

Potensi Minyak Atsiri Biji Adas dalam Menginduksi Resistensi Tanaman Cabai (*Capsicum annuum* L.) terhadap Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum acutatum* J. H. Simmonds)

Rahmad Bahaudin Fahmi^{1*}, Tarkus Suganda², dan Endah Yulia²

¹Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

²Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran
Kampus Jatinangor, Jl. Raya-Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor 45363

*Alamat korespondensi: tarkus.suganda@unpad.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRACT/ABSTRAK
Diterima: 02-05-2024 Direvisi: 26-07-2024 Dipublikasi: 11-08-2024	The potential of fennel seed essential oil in inducing resistance of chili plants (<i>Capsicum annuum</i> L.) against anthracnose disease (<i>Colletotrichum acutatum</i> J. H. Simmonds)
Keywords: Application method, Defense mechanism, Resistance-inducing agent, Secondary metabolite	Induced resistance is a strategy to enhance plant resilience by activating plant defense mechanisms to prevent pathogen infections from the early stages of plant growth. Fennel seed essential oil is one of the resistance-inducing agents that can enhance plant resistance. The main compounds in fennel seed essential oil are reported to stimulate the production of secondary metabolites such as phenolics and flavonoids, which have antifungal properties. This study aimed to evaluate the effectiveness of fennel seed essential oil as an inducer of resistance in chili plants, to explore the optimal application methods in suppressing anthracnose disease, and to identify differences in the content of secondary metabolites in chili leaves following induction. The research was conducted from December 2023 to March 2024 in the Phytopathology Laboratory and greenhouse of the Department of Plant Pests and Diseases, Faculty of Agriculture, as well as the Laboratory of Chemical Applications and Services, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Padjadjaran. The experimental method used was a Randomized Block Design (RBD) with six treatments and five replications, including untreated control, inoculated control, seed soaking, seedling spraying, a combination of seed soaking and seedling spraying, and M-Bion 1/48 MZ fungicide. The results showed that the combination treatment of seed soaking and seedling spraying with fennel seed essential oil effectively increased the resistance of chili plants to anthracnose disease. The combination treatment reduced the total development of anthracnose disease (AUDPC) on chili leaves by 29.75% and suppressed anthracnose on chili fruits by 45.75%. The results also showed the highest total phenolic and flavonoid content in the combination treatment at 0.87% and 0.56%, respectively. Thus, induced resistance treatment using fennel seed essential oil has significant potential in controlling anthracnose disease in chili plants.
Kata Kunci: Agen penginduksi, Cara aplikasi, Mekanisme pertahanan, Metabolit sekunder	Induksi resistensi adalah strategi untuk meningkatkan ketahanan tanaman dengan mengaktifkan mekanisme pertahanan tanaman sehingga dapat mencegah infeksi patogen dari awal pertumbuhan tanaman. Minyak atsiri biji adas adalah salah satu agen penginduksi resistensi yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman. Kandungan senyawa utama dalam minyak atsiri biji adas dilaporkan dapat merangsang produksi metabolit sekunder seperti fenolik dan

flavonoid yang memiliki sifat antijamur. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan minyak atsiri biji adas sebagai agen penginduksi resistensi pada tanaman cabai, menelusuri cara aplikasi yang optimal guna menekan penyakit antraknosa serta mengidentifikasi perbedaan kandungan metabolit sekunder seperti fenolik dan flavonoid pada daun cabai setelah diinduksi. Penelitian dilakukan dari bulan Desember 2023 hingga Maret 2024 di Laboratorium Fitopatologi dan rumah kaca Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, serta Laboratorium Aplikasi Kimia dan Pelayanan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran. Metode percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan enam perlakuan dan lima ulangan yaitu kontrol tidak diinokulasi, kontrol yang diinokulasi, perendaman benih, penyemprotan bibit, kombinasi perendaman benih dan penyemprotan bibit serta fungisida M-Bion 1/48 MZ. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi antara perendaman benih dan penyemprotan bibit dengan minyak atsiri biji adas efektif meningkatkan ketahanan tanaman cabai terhadap penyakit antraknosa. Perlakuan kombinasi berhasil mengurangi perkembangan total penyakit antraknosa (AUDPC) pada daun cabai sebesar 29,75% dan menekan penyakit antraknosa pada buah cabai sebesar 45,75%. Hasil juga menunjukkan kandungan total fenolik dan flavonoid tertinggi pada perlakuan kombinasi antara perendaman benih dan penyemprotan bibit dengan minyak atsiri biji adas masing-masing sebesar 0,87% dan 0,56%. Dengan demikian, perlakuan induksi resistensi menggunakan minyak atsiri biji adas memiliki potensi signifikan dalam pengendalian penyakit antraknosa pada tanaman cabai.

PENDAHULUAN

Budidaya tanaman cabai tidak luput dari gangguan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT), yang meliputi gulma, hama, dan patogen. Keberadaan penyakit pada tanaman cabai merupakan penghambat produksi cabai di Indonesia. Salah satu penyakit utama cabai yaitu penyakit antraknosa yang disebabkan oleh genus *Colletotrichum* dengan spesies di antaranya *Colletotrichum acutatum*, *Colletotrichum capsici*, *Colletotrichum gleosporioides*, dan *Colletotrichum cocodes* (Than *et al.*, 2008a). Namun dilaporkan bahwasannya spesies *C. acutatum* merupakan jenis dominan di Asia, termasuk Indonesia (Jawa Barat) (AVRDC, 2009; Muljowati *et al.*, 2021). Patogen ini dilaporkan menyebabkan kerugian di mana pun tanaman cabai dibudidayakan dan menyebabkan kehilangan hasil berkisar 10-80%, baik di lapangan maupun di penyimpanan pascapanen (Than *et al.*, 2008b). Di India, dilaporkan penyakit antraknosa menimbulkan kerugian yang besar hingga 60% (Nishanthi *et al.*, 2020), sedangkan di Indonesia, apabila penyakit antraknosa tidak dikendalikan dengan cepat dan tepat maka dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga 100% (Gunawan, 2006).

Pengendalian penyakit antraknosa yang biasa dilakukan yaitu menggunakan fungisida sintetik. Hal ini dikarenakan fungisida sintetik memiliki dampak yang langsung terhadap penekanan intensitas penyakit. Namun, penggunaan yang tidak bijak dan tidak memperhatikan dosis menyebabkan pencemaran lingkungan karena adanya residu atau sisa dari fungisida sintetik (Jawda *et al.*, 2002). Selain itu, fungisida sintetik yang digunakan secara terus-menerus menimbulkan terjadinya resistensi patogen (Siripornvisal, 2010) serta dapat membahayakan kesehatan konsumen karena adanya residu yang terdapat pada produk (Hartini, 2014). Resistensi jamur *C. capsici* penyebab antraknosa pada tanaman cabai telah banyak dilaporkan, antara lain terhadap bahan aktif propiconazole, difeconazole, tebuconazole, dan azoxystrobin (Gopinath *et al.*, 2006; Kongtragoul *et al.*, 2020; Chen *et al.*, 2022). Oleh karena varietas resisten belum tersedia, maka perlu ditemukan cara alternatif yang efektif, efisien dan ramah lingkungan untuk mengendalikan penyakit antraknosa pada tanaman cabai.

Tanaman adas (*Foeniculum vulgare*) dilaporkan memiliki kandungan senyawa yang bersifat antimikroba dan antijamur karena dapat mengendalikan berbagai penyakit yang disebabkan

oleh jamur, bakteri dan virus (Orhan *et al.*, 2012). Rizki *et al.* (2021) melaporkan keefektifan ekstrak metanol biji adas yang dapat menghambat pertumbuhan jamur patogen *C. gloeosporioides* baik secara *in-vitro* maupun *in-vivo*. Suganda dkk. (2022) juga melaporkan keefektifan ekstrak air biji adas yang dapat menekan pertumbuhan jamur *Alternaria solani*. Baru-baru ini, biji adas dilaporkan dapat digunakan sebagai agen penginduksi resistensi yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman (*Induce Systemic Resistance*) (Shafie *et al.*, 2017; Khaleil *et al.*, 2021). Induksi resistensi melibatkan proses pengaktifan semua gen yang berkaitan dengan ketahanan pada tanaman terhadap patogen (Hanudin dkk., 2016). Selain itu, penggunaan agen penginduksi resistensi juga dapat meningkatkan hasil pada tanaman (Walters *et al.*, 2013). *Induced Systemic Resistance* (ISR) memiliki salah satu keuntungan yang tidak dimiliki oleh pengendalian lainnya yaitu ketahanan tanaman tersebut tidak mudah dipatahkan atau dihancurkan oleh patogen (Kogel & Langen, 2005). Diketahui minyak atsiri biji adas dapat meningkatkan ketahanan tanaman kacang babi *Vicia faba* dari serangan patogen busuk akar *Fusarium solani* pada konsentrasi 400 µl/mL (Khaleil *et al.*, 2021). Shafie *et al.* (2017) melaporkan penggunaan minyak atsiri biji adas sebesar 15% yang diaplikasikan sebagai penginduksi resistensi tanaman lada dapat menurunkan serangan penyakit Potato Virus Y (PVY). Hal ini terkait kandungan yang dimiliki oleh minyak atsiri biji adas yaitu trans-anethole dan fenchone yang dapat merangsang pengaktifan hormon serta dapat merangsang produksi metabolit sekunder (fenolik dan flavonoid) pada tanaman yang berperan sebagai pertahanan tanaman terhadap patogen (Al-Hadid, 2017; Kalleli *et al.*, 2020).

Berdasarkan uraian tersebut, diketahui bahwa minyak atsiri biji adas memiliki efek fungisidal serta dapat diaplikasikan sebagai bahan penginduksi resistensi. Oleh karena itu, penelitian untuk mengetahui kemampuan minyak atsiri biji adas sebagai bahan penginduksi untuk mengendalikan penyakit antraknosa pada tanaman cabai sangat diperlukan.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fitopatologi dan Rumah Kaca Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan serta Laboratorium Aplikasi Kimia dan Pelayanan, Fakultas MIPA, Universitas

Padjadjaran. Penelitian berlangsung mulai bulan Desember 2023 hingga Maret 2024.

Metode Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan menguji kemampuan minyak atsiri biji adas sebagai agen penginduksi resistensi tanaman cabai (*Capsicum annum*) terhadap penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *C. acutatum*. Rancangan percobaan ini terdiri atas enam perlakuan dengan masing-masing lima ulangan. Adapun enam perlakuan yang diuji adalah perendaman benih dengan suspensi minyak atsiri biji adas, penyemprotan bibit cabai dengan suspensi minyak atsiri biji adas, kombinasi antara perendaman benih dan penyemprotan bibit cabai dengan suspensi minyak atsiri biji adas, fungisida M-Bion 1/48 MZ, kontrol positif (tanaman cabai tidak diberi perlakuan suspensi minyak atsiri biji adas, namun diinokulasi *C. acutatum*), dan kontrol negatif (tanaman cabai tidak diberi perlakuan suspensi minyak atsiri biji adas dan tidak diinokulasi *C. acutatum*).

Isolat Jamur *Colletotrichum acutatum*

Isolat jamur *C. acutatum* didapatkan dari Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa) yang telah teruji berdasarkan karakteristik mikroskopis dan makroskopis sebagai jamur *C. acutatum*, kemudian isolat tersebut di-*refreshed* dan diperbanyak pada media *potato dextrose agar* (PDA). Setelah itu biakan jamur *C. acutatum* diuji virulensinya secara *in-vivo* dengan cara menempelkan satu *plug* biakan jamur *C. acutatum* pada buah cabai yang sebelumnya telah dilukai tiga titik menggunakan jarum steril pada permukaannya. Setelah itu, *plug* tersebut ditutup dengan kapas lembap dan dirapatkan dengan bantuan *clingwrap*, lalu diinkubasikan dalam wadah plastik yang sebelumnya telah diberi tisu lembap di bawah permukaannya. Apabila buah cabai menunjukkan gejala antraknosa ($\pm$ 7 hari) maka isolat jamur *C. acutatum* yang digunakan memiliki virulensi yang tinggi (Hartati dkk., 2020).

Persiapan Suspensi Konidia Jamur *Colletotrichum acutatum*

Suspensi konidia jamur *C. acutatum* dibuat dengan memanen konidia dari koloni jamur *C. acutatum* berumur 7 hari. Sebanyak 10 ml akuades steril ditambahkan dalam cawan Petri berisi koloni *C. acutatum* tersebut, selanjutnya konidia dipanen dengan menggunakan batang L. Kerapatan konidia

yang diinginkan didapatkan dengan melakukan pengenceran berseri, selanjutnya dihitung dengan *haemocytometer*. Adapun penghitungannya sebagai berikut (Oktarina dkk., 2017):

$$\text{Kerapatan Konidia (C)} = \frac{t}{n \times 0,25} \times 10^6$$

Keterangan:

C = Kerapatan konidia

n = Jumlah kotak sampel (5 kotak besar x 16 kotak kecil)

t = Jumlah konidia dalam kotak sampel

0,25 = Faktor koreksi kotak sampel skala kecil dalam *haemocytometer*

Persiapan Benih Cabai dan Media Tanam

Benih cabai yang digunakan dalam percobaan ini merupakan benih cabai varietas lokal CMK Lolay. Persiapan media tanam mengikuti metode Kristyaningrum & Martosudiro (2015) dan Hartati dkk. (2020). Media tanam untuk persemaian dan penanaman dipasteurisasi dengan suhu 80 °C selama 5 jam. Media semai menggunakan *ready mixed media* yang berasal dari Fam Organic berupa campuran antara sekam bakar, tanah, pupuk kascing dan *cocopeat*. Benih disemai pada *pot tray* type 105 yang telah berisi media semai. Setelah tahap persemaian, bibit cabai dipindah ke dalam polibag berukuran 30 x 30 cm yang berisi campuran tanah dan pupuk kandang sapi perbandingan 2:1 (berat/berat). Setiap polibag berisi satu tanaman cabai. Tanaman cabai yang telah ditanam disiram menggunakan air (100 ml) setiap hari pada pagi hari untuk menjaga kelembaban dan kadar air (55-70%). Selain dilakukan penyiraman, tanaman cabai juga diberi pupuk NPK. Pemupukan tanaman cabai dilakukan setelah 2 minggu pindah tanam dengan cara ditabur pada sekitar perakaran tanaman. Adapun pupuk yang diberikan pada pemeliharaan tanaman cabai ini yaitu NPK dengan rincian Urea 1 g/polibag (200 kg/ha), SP36 0,75 g/polibag (150 kg/ha), ZA 2,25 g/polibag (450 kg/ha) dan KCI 0,75 g/polibag (150 kg/ha) (Hartati dkk., 2020).

Persiapan Suspensi Minyak Atsiri Biji Adas

Minyak atsiri biji adas dibeli dari *e-commerce* secara online. Kriteria produk yang digunakan yaitu mengandung 100% minyak atsiri biji adas. Persiapan minyak atsiri biji adas mengikuti metode Okorska *et al.* (2023). Konsentrasi minyak atsiri biji adas yang digunakan dalam percobaan ini yaitu 0,2%. Suspensi minyak atsiri biji adas dibuat dengan cara mencampur

2 ml minyak atsiri biji adas dalam 1000 ml akuades steril yang ditambah 1 tetes Tween 80.

Perlakuan Induksi Resistensi Tanaman Cabai dengan Minyak Atsiri Biji Adas

Induksi resistensi tanaman cabai mengikuti metode Suganda & Wulandari (2019) dengan modifikasi. Benih cabai direndam dalam air hangat suhu 25-30 °C selama ±30 menit untuk mempercepat masa dorman benih cabai (Kristyaningrum & Martosudiro, 2015). Perlakuan induksi dilakukan dengan merendam sebanyak ±50 benih dalam suspensi minyak atsiri biji adas sebanyak 25 ml selama 2,5 jam, selanjutnya benih dikeringkan dengan menggunakan kertas saring. Benih yang telah diberi perlakuan ditanam ke dalam *pot tray*. Bibit cabai yang tumbuh berumur 21 hari dipindahkan ke polibag berukuran 30 x 30 cm yang berisi media tanah dan pupuk kandang sapi yang telah disiapkan sebelumnya.

Perlakuan induksi dengan penyemprotan bibit dilakukan ketika bibit cabai telah tumbuh atau muncul dua atau tiga helai daun cabai termuda (± 21 hari) dengan cara disemprot dengan menggunakan suspensi minyak atsiri biji adas sebanyak 5 ml per tanaman. Perlakuan kombinasi antara perendaman benih dan penyemprotan bibit cabai dilakukan dengan merendam benih cabai selama 2,5 jam pada suspensi minyak atsiri biji adas, kemudian benih disemai. Bibit cabai kemudian disemprot dengan suspensi minyak atsiri biji adas (5 ml) menggunakan *hand sprayer* sampai suspensi *run-off*. Tujuh hari setelah perlakuan induksi (umur tanaman ±28 hari) (Hartati dkk., 2020), dilakukan inokulasi suspensi *C. acutatum* dengan kerapatan konidia 1×10^7 yang telah ditambah Tween 80 sebanyak 2 ml/100 ml. Inokulasi dilakukan dengan menyemprotkan suspensi konidia *C. acutatum* ke seluruh tanaman cabai (± 5 ml) hingga *run-off*. Tanaman cabai yang telah diinokulasi patogen kemudian disungkup dengan plastik bening selama 3 hari. Untuk menjaga kelembaban, polibag yang berisi tanaman cabai dialasi dengan menggunakan piring plastik yang berisi air. Pada kontrol negatif tidak dilakukan perendaman benih, penyemprotan bibit maupun inokulasi suspensi *C. acutatum*, sementara pada kontrol positif tidak dilakukan perendaman benih maupun penyemprotan bibit dengan minyak atsiri biji adas, namun diinokulasi suspensi *C. acutatum*.

Pengamatan dan Analisis Data

Pengamatan dilakukan terhadap variabel masa inkubasi penyakit antraknosa, perhitungan intensitas penyakit, persentase buah cabai yang terinfeksi antraknosa, tinggi tanaman cabai dan analisis kandungan total fenolik dan flavonoid. Pengamatan masa inkubasi dilakukan terhadap munculnya gejala antraknosa pertama kali setelah inokulasi jamur *C. acutatum*. Intensitas penyakit diukur dengan keparahan penyakit (*disease severity*). Penghitungan intensitas penyakit antraknosa dilakukan pada 4, 8, 12 dan 16 hari setelah inokulasi (HSI). Intensitas penyakit dihitung dengan menggunakan rumus:

$$I = \frac{\sum n \times y}{N \times Y} \times 100\%$$

Keterangan:

I = Intensitas penyakit

N = Jumlah total sampel

n = Jumlah sampel yang mempunyai nilai skor sama

Y = Nilai skor tertinggi yang digunakan

y = Nilai skor tertentu

Tabel 1. Nilai skoring penyakit antraknosa

Nilai skoring	Kriteria
0	Tidak ada kerusakan
1	1-25% daun cabai bergejala
2	26-50% daun cabai bergejala
3	51-75% daun cabai bergejala
4	>75% daun cabai bergejala
5	100% daun cabai bergejala

Keterangan: Kriteria menurut Herwidyarti dkk. (2013) dengan modifikasi.

Selanjutnya data intensitas penyakit antraknosa pada setiap pengamatan digunakan untuk menghitung nilai perkembangan penyakit (*Area Under Disease Progress Curve* - AUDPC). AUDPC adalah besaran angka luas kurva perkembangan penyakit seiring waktu, diukur dalam unit yang terkait dengan area di bawah kurva (Lestari dkk., 2022). Adapun rumus perhitungan AUDPC adalah sebagai berikut (Madden *et al.*, 2007):

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1} \left[\frac{X_{i+1} \times X_i}{2} \right] \times (t_{i+1} - t_i)$$

Keterangan:

X_i = Intensitas penyakit antraknosa pada pengamatan pertama (sebelumnya)

X_{i+1} = Intensitas penyakit antraknosa pada pengamatan berikutnya

t_i = Waktu pengamatan pertama (sebelumnya)

t_{i+1} = Waktu pengamatan berikutnya

Setelah diperoleh nilai AUDPC pada setiap perlakuan, selanjutnya dihitung persentase penekanan perkembangan keparahan total penyakit menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penekanan tingkat perkembangan total penyakit (\%)} = \frac{AUDPC_k - AUDPC_p}{AUDPC_k} \times 100\%$$

Keterangan:

$AUDPC_k$ = Perkembangan total penyakit pada kontrol

$AUDPC_p$ = Perkembangan total penyakit pada perlakuan

Pengamatan persentase buah cabai yang bergejala antraknosa mengikuti cara Isnawan & Mubarak (2014) dengan modifikasi. Buah cabai yang dihasilkan pada setiap perlakuan dipanen dari panen pertama hingga ketiga (15 minggu setelah tanam/MST). Buah cabai bergejala antraknosa dihitung persentasenya menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{a}{a+b} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Persentase buah cabai terinfeksi (bergejala)

a = Jumlah buah yang bergejala

b = Jumlah buah yang tidak bergejala

Setelah diperoleh data persentase penyakit antraknosa pada buah cabai di setiap perlakuan, selanjutnya data penekanan persentase penyakit antraknosa dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Penekanan penyakit antraknosa (\%)} = \frac{P_k - P_p}{P_k} \times 100\%$$

Keterangan:

P_k = Persentase serangan penyakit antraknosa pada buah cabai di perlakuan kontrol

P_p = Persentase serangan penyakit antraknosa pada buah cabai di setiap perlakuan

Pengamatan tinggi tanaman cabai dilakukan mengikuti metode Isnawan dan Mubarak (2014) dengan modifikasi. Pengamatan tinggi tanaman dilakukan pada 4, 5, 6, 7, 8 MST dengan menggunakan penggaris dan meteran.

Data hasil setiap variable pengamatan diuji statistik menggunakan *Statistical Product and Service Solutions* (SPSS) Versi 24. Analisis data dilakukan dengan menggunakan ANOVA (Uji F), jika hasil ANOVA menunjukkan perlakuan berpengaruh nyata

maka dilakukan uji lanjut dengan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Analisis Kandungan Total Fenolik dan Flavonoid

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap intensitas penyakit antraknosa, perlakuan kombinasi dipilih untuk uji lanjut analisis kandungan total fenolik dan flavonoid dikarenakan perlakuan tersebut menghasilkan nilai intensitas penyakit yang rendah dibandingkan perlakuan lainnya (Tabel 3). Perlakuan kontrol positif dan kontrol negatif digunakan sebagai pembanding. Kandungan total fenolik dan flavonoid dianalisis dengan membuat ekstrak daun cabai menggunakan metode Mau *et al.* (2001). Daun cabai dipetik dari tanaman cabai pada 16 HSI (akhir pengukuran intensitas penyakit). Metode yang digunakan dalam mengumpulkan daun cabai adalah *purposive sampling* dengan cara mengambil daun cabai yang terdapat pada bagian tengah hingga ke bagian bawah tanaman cabai. Setelah itu, daun tersebut dibersihkan dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran yang menempel. Kemudian daun cabai dikeringanginkan selama 14 hari hingga kadar air di bawah 10%. Daun cabai yang telah kering dihaluskan dengan menggunakan *blender* hingga menjadi serbuk. Untuk menyiapkan ekstrak, mula-mula ditimbang 2,5 g serbuk daun cabai dan diekstraksi dengan 25 ml pelarut metanol (60%). Campuran keduanya diaduk selama 30 menit secara magnetis, kemudian disimpan selama 24 jam dalam keadaan gelap. Campuran tersebut disaring menggunakan kertas saring Whatman no.4 dan dilanjutkan dengan menguapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 50 °C (Mau *et al.*, 2001). Analisis kandungan fenolik total dilakukan menurut Falleh *et al.* (2008) menggunakan reagen Folin-Ciocalteu. Pengukuran absorbansi dilakukan dengan spektrofotometri UV/Vis pada 760 nm. Kandungan total fenolik ditentukan sebagai *gallic acid equivalent* (GAE) berdasarkan kurva kalibrasi standar Folin-Ciocalteu (asam galat). Penentuan kandungan flavonoid total mengikuti Faudale *et al.* (2008) menggunakan kuersetin sebagai standar tes. Sebanyak 1 ml ekstrak daun cabai dicampur dengan 5 ml air suling kemudian dicampur dengan 0,3 ml NaNO₂ 5% dan diaduk selama 6 menit. Selanjutnya, campuran tersebut ditambah 0,6 ml AlCl₃ dan dibiarkan tercampur selama 5 menit, setelah itu, ditambahkan 2 ml NaOH dan air suling hingga volume akhir menjadi 10 ml. Campuran tersebut dihomogenisasi dan diukur absorbansinya dengan spektrofotometri UV/Vis 510 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Perlakuan Minyak Atsiri Biji Adas terhadap Masa Inkubasi Penyakit Antraknosa

Masa inkubasi adalah selang waktu yang dibutuhkan patogen dari mulai menginfeksi tanaman hingga munculnya gejala awal penyakit. Gejala penyakit antraknosa pada daun berupa bercak kecil berwarna coklat (Gambar 1), selanjutnya membesar dengan terdapat massa konidia pada permukaan bercak dan mencekung atau berlekuk menyerupai cincin konsentris berwarna hitam, hingga hingga coklat (Uppuluri *et al.*, 2014; Semangun, 2007).



Gambar 1. Gejala awal penyakit antraknosa pada daun cabai

Berdasarkan hasil pengamatan pada setiap perlakuan diketahui bahwa tidak ada perbedaan masa inkubasi penyakit antraknosa antar perlakuan (Tabel 2). Semua perlakuan menunjukkan gejala penyakit antraknosa pada 4 HSI. Namun, pada perlakuan perendaman benih, penyemprotan bibit, kombinasi dan fungisida M-bion 1/48 MZ tidak semua tanaman cabai menunjukkan gejala penyakit antraknosa. Hal ini terlihat dari intensitas penyakit antraknosa yang menunjukkan nilai lebih rendah dibandingkan kontrol yang diinokulasi (Tabel 3).

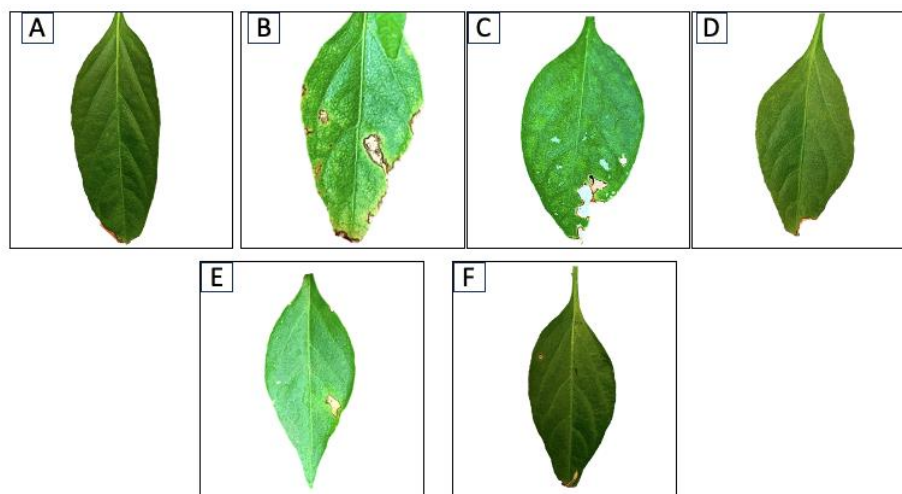
Tabel 2. Pengaruh beberapa cara perlakuan minyak atsiri biji adas terhadap masa inkubasi penyakit antraknosa pada tanaman cabai

Perlakuan	Masa inkubasi penyakit (hari)
Perendaman benih	4
Penyemprotan bibit	4
Kombinasi perendaman benih dan penyemprotan bibit	4
Fungisida M-Bion 1/48 MZ	4
Kontrol yang diinokulasi patogen (+)	4

Pengaruh Beberapa Perlakuan Minyak Atsiri Biji Adas terhadap Intensitas Penyakit Antraknosa pada Daun Cabai

Gejala antraknosa yang muncul pada daun cabai pada setiap perlakuannya terlihat berbeda-beda keparahannya (Gambar 2). Hal ini diduga disebabkan oleh adanya induksi resistensi pada tanaman cabai oleh perlakuan ekstrak biji adas. Pada perlakuan tersebut, tidak ada kontak langsung antara minyak atsiri biji adas dengan jamur *C. acutatum*.

Pengaruh beberapa perlakuan minyak atsiri biji adas terhadap intensitas penyakit antraknosa pada daun cabai menunjukkan hasil yang bervariasi (Tabel 3). Semua perlakuan menunjukkan gejala awal penyakit antraknosa pada 4 HSI (Tabel 2). Oleh karena itu, 4 HSI merupakan waktu pertama kali dilakukan pengukuran intensitas penyakit antraknosa.



Gambar 2. Gejala antraknosa pada daun cabai dengan perlakuan induksi minyak atsiri biji adas (A) Kontrol tanpa inokulasi, (B) Kontrol yang diinokulasi, (C) Perendaman benih cabai dengan minyak atsiri biji adas, (D) Kombinasi perendaman benih dan penyemprotan bibit dengan minyak atsiri biji adas, (E) Penyemprotan bibit dengan minyak atsiri biji adas, (F) Fungisida M-Bion

Tabel 3. Intensitas penyakit antraknosa pada daun cabai di berbagai cara perlakuan minyak atsiri biji adas dan pembandingnya

Perlakuan	Intensitas penyakit (%) pada			
	4 HSI	8 HSI	12 HSI	16 HSI
Perendaman benih	1,56 a	8,28 c	10,70 c	14,20 d
Penyemprotan bibit	1,56 a	7,03 c	8,63 c	12,40 d
Kombinasi (perendaman benih dan penyemprotan bibit)	1,20 a	6,28 c	8,53 c	9,22 bc
Fungisida M-Bion 1/48 MZ	1,13 a	3,71 b	5,12 b	7,25 b
Kontrol yang diinokulasi patogen (+)	4,40 b	8,28 c	11,25 c	13,54 d
Kontrol tanpa inokulasi patogen (-)	0,40 a	0,85 a	1,99 a	2,18 a

Keterangan: Angka dalam satu kolom yang diikuti oleh huruf yang sama menandakan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antar perlakuan, berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan dengan tingkat signifikansi 5%.

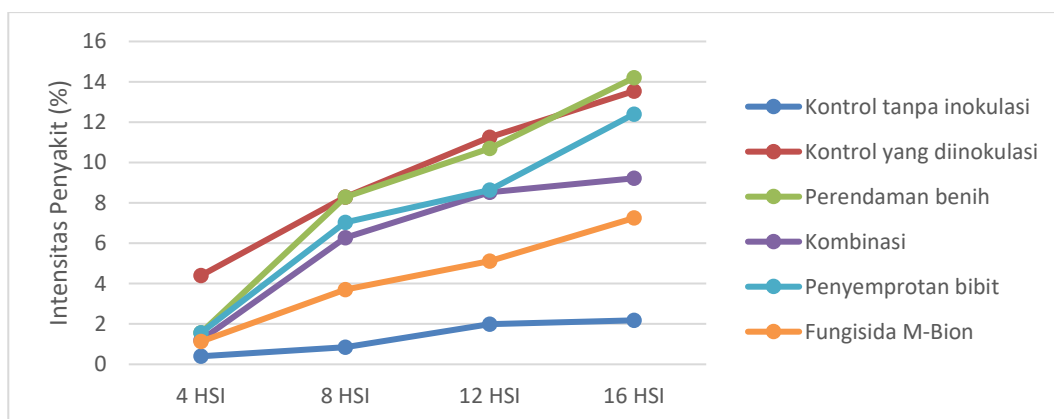
Intensitas penyakit antraknosa tertinggi pada 4 HSI (saat gejala pertama muncul) ditunjukkan oleh perlakuan kontrol yang diinokulasi sebesar 4,40% dan berbeda sangat nyata dengan perlakuan lain (Tabel 3). Intensitas penyakit pada perlakuan lain, termasuk pada tanaman cabai yang tidak diinokulasi patogen tidak berbeda nyata (Tabel 3). Pada pengamatan-pengamatan selanjutnya, penyakit berkembang karena lingkungan diduga mendukung

perkembangan penyakitnya. Sampai dengan pengamatan hari ke-12, semua perlakuan dengan minyak atsiri biji adas tidak berbeda satu sama lain secara statistik kecuali dengan kontrol tanpa inokulasi dan perlakuan fungisida M-Bion 1/48 MZ (Tabel 3). Pada pengamatan terakhir (16 HSI), intensitas penyakit antraknosa pada perlakuan kombinasi antara perendaman benih dan penyemprotan dengan minyak atsiri biji adas (9,22%)

tidak berbeda nyata dengan intensitas penyakit pada perlakuan fungisida M-Bion 1/48 MZ (7,25%). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi perendaman benih dan penyemprotan mampu menginduksi resistensi tanaman cabai terhadap penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *C. acutatum*.

Berdasarkan nilai AUDPC, tingkat perkembangan keparahan penyakit tertinggi diperoleh pada perlakuan kontrol yang diinokulasi patogen yaitu sebesar 114,00, sedangkan tingkat keparahan terendah didapatkan pada perlakuan fungisida M-Bion 1/48 MZ yaitu sebesar 52,08, diikuti dengan perlakuan kombinasi dengan nilai AUDPC sebesar 80,08 (Tabel 4). Dengan demikian, tingkat penekanan perkembangan penyakit tertinggi diperoleh pada perlakuan fungisida M-Bion 1/48 MZ yaitu sebesar 54,31% diikuti dengan perlakuan kombinasi dengan tingkat penekanan sebesar 29,75% (Tabel 4).

Menurut Nuryani dkk. (2011) semakin besar nilai AUDPC maka semakin rendah efek perlakuan terhadap patogen, sebaliknya jika nilai AUDPC semakin kecil maka perlakuan efektif dalam mengendalikan patogen. Berdasarkan hasil percobaan, perlakuan kombinasi antara perendaman benih dan penyemprotan bibit cabai dengan menggunakan minyak atsiri biji adas menghasilkan penurunan yang signifikan dalam perkembangan keparahan penyakit antraknosa dibandingkan dengan perlakuan kontrol yang diinokulasi patogen, perendaman benih dan penyemprotan bibit. Namun, jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya, nampak perlakuan fungisida M-Bion 1/48 MZ memberikan penurunan yang signifikan pada nilai AUDPC. Perkembangan intensitas penyakit antraknosa pada daun cabai di setiap perlakuan minyak atsiri biji adas disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik perkembangan intensitas penyakit antraknosa pada daun cabai di setiap perlakuan minyak atsiri biji adas

Tabel 4. Nilai AUDPC dan persentase penekanan penyakit antraknosa pada perlakuan minyak atsiri biji adas

Perlakuan	Nilai AUDPC	Penekanan perkembangan total penyakit (%)
Perendaman benih	107,44	5,75
Penyemprotan bibit	90,56	20,56
Kombinasi (perendaman benih dan penyemprotan bibit)	80,08	29,75
Fungisida M-Bion 1/48 MZ	52,08	54,31
Kontrol yang diinokulasi patogen (+)	114,00	-
Kontrol tanpa inokulasi patogen (-)	16,52	-

Berdasarkan pengamatan terhadap intensitas penyakit antraknosa pada daun cabai, perlakuan fungisida M-Bion 1/48 MZ dapat menekan intensitas penyakit. Meskipun demikian, perlakuan kombinasi antara perendaman benih dan penyemprotan bibit dengan minyak atsiri biji adas juga efektif dalam

menghambat perkembangan penyakit antraknosa (Tabel 3 dan 4). Hasil pengamatan pada 16 HSI menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan dibandingkan dengan perlakuan kontrol menggunakan fungisida M-Bion 1/48 MZ. Perlakuan induksi resistensi menggunakan minyak atsiri biji

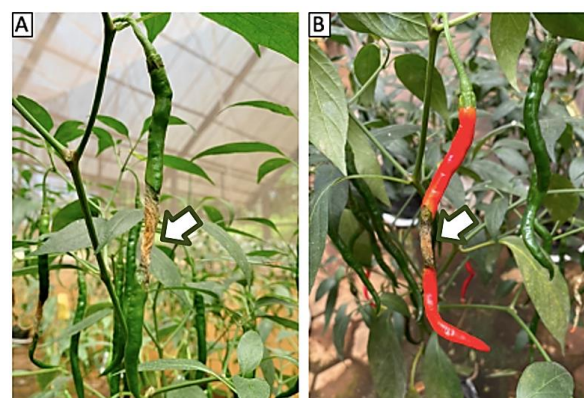
adas menonjol dalam hal keberlanjutan dan keramahan lingkungan. Perlakuan ini juga tidak menyebabkan terjadinya resistensi patogen karena ia memiliki banyak mekanisme pertahanan tanaman (Ngegba *et al.*, 2022). Keefektifan minyak atsiri biji adas dalam meningkatkan ketahanan tanaman cabai mungkin dapat bertambah seiring dengan peningkatan konsentrasi yang digunakan, namun harus diperhatikan juga nilai konsentrasinya (Khaleil *et al.*, 2021).

Keefektifan perlakuan kombinasi diduga terangsangnya produksi metabolit sekunder seperti fenolik dan flavonoid akibat dari pengulangan aplikasi perlakuan induksi resistensi melalui perendaman benih dan penyemprotan bibit yang bersifat sinergis dalam meningkatkan ketahanan tanaman cabai dibandingkan perlakuan lainnya. Hal serupa juga disampaikan oleh Widiyanti *et al.* (2019) bahwa ekstrak tanaman yang diaplikasikan secara berulang ke tanaman diduga dapat meningkatkan keefektifan ekstrak tanaman tersebut dalam menginduksi ketahanan tanaman. Keefektifan minyak atsiri biji adas erat kaitannya dengan kandungan senyawa aktif yang dimilikinya. Trans-anethole, fenchone, estagole dan limonene merupakan kandungan yang dimiliki minyak atsiri biji adas (Kalleli *et al.*, 2020; Khaleil *et al.*, 2021). Secara tidak langsung kandungan ini dapat meningkatkan ketahanan tanaman dengan cara merangsang produksi metabolit sekunder seperti fenolik dan flavonoid sehingga patogen yang

menginfeksi tanaman tidak dapat berkembang (Kalleli *et al.*, 2020).

Persentase Buah Cabai yang Terinfeksi Patogen Antraknosa

Gejala antraknosa pada buah cabai berupa muncul bercak kecil berwarna kecoklatan yang akan membesar, membentuk lingkaran konsentris, mencekung dan memiliki bentuk yang tak beraturan dengan ujung bersudut. Penyakit antraknosa dapat menyerang buah cabai yang belum matang maupun yang sudah matang (Gambar 4). Gejala lanjutan penyakit antraknosa yaitu buah cabai akan mengering dan membentuk seperti jerami (Semangun, 2007).



Gambar 4. Gejala antraknosa pada buah cabai (A) Buah cabai yang belum matang, (B) Buah cabai yang telah matang

Tabel 5. Persentase buah cabai yang terinfeksi jamur *C. acutatum* penyebab penyakit antraknosa dan penekanan penyakit antraknosa pada buah cabai

Perlakuan	Buah cabai terinfeksi patogen (%)	Penekanan penyakit antraknosa (%)
Perendaman benih	17,35 bc	18,16
Penyemprotan bibit	17,12 bc	19,21
Kombinasi (perendaman benih dan penyemprotan bibit)	11,55 ab	45,75
Fungisida M-Bion 1/48 MZ	13,28 bc	37,35
Kontrol yang diinokulasi patogen (+)	21,20 c	-
Kontrol tanpa inokulasi patogen (-)	4,72 a	-

Keterangan: Angka dalam satu kolom yang diikuti oleh huruf yang sama menandakan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antar perlakuan, berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan dengan tingkat signifikansi 5%.

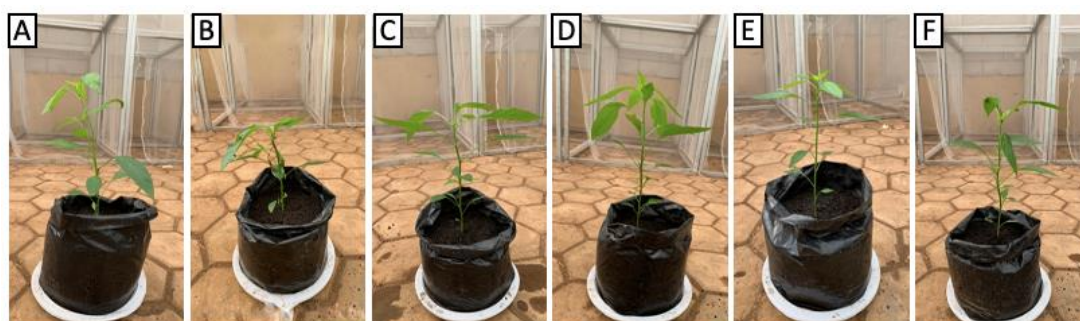
Berdasarkan pengamatan diketahui bahwa persentase buah cabai yang terinfeksi *C. acutatum* tertinggi didapatkan pada perlakuan kontrol yang diinokulasi patogen yaitu sebesar 21,20%, sedangkan persentase terendah didapatkan pada perlakuan kombinasi yaitu sebesar 11,55%. Angka ini bahkan lebih baik dibandingkan dengan persentase buah

terinfeksi pada perlakuan M-Bion 1/48 MZ sebagai perlakuan pembanding (Tabel 5). Hasil pengamatan persentase buah cabai yang terinfeksi tersebut sesuai dengan persentase penekanan penyakit antraknosa pada setiap perlakuan. Persentase penekanan tertinggi didapatkan pada perlakuan kombinasi yaitu sebesar 45,75%. Perlakuan kombinasi antara

perendaman benih dan penyemprotan bibit dengan minyak atsiri biji adas memberikan pengaruh yang signifikan dalam menekan persentase buah cabai yang terinfeksi. Bahkan jika dibandingkan dengan penggunaan fungisida M-Bion 1/48 MZ yang menunjukkan persentase penekanan infeksi yang lebih rendah (37,35%), perlakuan kombinasi ternyata lebih efektif dalam menekan penyakit antraknosa (Tabel 5). Tentunya hal ini menggambarkan potensi minyak atsiri biji adas yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman cabai terhadap penyakit antraknosa secara sistemik dengan merangsang produksi metabolit sekunder seperti fenolik dan flavonoid (Khaleil *et al.*, 2021).

Tinggi Tanaman Cabai

Penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *C. acutatum* memengaruhi pertumbuhan tanaman cabai, termasuk tinggi tanaman. Gejala yang ditimbulkan pada batang yang terserang yaitu adanya busuk kering warna coklat kehitaman sehingga batang akan rapuh dan jatuh karena tidak kuat menopang pucuk dan daun di atasnya, sedangkan jika daun cabai terkena serangan penyakit antraknosa menyebabkan nekrotik (Semangun, 2007). Tinggi tanaman cabai pada setiap perlakuannya disajikan pada Gambar 5 dan Tabel 6.



Gambar 5. Tinggi tanaman cabai pada 6 MST (A) Kontrol tanpa inokulasi patogen (-), (B) Kontrol yang diinokulasi patogen (+), (C) Perendaman benih, (D) Kombinasi perendaman benih dan penyemprotan bibit, (E) Penyemprotan bibit, (F) Fungisida M-Bion 1/48 MZ

Tabel 6. Tinggi tanaman cabai pada berbagai cara perlakuan minyak atsiri biji adas

Perlakuan	Tinggi pada tanaman cabai (cm) pada				
	4 MST	5 MST	6 MST	7 MST	8 MST
Perendaman benih	8,26 bc	13,83 b	19,74 b	33,75 a	53,93 b
Penyemprotan bibit	8,15 b	14,08 bc	20,12 bc	36,46 b	56,53 c
Kombinasi (perendaman benih dan penyemprotan bibit)	8,87 c	14,58 c	20,64 c	37,01 b	57,04 c
Fungisida M-Bion 1/48 MZ	8,16 b	14,03 bc	20,06 a	36,56 b	56,77 c
Kontrol yang diinokulasi (+)	7,15 a	11,90 a	17,15 a	32,10 a	52,32 a
Kontrol tanpa inokulasi (-)	8,21 b	14,17 bc	20,17 bc	36,59 b	56,81 c

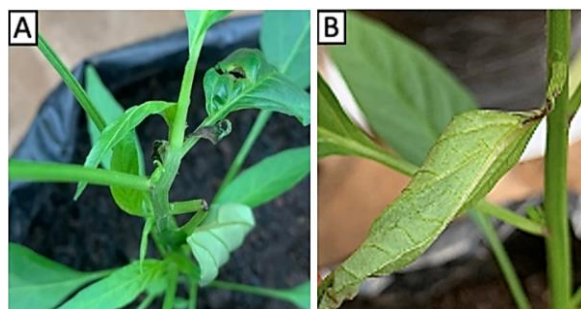
Keterangan: Angka dalam satu kolom yang diikuti oleh huruf yang sama menandakan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antar perlakuan, berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan dengan tingkat signifikansi 5%.

Perlakuan minyak atsiri biji adas memengaruhi tinggi tanaman cabai. Pada pengamatan pertama 4 MST (Tabel 6), perlakuan kombinasi tidak berbeda nyata dengan perendaman benih, walaupun datanya tidak berbeda namun perlakuan dengan kombinasi menghasilkan tinggi tanaman tertinggi (8,87 cm). Pada pengamatan selanjutnya (5, 6, 7 dan 8 MST) tinggi tanaman pada perlakuan kombinasi antara perendaman benih dan penyemprotan bibit, tinggi tanamannya selalu paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal

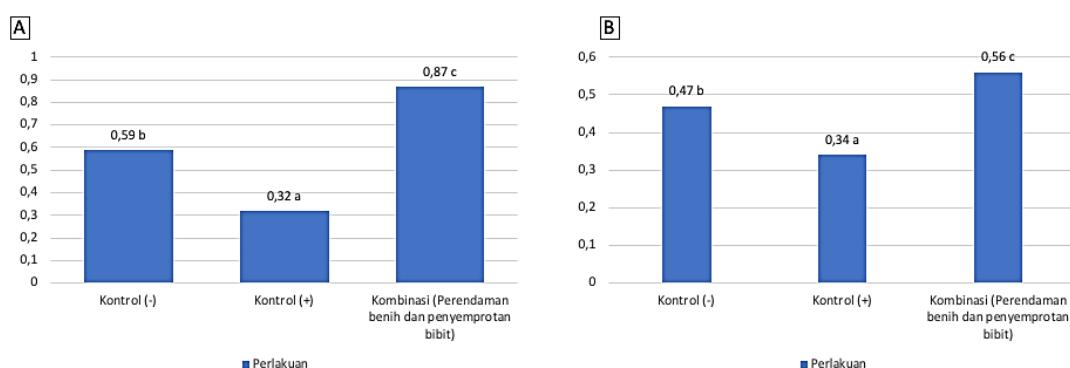
ini menunjukkan bahwa senyawa yang terkandung dalam minyak atsiri biji adas menginduksi pertambahan tinggi tanaman cabai. Hal serupa dilaporkan oleh Khaleil *et al.*, (2021) bahwa perlakuan induksi resistensi menggunakan minyak atsiri biji adas dapat menambah tinggi tanaman cabai dikarenakan intensitas penyakit yang lebih rendah sehingga proses metabolisme pada tanaman tidak terhambat, sedangkan tanaman yang terinfeksi patogen menyebabkan terganggunya proses

metabolism pada tanaman seperti gangguan proses fotosintesis.

Perlakuan kontrol yang diinokulasi patogen menyebabkan tinggi tanaman cabai menjadi lebih pendek (Tabel 6 dan Gambar 5). Penyakit antraknosa dapat menyebabkan gejala *dieback* pada pucuk dan nekrosis pada tangkai daun. Gejala *dieback* adalah gejala yang terjadi pada ujung cabang tanaman, lesi terbentuk pada daun-daun muda pucuk tanaman sehingga menyebabkan pertumbuhan tanaman cabai terhambat ataupun jaringan yang terinfeksi ini akan mati (Gambar 6) (Chaudhari *et al.*, 2022), sedangkan pada daun cabai yang nekrotik menyebabkan terganggunya proses fotosintesis. Menurut Sopialena (2017) patogen dapat menyebabkan kerusakan langsung dengan cara merusak kloroplas serta mematikan sel tanaman sehingga proses fotosintesis akan terhambat.



Gambar 6. Gejala antraknosa pada tanaman cabai (A) Gejala *dieback* pada pucuk, (B) Gejala antraknosa pada tangkai daun



Gambar 1. Kandungan senyawa fenolik dan flavonoid pada daun cabai pada 16 HSI (A) Kandungan total fenolik pada perlakuan kontrol tanpa inokulasi patogen (-), kontrol yang diinokulasi patogen (+) dan perlakuan kombinasi, (B) Kandungan total flavonoid pada perlakuan kontrol tanpa inokulasi patogen (-), kontrol yang diinokulasi patogen (+) dan perlakuan kombinasi

Perlakuan kombinasi antara perendaman benih dan penyemprotan bibit dengan minyak atsiri biji adas dapat meningkatkan kandungan total fenolik dan flavonoid yang berperan sebagai bentuk pertahanan tanaman terhadap patogen. Hasil tersebut

Analisis Kandungan Total Fenolik dan Flavonoid

Berdasarkan hasil pengujian terhadap daun cabai, persentase tertinggi total fenolik dan flavonoid didapatkan pada perlakuan kombinasi berturut-turut sebesar 0,87% dan 0,56%. Total persentase fenolik dan flavonoid pada perlakuan tersebut berbeda nyata dengan kontrol negatif maupun kontrol positif. Persentase total fenolik dan flavonoid terendah diperoleh pada perlakuan kontrol positif berturut-turut sebesar 0,32% dan 0,34% (Gambar 7). Perbedaan kandungan total fenolik dan flavonoid pada perlakuan kontrol positif dan kontrol negatif diduga disebabkan oleh adanya respon interaksi tanaman dengan patogen. Pada perlakuan kontrol positif kandungan total fenolik dan flavonoid lebih rendah dibandingkan dengan kontrol negatif. Namun, perbedaan dalam persentase total fenolik dan flavonoid antara perlakuan kombinasi, kontrol negatif, dan kontrol positif menunjukkan bahwa penggunaan minyak atsiri biji adas mendorong tanaman cabai untuk menghasilkan lebih banyak fenolik dan flavonoid sebagai respons terhadap infeksi oleh *C. acutatum*. Sesuai dengan penelitian Khaleil *et al.* (2021) bahwa tanaman yang diaplikasikan agen penginduksi resistensi minyak atsiri biji adas dapat merangsang produksi fenolik dan flavonoid sehingga meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen.

sesuai dengan penghambatan intensitas penyakit dan nilai AUDPC penyakit antraknosa pada daun cabai. Peningkatan kandungan total fenolik dan flavonoid pada perlakuan kombinasi dapat menurunkan intensitas penyakit antraknosa pada daun cabai 16

HSI (Tabel 3). Kalelli *et al.* (2020) menyatakan bahwa minyak atsiri biji adas yang diaplikasikan sebagai penginduksi resistensi tanaman dapat menghambat infeksi patogen dengan meningkatkan kekuatan dinding sel sehingga patogen tidak dapat menginfeksi tanaman. Hal ini dikarenakan adanya peningkatan senyawa fenolik dan flavonoid pada tanaman. Senyawa fenolik dapat merangsang fitoaleksin serta memproduksi lignin sebagai bentuk pertahanan struktural terhadap patogen sehingga patogen tidak dapat memenuhi siklus hidupnya (Pratyusha, 2022).

Penelitian ini menunjukkan bahwa minyak atsiri biji adas, selain bersifat fungisidal (Rizki *et al.*, 2021) juga dapat menginduksi resistensi tanaman cabai terhadap penyakit antraknosa. Hasil penelitian ini mendukung hasil riset Khaleil *et al.* (2021) dan Shafie *et al.* (2017). Pengaplikasian minyak atsiri biji adas secara kombinasi antara perendaman benih dan penyemprotan bibit menjadi lebih efisien dibandingkan jika minyak atsiri biji adas diaplikasikan hanya disemprotkan pada tanaman di lapangan yang tentunya akan membutuhkan volume yang lebih banyak. Selain itu karena merupakan bahan alami, penggunaan minyak atsiri biji adas dampaknya terhadap lingkungan akan jauh lebih rendah dibandingkan fungisida sintetik. Namun demikian, penelitian ini masih berskala rumah kaca. Diperlukan penelitian lapangan, untuk mengetahui efek minyak atsiri biji adas sebagai agen penginduksi resistensi terhadap penyakit lainnya selain antraknosa.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Minyak atsiri biji adas dapat meningkatkan ketahanan tanaman cabai terhadap penyakit antraknosa yang disebabkan oleh *C. acutatum*.
2. Perlakuan kombinasi antara perendaman benih dan penyemprotan bibit dengan minyak atsiri biji adas efektif dalam menurunkan nilai perkembangan total penyakit (AUDPC) pada daun cabai sebesar 29,75% dan menekan penyakit antraknosa pada buah cabai hingga 45,75%.
3. Kandungan total fenolik dan flavonoid tertinggi didapatkan pada perlakuan kombinasi antara perendaman benih dan penyemprotan bibit dengan minyak atsiri biji adas masing-masing sebesar 0,87% dan 0,56%.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hadid, KJ. 2017. Quantitative analysis of antimicrobial activity of *Foeniculum vulgare*: A review. Plant Omics Journal. 10(1): 28–36.
- [AVRDC] Asian Vegetable Research and Development Center. 2009. Development of Locally Adapted, Multiple Disease Resistant and High Yielding Chilli (*Capsicum annum*) Cultivars for China, India, Indonesia and Thailand. Phase II. AVRDC Publication. Shanhua.
- Chaudhari, J, D Sachitanand, and M Dipika. 2022. Antrachnose of chili: A review. The Pharma Innovation Journal. 11(16): 1811–1815.
- Chen, W, L Wei, R Hou, and Y Zhao. 2022. Sterol demethylation inhibitor fungicide resistance in *Colletotrichum siamense* from chili is caused by mutations in CYP51A and CYP51B. Phytopathology Research. 4:41. DOI: 10.1186/s42483-022-00146-w.
- Falleh, H, R Ksouri, K Chaieb, NK Bouraoui, N Trabelsi, M Boulaaba, and C Abdelly. 2008. Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. Comptes Rendus Biologies. 331(5): 372–379.
- Faudale, M, V Francesc, J Bastida, and F Poli. 2008. Antioxidant activity and phenolic composition of wild, edible, and medicinal fennel from different Mediterranean countries. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56(6): 1912–1920.
- Gunawan. 2006. Mikroba antagonis untuk pengendalian penyakit antraknos pada cabai merah. Jurnal Hortikultura. 16(2): 151–155.
- Gopinath, K, NV Radhakrishnan, and J Jayaraj. 2006. Effect of propiconazole and difenoconazole on the control of anthracnose of chilli fruits caused by *Colletotrichum capsici*. Crop Protection. 25(9): 1024–1031.
- Hanudin, W Nuryani, dan B Marwoto. 2016. Induksi resistensi tanaman krisan terhadap *Puccinia horiana* P. Henn. dengan menggunakan ekstrak tanaman elisitor. Jurnal Hortikultura. 26(2): 245–256.
- Hartati, S, L Tarina, E Yulia, dan L Djaya. 2020. Induksi resistensi dengan *Rhodotorula minuta* untuk mengendalikan antraknosa (*Colletotrichum acutatum* J. H. Simmonds) pada tanaman cabai. Jurnal Agrikultura. 30(3): 91–99.
- Hartini, E. 2014. Kontaminasi residu pestisida dalam

- buah melon (studi kasus pada petani di Kecamatan Penawangan). Jurnal Kesehatan Masyarakat. 10(1): 96–102.
- Herwidiyarti, KH, S Ratih, dan DRJ Sembodo. Keparahan penyakit antraknosa pada cabai (*Capsicum annuum* L) dan berbagai jenis gulma. Jurnal Agrotek Tropika. 1(1): 102–106.
- Isnawan, B, dan K Mubarak. 2014. Efektifitas penginduksi resistensi dan biopestisida terhadap penyakit bercak daun cercospora dan antraknosa pada cabai (*Capsicum annuum* L.). Planta Tropika: Journal of Agro Science. 2(2): 106–114.
- Jawda, YA, H Sobh, and A Salameh. 2002. Antimycotic activities of selected plant flora, growing wild in Lebanon, against phytopathogenic fungi. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50(11): 3208–3213.
- Kalleli, F, G Abid, IB Salem, and N Boughalleb. 2020. Essential oil from fennel seeds (*Foeniculum vulgare*) reduces fusarium wilt of tomato (*Solanum lycopersicon*). Phytopathologia Mediterranea. 59(1): 63–76.
- Khaleil, M, MM Alnoman, ESA Elrazik, H Zaghloul, and AMA Khalil. 2021. Essential oil of *Foeniculum vulgare* mill. As a green fungicide and defense-inducing agent against fusarium root rot disease in *Vicia faba* L. Biology. 10(8): 1–17
- Kogel, KH, and G Langen. 2005. Induced disease resistance and gene expression in cereals. Cellular Microbiology. 7(11): 1555–1564.
- Kongtragoul, P, K Imamoto, and H Ishii. 2020. Resistance to quinone-outside inhibitor (QoI) fungicides in *Colletotrichum* species isolated from anthracnose disease occurring in Thailand. Current Applied Science and Technology. 20(1): 79–89.
- Kristyaningrum, VT, dan M Martosudiro. 2015. Ekstrak bayam duri (*Amaranthus spinosus* L.) sebagai penginduksi ketahanan tanaman cabai besar (*Capsicum annuum* L.) terhadap infeksi *Cucumber Mosaic Virus* (CMV). Jurnal HPT. 3(1): 61–66.
- Lestari, S, EP Ramdan, Risnawati, dan EM Pribadi. 2022. Kemampuan beberapa agens hayati dalam menginduksi ketahanan tanaman padi dari serangan *Pyricularia oryzae* secara *in vivo* dan *in vitro*. Jurnal Proteksi Tanaman. 6(1): 1–12.
- Madden, LV, G Hughes, and F Bosch. 2007. The Study of Plant Disease Epidemics. APS Press. Minnesota.
- Mau, JL, GR Chao, and KT Wu. 2001. Antioxidant properties of methanolic extracts from several ear mushrooms. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 49(11): 5461–5467.
- Muljowati, JS, L Soesanto, and LH Nugroho. 2021. Histopathology of red chili fruit (*Capsicum annuum*) infected with *Colletotrichum acutatum* of Java, Indonesia isolates. Biodiversitas. 22(2): 874–880.
- Ngegba, PM, G Cui, MZ Khalid, and G Zhong. 2022. Use of botanical pesticides in agriculture as an alternative to synthetic pesticides. Agriculture. 12(600):600. DOI: 10.3390/agriculture12050600.
- Nishanthi, P, R Gobika, MC Mathi, and HA Suji. 2020. Management of *Colletotrichum capsici* (SYD.) Butler and Bisby causing fruit rot of chilli using fermented leaf extracts. Plant Archives. 20(1): 2509–2514.
- Nuryani, W, ES Yusuf, I Djatnika, Hanudin, dan B Marwoto. 2011. Pengendalian penyakit layu fusarium pada subang gladiol dengan pengasapan dan biopestisida. Jurnal Hortikultura. 21(1): 40–50.
- Okorska, SB, JA Dabrowska, K Glowacka, A Pszczolkowska, KJ Jankowski, JP Jastrebski, T Oszako, and A Okorski. 2023. The fungicidal effect of essential oil of fennel and hops against fusarium disease on pea. Applied Science Journal. 13(6282). DOI: 10.3390/app13106282.
- Oktarina, B Tripama, dan WN Rohmah. 2017. Daya hambat biorasional ekstrak sirih dan tembakau pada *Colletotrichum capsici* penyebab penyakit antraknosa cabai. Agritrop. 15(2): 194–202.
- Orhan, IE, B Ozcelik, M Kartal, and Y Kan. 2012. Antimicrobial and antiviral effects of essential oils from selected Umbelliferae and Labiatae plants and individual essential oil components. Turkish Journal of Biology. 36(3): 239–246.
- Pratyusha, S. 2022. Phenolic compounds in the plant development and defense: An overview. In. Pp. 1-7. Plant Stress Physiology-Perspective in Agriculture (Hasanuzzaman, M, K Nahar, Eds.). IntechOpen. London.
- Rizki, AZ, FA Choliq, and M Martosudiro. 2021. Antifungal effects of plant extracts on *Colletotrichum gloeosporides* in chilli pepper (*Capsicum frutescens* L.). Journal of Tropical Plant Protection. 2(2): 68–74.
- Semangun, H. 2007. Penyakit-penyakit Tanaman

- Hortikultura di Indonesia. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Shafie, R, AA Kheder, and AA Farghaly. 2017. Induction of resistance in pepper plants against *Potato Virus Y* (PVY). Egypt Journal Phytopathology. 45(1): 1–15.
- Siripornvisal, S. 2010. Biocontrol efficacy of *Bacillus subtilis* BCB3-19 against Tomato Gray Mold. KMITL Science and Technology Journal. 10(2): 37–44.
- Sopialena. 2017. Segitiga Penyakit Tanaman. Mulawarman University Press. Samarinda.
- Suganda, T, RB Fahmi, dan Y Hidayat. 2022. Uji keefektifan ekstrak air biji adas dalam menekan pertumbuhan koloni, produksi, dan perkecambahan konidia jamur *Alternaria solani*, penyebab penyakit bercak coklat pada tanaman tomat. Jurnal Agrikultura. 33(2): 170–177.
- Suganda, T, dan DY Wulandari. 2019. Keefektifan beberapa senyawa kimia sebagai agen penginduksi resistensi tanaman sawi terhadap penyakit bercak daun *Curvularia*. Jurnal Agro. 6(2): 86–94.
- Than, PP, R Jeewon, KD Hyde, S Pongsupasamit, O Mongkolporn, and PWJ Taylor. 2008a. Characterization and pathogenicity of *Colletotrichum* species associated with anthracnose on chilli (*Capsicum* spp.) in Thailand. Plant Pathology. 57(3): 562–572.
- Than, PP, H Prihastuti, S Phoulivong, PWJ Taylor, and KD Hyde. 2008b. Chilli anthracnose disease caused by *Colletotrichum* species. Journal of Zhejiang University: Science B. 9(10): 764–778.
- Uppuluri, LS, S Repalle, K Kasim, and SRK Motukuri. 2014. Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences anthracnose, a prevalent disease in capsicum. International Journal of Biological and Chemical Sciences. 5(3): 1583–1604.
- Walters, DR, J Ratsep, and ND Havis. 2013. Controlling crop diseases using induced resistance: Challenges for the future. Journal of Experimental Botany. 64(5): 1263–1280.
- Widiantini, F, A Ayuningdiyas, E Yulia, and T Suganda. 2019. The effectiveness of several plant extract to induce rice plant resistance against bacterial leaf blight (*Xanthomonas oryzae*). Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia. 23(1): 16–22.