

EFIKASI MEDIA BIAKAN CAIR *Trichoderma* spp. TERHADAP *Colletotrichum capsici* DAN PENYAKIT ANTRAKNOSA PADA BUAH CABAI MERAH (*Capsicum annuum*)

EFFICACY OF Trichoderma spp. LIQUID CULTURES AGAINST *Colletotrichum capsici* AND ANTHRACNOSE ON RED CHILI FRUIT (*Capsicum annuum*)

Artika Eka Saputri¹, Suwandi Suwandi^{2*}, Harman Hamidson², A. Muslim², dan Chandra Irsan²

¹)Program Studi Magister Ilmu Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan

²)Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan

*Corresponding Author. E-mail address: suwandi@fp.unsri.ac.id

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: 12 September 2023

Direvisi: 3 November 2023

Disetujui: 27 November 2023

KEYWORDS:

Anthrachnose, *Colletotrichum* spp., liquid culture, *Trichoderma* spp.

KATA KUNCI:

Antraknosa, biakan cair, *Colletotrichum* spp, *Trichoderma* spp.

ABSTRACT

Anthrachnose, caused by the fungus *Colletotrichum* spp., poses a significant threat to chili production in Indonesia. *Trichoderma* spp., a biocontrol agent, produces antifungal metabolites in liquid cultures. This study aims to assess the efficacy of *Trichoderma* spp. liquid cultures in inhibiting colony growth, conidia destruction of *C. capsici*, and suppressing anthracnose. Three liquid media, namely Y (0.5% yeast + 2% sucrose), T (0.5% tannin + 2% sucrose), and YT (1% yeast + 0.5% tannin + 2% sucrose), were inoculated with a mixture of three *Trichoderma* isolates and incubated at 150 rpm for 14 days. The resulting liquid cultures were tested at concentrations of 0.2%, 1%, and 5% against *C. capsici* conidia. Additionally, liquid culture was applied as a chili fruit soaking treatment before, simultaneously, and after *C. capsici* inoculation to assess its effectiveness in anthracnose lesion development. Exposure to *Trichoderma* spp. liquid culture for 12 hours resulted in 70.9-94.3% conidial lysis in *C. capsici*. Treating with liquid cultures before, simultaneously, and after pathogen inoculation reduced anthracnose lesion development by up to 51.4% compared to controls, particularly in the YT medium.

ABSTRAK

Antraknosa yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum* spp. merupakan penyakit utama yang merugikan produksi cabai di Indonesia. *Trichoderma* spp. merupakan agensia biocontrol yang menghasilkan metabolit antifungi pada biakan cair. Penelitian bertujuan untuk menguji efikasi biakan cair *Trichoderma* spp. dalam menghambat pertumbuhan koloni dan menghancurkan konidia *C. capsici* serta efikasi menekan penyakit antraknosa. Tiga jenis media cair yaitu Y (0,5% ragi + 2% sukrosa), T (0,5% tanin + 2% sukrosa), dan YT (0,5% ragi + 0.5% tanin + 2% sukrosa) diinokulasi dengan campuran 3 isolat *Trichoderma* dan diinkubasi selama 14 hari pada 150 rpm. Biakan cair diujikan pada konsentrasi 0,2%; 1%; and 5% terhadap konidia *C. capsici*. Biakan cair juga diberikan sebagai perlakuan perendaman buah cabai, sebelum, bersamaan, dan setelah inokulasi *C. capsici* untuk menguji efikasinya terhadap perkembangan bercak antraknosa. Hasil penelitian menunjukkan paparan selama 12 jam biakan cair *Trichoderma* spp. menyebabkan konidia *C. capsici* mengalami lisis sebesar 70,9-94,3%. Perlakuan biakan cair sebelum, bersamaan dan setelah inokulasi patogen menghambat perkembangan bercak antraknosa sampai 51,4% dibandingkan kontrol, terutama pada media YT.

1. PENDAHULUAN

Cabai (*Capsicum* spp.) merupakan tanaman hortikultura yang tergolong family Solanaceae memiliki nilai ekonomi yang tinggi (Arneti et al., 2020). Berdasarkan Badan Pusat Statistik Sumatera Selatan, pada tahun 2020 produksi cabai meningkat sebesar 196.407 kwintal (38,14%) sedangkan tahun 2021 sebesar 339.282 kwintal (56,71%) (BPS, 2023). Penyebab rendahnya produksi cabai adalah antraknosa yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum* spp. (Adhni et al., 2022).

Di Indonesia telah ditemukan beberapa jenis *Colletotrichum* spp. seperti *C. acutatum*, *C. capsici*, dan *C. gloeosporioides* yang menyebabkan penyakit antraknosa pada buah cabai. Buah yang sakit ditandai dengan adanya bercak berwarna kehitaman, dan selanjutnya buah mengkerut dan mengering (Wicaksono et al., 2022). Kehilangan hasil akibat penyakit antraknosa buah cabai mencapai 84% (Selviani et al., 2021).

Pengendalian antraknosa masih menggunakan pestisida sintetik yang merusak lingkungan. Alternatif pengendalian adalah dengan menggunakan agens biokontrol seperti jamur *Trichoderma* spp. (Putri et al., 2022). *Trichoderma* dapat menghasilkan metabolit yang bersifat anti jamur pada media biakan cair, misalnya Lannur et al. (2021) mengisolasi metabolit dari filtrat *T. viride* yang menghambat pertumbuhan jamur *F. oxysporum* sebesar 40,91%. Soesanto et al. (2020) menggunakan biakan cair *T. harzianum* yang mengandung senyawa kelompok fenol yang dapat menekan serangan penyakit antraknosa pada tanaman cabai merah. Penelitian ini mengkaji potensi pengendalian antraknosa buah cabai menggunakan biakan cair dari kombinasi tiga jenis *Trichoderma* spp.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian menggunakan RAL (rancangan acak lengkap) 3 jenis biakan cair × 3 konsentrasi dengan 5 ulangan dan 1 kontrol. Percobaan menggunakan 3 jenis media pembiakan masal yaitu Y (ragi 5 g/L, gula 20 g/L), T (tanin 5 g/L, gula 20 g/L), YT (campuran ragi + tanin 5 g/L, gula 20 g/L). Setiap media terdapat 3 isolat *Trichoderma* spp. yaitu *Trichoderma viride* (isolat akasia), *Trichoderma* Gyr (isolat gayong) dan *Trichoderma* Tltf 8 (isolat talas). Setiap isolat terdiri dari 4 konsentrasi sebagai perlakuan 0 (kontrol), 0.2%, 1%, dan 5%.

2.1 Patogen dan Antagonis Uji

Jamur patogen antraknosa yang digunakan adalah *Colletotrichum capsici* yang diperoleh dari buah cabai merah yang terserang antraknosa di Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan. Jamur antagonis yang digunakan adalah tiga isolat *Trichoderma*, yaitu *Trichoderma viride* (isolat akasia), *Trichoderma* Gyr (isolat gayong) dan *Trichoderma* Tltf 8 (isolat talas). Jamur uji diperbanyak menggunakan 2% MEA.

2.2 Biakan Cair *Trichoderma*

Tiga jenis media cair yang diuji yaitu Y (0,5% ragi + 2% sukrosa), T (0,5% tanin + 2% sukrosa), dan YT (0,5% ragi + 0,5% tanin + 2% sukrosa). Masing-masing 200 mL media diinokulasi dengan satu potong (ukuran 2 x 2 cm) biakan MEA setiap tiga isolat *Trichoderma*. Media diinkubasi pada orbital shaker dengan kecepatan 150 rpm pada suhu ruang selama 14 hari.

2.3 Uji Lisis Konidia *Colletotrichum*

Uji lisis konidia dilakukan dengan cara menambahkan tiga jenis biakan cair *Trichoderma* masing-masing pada konsentrasi 0% (kontrol), 0.2%, 1% dan 5% ke dalam 10 ml suspensi konidia

C. capsici dalam tabung reaksi. Setiap konsentrasi diuji pada 3 tabung reaksi sebagai ulangan. Setelah paparan 12 jam, jumlah konidia pada 4 bidang pandang mikroskop dengan pembesaran 400× dihitung untuk menentukan jumlah konidia yang tersisa dan tidak mengalami lisis. Jumlah konidia lisis dihitung dengan rumus: (Jumlah konidia setelah paparan pada kontrol - Jumlah konidia setelah paparan pada perlakuan) / Jumlah konidia setelah paparan pada kontrol × 100% (Tarkus *et al*, 2023).

2.4 Uji Efikasi terhadap Penekanan Antraknosa

Uji efikasi dilakukan dengan tiga cara aplikasi yaitu aplikasi sebelum inokulasi, aplikasi bersamaan dengan inokulasi, dan aplikasi setelah inokulasi menggunakan tiga jenis biakan cair *Trichoderma* pada konsentrasi 0% (kontrol), 0.2%, 1% dan 5%. Setiap konsentrasi diuji pada 5 buah cabai sebagai ulangan. Buah cabai segar dipetik dari lahan petani dan terlebih dahulu disterilisasi permukaan menggunakan natrium hipoklorit 0,5%. Aplikasi sebelum inokulasi dilakukan dengan cara buah cabai direndam ke dalam tiga jenis biakan cair *Trichoderma* spp. selama 15 menit dan keringkan selama 3 jam. Buah cabai uji dilukai menggunakan jarum lacet dan diinokulasikan dengan konidia *C. capsici*. Aplikasi bersamaan saat inokulasi dilakukan dengan cara buah cabai disterilisasi dan dilukai menggunakan jarum lacet yang diinokulasikan dengan campuran tiga jenis biakan cair *Trichoderma* spp. dan konidia *Colletotrichum* spp. Aplikasi setelah inokulasi dilakukan dengan cara buah cabai disterilisasi dan dilukai menggunakan jarum lacet yang diinokulasikan dengan konidia *Colletotrichum* spp. dan dikeringkan selama 3 jam. Selanjutnya, direndam ke dalam tiga jenis biakan cair *Trichoderma* spp. selama 15 menit. Cabai yang telah diinokulasi selanjutnya diletakkan pada wadah box plastic yang telah dilapisi tisu dan diinkubasi pada suhu ruang laboratorium. Luas bercak diukur setiap hari. Luas kurva perkembangan penyakit dihitung dari luas kurva selama 5 hari pengamatan menurut metode (Yang & Hartman, 2015).

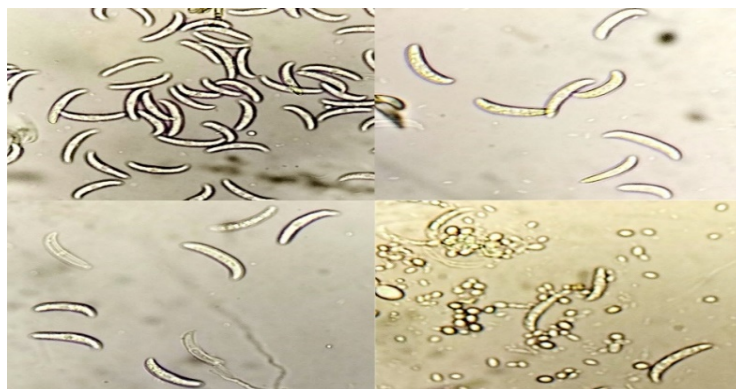
2.5 Analisis Data

Data dianalisis menggunakan aplikasi R versi 4.3.0. Beda nyata antar perlakuan diuji dengan uji BNJ pada taraf 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Lisis Konidia *Colletotrichum*

Pemaparan konidia *C. capsici* setelah 12 jam dengan biakan cair *Trichoderma* spp. pada semua konsentrasi dan jenis biakan cair (T, Y dan YT) menyebabkan lisis konidia (Gambar 1.) berkisar dari 70,9% sampai 94,3 (Tabel 1).



Gambar 1. Konidia *Colletotrichum capsici* setelah 12 jam terpapar biakan cair *Trichoderma* spp. perlakuan a) Kontrol; b) T; c) Y; d) YT.

Tabel 1. Jumlah dan Persentase Lisis Konidia *Colletotrichum capsici* setelah Terpapar 12 Jam Biakan Cair *Trichoderma* spp.

Perlakuan	Jumlah konidia setelah paparan	Persentase lisis konidia (%)
Kontrol	268,7 ± 43,3 a	-
T0.2%	78,0 ± 10,2 ab	70,9 ± 1,9 b
T1%	29,3 ± 7,9 bc	89,1 ± 1,4 ab
T5%	15,3 ± 3,1 c	94,3 ± 1,2 a
Y0.2%	62,7 ± 4,6 abc	76,7 ± 1,8 b
Y1%	58,7 ± 21,4 bc	78,2 ± 1,6 ab
Y5%	20,7 ± 5,4 bc	92,3 ± 1,3 ab
YT0.2%	41,7 ± 4,9 bc	84,5 ± 1,6 ab
YT1%	41,0 ± 3,5 bc	84,7 ± 1,6 ab
YT5%	26,3 ± 4,6 bc	90,2 ± 1,4 ab

Keterangan: Perlakuan dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata, (Ctrl = kontrol, T = media tanin, Y = media ragi, dan YT = media ragi+tanin, 0,2 = konsentrasi 0,2%, 1 = konsentrasi 1%, dan 5 = konsentrasi 5%)

Pemaparan konidia *C. capsici* pada biakan cair *Trichoderma* spp. menyebabkan kehancuran atau lisis pada konidia. Paparan semua jenis biakan *Trichoderma* spp. setelah 12 jam menyebabkan hampir 100% konidia mengalami lisis. Semakin tinggi konsentrasi biakan cair semakin banyak pula jumlah konidia yang mengalami lisis. Lisis atau hancurnya konidia dapat disebabkan oleh adanya senyawa-senyawa penghancur dinding sel yang disekresi oleh *Trichoderma* spp. Pada biakan cair. Senyawa-senyawa penghancur dinding sel umumnya berupa enzim-enzim perombak yaitu protease, kitinase, dan β -1,3 glukukanase yang disekresikan *Trichoderma* spp. pada biakan cair (Tayala et al., 2021; Mayasari et al., 2022; Guzman-Guzman et al., 2023). Hal ini menunjukkan biakan cair *Trichoderma* spp. bersifat fungisida terhadap *C. capsici*. Senyawa fungisida pada media cair *Trichoderma* spp. dapat berupa senyawa antibiotik diantaranya *alkyl pyrones*, *isonitriles*, *polyketides* dan *peptaibols* (Pavithra et al., 2021). Sebelumnya, aktivitas antibiosis *Trichoderma* spp. ini telah uji dengan metode biakan ganda dengan hambatan pertumbuhan *Colletotrichum* spp. sebesar 58% (Situmorang, 2022). Uji antibiosis *Trichoderma* lainnya yang dilaporkan Lannur et al. (2021) yaitu *Trichoderma* PP2 yang berasal dari rizosfer tanaman cabai yang juga menghambat pertumbuhan koloni *C. gloesporioides* secara *in vitro* sebesar 67,8% (Lannur et al., 2021). Selanjutnya penelitian Pesakovic et al., 2022 melaporkan *Trichoderma* spp. dapat menekan pertumbuhan *C. acutatum* secara *in vitro* sebesar 80,0%.

3.2 Uji Penekanan Antraknosa

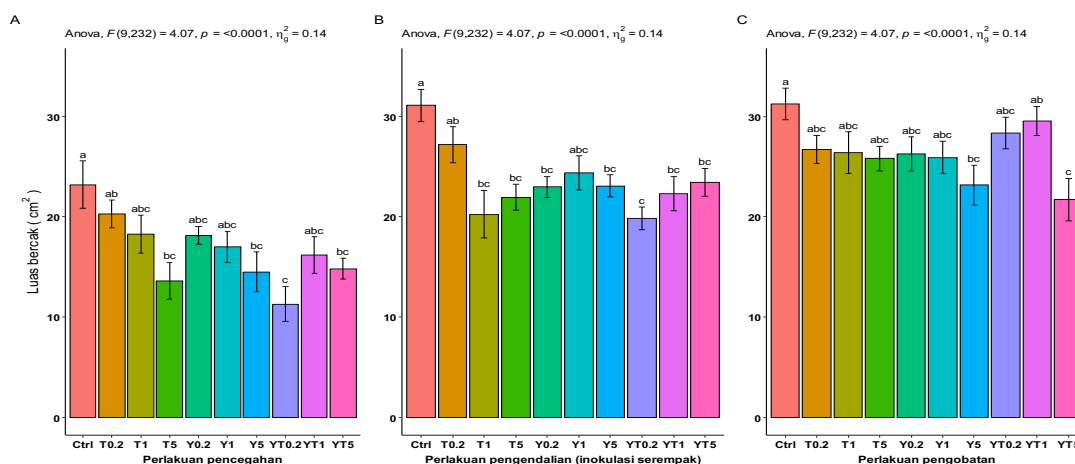
Pada aplikasi sebelum inokulasi (aplikasi pencegahan), luas bercak antraknosa tidak berbeda secara nyata pada sebagian besar jenis media dan konsentrasi yang diuji. Luas bercak yang lebih kecil dibandingkan control terjadi pada 4 perlakuan yaitu T5, Y5%, YT0.2%, YT5% (Gambar 2.A). Data ukuran bercak tersebut juga relevan dengan data luas kurva perkembangan penyakit, dimana penyakit berkembang lebih lambat pada 4 perlakuan tersebut (Tabel 2). Nilai penekanan penyakit oleh 4 perlakuan tersebut adalah T5, Y5%, YT0.2%, YT5% tetapi tidak berbeda nyata dengan nilai penekanan perlakuan lainnya (Tabel 2).

Pada aplikasi bersamaan saat inokulasi (aplikasi pengendalian), luas bercak antraknosa lebih kecil dan berbeda secara nyata pada sebagian besar jenis media dan konsentrasi yang diuji. Luas bercak yang terkecil adalah pada perlakuan yaitu YT0.2% (Gambar 2.B). Data ukuran bercak tersebut juga relevan dengan data luas kurva perkembangan penyakit, dimana penyakit berkembang lebih lambat pada sebagian besar perlakuan yang diuji (Tabel 2). Nilai penekanan penyakit oleh 7 perlakuan tersebut adalah T1%, T5%, Y0.2%, Y5%, YT0.2%, YT1%, YT5% tetapi tidak berbeda nyata dengan nilai penekanan perlakuan lainnya (Tabel 2).

Pada aplikasi setelah inokulasi (aplikasi pengobatan), luas bercak antraknosa tidak berbeda secara nyata pada sebagian besar jenis media dan konsentrasi yang diuji. Luas bercak yang lebih kecil dibandingkan control terjadi pada 2 perlakuan yaitu Y5% dan YT5% (Gambar 2.C). Data ukuran bercak tersebut juga relevan dengan data luas kurva perkembangan penyakit, dimana penyakit berkembang lebih lambat pada 2 perlakuan tersebut (Tabel 2). Nilai penekanan penyakit oleh 2 perlakuan tersebut adalah Y5% dan YT5% tetapi tidak berbeda nyata dengan nilai penekanan perlakuan lainnya (Tabel 2).

Pada aplikasi setelah inokulasi (aplikasi pengobatan), luas bercak antraknosa lebih kecil dan berbeda secara nyata pada sebagian besar jenis media dan konsentrasi yang diuji. Luas bercak yang terkecil adalah pada perlakuan yaitu YT5% (Gambar 2.C). Data ukuran bercak tersebut juga relevan dengan data luas kurva perkembangan penyakit, dimana penyakit berkembang lebih lambat pada sebagian besar perlakuan yang diuji (Tabel 2). Nilai penekanan penyakit oleh 2 perlakuan tersebut adalah Y5% dan YT5% tetapi tidak berbeda nyata dengan nilai penekanan perlakuan lainnya (Tabel 2).

Penekanan penyakit antraknosa pada buah cabai uji dengan menggunakan biakan cair *Trichoderma* spp. sebelum (perlakuan pencegahan), bersamaan (perlakuan pengendalian) dan setelah inokulasi pathogen (perlakuan pengobatan) menyebabkan ukuran dan perkembangan bercak antraknosa yang lebih lambat dibandingkan kontrol, terutama pada media YT (ragi+tanin). Aktivitas penekanan penyakit tersebut berhubungan dengan tingginya aktivitas fungisida dan aktivitas lisis konidia oleh paparan media YT. Tingginya aktivitas fungisida media YT diduga disebabkan oleh tingginya kandungan senyawa antibiotik pada media. Pada media komposisi tunggal Y atau T saja, sudah terjadi aktivitas fungisida dan lisis konidia, sehingga kombinasi kedua bahan tersebut diduga menghasilkan lebih banyak jenis senyawa yang bersifat fungisida. Biakan cair *Trichoderma harzianum* mengandung senyawa tanin yang menghambat pertumbuhan *C. capsici* dengan MIC 250 ppm (Nurkayah et al., 2019). Konsentrasi tanin pada media biakan cair T dan YT konsentrasi 5% setara dengan kandungan tanin 250 ppm, dimana konsentrasi tersebut dapat menghambat pertumbuhan *C. capsici*. Kandungan bahan yang menghambat *C. capsici* pada biakan cair hanya sekitar 10% dari kandungan ekstrak etanol. Kandungan yang rendah inilah belum dapat menghambat perkembangan patogen.



Gambar 2. Luas bercak antraknosa pada buah cabai yang diinokulasi *Colletotrichum capsici* yang diberi perlakuan biakan cair *Trichoderma* spp. sebelum inokulasi (A, perlakuan pencegahan); bersamaan saat inokulasi (B, perlakuan pengendalian); dan setelah inokulasi (C, perlakuan pengobatan). Ctrl = control; T = media tannin; Y = media ragi; dan YT = media ragi+tanin, 0.2 = konsentrasi 0.2%, 1 = konsentrasi 1%; dan 5 = konsentrasi 5%). Grafik batang yang dilabeli huruf yang sama untuk setiap percobaan adalah tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf 5%.

Tabel 2. Luas Kurva Perkembangan dan Penekanan Penyakit Antraknosa pada Buah Cabai yang Diinokulasi *Colletotrichum capsici* yang Diberi Perlakuan Biakan Cair *Trichoderma* spp.

Perlakuan	Kurva perkembangan penyakit			Nilai penekanan penyakit (%)		
	Aplikasi < inokulasi	Aplikasi = inokulasi	Aplikasi > inokulasi	Aplikasi < inokulasi	Aplikasi = inokulasi	Aplikasi > inokulasi
Kontrol	23,2 ± 0,0 a	31,1 ± 2,0 a	31,2 ± 2,0 a	-	-	-
T0.2%	17,9 ± 1,5 ab	27,2 ± 1,6 ab	26,7 ± 1,0 abc	23,0 ± 6,3 a	12,5 ± 5,3 abc	14,5 ± 3,4 a
T1%	18,2 ± 2,4 abc	20,2 ± 3,9 bc	26,4 ± 2,5 abc	21,4 ± 10,4 a	34,9 ± 12,5 abc	15,5 ± 8,0 a
T5%	13,6 ± 0,9 bc	21,9 ± 1,1 bc	25,9 ± 0,4 abc	41,5 ± 3,8 a	29,5 ± 3,7 abc	17,0 ± 1,4 a
Y0.2%	18,2 ± 1,3 abc	23,0 ± 1,1 bc	26,2 ± 2,1 abc	21,7 ± 5,5 a	26,2 ± 3,7 abc	15,9 ± 6,8 a
Y1%	16,0 ± 1,1 abc	24,4 ± 1,0 abc	25,9 ± 2,4 abc	31,0 ± 4,8 a	21,6 ± 3,3 abc	17,0 ± 7,6 a
Y5%	15,9 ± 3,7 bc	23,2 ± 1,1 bc	23,2 ± 3,0 bc	31,6 ± 15,8 a	25,8 ± 3,7 bc	25,8 ± 9,5 a
YT0.2%	11,3 ± 0,9 c	19,8 ± 1,5 c	28,3 ± 1,9 abc	51,4 ± 3,7 a	36,2 ± 4,9 abc	9,2 ± 6,1 a
YT1%	16,2 ± 1,9 abc	22,3 ± 2,8 bc	29,5 ± 1,6 ab	30,3 ± 8,0 a	28,3 ± 9,1 ab	5,5 ± 5,2 a
YT5%	14,8 ± 1,6 bc	23,4 ± 0,7 bc	21,7 ± 0,8 c	36,2 ± 6,7 a	24,7 ± 2,4 c	30,5 ± 2,6 a

Keterangan: Perlakuan dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata, (Ctrl = kontrol, T = media tanin, Y = media ragi; dan YT = media tanin+ragi; 0.2 = konsentrasi 0.2%; 1 = konsentrasi 1%; dan 5 = konsentrasi 5%).

Pada penelitian ini efikasi penekanan penyakit menggunakan biakan cair baru mencapai 41,5% melalui aplikasi pencegahan. Efikasi ini masih sangat rendah dibandingkan efikasi *in vitro* yang mencapai 100% untuk uji aktivitas penghambatan koloni dan 94,3% untuk aktivitas lisis konidia. Pada metode aplikasi serempak, konidia *C. capsici* lebih cepat dalam melakukan penetrasi dan infeksi yaitu 4 jam, sedangkan aktivitas antifungi dan lisis oleh biakan cair terjadi dalam waktu 12 jam. Hal ini mengakibatkan lolosnya pathogen untuk menginfeksi. Pada aplikasi pencegahan, diduga biakan cair tidak menyelimuti luka tusukan inokulasi dengan sempurna, sehingga ada konidia patogen yang lolos untuk menginfeksi. Sedikit informasi yang tersedia tentang efikasi biakan cair *Trichoderma* spp. terhadap penyakit antraknosa buah cabai. Rendahnya efikasi biakan cair terhadap infeksi *C. capsici* pada buah juga dilaporkan oleh (Athira *et al.*, 2021) yaitu penekanan penyakit sebesar 47,5% menggunakan *T. viride*.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini yaitu paparan selama 12 jam biakan cair *Trichoderma* spp. menyebabkan konidia *C. capsici* mengalami lisis sebesar 70,9-94,3% dan perlakuan biakan cair sebelum, bersamaan dan setelah inokulasi patogen menyebabkan ukuran dan perkembangan bercak antraknosa yang lebih lambat dibandingkan kontrol, terutama pada campuran tanin dan ragi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adhni, A. L., D. Fitriyanti & E. Liestiany. 2022. Uji ketahanan beberapa varietas cabai (*Capsicum* sp.) terhadap penyakit antraknosa (*Colletotrichum* sp.) yang berasal dari Desa Hiyung Kabupaten Tapin. *Jurnal Proteksi Tanaman Tropika*. 5(1): 448–454.
- Arneti, A., Y. Liswarni & R. Edriwilya. 2020. Efektivitas ekstrak daun pepaya secara *in vitro* terhadap *Colletotrichum gloeosporioides* penyebab penyakit antraknosa pada tanaman cabai. *Jurnal Proteksi Tanaman*. 4(1): 1.
- Athira, P. V., N. V. Radhakrishnan & K. N. Anith. 2021. Seed biopriming and spraying at fruit set with microbial agents suppress anthracnose disease and improve growth and yield in chilli. *Journal of Tropical Agriculture*. 59(2): 273–285.
- Berlinda, P. Y., S. M. E. Wahyuni, P. A. Yuswi & P. A. Heru. 2020. Evaluasi pestisida nabati dengan ekstrak mimba (*Azadirachta* sp.) untuk pengendalian pertumbuhan antraknosa pada buah cabai. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 16(3): 112–122.

- BPS. 2023. Produksi Tanaman Hortikultura Sumatera Selatan. <https://sumsel.bps.go.id/subject/55/hortikultura.html>. Diakses pada 11 Agustus 2023.
- Guzman-Guzman, P., A. Kumar, S. de los Santos-Villalobos, F. I. Parra-Cota, M. C. Orozco-Mosqueda, A. E. Fadiji, S. Hyder, O. O. Babalola & G. Santoyo. 2023. *Trichoderma* species: our best fungal allies in the biocontrol of plant diseases-A review. *Plants*. 12(3): 1–35.
- Lannur, G. Z., Y. Liswarni & M. Martinius. 2021. Kemampuan *Trichoderma viride* isolat PP2 dalam mengendalikan *Colletotrichum gloeosporioides* pada tanaman cabai (*Capsicum annuum* Linnaeus) secara in planta. *Jurnal Proteksi Tanaman*. 5(2): 69–76.
- Mayasari, D. A., I. R. Sastrahidayat & S. Djauhari. 2022. Eksplorasi jamur filoplane pada daun tanaman pedang-pedangan (*Sansevieria trifasciata*) dan uji kemampuan antagonismenya terhadap penyakit antraknosa (*Colletotrichum sansevieriae*). *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan*. 10(3):141–147.
- Nurkayah, N., E. Nurnawati & H. Widjajanti. 2019. Potency and activity of secondary metabolite of *Trichoderma harzianum* AC1(b) J2 inhibitor growth *Colletotrichum capsici* IPBCC 13.1098. *Biovalentia: Biological Research Journal*. 5(1): 38–44.
- Pavithra, G., R. R. Manda, V. A. Addanki & S. Srivastava. 2021. Evaluation of isolated endophytes, bioagents and fungicides against anthracnose of chilli. *Biopesticides International*. 17(2): 143–149.
- Pesakovic, M., J. Tomic, B. Rilak, Z. Karakljajic-Stajic, L. Mandic, V. Đurovic & T. Vasic. 2022. In vitro screening of antagonistic activity of microorganisms against anthracnose disease. *Acta Agriculturae Serbica*. 27(54): 165–168.
- Putri, R., J. Prasetyo, T. Maryono & S. Ratih. 2022. Pengaruh empat isolat *Trichoderma* spp. terhadap penyakit bulai dan pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*. 10(2): 177–185.
- Sari, A. R. K. L., & A. Syafaqoh. 2020. Efektivitas antifungi ekstrak *Curcuma aeruginosa* terhadap patogenisitas *Colletotrichum capsici* pada tanaman cabai merah *Jurnal Hortikultura*. 30(2): 141.
- Selviani, Z., E. Efri, I. Ivayani & R. Suharjo. 2021. Pengaruh beberapa ekstrak tanaman obat terhadap pertumbuhan koloni dan produksi spora *C. gloeosporioides* penyebab penyakit antraknosa pada cabai (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*. 9(1): 9.
- Situmorang, Y. W. 2022. Penekanan penyakit antraknosa pada buah cabai rawit (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) menggunakan biakan cair *Trichoderma* spp. [Skripsi]. Universitas Sriwijaya (in Indonesian).
- Soesanto, L., E. Mugiasuti, A. Suyanto & R. F. Rahayuniati. 2020. Application of raw secondary metabolites from two isolates of *Trichoderma harzianum* against anthracnose on red chili pepper in the field. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 20(1): 19–27.
- Tarkus, S., R. A. Fauzan & W. Fitr. 2023. Ekstrak air biji adas (*Foeniculum vulgare* Mill.) efektif menekan jamur *Colletotrichum* sp. penyebab penyakit antraknosa cabai dalam uji in-vitro. *Jurnal Agrikultura*. 34(2): 228–236.
- Tayala, Y., W. Rumahlewang & A. Talahaturuson. 2021. Effectiveness test of *Trichoderma harzianum* on the development of anthracnose disease (*Colletotrichum musae*) of Ambon banana. *Agrologia*. 10(2): 80–87.
- Wicaksono, D., & M. Kafiya. 2022. Kemampuan berbagai isolat *Trichoderma* sp. dalam menghambat perkecambahan spora *Colletotrichum* sp. *Jurnal Agro Wiralodra*. 5(1): 20–27.
- Yang, H.-C., & G. L. Hartman. 2015. Methods and evaluation of soybean genotypes for resistance to *Colletotrichum truncatum*. *Plant Disease*. 99(1): 143–148.