkan hingga membeku (kurang lebih 5 jam). Volume tersebut digunakan untuk konsentrasi 10%. Untuk membuat konsentrasi 20%, 30%, 40%, dan 50%, lakukan perbandingan antara MSTh dan media PDA dengan rasio 2:8, 3:7, 4:6, dan 5:5.
- Setelah media beku, inokulasikan biakan murni *Colletotrichum capsici* dan *Cercospora capsici* yang berumur 7 hari ke dalam cawan petri yang sudah berisi campuran MSTh dan media PDA. Gunakan metode cork borer dengan diameter 9 mm untuk menempatkan masing-masing jamur di bagian tengah cawan petri, inkubasikan pada suhu kamar [7].
- Lakukan pengukuran diameter koloni *Colletotrichum capsici* dan *Cercospora capsici* pada media PDA setelah beberapa waktu inkubasi untuk mengevaluasi efektivitas MSTh dalam menghambat pertumbuhan kedua patogen tersebut.

Pengamatan

Variabel yang diamati adalah diameter koloni, berat koloni, dan persentase penghambatan. Langkah-langkah pengukuran dan perhitungan variabel pengamatan pada *Colletotrichum capsici* dan *Cercospora capsici* sebagai berikut:

a. Pengukuran Diameter Koloni:
   Pengukuran diameter koloni dilakukan setiap 24 jam dan dihentikan ketika salah satu cawan petri dari perlakuan 0% (kontrol) telah ditutupi dengan miselium patogen.

b. Pengukuran Berat Koloni:
   Pengukuran berat koloni dilakukan setelah pengukuran diameter koloni selesai.
   Untuk mendapatkan biomasa, lakukan sebagai berikut:
   . Panaskan cawan petri dengan koloni jamur menggunakan *Hot Plate*. Jika agar telah mencair, tambahkan air dingin steril hingga koloni terapung.
   . Pisahkan koloni jamur dan letakkan di atas kertas saring. Kemudian, keringkan di dalam oven dengan suhu 60°C.
   . Timbang berat koloni yang sudah dikeringkan.

c. Perhitungan Persentase Penghambatan:
   Hitung persentase penghambatan pertumbuhan dari patogen *Colletotrichum capsici* dan *Cercospora capsici* menggunakan persamaan sebagai berikut: $P = \frac{(DK-DP)}{DK} x100\%$. Keterangan: P = persentase penghambatan pertumbuhan patogen, DK = diameter koloni patogen pada kontrol, DP = diameter koloni patogen pada perlakuan. Metode ini dapat mengevaluasi efektivitas perlakuan dalam mengendalikan pertumbuhan kedua patogen [8].

Analisis Data

Hasil pengamatan dianalisis menggunakan metode analisis ragam (ANOVA). Jika hasil menunjukkan pengaruh yang signifikan, langkah selanjutnya adalah melakukan uji beda nyata terkecil (BNT) dengan tingkat kepercayaan 95%. Perangkat lunak yang digunakan adalah Minitab 18.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kandungan kimia dari MSTh ditemukan mengandung hormon IAA-Auksin 0,39 ppm, GA3-giberelin 2,92 ppm, enzim kitinase memiliki nilai indeks 1,1 (Alfons, 2023). Dengan data ini, dapat membantu dalam mengevaluasi potensi efektivitas MSTh terhadap pertumbuhan *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsici* secara in vitro.

Percobaan MSTh dengan berbagai tingkat konsentrasi terhadap pertumbuhan *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsici* disajikan sebagai berikut :

A. Percobaan MSTh dengan berbagai tingkat konsentrasi terhadap pertumbuhan *Colletotricum capsici*

Variabel pertumbuhan *Colletotricum capsici* yang diamati adalah diameter koloni, berat koloni dan persentase penghambatan. Hasil analisis ragam ditampilkan pada Tabel 2. Sedangkan hasil analisis uji lanjut menggunakan uji beda nyata terkecil (BNT) ditampilkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 2. Hasil Analisis Ragam Pengaruh MSTh berbagai tingkat konsentrasi terhadap pertumbuhan *Colletotricum capsici*

Variabel pengamatan	Nilai Probabilitas (*P-Value*)
Diameter koloni	0,000 *
Berat koloni	0,000 *
Persentase penghambatan	0,000 *

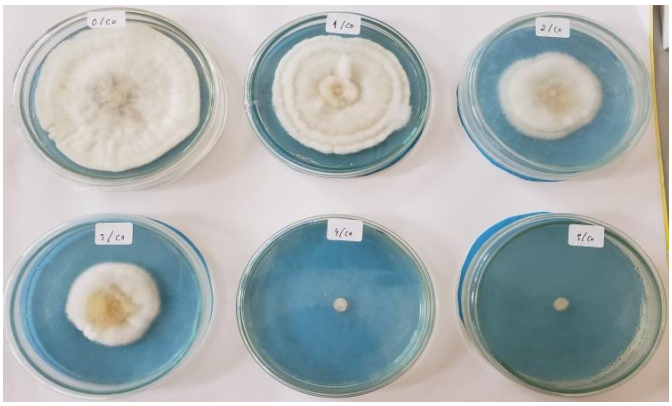
Keterangan * = berpengaruh signifikan

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Uji BNT Pengaruh MSTh berbagai tingkat konsentrasi terhadap pertumbuhan *Colletotricum capsici*

Konsentrasi Metabolit sekunder	Diameter Koloni (cm)	Berat Koloni (g)	Daya hambat (%)
0%	8,563 a	0,2027 a	1,389 d
10%	6,800 b	0,1730 b	5,556 d
20%	6,000 c	0,1304 c	12,22 c
30%	5,513 d	0,1197 c	29,44 b
40%	0,900 e	0,0029 d	57,78 a
50%	0,900 e	0,0003 d	1,389 d

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan menurut uji BNT pada taraf kepercayaan 95%

Pengukuran diameter koloni *Colletotricum capsici* dilakukan sejak hari ke-1 isolasi dan berhenti ketika jamur tumbuh mencapai tepi petridish pada salah satu di perlakuan kontrol. Pada hari ke-9, koloni *Colletotricum capsici* telah tumbuh memenuhi salah satu petridish (Gambar 1),



Gambar 1. Pertumbuhan *Colletotricum capsici* pada hari ke-9 di media PDA yang mengandung MSTh.

Berdasarkan data pengukuran berat koloni (Tabel 3), terlihat adanya penurunan berat koloni. Data perhitungannya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Penurunan berat koloni *Colletotricum capsici*

Konsentrasi Metabolit sekunder	Penurunan berat koloni (%)
10%	14,69
20%	35,67
30%	40,97
40%	98,55
50%	99,86

AGROLOGIA,vol.13, no. 1, pp.8-16, 2024.
e-ISSN 2580-9636
DOI: http://dx.doi.org/10.30598/ajibt.v13i1

B. Percobaan MSTh dengan berbagai tingkat konsentrasi terhadap pertumbuhan *Cercospora capsici*

Variabel pertumbuhan *Cercospora capsici* yang diamati adalah diameter koloni, berat koloni dan persentase penghambatan. Hasil analisis ragam ditampilkan pada Tabel 5. Sedangkan hasil analisis uji lanjut menggunakan uji beda nyata terkecil (BNT) ditampilkan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 5. Hasil Analisis Ragam Pengaruh MSTh berbagai tingkat konsentrasi terhadap Pertumbuhan *Cercospora capsici*

Variabel pengamatan	Nilai Probabilitas (*P-Value*)
Diameter koloni	0,000 *
Berat koloni	0,000 *
Persentase penghambatan	0,000 *

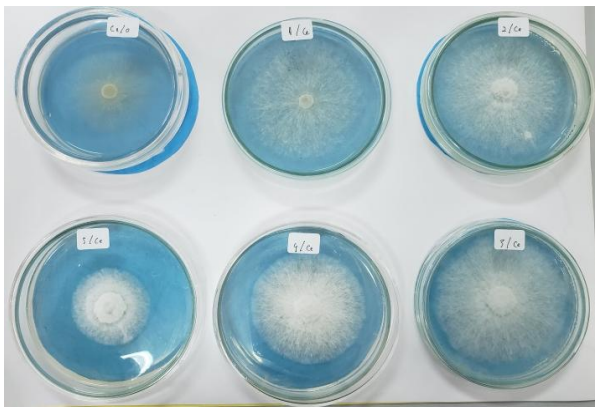
Keterangan * = berpengaruh signifikan

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Uji BNT Pengaruh MSTh berbagai tingkat konsentrasi terhadap Pertumbuhan *Cercospora capsici*

Konsentrasi Metabolit sekunder	Diameter Koloni (cm)	Berat Koloni (g)	Daya hambat (%)
0%	9,000 a	0,1726 a	1,389 d
10%	8,875 a	0,1501 b	5,556 d
20%	8,500 a	0,1438 b	12,22 c
30%	7,900 b	0,1395 b	29,44 b
40%	6,350 c	0,1036 c	57,78 a
50%	3,800 d	0,0701 d	1,389 d

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan menurut uji BNT pada taraf kepercayaan 95%

Pengukuran diameter koloni *Colletotricum capsici* dilakukan sejak hari ke-1 isolasi dan berhenti ketika jamur tumbuh mencapai tepi petridish pada salah satu di perlakuan kontrol. Pada hari ke-5, koloni *Colletotricum capsici* telah tumbuh memenuhi salah satu petridish (Gambar 2).



Gambar 2. Pertumbuhan *Cercospora capsici* pada hari ke-5 di media PDA yang mengandung MSTh.

Berdasarkan data pengukuran berat koloni (Tabel 6), terlihat adanya penurunan berat koloni. Data perhitungannya disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Penurunan berat koloni *Cercospora capsici.*

Konsentrasi MSTh	Penurunan berat koloni (%)
10%	13,04
20%	16,69
30%	19,18
40%	39,98
50%	59,39

Informasi data pada Tabel 3 dan Tabel 6, terlihat bahwa MSTh berpengaruh terhadap pertumbuhan *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsici* yang diamati melalui variabel diameter koloni. Temuan berdasarkan data tersebut bahwa:

a. Pengaruh terhadap *Colletotricum capsici*:
   Penggunaan metabolit sekunder dengan konsentrasi rendah (10%) sudah dapat menghambat pertumbuhan *Colletotricum capsici* sebesar 20,58%. Seiring dengan peningkatan konsentrasi, terjadi penghambatan yang lebih signifikan.
   Tidak terjadi pertumbuhan koloni *Colletotricum capsici* pada media yang diberi metabolit sekunder *T. harzianum* dengan konsentrasi 50%.
b. Pengaruh terhadap *Cercospora capsici*:
   Terhambatnya pertumbuhan *Cercospora capsici* sudah terjadi pada konsentrasi 10% sebesar 6,8%. Seiring dengan peningkatan konsentrasi, terjadi penghambatan yang lebih signifikan. Pada konsentrasi 40% dan 50%, penghambatan mencapai 89,49%.

Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan MSTh memiliki efek yang signifikan dalam menghambat pertumbuhan *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsici*, dengan pengaruh yang semakin besar seiring dengan peningkatan konsentrasi MSTh. Hal ini menunjukkan potensi penggunaan MSTh sebagai agens pengendalian biologis terhadap *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsici.*

Perbandingan antara data hambatan pertumbuhan berdasarkan diameter koloni (Tabel 6) dengan data persentase penurunan berat koloni (Tabel 4) terlihat bahwa pada konsentrasi MSTh 10% terjadi hambatan pertumbuhan *Colletotricum capsici* sebesar 20,58% dan *Cercospora capsici* sebesar 6,8% berdasarkan diameter koloni, sementara berdasarkan berat koloni, terjadi penurunan *Colletotricum capsici* sebesar 14,67% dan *Cercospora capsici* sebesar 13,04%.

Pada konsentrasi MSTh 40% dan 50%, hambatan pertumbuhan *Colletotricum capsici* masing-masing sebesar 98,55% dan 99,86%, serta hambatan pertumbuhan *Cercospora capsici* sebesar 89,49% berdasarkan diameter koloni, sedangkan berdasarkan berat koloni, terjadi penurunan *Colletotricum capsici* masing-masing sebesar lebih dari 50%, yaitu 98,55% dan 99,86%, dan penurunan *Cercospora capsici* sebesar 59,39%.

Dari perbandingan tersebut, terlihat bahwa ada korelasi antara data hambatan pertumbuhan berdasarkan diameter koloni (Tabel 6) dan data persentase penurunan berat koloni (Tabel 4). Kedua metode ini dapat digunakan untuk mengevaluasi efektivitas MSTh dalam mengendalikan pertumbuhan *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsic*i. Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi efektif yang menghasilkan daya hambat dan penurunan berat koloni di atas 50% adalah konsentrasi MSTh 40% untuk *Colletotricum capsici* dan konsentrasi 50% untuk *Cercospora capsici*. Konsentrasi tersebut berkorelasi positif dengan kandungan enzim dan senyawa lainnya dalam metabolit

sekunder. Dengan peningkatan konsentrasi metabolit sekunder, terjadi peningkatan daya hambat terhadap pertumbuhan *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsici* tersebut. Hasil ini menunjukkan bahwa kandungan enzim kitinase dan senyawa lainnya dalam MSTh terutama pada konsentrasi 40% dan 50%, lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsici*. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi metabolit sekunder dapat meningkatkan efektivitasnya dalam mengendalikan pertumbuhan kedua patogen tersebut.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terhambatnya pertumbuhan *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsici* disebabkan oleh pemberian MSTh yang mengandung senyawa seperti enzim dan senyawa antibiotik yang memiliki efek merusak terhadap metabolisme *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsici.* Salah satu senyawa yang ditemukan dalam MSTh adalah enzim kitinase. Enzim ini memiliki kemampuan untuk memecah ikatan kitin, yang merupakan komponen utama dari dinding sel berbagai patogen, melalui proses hidrolisis ikatan glikosida 1,4-â. Pada tumbuhan tingkat tinggi, enzim kitinase berperan sebagai pertahanan terhadap hama dan patogen tumbuhan dengan melakukan penetrasi pada hifa inang patogen dan menyebabkan lisis pada dinding sel inangnya [9].

Dengan demikian, enzim kitinase yang terkandung dalam MSTh berperan dalam menghambat pertumbuhan *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsici* dengan cara merusak dinding sel patogen melalui proses hidrolisis kitin. Ini menjelaskan mekanisme aksi yang mendasari efektivitas MSTh dalam mengendalikan pertumbuhan kedua jamur patogen tersebut.

Penelitian lainnya telah menemukan beberapa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp meliputi Gliotoksin, Fenol, Gliovirin, Urasil, Melanoksadin, Seramida, Valinotrisin, serta enzim protease, selulase, selobiase, dan 1,3-β-glukanase. Senyawa-senyawa ini memiliki peran dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen dengan berbagai mekanisme, seperti degradasi komponen dinding sel patogen atau gangguan pada proses vital patogen [10]. Di samping itu, terdapat juga senyawa volatile seperti Alky pyron yang tergolong flavonoid, yang merupakan senyawa antijamur yang mampu menghambat perkecambahan miselium *Colletotricum capsici*. Senyawa pyron, yang merupakan senyawa paling banyak dihasilkan oleh metabolit volatile, berperan dalam menghambat pertumbuhan patogen dengan cara mendenaturasi protein, mengganggu lapisan lipid, dan mengakibatkan kerusakan pada dinding sel patogen[11]. Dengan demikian, berbagai senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp memiliki berbagai mekanisme aksi yang juga berperan dalam menghambat pertumbuhan dan perkembangan patogen, termasuk *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsici*.

KESIMPULAN

Pemberian MSTh dengan berbagai konsentrasi dapat menghambat pertumbuhan patogen *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsici* secara in vitro. Pemberian MSTh dengan konsentrasi 10% sudah dapat menghambat pertumbuhan *Colletotricum capsici* dan *Cercospora capsici* secara signifikan dibandingkan tanpa pemberian metabolit sekunder. Konsentrasi efektif yang ditunjukkan dengan nilai persentase daya hambat dan penurunan berat koloni adalah konsentrasi MSTh 40% dengan daya hambat pertumbuhan *Colletotricum capsici* sebesar 89,49 %, dan konsentrasi MSTh 50% dengan daya hambat pertumbuhan *Cercospora capsici* sebesar 57,78%.

DAFTAR PUSTAKA

[1] L. Soesanto, E. Mugiastuti, R.F. Rahayuniati dan R.A.Dewi. “Uji Kesesuaian Empat Isolat *Trichoderma* spp. dan Daya Hambat In Vitro Terhadap Beberapa Patogen Tanaman”. *J. HPT Tropika,* vol. 13, no.2, pp. 117–123, 2013.

[2] A.M. Kalay, J. Hasinu, A. Talahaturuson, dan W.E. Putri, "Efek Penggunaan Metabolit Sekunder *Trichoderma harzianum* Terhadap Penyakit Bubuk Buah Phomopsis, hama Perusan Daun Epilachna, dan Hasil pada Tanaman Terung". *Jurnal Agroekoteknologi* vol. 15, no.1, pp. 92-104, 2023

[3] Sulistiyono, "Penentuan Jenis Karbohidrat Dengan Uji Kualitatif Menggunakan Reagen Pada Sampel Mie Instan". *Industri Pangan*. Ed 1. pp: 45–64, 2014

[4] A. Viterbo, O. Ramot, L. Chemin and I. Chet, "Significance of lytic enzymes from *Trichoderma* spp. in the biocontrol of fungal plant pathogens". *Antonie Van Leeuwenhoek*. vol. 81:1–4, pp. 549–556, 2022

[5] N.A. Markovich and G.L. Kononova, "Lytic enzymes of Trichoderma and their role in protecting plants from fungal diseases". *Prikl Biokhim Mikrobiol,* vol. 39, no.4, pp. 389–400, 2003

[6] R. Harni, W. Amaria, Syafaruddin, dan H. Mahsunah, "Potensi metabolit sekunder Trichoderma spp . untuk mengendalikan penyakit vascular streak diebac (VSD) pada bibit kakao". *Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar*, vol. 4, no.2, pp. 57–66, 2017.

[7] F. Andriyani, dan S. Purwantisari, "Uji Potensi Ekstrak Daun Suren dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum capsici* secara In Vitro". *Jurnal Akademika Biologi*. vol. 8, no.1, pp. 35-39, 2019.

[8] X. Shentu, X. Zhan, Z. Ma, X. Yu, and C. Zhang, "Antifungal activity of metabolites of endophytic fungus *Trichoderma brevicompactum* from garlic. Braz. *J. Microbiol*. vol. 45, no.1, pp. 248-254, 2014.

[9] T.N. Ha, "Using Trichoderma Species For Biological Control Of Plant Pathogens In Vietnam". *J. ISSAAS*, vol. 16, no.1, pp. 17-21, 2010.

[10] H. Purnomo, "*Pengantar Pengendalian Hayati*". C.V Andi Offset. Yogyakarta, 2010.

[11] C. Nuria, A. Faizatun, dan Sumantri, "Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Jarak Pagar (*Jatropha Curcas* L) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* Atcc 25923, *Escherichia coli* Atcc25922, dan *Salmonella typhi* Atcc1408". *Jurnal Ilmu –ilmu Pertanian*. vol. 5, no.2, pp. 26 –37, 2009.