

**FORMULASI EKSTRAK *Chromolaena odorata* DAN METABOLIT
SEKUNDER *Trichoderma asperellum* WT1 UNTUK MENEKAN
PERKEMBANGAN GEJALA SERANGAN VIRUS PADA CABAI**

(Skripsi)

Oleh

Wida Nuraini Darmawati
2214191012



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

FORMULASI EKSTRAK *Chromolaena odorata* DAN METABOLIT SEKUNDER *Trichoderma asperellum* WT1 UNTUK MENEKAN PERKEMBANGAN GEJALA SERANGAN VIRUS PADA CABAI

OLEH

WIDA NURAINI DARMAWATI

Cabai (*Capsicum annuum* L.) merupakan komoditas hortikultura penting di Indonesia yang rentan terhadap penyakit kuning akibat virus. Pengendalian yang umum dilakukan adalah menggunakan pestisida kimia untuk menekan vektor penyakit, namun penggunaannya dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengendalian yang lebih ramah lingkungan, salah satunya melalui pemanfaatan formulasi ekstrak gulma siam (*Chromolaena odorata*) dan metabolit sekunder *Trichoderma asperellum* WT1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas formulasi ekstrak *C. odorata* dan metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 dalam menurunkan intensitas penyakit kuning serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil produksi tanaman cabai. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan di lahan percobaan Kecamatan Rajabasa, Bandar Lampung. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan lima perlakuan. Variabel yang diamati meliputi keterjadian penyakit, intensitas penyakit, pertumbuhan tanaman, jumlah daun, bobot dan jumlah buah, kandungan klorofil, serta serangga yang ditemukan di lapangan. Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dan uji lanjut DMRT pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi ekstrak *C. odorata* dan metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 belum mampu menekan keterjadian penyakit kuning secara nyata. Namun, mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman, jumlah daun, kandungan klorofil, serta hasil produksi dibandingkan kontrol. Formulasi ini berpotensi dikembangkan sebagai biostimulan dan agen biokontrol yang ramah lingkungan.

Kata kunci: biostimulan, *Capsicum annuum* L., *Chromolaena odorata*, penyakit kuning, *Trichoderma asperellum* WT1.

ABSTRAK

FORMULATION OF *Chromolaena odorata* EXTRACT AND SECONDARY METABOLITES OF *Trichoderma asperellum* WT1 TO REDUCE THE DEVELOPMENT OF VIRUS DISEASE IN CHILI PEPPER

BY

WIDA NURAINI DARMAWATI

Chili pepper (*Capsicum annuum* L.) is an important horticultural crop in Indonesia that is highly susceptible to virus disease. Chemical pesticides are commonly used to control insect vectors; however, their excessive use may adversely affect the environment. Therefore, environmentally friendly alternatives are needed, including formulations based on *Chromolaena odorata* extract and the secondary metabolites of *Trichoderma asperellum* WT1. This study aimed to evaluate the effectiveness of this formulation in reducing disease incidence and severity while improving the growth and yield of chili pepper. The study was conducted at the Biotechnology Laboratory, Faculty of Agriculture, Universitas Lampung, and an experimental field in Rajabasa District, Bandar Lampung. A Randomized Complete Block Design (RCBD) with five treatments was employed. The observed variables included disease incidence, disease severity, plant growth, leaf number, fruit number, fruit weight, chlorophyll content, and insect populations. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at the 5% significance level. The formulation did not significantly reduce disease incidence but improved plant growth, leaf number, chlorophyll content, and yield compared with the untreated control. These findings indicate that the formulation has potential as an environmentally friendly biostimulant and biological control agent.

Keywords: biostimulant, *Capsicum annuum* L., *Chromolaena odorata*, *Trichoderma asperellum* WT1, virus disease.

**FORMULASI EKSTRAK *Chromolaena odorata* DAN METABOLIT
SEKUNDER *Trichoderma asperellum* WT1 UNTUK MENEKAN
PERKEMBANGAN GEJALA SERANGAN VIRUS PADA CABAI**

Oleh

WIDA NURAINI DARMAWATI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

Judul Skripsi

: FORMULASI EKSTRAK *Chromolaena odorata* DAN METABOLIT SEKUNDER *Trichoderma asperellum* WT1 UNTUK MENEKAN PERKEMBANGAN GEJALA SERANGAN VIRUS PADA CABAI

Nama Mahasiswa

: Wida Nuraini Darmawati

Nomor Pokok Mahasiswa

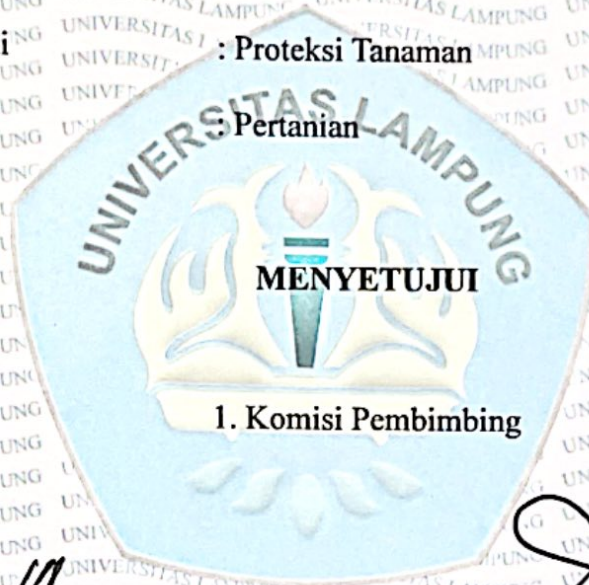
: 2214191012

Program Studi

: Proteksi Tanaman

Fakultas

: Pertanian



1. Komisi Pembimbing

Prof. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.

NIP. 198106212005011003

Selvi Helina, S.P., M., Sc.

NIP. 198809282024212001

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si.

NIP. 198002082005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Prof. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.

Sekretaris

: Selvi Helina, S.P., M, Sc.

Anggota

: Prof. Dr. Ir. Purnomo, M.S.

Dekan Fakultas Pertanian

Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 5 Juni 2026

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“FORMULASI EKSTRAK *Chromolaena odorata* DAN METABOLIT SEKUNDER *Trichoderma asperellum* WT1 UNTUK MENEKAN PERKEMBANGAN GEJALA SERANGAN VIRUS PADA CABAI”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya tulis ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 30 Juni 2026

Penulis



Wida Nuraini Darmawati

NPM 2214191012

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lampung Tengah, Provinsi Lampung, pada 02 Oktober 2003 sebagai anak ketiga dari pasangan Bapak Darmanto dan Ibu Siti Jueriyah.

Pendidikan dasar diselesaikan di SD Negeri 4 Gunung Madu pada tahun 2016, pendidikan menengah pertama di SMP Satya Dharma Sudjana pada tahun 2019, dan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Terbanggi Besar pada tahun 2022. Pada tahun 2022, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN.

Selama perkuliahan, penulis aktif dalam kegiatan akademik dan pengembangan diri di bidang Proteksi Tanaman. Pada tahun 2023, penulis melaksanakan Praktik Pengenalan Pertanian di Desa Karya Mulya Sari, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lampung Selatan. Pada tahun 2025, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Purwodadi Simpang, Kecamatan Tanjung Bintang, Kabupaten Lampung Selatan, serta Praktik Umum di PT Gunung Madu Plantations, Lampung Tengah, Provinsi Lampung.

Selama perkuliahan, penulis pernah menjadi asisten dosen pada praktikum Virologi, Ilmu Penyakit Tumbuhan, dan Statistika pada tahun 2025. Penulis juga aktif berorganisasi sebagai Anggota Pengembangan Minat dan Bakat Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman periode 2023/2024, Sekretaris Umum UKM KEMPO Unila periode 2023/2024, dan Bendahara Umum Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman periode 2024/2025. Penulis juga aktif dalam beberapa kompetisi meliputi: Juara 3 Lomba Cerdas Cermat Tingkat Nasional (2025), Finalis Lomba Cerdas Cermat Tingkat Nasional (2025), dan Finalis Lomba Cerdas Cermat Tingkat Nasional (2024).

PERSEMBAHAN

1. Karya ini penulis persembahkan dengan penuh cinta dan rasa terima kasih kepada Ibunda tercinta Siti Jueriyah, yang menjadi sumber kekuatan, kasih sayang, memberikan dukungan, doa yang tak pernah putus, serta pengorbanan tiada henti dalam setiap langkah kehidupan penulis. Terima kasih untuk kesabaran, cinta, dan doa yang selalu mengiringi setiap langkah perjalanan penulis hingga sampai pada titik ini. Semoga pencapaian kecil ini dapat menjadi suatu kebahagiaan dan kebanggaan untuk Ibu.
2. Dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, karya ini penulis persembahkan untuk Bapak Darmanto tersayang, yang selalu menjadi sosok penuh tanggung jawab, pekerja keras, dan penuh pengorbanan dalam kehidupan penulis. Terima kasih atas segala doa, dukungan, pengorbanan, dan perjuangan yang dilakukan tanpa hentinya demi masa depan penulis. Semoga karya ini dapat menjadi salah satu bentuk kebanggaan dan ungkapan terima kasih penulis atas segala cinta, pengorbanan, dan doa yang Bapak berikan.
3. Kepada diriku sendiri Wida Nuraini Darmawati, terima kasih karena telah bertahan, berjuang, dan tidak menyerah hingga sampai pada titik ini. Terima kasih untuk tetap kuat melewati setiap proses, keraguan, dan kelelahan selama perjalanan yang tidak mudah ini. Meskipun langkah yang ditempuh sering kali terasa lambat, namun keberanian untuk terus berjalan telah membawa diriku sejauh ini. Terima kasih diriku karena tidak menyerah.
4. Terima kasih kepada almamater tercinta Universitas Lampung, yang telah menjadi tempat penulis menimba ilmu, belajar, dan bertumbuh.

MOTTO

“Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah”

(Q.S Al-ghafir:44)

“Allah tidak mengatakan hidup ini mudah. Tetapi Allah berjanji bahwa
sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyirah:5-6)

“It’s fine to fake it until you make it, until you do, until it true”

(Taylor Swift)

“Pada Akhirnya, Semua Hanya Permulaan”

(Nadin Amizah)

“Hidup bukan saling mendahului, bermimpilah sendiri-sendiri”

(Baskara Putra)

“Even the quietest steps can lead to the greatest destinations”

(Wida Nuraini)

SANWACANA

Bismillahirrahmanirrahim, puji syukur kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan nikmat kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Formulasi Ekstrak *Chromolaena odorata* dan Metabolit Sekunder *Trichoderma asperellum* WT1 untuk Menekan Perkembangan Gejala Serangan Virus pada Cabai**” dengan lancar dan disertai kemudahan. *Shalawat* serta salam selalu tercurah kepada Nabi Besar Muhammad SAW yang dinantikan pertolongannya di hari akhir. Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada segolongan pihak yang turut membantu dan memberikan dukungannya sehingga dapat menyelesaikan Skripsi. Penulis ucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung,
2. Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si. selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung,
3. Prof. Dr. Ir. Purnomo, M.S. selaku Pembimbing akademik dan selaku dosen pembahas yang selalu memberikan bimbingan, ilmu, arahan, motivasi, semangat, serta masukan kepada penulis selama menjadi mahasiswa dan dalam menyelesaikan skripsi ini,
4. Prof. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan banyak ilmu, ide, motivasi, bimbingan, semangat, serta masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini,
5. Selvi Helina, S.P., M, Sc. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan banyak ilmu, motivasi, bimbingan, semangat, serta masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini,
6. Kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Darmanto dan Ibu Siti Jueriyah yang telah memberi dukungan, doa, kepercayaan dan kasih sayang kepada penulis,

7. Kepada kakak-kakakku Werda Bariroh, Wanda Amalia Darmawati, dan Muh Roni, yang telah memberi dukungan, perhatian, doa, serta semangat kepada penulis hingga mampu menyelesaikan skripsi ini,
8. Kepada sahabat *Goes to SP*, Putri, Asyifa, Lisa, Naufal, Hafidz, dan Wira yang selalu hadir dan kebersamaai hari-hari penulis dengan penuh arti dalam setiap proses hingga skripsi ini dapat terselesaikan,
9. Kepada Presidiumku, Zulfan, Athaya, Dzakiyyah, Amanda, Fatih, Erlangga, Mia, Fajar, Badriah, Naufal, Hafidz, Owen, dan Arina. Terima kasih atas kebersamaan serta pengalaman berharga selama masa perkuliahan,
10. Kepada PU GMP *Gank* ku, Puput, Dina, Hafidz, Fajar, dan Mas-Mas Pengawas yang telah mengisi hari-hari selama PU, yang telah hadir, memberikan pengalaman, motivasi, semangat, serta dukungan kepada penulis,
11. Kepada PuRaYu Teamku, terima kasih untuk segala dukungan, semangat, serta saling menguatkan selama proses penyusunan skripsi,
12. Tim laboratorium Biotek, terima kasih atas bantuan dan sarannya kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian,
13. Kepada teman-teman semasa SMA, Fiska, Asti, Acil, Dhea, Syifa, dan Elza, terima kasih telah menemani masa remaja yang menyenangkan dan kenangan indah sebagai pengalaman terbaik penulis,
14. Kepada teman-teman Kempo, Mba Ayel, Mas Rico, Exsa, Nadia, dan Bang Dika, telah menemani perjalanan penulis dan selalu memberikan dukungan,
15. Keluarga besar Proteksi Tanaman angkatan 2022 serta adik dan kakak tingkat atas kebersamaan, dukungan, kenangan berharga yang penulis dapatkan.

Dengan ketulusan hati, penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang mereka berikan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca dan terkhusus kepada penulis.

Bandar Lampung, 30 Juni 2026
Penulis,

Wida Nuraini Darmawati

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
 I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
1.4 Hipotesis Penelitian	4
 II. TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 Tanaman Cabai.....	5
2.2 Penyakit Kuning Tanaman Cabai.....	6
2.3 Ekstrak Gulma Siam (<i>C. odorata</i>)	7
2.4 Metabolit Sekunder <i>T. asperellum</i> WT1	8
2.5 <i>Induced Systemic Resistance</i> (ISR).....	10
2.6 Molasses.....	11
 III. BAHAN DAN METODE	 12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.2.1 Alat	12
3.2.2 Bahan.....	12
3.3 Rancangan Penelitian.....	13
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	14

3.4.1 Pembuatan Ekstrak Gulma Siam <i>C. odorata</i>	14
3.4.2 Pembuatan Media <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA)	14
3.4.3 Peremajaan Jamur <i>T. asperellum</i> WT1	14
3.4.4 Pembuatan Media <i>Potato Dextrose Broth</i> (PDB).....	15
3.4.5 Pembuatan Metabolit Sekunder <i>T. asperellum</i> WT1	15
3.4.6 Persiapan Lahan serta Penanaman Bibit Cabai	16
3.4.7 Aplikasi Ekstrak Gulma Siam <i>C. odorata</i> di Tanaman Cabai Secara <i>In Vivo</i>	17
3.4.8 Aplikasi Metabolit Sekunder <i>T. asperellum</i> WT1 di Tanaman Cabai Secara <i>In Vivo</i>	18
3.4.9 Aplikasi Formulasi Campuran Ekstrak <i>C. odorata</i> dengan Metabolit Sekunder <i>T. asperellum</i> WT1 di Tanaman Cabai Secara <i>In Vivo</i> ...	18
3.4.10 Aplikasi Molases 2%	19
3.5 Perawatan dan Pemeliharaan Tanaman Cabai.....	20
3.6 Variabel Pengamatan.....	20
3.6.1 Penghitungan Jumlah Daun.....	20
3.6.2 Pengukuran Tinggi Tanaman Cabai.....	21
3.6.3 Intensitas Serangan Penyakit pada Tanaman Cabai	21
3.6.4 Keterjadian Penyakit	23
3.6.5 Pengamatan Serangga dan Penyakit Lain pada Tanaman Cabai	23
3.6.6 Kandungan Klorofil.....	23
3.6.7 Bobot Buah Cabai	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil Penelitian	25
4.1.1 Gejala Virus yang Ditemukan	25
4.1.2 Keterjadian Penyakit	26
4.1.3 Intensitas Penyakit pada Tanaman.....	27
4.1.4 Tinggi Tanaman	29
4.1.5 Pertambahan Jumlah Daun	30
4.1.6 Bobot dan Jumlah Buah	32
4.1.7 Kandungan Klorofil Daun Tanaman Cabai	33
4.1.8 Penyakit Lain yang Ditemukan pada Tanaman Cabai.....	34
4.1.9 Serangga yang Ditemukan.....	36
4.2 Pembahasan.....	40

V. SIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Simpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Rancangan penelitian	13
2. Skor gejala penyakit kuning cabai	22
3. Keparahan penyakit kuning pada tanaman cabai akibat infeksi virus	28
4. Kandungan klorofil daun tanaman cabai setelah diberi 5 perlakuan .	34
5. Data rata-rata kecepatan pertumbuhan tanaman cabai.....	57
6. Data rata-rata kecepatan pertambahan jumlah daun cabai.....	57
7. Rata-rata keterjadian penyakit pada tanaman cabai akibat virus	58
8. Data keparahan penyakit pada tanaman cabai akibat virus.....	58
9. Hasil analisis ragam keparahan penyakit pada tanaman cabai akibat virus	58
10. Data kandungan klorofil daun cabai	59
11. Hasil analisis ragam kandungan klorofil daun cabai.....	59
12. Data rata-rata bobot buah cabai	59
13. Hasil analisis ragam bobot buah cabai.....	60
14. Data rata-rata jumlah buah cabai	60
15. Hasil analisis ragam jumlah buah cabai.....	60
16. Data keterjadian penyakit bercak daun cabai.....	61
17. Hasil analisis ragam keterjadian penyakit bercak daun cabai.....	61
18. Data keterjadian penyakit layu pada tanaman cabai	61
19. Hasil analisis ragam keterjadian penyakit layu pada tanaman cabai	62
20. Data keterjadian penyakit antraknosa	62
21. Hasil analisis ragam keterjadian penyakit antraknosa	62
22. Data serangan kutu daun	63

23. Hasil analisis ragam serangga kutu daun	63
24. Data serangga kutu kebul	63
25. Hasil analisis ragam serangga kutu kebul	64
26. Data serangga kutu putih	64
27. Hasil analisis ragam serangga kutu putih.....	64
28. Data serangga semut hitam	65
29. Hasil analisis ragam serangga semut hitam	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Tumbuhan <i>Chromolaena odorata</i>	8
2. Lahan yang siap untuk ditanam bibit cabai Yosi F1.	16
3. Tanaman cabai di lahan yang menunjukkan gejala penyakit keriting kuning.	17
4. Tata letak percobaan.	20
5. Skor keparahan penyakit kuning cabai: a) skor 0, b) skor 1, c) skor 2, d) skor 3, e) skor 4, dan f) skor 5.	22
6. Gejala virus yang ditemukan di lapangan: a) kerdil dan menguning seluruh daun, b) daun menggulung, c) daun muda menguning, d) keriting daun, dan e) mosaik dan keriting kuning.	26
7. Keterjadian penyakit pada tanaman cabai akibat virus dengan 5 perlakuan dan 8 pengamatan: P0- = Kontrol, P0+ = Molases 2%, P1 = Ekstrak <i>C. odorata</i> + molases 2%, P2 = Metabolit sekunder <i>T. asperellum</i> WT1+molases2%, P3 = Formulasi ekstrak <i>C. odorata</i> + Metabolit sekunder, MST = Masa setelah tanam.	27
8. Keparahen penyakit pada tanaman cabai akibat infeksi virus pada pengamatan ke-8 MST.	28
9. Kecepatan pertumbuhan tanaman cabai setelah diberi 5 perlakuan dan diamati selama 8 HST: P0- = Kontrol, P0+ = Molases 2%, P1 = Ekstrak <i>C. odorata</i> + molases 2%, P2 = Metabolit sekunder <i>T. asperellum</i> WT1+molases2%, P3 = Formulasi ekstrak <i>C. odorata</i> + Metabolit sekunder <i>T. asperellum</i> WT1+ molases2%, HST= Hari setelah tanam. Pengamatan selisih tinggi tanaman cabai dilakukan mulai 4 HST – 32 HST.	29

10. Kecepatan pertambahan jumlah daun cabai setelah diberi 5 perlakuan dan diamati selama 8 HST: P0- = Kontrol, P0+ = Molases 2%, P1 = Ekstrak *C. odorata* + molases 2%, P2 = Metabolit sekunder *T. asperellum* WT1+molases2%, P3 = Formulasi ekstrak *C. odorata* + Metabolit sekunder *T. asperellum* WT1+ molases2%, HST= Hari setelah tanam. Pengamatan selisih jumlah daun cabai dilakukan mulai 4 HST – 32 HST..... 31
11. Rata-rata bobot buah cabai setelah diberi 5 perlakuan: P0- = Kontrol, P0+ = Molases 2%, P1 = Ekstrak *C. odorata* + molases 2%, P2 = Metabolit sekunder *T. asperellum* WT1+ molases2%, P3 = Formulasi Ekstrak *C. odorata* + Metabolit sekunder *T. asperellum* WT1+ molases2%. 32
12. Rata-rata jumlah buah cabai setelah diberi 5 perlakuan: P0- = Kontrol, P0+ = Molases 2%, P1 = Ekstrak *C. odorata* + molases 2%, P2 = Metabolit sekunder *T. asperellum* WT1+ molases2%, P3 = Formulasi Ekstrak *C. odorata* + Metabolit sekunder *T. asperellum* WT1+ molases2%. 33
13. Keterjadian penyakit bercak daun cabai setelah diberi 5 perlakuan: P0-=kontrol, P0+=molases 2%, P1=*C. odorata* + molases 2%, P2=*T.asperellum*+molases 2%, P3=Formulasi *C. odorata*+*T. asperellum*+Molases 2%, nilai tengah yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (Uji DMRT : 0,05). 34
14. Keterjadian penyakit layu pada tanaman cabai setelah diberi 5 perlakuan: P0-=Kontrol, P0+=Molases 2%, P1=*C. odorata* + molases 2%, P2=*T.asperellum*+molases 2%, P3=Formulasi *C. odorata*+*T. asperellum*+molases 2%..... 35
15. Keterjadian penyakit antraknosa pada buah cabai setelah diberi 5 perlakuan: P0-=Kontrol, P0+=molases 2%, P1=*C. odorata* + molases 2% , P2=*T.asperellum*+ molases 2%, P3=Formulasi *C. odorata*+*T. asperellum*+ molases 2%, nilai tengah yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (Uji DMRT : 0,05). 35
16. Gejala penyakit lain pada tanaman cabai yang ditemukan di lapangan: a) gejala bercak daun, b) gejala layu, dan c) gejala antraknosa. 36
17. Rata-rata jumlah kutu daun pada tanaman cabai yang ditemukan di lapangan setelah diberi 5 perlakuan: P0-=Kontrol, P0+=molases 2%, P1=*C. odorata* + molases 2% , P2=*T.asperellum*+ molases 2%, P3=Formulasi *C. odorata*+*T. asperellum*+ molases 2%, nilai tengah yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (Uji DMRT : 0,05). 37

18. Rata-rata jumlah kutu kebul pada tanaman cabai yang ditemukan di lapangan setelah diberi 5 perlakuan: P0=Kontrol, P0+=molases 2%, P1= <i>C. odorata</i> + molases 2% , P2= <i>T.asperellum</i> + molases 2%, P3=Formulasi <i>C. odorata</i> + <i>T. asperellum</i> + molases 2%, nilai tengah yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (Uji DMRT : 0,05).	38
19. Rata-rata jumlah kutu putih pada tanaman cabai yang ditemukan di lapangan setelah diberi 5 perlakuan: P0=Kontrol, P0+=molases 2%, P1= <i>C. odorata</i> + molases 2% , P2= <i>T.asperellum</i> + molases 2%, P3=Formulasi <i>C. odorata</i> + <i>T. asperellum</i> + molases 2%, nilai tengah yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (Uji DMRT : 0,05).	38
20. Rata-rata jumlah semut hitam pada tanaman cabai yang ditemukan di lapangan setelah diberi 5 perlakuan: P0=Kontrol, P0+=molases 2%, P1= <i>C. odorata</i> + molases 2% , P2= <i>T.asperellum</i> + molases 2%, P3=Formulasi <i>C. odorata</i> + <i>T. asperellum</i> + molases 2%.	39
21. Serangga yang ditemukan pada tanaman cabai: a) kutu daun, b) kutu putih, c) kutu kebul, d) semut hitam, e) kutu putih dimikroskop, dan f) kutu daun dimikroskop.	39
22. Pembuatan media PDA: a) penuangan media PDA, b) media PDA didinginkan, dan c) media PDA diwrap dan siap digunakan.	65
23. Pembuatan ekstrak <i>C. odorata</i> : a) menimbang gulma siam, b) mencuci gulma siam, c) mencacah gulma siam, d) hasil cacahan gulma siam, e) perendaman gulma siam, dan f) ekstrak gulma siam.	66
24. Peremajaan <i>T. asperellum</i> WT1: a) pengambilan isolat <i>T. asperellum</i> WT1, b) meletakkan isolat ke media PDA baru, dan c) hasil peremajaan <i>T. asperellum</i> WT1.....	66
25. Pembuatan metabolit sekunder <i>T.asperellum</i> WT1: a) pemanenan jamur <i>T. asperellum</i> , b) hasil panen dimasukkan ke dalam media PDB, c) masukkan chloroform ke dalam media yang tercampur hasil panen jamur, d) shaker metabolit selama 72 jam, e) sentrifuge sela selama 15 menit, dan f) saring metabolit <i>T. asperellum</i> WT1.	67
26. Perawatan dan pemeliharaan tanaman cabai: a) pemupukan cabai, b) penyiraman cabai, dan c) penyiangan gulma.....	67

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.) merupakan komoditas yang banyak dibudidayakan karena memiliki nilai ekonomi dan nutrisi yang tinggi (Sayekti *et al.*, 2023; Yeni *et al.*, 2025). Kandungan gizi yang ada pada tanaman cabai seperti protein, lemak, karbohidrat, kalsium, vitamin A dan C yang menjadikan cabai sebagai komoditi yang dibutuhkan masyarakat sebagai bahan masakan (Andani *et al.*, 2020). Selain itu, cabai juga digunakan sebagai bahan baku industri pangan dan farmasi (Purnama *et al.*, 2022).

Menurut Ditjen Hortikultura (2024), produksi cabai nasional dalam lima tahun terakhir (2020-2024) menunjukkan fluktuasi. Pada tahun 2020 produksi tercatat sebesar 2,77 juta, menurun menjadi 2,74 juta ton tahun 2021, kemudian meningkat pada tahun 2022 dan 2023 masing-masing menjadi 3,02 dan 3,06 juta ton. Namun pada tahun 2024 kembali menurun menjadi 3,02 juta ton. Jika dibandingkan dengan tahun 2023, total produksi cabai tahun 2024 mengalami penurunan sebesar 1,03%. Sementara itu, menurut Badan penelitian dan pengembangan pertanian (Balitbangtan, 2019), rata-rata produksi cabai merah di Indonesia dapat mencapai 10,2 ton/hektar.

Konsumsi cabai diperkirakan akan terus meningkat dari tahun ke tahun seiring pertambahan jumlah penduduk di Indonesia. Produksi cabai dapat ditingkatkan dengan meminimalkan faktor-faktor pembatas produksi, salah satunya adalah penyakit tanaman yang disebabkan oleh virus (Thakur *et al.*, 2018). Green and

Kim (1994) melaporkan bahwa berbagai jenis virus dapat menginfeksi tanaman cabai antara lain *Cucumber Mosaic Virus* (CMV), *Chilli Veinal Mottle Virus* (ChiVMV), *Alfalfa Mosaic Virus* (AMV), *Tobacco etch Virus* (TEV), *Tobacco Mosaic Virus* (TMV), *Pepper Mottle Virus* (PeMV), *Beet Curly Top Virus* (BCTV), *Tomato Spotted Wilt Virus* (TSWV) dan *Potato Virus Y* (PVY). Diantara virus-virus tersebut, Taufik *et al.* (2005) melaporkan bahwa ChiVMV dan CMV merupakan virus utama yang menginfeksi tanaman cabai di Indonesia.

Penyebaran virus pada tanaman cabai umumnya terjadi melalui serangga vektor seperti *Bemisia tabaci* dan *Aphis gossypii* (Renfiyeni *et al.*, 2023). Penularan penyakit, seperti virus kuning dan keriting berlangsung secara persisten melalui vektor kutu kebul, aphid, dan thrips yang berperan dalam merusak jaringan tanaman (Hamdayanty dan Hardina, 2023; Tuhumury dan Amanupunyo, 2013). Tanaman cabai yang terinfeksi virus menunjukkan gejala klorosis, daun menggulung, keriting, menguning, tanaman kerdil, dan bunga rontok (Rusli *et al.*, 2012). Infeksi virus pada tanaman cabai merupakan masalah penting dan menyebabkan kerusakan yang parah (Wilisiani, 2019). Berbagai upaya pencegahan dan pengendalian telah dilakukan, seperti penggunaan pestisida sintetis, varietas tahan, dan lainnya namun efektivitasnya masih terbatas karena virus bersifat obilgat dan sulit dikendalikan secara langsung, sehingga difokuskan pada peningkatan ketahanan tanaman dan pengendalian vektor (Marianah, 2020).

Upaya yang dilakukan untuk mengurangi keterjadian penyakit yaitu meningkatkan ketahanan tanaman salah satunya dengan induksi ketahanan menggunakan *T. asperellum*. Senyawa yang ada pada *Trichoderma* mampu memacu pertumbuhan tanaman dan merangsang respons ketahanan tanaman terhadap penyakit (Lamdo *et al.*, 2024). Di sisi lain, pemanfaatan bahan nabati seperti daun gulma siam (*C. odorata*) juga berpotensi sebagai biopestisida karena mengandung senyawa *fenol*, *alkaloid*, *triterpenoid*, *tanin*, *flavanoid*, *antifeedant*, dan *limonene* yang dapat digunakan sebagai insektisida nabati pada tanaman cabai (Octavia *et al.*, 2019). *Antifeedant* sebagai senyawa yang tidak membunuh namun menghambat selera makan dari serangga dan kandungan senyawa metabolit

berupa seskuiterpenoid yang bersifat toksik sebagai penghambat aktivitas makan serangga (Lodjo *et al.*, 2020; Dewi *et al.*, 2019).

Dengan demikian, formulasi ekstrak *C. odorata* dengan metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 dipilih karena berpotensi memberikan efek sinergis dalam perlindungan tanaman melalui mekanisme ganda, yaitu peningkatan ketahanan tanaman dan penghambatan serangan hama secara eksternal. Aplikasi formulasi ekstrak *C. odorata* dan metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 diharapkan dapat memberikan efektivitas dalam meningkatkan ketahanan tanaman dan memacu pertumbuhan yang lebih baik terhadap penyakit kuning pada cabai.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Mengetahui efektivitas formulasi ekstrak *C. odorata* dengan metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 dalam menurunkan intensitas penyakit kuning pada tanaman cabai, dan
2. Mengetahui kemampuan formulasi ekstrak *C. odorata* dengan metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 terhadap performa pertumbuhan dan hasil produksi tanaman cabai.

1.3 Kerangka Pemikiran

Cabai merupakan komoditas hortikultura yang banyak diminati oleh masyarakat di Indonesia. Namun, produksi cabai dapat terus mengalami penurunan akibat serangan virus. Virus yang diketahui menyerang tanaman cabai antara lain CMV, TMV, CVMV, dan PepYLCV (Duriat *et al.*, 2007). Sulandari (2007) melaporkan bahwa penyakit PepYLCV disebabkan oleh kelompok virus Geminiviridae yang ditularkan oleh serangga vektor yaitu kutu kebul (*B. tabaci*). Tanaman cabai yang terinfeksi berat tidak mampu menghasilkan bunga dan buah. Apabila serangan terjadi pada fase vegetatif jumlah tunas menjadi lebih banyak namun pertumbuhan tanaman cabai kerdil (Sudiono *et al.*, 2001).

Upaya yang umum dilakukan petani adalah menggunakan pestisida sintetis karena dianggap cepat dan efektif. Namun, penggunaan pestisida sintetis secara terus menerus memberikan dampak negatif seperti memicu resistensi hama dan penyakit, pencemaran lingkungan, dan gangguan terhadap organisme non target yang berperan dalam ekosistem (Dhaifulloh *et al.*, 2024). Oleh karena itu, diperlukan alternatif yang lebih ramah lingkungan, salah satunya melalui pemanfaatan pestisida nabati dari ekstrak gulma siam dan metabolit sekunder *T. asperellum*.

T. asperellum diketahui mampu meningkatkan ketahanan tanaman melalui induksi sistemik serta meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Guzman *et al.*, 2023). Sementara itu, *C. odorata* memiliki aktivitas biopestisida dan telah dilaporkan bersifat antijamur terhadap *Aspergillus niger* (Owolabi *et al.*, 2010; Suharjo dan Aeny, 2011). Berdasarkan penelitian Rapialdi *et al.* (2022), diperoleh hasil bahwa penambahan *Trichoderma* sp pada pupuk organik cair *C. odorata* menghasilkan produksi biji kedelai tertinggi. Oleh karena itu, penelitian mengenai kombinasi ekstrak gulma siam dan metabolit sekunder *T. asperellum* perlu dilakukan untuk menguji potensinya sebagai pemacu pertumbuhan dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit yang disebabkan oleh penyakit kuning pada tanaman cabai.

1.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran maka hipotesis yang diajukan adalah sebagai berikut.

1. Formulasi ekstrak *C. odorata* dan metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 mampu menurunkan intensitas penyakit kuning pada tanaman cabai, dan
2. Formulasi ekstrak *C.odorata* dengan metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 mampu meningkatkan performa pertumbuhan dan hasil produksi tanaman cabai dibandingkan dengan tanaman cabai tanpa perlakuan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Cabai

Cabai merupakan tanaman yang termasuk dalam famili Solanaceae atau suku terung-terungan, dan berasal dari wilayah Amerika Selatan. Di Indonesia, tanaman ini telah lama dibudidayakan secara luas karena memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi. Cabai umumnya dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari sebagai bumbu masakan. Selain itu, cabai juga menjadi bahan penting dalam industri makanan dan farmasi. Kandungan gizi dalam cabai sangat beragam, seperti karbohidrat, protein, lemak, vitamin (B, C, dan E), flavonoid, capsaicin, mineral, air, serta serat. Cabai pun dikenal memiliki senyawa antioksidan, termasuk vitamin C, E, K, beta karoten, beta cryptoxanthin, dan fitosterol (Andani *et al.*, 2020).

Wahyono *et al.* (2023) menyatakan bahwa cabai merupakan salah satu komoditas hortikultura paling penting di dunia, termasuk di pasar Indonesia. Permintaan cabai di pasar terus meningkat, namun produksi seringkali tidak stabil akibat musim hujan dan tekanan biotik. Dalam hal tekanan biotik, infeksi virus kuning cabai (berasal dari kelompok begomovirus) menjadi penghambat utama produksi cabai. Berdasarkan data pada tahun 2017 hingga 2021 Badan Pusat Statistik, produksi cabai cenderung menurun. Produksi cabai pada tahun 2021 mencapai 1,39 juta ton, turun 8,09% (121,96 ribu ton) dibandingkan tahun 2020.

Menurut Cronquist (1981), klasifikasi tanaman cabai merah adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Magnoliophyta
Class	: Magnoliopsida
Sub Class	: Asteridae
Ordo	: Solanaless
Famili	: Solanaceae
Genus	: Capsicum
Spesies	: <i>Capsicum annuum</i>

Cabai merah dapat tumbuh dengan baik pada daerah yang mempunyai ketinggian sampai 900 m dari permukaan laut, tanah kaya akan bahan organik dengan pH 6-7 dan tekstur tanah remah. Tanaman ini berbentuk perdu yang tingginya mencapai 1,5 – 2 m dan lebar tajuk tanaman dapat mencapai 1,2 m. Perakaran tanaman cabai merupakan akar tunggang yang terdiri atas akar utama (primer) dan akar lateral (sekunder), dari akar lateral keluar serabut-serabut akar (akar tersier). Panjang akar primer berkisar 35-50 cm. Batang utama berkayu dan berwarna cokelat kehijauan. Daun cabai pada umumnya berwarna hijau cerah pada saat masih muda dan akan berubah menjadi hijau gelap bila daun sudah tua. Daun cabai ditopang oleh tangkai daun yang mempunyai tulang menyirip. Bentuk daun umumnya bulat telur, lonjong dan oval dengan ujung runcing (Prabowo, 2011).

2.2 Penyakit Kuning Tanaman Cabai

Penyakit keriting kuning adalah salah satu penyakit utama yang sering menyerang tanaman cabai serta sejumlah tanaman lain dari famili Solanaceae (Sakata *et al.*, 2008). Tanaman cabai yang terkena penyakit kuning biasanya menunjukkan tanda-tanda seperti klorosis pada daun, pinggiran daun melengkung ke atas (*cupping*), daun menjadi keriting dan berwarna kuning, pertumbuhan tanaman terhambat, serta bunga mudah gugur (Rusli *et al.*, 2012). Gugurnya bunga akibat infeksi ini berdampak serius pada penurunan hasil panen secara drastis. Kerugian produksi yang ditimbulkan oleh infeksi virus bahkan dilaporkan bisa mencapai

hingga 80%, yang tentu saja sangat merugikan para petani. Selain berkurangnya kuantitas, kualitas buah pun menurun akibat gangguan pada pertumbuhan tanaman, berkurangnya pembentukan buah, penyusutan ukuran buah, dan pada beberapa jenis tanaman, warna buah pun dapat mengalami perubahan (Dombrovsky *et al.*, 2010).

Hingga saat ini, penyakit tanaman yang disebabkan oleh virus masih cukup sulit untuk dikendalikan. Penyakit kuning dapat ditularkan melalui serangga vektor kutukebul secara persisten. Satu ekor *B. tabaci* dewasa dalam periode 24 jam saat akuisisi makan dan periode makan akuisisi selama 48 jam sudah mampu menularkan virus dengan insidensi sekitar 30-50% (Trisno *et al.*, 2010).

Kutukebul merupakan serangga hama yang dapat menyebabkan kerusakan langsung pada tanaman dan sebagai vektor (media penular) penyakit tanaman. Kutukebul umumnya menyerang berbagai macam tanaman sayuran salah satunya adalah cabai. Kerusakan yang disebabkan oleh virus yang ditularkan kutukebul lebih merugikan dibandingkan dengan kerusakan yang disebabkan oleh hama kutukebul sendiri. Persentase infeksi virus Gemini berkorelasi positif dengan populasi serangga vektor, terutama serangga yang *viruliferous* (Singarimbun *et al.*, 2017).

2.3 Ekstrak Gulma Siam

Gulma siam merupakan jenis tanaman semak berkayu yang tumbuh subur di wilayah tropis seperti Indonesia. Tanaman ini berkembang dengan baik di bawah paparan sinar matahari yang cukup dan dapat dijumpai di berbagai kondisi lingkungan, mulai dari daerah kering, kawasan pegunungan, hingga area yang lembab. *C. odorata* dikenal memiliki berbagai manfaat karena mengandung beragam senyawa kimia yang berkhasiat. Beberapa senyawa metabolit sekunder yang terdapat dalam tanaman ini antara lain alkaloid, fenol, flavonoid, serta triterpenoid, yang diketahui memiliki aktivitas sebagai antijamur (Syahruramadhan *et al.*, 2016).

Gulma siam yang termasuk dalam famili Asteraceae, telah dilaporkan digunakan dalam pengobatan tradisional sebagai *antispasmodik*, *antiprotozoa*,

antitrypanosomal, antibakteri, antijamur, *astringen*, *diuretik*, dan agen

hepatotropic (Tiamiyu dan Okunlade, 2020). Selain untuk pengobatan manusia, gulma siam juga dapat digunakan sebagai pestisida nabati untuk tanaman.

Tumbuhan gulma siam diketahui terdapat senyawa metabolit sekunder berupa saponin, tannin, alkaloid, flavanoid, dan *seskuiterpenoid* yang bersifat toksik yang memiliki kemampuan sebagai penghambat aktivitas makan sehingga berpotensi dijadikan sebagai bahan pestisida nabati (Dewi *et al.*, 2019).

Gulma siam merupakan tanaman yang kaya akan senyawa bioaktif, terutama flavonoid dan alkaloid, yang berpotensi digunakan sebagai pestisida nabati, termasuk untuk pengendalian *B. tabaci*, vektor virus kuning cabai (Noguchi dan Kato, 2023). Kandungan alkaloid dalam gulma siam juga berkontribusi terhadap aktivitas *antifeedant* terhadap hama seperti ulat grayak (*Spodoptera litura*).

Alkaloid ini bekerja dengan mengganggu sistem pencernaan hama, sehingga mengurangi nafsu makan dan meningkatkan mortalitas (Eze *et al.*, 2024). Gambar 1 merupakan tumbuhan gulma siam.



Gambar 1. Tumbuhan *Chromolaena odorata*.

2.4 Metabolit Sekunder *T. asperellum* WT1

Metabolit sekunder merupakan senyawa yang disintesis oleh tumbuhan. Senyawa metabolit sekunder antara lain meliputi alkaloid, flavanoid, fenolik, tanin,

saponin, triterpenoid, dan steroid. Tumbuhan yang memiliki senyawa metabolit sekunder berpotensi sebagai sumber antioksidan alami (Julianto, 2019).

Metabolit sekunder dihasilkan oleh tumbuhan sebagai respons terhadap tekanan lingkungan dan ancaman dari organisme lain (Li *et al.*, 2020). Senyawa ini memiliki beragam fungsi penting dalam kehidupan tanaman, seperti melindungi diri dari infeksi jamur, bakteri, dan virus; menghambat pertumbuhan tanaman pesaing; serta menjaga dari serangan hewan pemakan tumbuhan. Selain itu, metabolit sekunder juga berperan sebagai daya tarik bagi penyerbuk dan hewan penyebar biji melalui rasa, aroma, dan warna, melindungi tanaman dari paparan sinar UV, serta membantu dalam penyimpanan cadangan nutrisi (Divekar *et al.*, 2022).

Trichoderma spp. merupakan jamur saprofit dan endofit yang umum digunakan sebagai mikroorganisme antagonis untuk mengendalikan patogen tular tanah. Jamur ini juga mendorong pertumbuhan tanaman dengan memproduksi fitohormon seperti indolasetat, asam, sitokinin, giberelin, dan zeatin. *Trichoderma* dapat menginduksi ketahanan tanaman dan memicu pertumbuhan akar lebih dalam, sehingga meningkatkan penyerapan air dan serapan hara pada tanaman yang mengalami cekaman biotik dan abiotik (Scisel *et al.*, 2019).

Trichoderma mempengaruhi tanaman secara tidak langsung melalui pelepasan senyawa organik yang mudah menguap. Zat-zat yang mudah menguap ini dapat berinteraksi dengan tanaman dan merangsang perubahan metabolit sehingga meningkatkan pertumbuhan tanaman (Yusnawan *et al.*, 2021). Mekanisme tidak langsung untuk mendapatkan ruang dan unsur hara, peningkatan pertumbuhan, dan induksi pertahanan tanaman, sedangkan mekanismenya langsung adalah mikoparasitisme dan produksi metabolit aktif dan enzim litik. Ciri menarik dari *Trichoderma* spp. adalah produksi metabolit sekunder yang mudah menguap dan tidak mudah menguap yang mampu menghambat pertumbuhan patogen (Stracquandano *et al.*, 2020).

2.5 Induced Systemic Resistance (ISR)

Induced Systemic Resistance (ISR) adalah mekanisme pertahanan tanaman yang dapat dipicu oleh mikroorganisme menguntungkan salah satunya yaitu jamur antagonis seperti *Trichoderma* sp. Sehingga tanaman mempunyai ketahanan yang lebih baik terhadap infeksi virus. ISR yang diinduksi *Trichoderma* umumnya melibatkan jalur sinyal jasmonat (JA) dan etilen (ET), serta berhubungan dengan peningkatan ekspresi gen pertahanan tanaman (Sood *et al.*, 2020). Kolonisasi akar oleh *Trichoderma* mampu memicu kondisi “*priming*”, yaitu keadaan ketika tanaman yang memberikan respons cepat terhadap serangan patogen termasuk virus. Selain itu, *Trichoderma* juga meningkatkan aktivitas enzim pertahanan seperti peroksidase, polifenol oksidase, dan fenilalanin amonia liase yang berperan dalam menghambat perkembangan virus di jaringan tanaman (Pieterse *et al.*, 2014). Interaksi *Trichoderma* dengan tanaman dapat mengaktifkan ISR maupun SAR secara bersamaan sehingga pertahanan tanaman menjadi lebih efektif terhadap berbagai patogen, termasuk virus tanaman (Nawrocka *et al.*, 2018).

Pemanfaatan jamur antagonis seperti *Trichoderma harzianum* dalam pencegahan penyakit virus telah menunjukkan hasil yang baik pada berbagai tanaman budidaya. Aplikasi *T. harzianum* mampu mengurangi gejala penyakit virus melalui peningkatan aktivitas antioksidan, akumulasi senyawa fenolik, dan peningkatan ekspresi gen pertahanan tanaman (Salami *et al.*, 2025). Berdasarkan penelitian Salami *et al.* (2025) menunjukkan bahwa aplikasi *T. harzianum* pada tanaman tomat yang terinfeksi *Beet Curly Top Iran Virus* (BCTIV) mampu menekan perkembangan gejala penyakit serta meningkatkan pertumbuhan tanaman. Selain itu, Rochal *et al.* (2021) melaporkan bahwa konsorsium *Trichoderma* efektif menekan intensitas Pepper Leaf Curl Virus (PeLCV) pada cabai melalui mekanisme ISR dan peningkatan respons fisiologis tanaman. Mekanisme tersebut menunjukkan bahwa *Trichoderma* tidak hanya berfungsi sebagai agen antagonis, tetapi juga sebagai penginduksi ketahanan sistemik terhadap infeksi virus.

2.6 Molasses

Molasses merupakan hasil samping dari industri pengolahan gula tebu dalam bentuk cairan. Ketersediaan molasses berkorelasi dengan luas areal perkebunan tebu yang semakin meningkat. Molasses adalah sumber energi yang esensial dengan kandungan gula didalamnya, sehingga molasses banyak dimanfaatkan untuk bahan tambahan dengan kandungan nutrisi dan zat gizi yang baik.

Kandungan nutrisi molasses berupa kadar air 23%, bahan kering 77%, protein kasar 4,2%, lemak kasar 0,2%, serat kasar 7,7%, Ca 0,84%, P 0,09%, BETN 57,1%, abu 0,2% (Larangahen *et al.*, 2017).

Molasses merupakan cairan kental dan diperoleh dari tahap pemisahan kristal gula. Molasses tidak lagi dapat dibentuk menjadi sukrosa namun masih mengandung gula dengan kadar cukup tinggi 50-60%, asam amino dan mineral. Molasses juga kaya akan biotin, asam pantotenat, tiamin, fosfor, dan sulfur. Gula yang terdapat pada molasses meliputi sukrosa 30-40%, glukosa 4-9%, dan fruktosa 5-12%. Tetes tebu atau biasa disebut molasses digunakan secara luas sebagai sumber karbon untuk denitrifikasi, fermentasi anaerobik, pengolahan limbah aerobik, dan di aplikasikan pada budidaya perairan. Molasses berfungsi sebagai sumber nutrisi, bahan pembawa, serta pendukung stabilitas formulasi. Molasses mengandung gula sederhana, mineral, dan senyawa organik yang dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme seperti *Trichoderma* untuk mempertahankan viabilitas dan aktivitas metaboliknya (Gunawan *et al.*, 2021).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada September 2025 hingga Maret 2026 secara *in vitro* di Laboratorium Bioteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, dan secara *in vivo* di Lahan Percobaan Penelitian, Kecamatan Rajabasa, Bandar Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan untuk pembuatan ekstrak gulma siam (*C. odorata*) yaitu label, plastik, timbangan, wadah, dan saringan. Alat yang digunakan untuk metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 yaitu cawan petri, bunsen, LAF, *centrifuge*, autoklaf, erlenmeyer, timbangan, plastik tahan panas, karet gelang, mikropipet dan tip, *wrap*, gelas *beaker*, *shaker*, dan plastik.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan ekstrak *C.odorata* adalah daun gulma siam dan aquades. Bahan yang digunakan untuk pembuatan metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 adalah isolat *T. asperellum* WT1, media *Potato Dextrose Broth* (PDB), alkohol, klorofom, molases, dan media *Potato Dextrose Agar* (PDA).

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di lapangan secara *in vivo* dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK), dengan membagi 5 perlakuan untuk tanaman cabai yaitu P0- (kontrol), P0+ (molases 2%), P1 (ekstrak *C.odorata* + molases 2%), P2 (metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 + molases 2%), dan P3 (campuran ekstrak *C. odorata* dengan metabolit sekunder *T. asperellum* + molases 2%). Selanjutnya, setiap perlakuan terdiri dari 4 ulangan dan masing-masing ulangan terdiri dari 10 tanaman cabai. Tanaman cabai yang dibutuhkan dalam penelitian secara *in vivo* yaitu sebanyak 200 tanaman cabai. Data hasil pengamatan yang diperoleh selanjutnya dianalisis secara statistik menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) atau analisis sidik ragam untuk menguji pengaruh dari perlakuan yang diberikan. Apabila data yang diperoleh berbeda nyata, maka akan dilanjutkan dengan uji DMRT atau uji *duncan* taraf 5%.

Tabel 1. Rancangan penelitian

Perla- kuan	Deskripsi Perlakuan	Jumlah Ulangan (Kelompok)	Jumlah Tanaman per Ulangan	Total Tanaman per Perlakuan	Konsen- trasi mL/L
P0-	Kontrol	4	10	40	0
P0+	Molases 2%	4	10	40	30
P1	Ekstrak <i>C. odorata</i> + molases 2%	4	10	40	30
P2	Metabolit sekunder <i>T. asperellum</i> WT1 + molases 2%	4	10	40	30
P3	Formulasi ekstrak <i>C. odorata</i> dan metaolit sekunder <i>T. asperellum</i> + molases 2%	4	10	40	30
Jumlah total				200 tanaman	

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pembuatan Ekstrak Gulma Siam

Pembuatan ekstrak gulma siam *C. odorata* dilakukan dengan menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan seperti daun gulma siam, aquades, dan alat seperti wadah, saringan, dan pisau. Daun gulma siam sebanyak 500 gram dicuci hingga bersih kemudian ditiriskan. Gulma siam dicacah dengan ukuran yang kecil kurang lebih 1 cm. Selanjutnya, daun yang sudah dicacah direndam di dalam air sebanyak 1000 ml dengan perbandingan 1:2 dan dibiarkan atau didiamkan selama 24 jam. Rendaman gulma siam kemudian diperas dan disaring. Hasil saringan merupakan ekstrak gulma siam yang siap dicampurkan dengan metabolit sekunder *T. asperellum* WT1.

3.4.2 Pembuatan Media PDA

Pembuatan media PDA dilakukan dengan menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan seperti kentang, agar, *dextrose*, aquades, dan asam laktat. Kentang yang telah dikupas, dibersihkan dan dipotong dadu kecil kemudian ditimbang sebanyak 200 g, agar 20 g, dan *dextrose* 20 g. media yang dibuat adalah 1000 ml. Kentang dimasak dalam 1 liter aquades hingga mendidih untuk nantinya diambil ekstrak kentangnya. Selanjutnya ekstrak kentang dimasukkan ke dalam erlenmeyer 1 liter untuk melarutkan media yang telah ditimbang seperti agar dan *dextrose*. Selanjutnya, bahan-bahan yang sudah berada di erlenmeyer dimasukkan ke dalam *autoclave* yang bertujuan untuk sterilisasi pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit. Setelah itu, media PDA diberi asam laktat sebanyak 1,4 ml untuk mencegah terjadinya kontaminasi dari bakteri. Kemudian, media PDA dituangkan secara perlahan dan secukupnya di dalam cawan petri plastik steril sesuai kebutuhan.

3.4.3 Peremajaan Jamur *T. asperellum* WT1

Media PDA yang telah dibuat, digunakan sebagai media isolasi dan perbanyakan jamur. Perbanyakan dan peremajaan jamur *T. asperellum* WT1 dilakukan dengan

menumbuhkan di media PDA yang telah dibuat di cawan petri plastik steril. Peremajaan jamur *T. asperellum* dilakukan di dalam *Laminar air flow* (LAF) untuk mencegah adanya kontaminasi. Isolat *T. asperellum* diambil dari koleksi Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian. Isolat diambil dengan menggunakan *scapel* atau bor gabus kemudian dipindahkan ke media PDA yang baru dan diletakkan di bagian tengah media serta diletakkan secara terbalik. Setelah itu, wrap cawan petri sampai rapat dan diinkubasi kurang lebih 7 sampai 14 hari sampai jamur *T. asperellum* tumbuh memenuhi media PDA.

3.4.4 Pembuatan Media *Potato Dextrose Broth* (PDB)

Pembuatan media PDB dalam satu liter dibuat dari 200 gram kentang yang dipotong dan direbus dengan aquades lalu disaring ekstraknya, kemudian ditambahkan *dextrose* 20 g untuk membuat larutan PDB. Selanjutnya, ditambahkan lagi aquades, sehingga larutan menjadi 1000 ml. larutan dimasukkan ke dalam *erlenmeyer* yang telah dipersiapkan. Selanjutnya, bahan-bahan yang sudah berada di *erlenmeyer* dimasukkan ke dalam *autoclave* yang bertujuan untuk sterilisasi pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit. Kemudian media PDB dapat digunakan untuk pembuatan metabolit sekunder *T. asperellum* WT1.

3.4.5 Pembuatan Metabolit Sekunder *T. asperellum* WT1

Produksi metabolit sekunder *T. asperellum* dilakukan dengan menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Setelah dilakukan peremajaan isolat *T. asperellum* di media PDA, isolat dipilih yang telah berumur 7 HSI dipanen dengan menggunakan air steril 10 mL/cawan. Selanjutnya, *T. asperellum* yang telah dipanen diambil sebanyak 200µl kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 1000 ml yang berisi 900 ml media PDB dan larutan kloroform 100%. Biakan jamur yang telah dipanen diaduk dengan menggunakan *shaker* selama 72 jam dengan kecepatan 150 rpm, kemudian biakan disentrifuge dengan kecepatan 14.000 rpm selama 15 menit, dan didapatkan supernatan yang merupakan metabolit sekunder *T. asperellum*.

3.4.6 Persiapan Lahan serta Penanaman Bibit Cabai

Persiapan lahan untuk penanaman bibit cabai dilakukan agar tanah dalam kondisi gembur, subur, dan bebas dari gulma ataupun patogen penyebab penyakit.

Tahapan awal dimulai dengan pengolahan lahan dengan cangkul hingga kedalaman sekitar 30 cm untuk memperbaiki aerasi dan drainase. Setelah itu, tanah didiamkan selama beberapa hari kemudian dibuat bedengan dengan lebar 100-120 cm dan tinggi 30-40 cm. Lahan yang digunakan untuk penelitian ini merupakan lahan yang endemik penyakit kuning tanaman cabai serta sudah terdapat tanaman cabai yang terinfeksi virus.

Penanaman bibit cabai dilakukan ketika bibit telah disemai dan sudah berumur sekitar 3-4 minggu serta memiliki 4-5 helai daun sejati. Varietas cabai yang digunakan pada penelitian ini adalah Yosi F1. Bibit cabai ditanam pada lubang tanaman yang telah dibuat pada bedengan dengan jarak tanam 50-60 cm antar tanaman. penanaman bibit dilakukan pada pagi atau sore hari agar bibit tidak layu dan dapat beradaptasi dengan baik di lingkungan barunya. Lahan yang digunakan untuk penanaman bibit cabai adalah seperti pada Gambar 2 dan tanaman cabai di sekitar lahan sebagai pembawa yang sudah terinfeksi penyakit kuning Gambar 3.



Gambar 2. Lahan yang siap untuk ditanam bibit cabai Yosi F1.



Gambar 3. Tanaman cabai di lahan yang menunjukkan gejala penyakit keriting kuning.

3.4.7 Aplikasi Ekstrak Gulma Siam *C. odorata* di Tanaman Cabai Secara *In Vivo*

Aplikasi ekstrak gulma siam *C. odorata* + molases 2% di tanaman cabai varietas Yosi F1 dilakukan untuk melihat pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan ketahanan tanaman cabai terhadap penyakit kuning dan vektor penyebab penyakit. Tahapannya dimulai dari pembuatan ekstrak *C. odorata* kemudian, tanaman cabai yang berumur kurang lebih 3 minggu setelah pindah tanam digunakan sebagai tanaman yang akan diujikan. Terdapat tanaman cabai yang akan diaplikasikan ekstrak gulma siam.

Ekstrak gulma siam kemudian diencerkan dalam 100 ml dengan perbandingan 2 ml molases dan 98 ml ekstrak gulma siam. Kemudian sebanyak 30 ml ekstrak gulma siam dipindahkan ke dalam *handsprayer* dan dilarutkan dengan air 970 ml air bersih sampai mencapai 1000 ml. Aplikasi pada 40 tanaman cabai dilakukan dengan menyemprotkan larutan ekstrak *C. odorata* dengan menggunakan *handsprayer* dan disemprotkan dibagian daun tanaman cabai. penyemprotan dilakukan 1 kali dalam seminggu mulai dari fase vegetatif sampai generatif (awal muncul bunga). Penyemprotan ini sebaiknya dilakukan di pagi atau sore hari agar cairan tidak cepat menguap dan terhindar dari efek fitotoksik akibat sinar matahari langsung.

3.4.8 Aplikasi Metabolit Sekunder *T. asperellum* WT1 di Tanaman Cabai Secara *In Vivo*

Aplikasi metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 + molases 2% di tanaman cabai secara *in vivo* dilakukan untuk mengetahui efektivitasnya dalam meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman cabai dari penyakit kuning. Prosesnya dimulai dari pembuatan metabolit sekunder yang kemudian diaplikasikan di tanaman cabai yang sehat berumur 3 minggu setelah pindah tanam dari lahan uji coba penelitian.

Larutan metabolit sekunder kemudian diencerkan dalam 100 ml dengan perbandingan 2 ml molases dan 98 ml ekstrak gulma siam. Kemudian sebanyak 30 ml metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 dipindahkan ke dalam *handsprayer* dan dilarutkan dengan air 970 ml air bersih sampai mencapai 1000 ml. Penyemprotan dilakukan dengan menggunakan *handsprayer* 1 kali dalam seminggu mulai dari fase vegetatif sampai generatif (awal muncul bunga) berturut-turut pada pagi atau sore hari untuk menghindari degradasi metabolit akibat sinar matahari langsung. Penyemprotan dilakukan di bagian daun tanaman cabai. Semua perlakuan dilakukan pada 40 tanaman cabai.

3.4.9 Aplikasi Formulasi Campuran Ekstrak *C. odorata* dengan Metabolit Sekunder *T. asperellum* WT1 di Tanaman Cabai Secara *In Vivo*

Aplikasi formulasi campuran antara ekstrak *C. odorata* dan metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 + molases 2% pada tanaman cabai secara *in vivo* dilakukan untuk mengetahui sinergi kedua bahan hayati dalam meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit kuning dan vektornya penyebab penyakit. Pembuatan bahan perlakuan diawali dengan mengekstraksi daun gulma siam, kemudian disaring hingga diperoleh ekstrak murni. Secara terpisah, metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 diperoleh metabolit sekunder dari kultur cair selama 7–10 hari, lalu disaring untuk mendapatkan supernatan. Ketiga bahan ini kemudian dicampurkan dengan perbandingan volume yang sesuai dan disiapkan dalam beberapa konsentrasi.

Formulasi campuran disusun dalam 100 ml dengan perbandingan 2 ml molases, 49 ml ekstrak gulma siam, 49 ml metabolit sekunder. Kemudian sebanyak 30 ml formulasi dipindahkan ke dalam *handsprayer* dan dilarutkan dengan air 970 ml air bersih sampai mencapai 1000 ml. Campuran ini disemprotkan secara merata ke bagian daun tanaman cabai menggunakan *handsprayer*, dilakukan satu kali seminggu mulai dari fase vegetatif sampai generatif (awal muncul bunga). Aplikasi dilakukan pada pagi atau sore hari untuk menghindari penguapan dan degradasi senyawa aktif. Tanaman cabai yang digunakan adalah tanaman sehat berumur sekitar tiga minggu dan ditanam di lahan uji coba penelitian. Setiap perlakuan terdiri dari 40 tanaman cabai yang diaplikasikan formulasi campuran ketiga bahan ini.

3.4.10 Aplikasi Molases 2%

Pembuatan larutan molases 2% dilakukan dengan mengukur sebanyak 20 mL molases, kemudian dituang ke dalam wadah erlenmeyer 1000 ml dan menambahkan air bersih atau aquades hingga mencapai volume 1000. Campuran tersebut kemudian diaduk perlahan hingga molases larut sepenuhnya dan menghasilkan larutan homogen. Larutan yang telah terbentuk dapat langsung digunakan atau disimpan dalam wadah tertutup di tempat sejuk untuk menjaga kualitasnya.

Pengaplikasian molases 2% pada tanaman cabai dengan diencerkan dalam 100 ml dengan perbandingan 2 ml molases dan 98 ml air bersih. Kemudian sebanyak 30 ml molases dipindahkan ke dalam *handsprayer* dan dilarutkan dengan air 970 ml air bersih sampai mencapai 1000 ml. Aplikasi dilakukan dengan menggunakan *handsprayer* dan disemprotkan secara merata pada daun tanaman cabai satu kali seminggu mulai dari fase vegetatif sampai generatif (awal muncul bunga). Setiap perlakuan terdiri dari 40 tanaman cabai yang diaplikasikan molases 2%.

3.5 Perawatan dan Pemeliharaan Tanaman Cabai

Perawatan dan pemeliharaan cabai dapat dilakukan dengan cara penyiraman, penyiangan gulma, pemupukan, serta pengendalian hama dan tanaman dengan pengaplikasian formulasi ekstrak *C. odorata* dengan metabolit sekunder *T. asperellum* WT1. Penyiraman dilakukan secara rutin terutama pada fase awal pertumbuhan dan musim kemarau, agar kelembaban tanah tetap terjaga. Penyiangan dilakukan dengan menghilangkan gulma yang dapat bersaing dalam penyerapan unsur hara. Pemupukan secara berkala sesuai dengan kebutuhan tanaman untuk mendukung pertumbuhan vegetatif dan generatif. Gambar 4 merupakan desain penelitian yang diterapkan di lahan.



Gambar 4. Tata letak percobaan.

3.6 Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan pada penelitian ini meliputi beberapa aspek penting untuk menilai pertumbuhan dan kesehatan tanaman cabai. Variabel yang diamati berupa penghitungan jumlah daun, pengukuran tinggi tanaman, intensitas serangan penyakit, keterjadian penyakit, pengamatan populasi kutukebul, pengamatan serangga dan penyakit lain, kehijauan daun, serta jumlah dan bobot buah cabai. Berikut ini adalah penjelasan mengenai variabel-variabel yang akan diamati.

3.6.1 Penghitungan Jumlah Daun

Penghitungan jumlah daun perlu dilakukan untuk mengetahui tingkat pertumbuhan vegetatif tanaman cabai. Pengamatan dilakukan dengan menghitung

seluruh daun yang telah terbuka sempurna pada setiap tanaman sampel pada fase vegetatif. Jumlah daun yang banyak menunjukkan pertumbuhan yang baik serta kemampuan tanaman dalam melakukan fotosintesis secara optimal. Data pengamatan ini penting untuk membandingkan pengaruh perlakuan terhadap perkembangan tanaman cabai selama masa pertumbuhan.

3.6.2 Pengukuran Tinggi Tanaman Cabai

Pengukuran tinggi tanaman cabai dilakukan untuk mengetahui laju pertumbuhan dan vigor tanaman selama masa budidaya. Pengukuran dilakukan dari pangkal batang dipermukaan tanah hingga titik tumbuh tertinggi pada tanaman dengan menggunakan penggaris atau meteran pada saat tanaman berada difase vegetatif. Tinggi tanaman yang optimal menunjukkan kondisi pertumbuhan yang baik serta respon positif terhadap perlakuan yang diberikan. Data ini juga dapat digunakan sebagai indikator keberhasilan tanaman dalam menyerap unsur hara dan beradaptasi terhadap lingkungan tumbuhnya.

3.6.3 Keparahan Penyakit pada Tanaman Cabai

Intensitas keparahan penyakit digunakan untuk mengetahui tingkat keparahan penyakit yang menyerang daun, batang, atau buah. Pengamatan dilakukan dengan menghitung persentase bagian tanaman yang menunjukkan gejala penyakit dibandingkan dengan seluruh bagian tanaman yang diamati. Intensitas penyakit dihitung menggunakan rumus menurut Marianah (2020) sebagai berikut:

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

Keterangan rumus:

IP = Intensitas penyakit (%),

n = Jumlah tanaman pada setiap kategori gejala,

v = Nilai skor pada setiap kategori gejala,

Z = Nilai kategori serangan tertinggi (v=5), dan

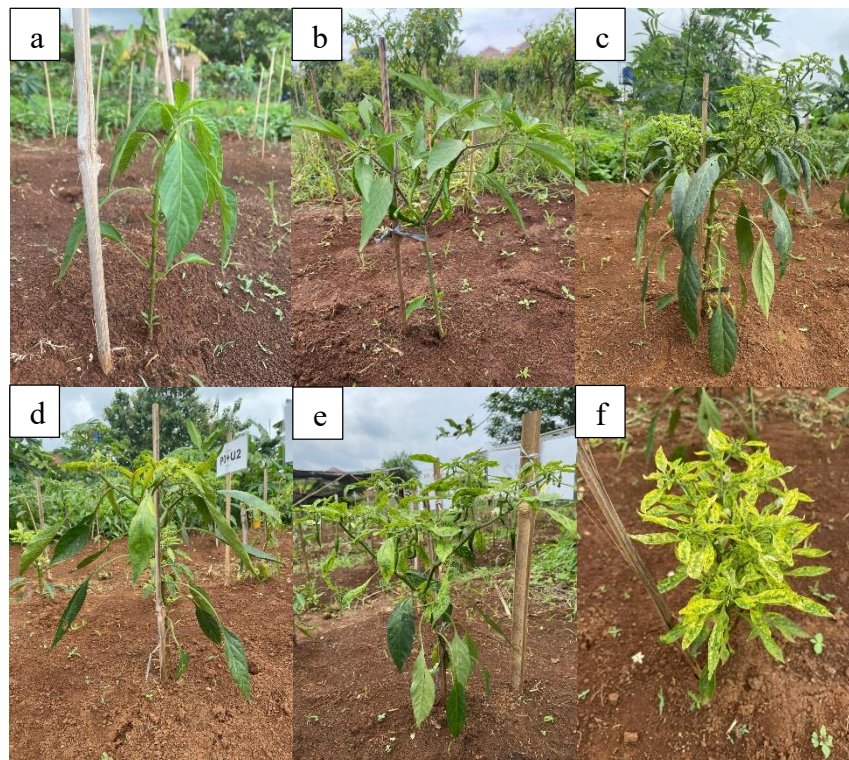
N = Total tanaman yang diamati.

Adapun skor keparahan penyakit yang digunakan menurut Gaswanto *et al.* (2016) adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Skor gejala penyakit kuning cabai

Skor	Proporsi Gejala Penyakit Kuning
0	Tanaman tidak bergejala / sehat
1	Daun muda terlihat warna belang hijau muda kekuningan, daun bagian bawah tetap hijau
2	Warna daun muda belang-belang hijau muda kekuningan melebihi separuh dari tanaman
3	Daun mosaik, hanya sebagian daun masih berwarna hijau, bentuk daun (<i>malformasi</i>) seperti berkerut asimetris, daun menggulung
4	Daun kuning cerah, <i>vein celaring</i> , daun melengkung ke atas, tulang daun menebal
5	Seluruh daun kuning, kuning-keputihan atau hijau-keputihan, ukuran daun mengecil dan tanaman kerdil

Berikut ini adalah skor tanaman cabai yang ada di lapangan Gambar 5.



Gambar 5. Skor keparahan penyakit kuning cabai: a) skor 0, b) skor 1, c) skor 2, d) skor 3, e) skor 4, dan f) skor 5.

3.6.4 Keterjadian Penyakit

Keterjadian penyakit merupakan variabel yang menunjukkan persentase jumlah tanaman yang terserang penyakit dibandingkan dengan total tanaman yang diamati. Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui seberapa luas penyebaran penyakit pada populasi tanaman cabai. Data keterjadian penyakit penting untuk menilai tingkat ketahanan tanaman serta efektivitas perlakuan. Menurut Sudiono (2013) keterjadian penyakit dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$KP = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan rumus:

KP = Keterjadian penyakit (%),

n = Jumlah tanaman yang terserang penyakit, dan

N = Jumlah tanaman yang diamati.

3.6.5 Pengamatan Serangga dan Penyakit Lain pada Tanaman Cabai

Pengamatan serangga dan penyakit lain pada tanaman cabai dilakukan untuk mengidentifikasi jenis organisme pengganggu yang muncul selama masa pertumbuhan, pengamatan meliputi pencatatan jenis, jumlah serta gejala serangan yang ditimbulkan pada daun, batang, dan buah. Pengamatan penyakit lain perlu dilakukan untuk melihat penyakit apa saja selain penyakit kuning yang muncul setelah tanaman cabai diberi perlakuan. Data ini penting untuk mengetahui potensi gangguan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman.

3.6.6 Kandungan Klorofil

Kandungan klorofil daun cabai merupakan indikator fisiologis yang mencerminkan kondisi kesehatan dan ketersediaan unsur hara tanaman.

Pengamatan dilakukan secara visual dengan menggunakan alat seperti SPAD meter untuk mengukur tingkat klorofil pada daun. Daun yang berwarna hijau tua menandakan tanaman dalam kondisi subur dan memiliki aktivitas fotosintesis yang baik, sedangkan daun yang pucat menunjukkan kekurangan hara atau terdapat gangguan pertumbuhan. Data kehijauan daun digunakan untuk menilai

efektivitas perlakuan terhadap kondisi fisiologis tanaman cabai. Kandungan klorofil daun diamati saat sebelum panen atau sudah masuk fase generatif.

3.6.7 Bobot dan Jumlah Buah Cabai

Bobot dan jumlah buah cabai merupakan variabel penting yang digunakan untuk menilai hasil produksi tanaman setelah diberi perlakuan. Pengukuran dilakukan dengan menimbang buah cabai yang telah dipanen dari setiap tanaman sampel, baik secara individu maupun total per perlakuan. Penghitungan bobot dan jumlah buah cabai dilakukan saat buah cabai sudah mulai tumbuh banyak dan masih berwarna hijau. Bobot dan jumlah buah mencerminkan keberhasilan pertumbuhan dan efektivitas perlakuan terhadap proses pembungaan, pembuahan, serta penyerapan unsur hara. Nilai bobot dan jumlah buah yang tinggi menunjukkan bahwa tanaman tumbuh optimal dan mampu menghasilkan produksi yang baik.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Formulasi ekstrak *C. odorata* dengan metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 berdasarkan uji lanjut DMRT taraf 5% menunjukkan hasil tidak berbeda nyata dengan kontrol (P0-) dengan F hitung lebih kecil daripada F tabel dan berdasarkan grafik, formulasi ekstrak *C. odorata* dengan metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 tidak berpengaruh secara nyata dalam menurunkan keterjadian penyakit kuning tanaman cabai, dan
2. Aplikasi formulasi ekstrak *C. odorata* dengan metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 berpengaruh terhadap performa pertumbuhan serta hasil produksi tanaman cabai. Peningkatan tersebut dapat terlihat dari parameter pertumbuhan, jumlah daun, kandungan klorofil yang lebih baik dibandingkan perlakuan kontrol, sehingga formulasi ini berpotensi untuk digunakan sebagai pengendalian hayati sekaligus biostimulan yang ramah lingkungan untuk tanaman cabai.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi konsentrasi formulasi ekstrak *C. odorata* dan metabolit sekunder *T. asperellum* WT1 untuk memperoleh dosis optimum yang paling efektif dalam menekan intensitas penyakit kuning serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil produksi tanaman cabai.

DAFTAR PUSTAKA

- Adilah, N. F. dan Hidayat, S. H. 2014. Keparahen penyakit daun keriting kuning dan pertumbuhan populasi kutu kebul pada beberapa genotipe cabai. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 10(6): 195-201.
- Agarwala, B. K. dan Das, J. 2011. Weed host specificity of the aphid, *Aphis spiraeicola*: Developmental and reproductive performance of aphids in relation to plant growth and leaf chemicals of the Siam weed, *Chromolaena odorata*. *Journal of Insect Science*. 12(24):1-13.
- Albana, H., Nurbailis, dan Darnetty. 2026. Application of *Trichoderma asperellum* liquid culture for inducing resistance of chili plant against fusarium wilt. *Planta Tropika*. 14(1): 80-91.
- Andani, R., Rahmawati, M., dan Hayati, M. 2020. Pertumbuhan dan hasil tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.) akibat perbedaan jenis media tanam dan varietas secara hidroponik substrat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 5(2): 1-10.
- Ariyanti, N. A. 2012. Mekanisme infeksi virus kuning cabai (*Pepper Yellow Leaf Curl Virus*) dan pengaruhnya terhadap proses fisiologi tanaman cabai. *Proceeding Biology Education Conference*. 9(1): 571–576.
- Balitbangtan. 2019. Info Teknologi: *Teknologi Proliga cabai di Balitbangtan sukses untuk lahannya*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Chavez, A. G., Hernandez, L. R., Guerrero, B. I., Franco, A. C. G., Perez, G. M., Barrera, A. A. A., and Huerta, J. H. 2025. Potential of *Trichoderma asperellum* as a growth promoter in hydroponic lettuce cultivated in a floating-root system. *Plants*. 14(382): 1-18.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press. New York.
- Devy, L., Roswanjaya, Y. P., Saryanah, N. A., Suhendra, A., dan Putri, A. L. 2020. Formulasi biopestisida *Trichoderma asperellum* Samuels, Liecfs & Nirenberg. *Agroscript*. 2(2): 91-104.

- Dewi, V. K., Putra, N. S., Purwanto, B., Sari, S., Hartati, S., and Rizkie, L. 2019. Pengaruh aplikasi kompos gulma siam *Chromolaena odorata* terhadap produksi senyawa metabolit sekunder sebagai ketahanan tanaman pada tanaman cabai. *Soilrens*. 17(1): 16-23.
- Dhaifulloh, A. D., Khayumi, B. I., Legawa, D. T., Ansya, M. K. A., dan Radianto, D. O. 2024. Dampak penggunaan pestisida kimia terhadap kualitas tanah dan air sungai di daerah pertanian. *Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*. 2(2): 197-208.
- Direktorat Sayuran dan Tanaman Obat, Direktorat Jenderal Hortikultura, Kementerian Pertanian. 2024. *Laporan Kinerja Direktorat Sayuran dan Tanaman Obat*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Divekar, P. A., Narayana, S., Divekar, B. A., Kumar, R., Gadratagi, B. G., Ray, A., Singh, A. K., Rani, V., Singh, V., Singh, A.K., Kumar, A., Singh, R.P., Meena, R. S., and Behera, T. K. 2022. Plant secondary metabolites defense tools as against herbivores for sustainable crop protection. *International Journal of Molecular Sciences*. 23(5): 26-90.
- Dombrovsky, A., Glanz, E., Pearlsman, M., Lachman, O., and Antignus, Y. 2010. Characterization of *Pepper yellow leaf curl virus*, a tentative new Polerovirus species causing a yellowing disease of pepper. *Phytoparasitica*. 38: 477–486.
- Duriat, A. S., Neni G. dan Astri W. W. 2007. *Penyakit Penting pada Tanaman Cabai dan Pengendaliannya*. Monografi No. 31. Balai Penelitian Tanaman Sayuran Pusat Penelitian Dan Pengembangan Hortikultura Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian.
- Eze, K. A., Aka, C. C., and Dim, E. C. 2024. Extraction, characterization and optimization of phenolic from weed (*Chromolaena odorata*). *International Journal of Engineering Research Updates*. 6(32): 26-34.
- Gaswanto, R., Syukur, M., Hidayat, S. H., dan Gunaeni, N. 2016. Identifikasi gejala dan kisaran inang enam isolat Begomovirus cabai di Indonesia. *J. Hort*. 26(2): 223-234.
- Green, S. K. and Kim, J. S. 1994. *Sources of resistance to viruses of pepper (Capsicum spp.): A catalog*. Technical Bulletin No. 20. Asian Vegetable Research and Development Center.
- Gunawan, R., Anwar, C., effendy, S., Taufik, M., dan Silviyati, I. 2021. Perbandingan pengaruh EM4 dengan ragi (*Saccaromyces cerevisiae*) terhadap kadar bioetanol dari molases. *Ditilasi*. 6(2): 13-20.
- Guzman, G. P., Kumar, A., Villalobos, S. S., Cota, F. I. P., Mosqueda, M. C. O., Fadiji, A. E., Hyder, S., Babalola, O. O., and Santoyo, G. 2023. *Trichoderma* species: our best fungal allies in biocontrol diseases- a review. *Plant*. 12(432): 1-35.
- Hamdayanty, dan Hardina, N. 2023. Identifikasi virus penyebab penyakit kuning keriting pada cabai di Kabupaten Gowa, sulawesi Selatan. *Jurnal Agrikultura*. 34(3): 427-434.

- Indrianingsih, A.W., Ahla, M. F. F., Windarsih, A., Suratno, Wiyono, T., Noviana, E., Fadzillah, N. A., and Alfiani, R. N. 2025. Phytochemical constituent of devil weed (*Chromolaena odorata*), concurrent with its antioxidant, α -glucosidase inhibitory, and antibacterial activity. *Molecules*. 30(4314): 1-21.
- Julianto, T. S. 2019. *Fitokimia Tinjauan Metabolit Sekunder dan Skrining Fitokimia*. UII Press. Yogyakarta.
- Lamdo, H., Setyawati, A. I., Nisa, I. H. 2024. Potensi *Trichoderma asperellum* terhadap peningkatan ketahanan tanaman kedelai terinfeksi *Soybean Mosaic Virus*. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. 26(2):69-75.
- Larangahen, A., Bagau, B., Imbar, M. R., dan Liwe, H. 2017. Pengaruh penambahan molases terhadap kualitas fisik dan kimia silase kulit pisang sepatu. *Jurnal Zootek*. 37(1): 156-166.
- Li, Y., Dexin, K., Ying, F., Sussman, M. R., and Wu, H. 2020. The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 148(1): 80-89.
- Lodjo, L., Lamangantjo, C. J., dan Zakaria, Z. 2020. Pengaruh filtrat batang gulma siam (*Chromolaena odorata*) terhadap *antifeedant* ulat grayak, *Spodoptera litura* (Lepidotera:Noctuidae). *Jambura Edu Biosfer Journal*. 2(2): 37-43.
- Marianah, L. 2020. Serangga vektor dan intensitas penyakit virus pada tanaman cabai merah. *Journal of Agriculture and Human Resource Development Studies*. 1(2): 127-134.
- Moreno, K. G., Martinez, A. I. O., Martinez, A. C. M., and Villalobos, S. S. 2025. *Trichoderma* in sustainable agriculture and the challenges related to its effectiveness. *Diversity*. 17(734): 1-30.
- Moussa, Z., Alanazi, Y. F., Khateb, A. M., Eldadamony, N. H., Ismail, M. M., Saber, W. I. A., and Darwish, D. B. E. 2023. Domiciliation of *Trichoderma asperellum* Suppresses *Globiosporangium ultimum* and Promotes Pea Growth, Ultrastructure, and Metabolic Features. Domiciliation of *Trichoderma asperellum* suppresses *Globiosporangium ultimum* and promotes pea growth, ultrastructure, and metabolic features. *Microorganisms*. 11: 1-24.
- Mullik, Y. M., Ridla, M., Prihantoro, I., dan Mullik, M.L. 2016. Anaerobic fermentation effectively reduces concentration of total tannins in *Chromolaena odorata*. *JITV*. 21(1): 19-25.
- Nawrocka, J., Malolepsza, U., Szymezak, K., and Szezech, M. 2018. Involvement of metabolic components, volatile compounds, PR proteins, and mechanical strengthening in multilayer protection of cucumber plants against *Rhizoctonia solani* activated by *Trichoderma atroviride* TRS25. *Protoplasma*. 255: 359-373.
- Ng, J. C. K. and Perry, K. L. 2004. Transmission of plant viruses by aphid vectors. *Molecular Plant Pathology*. 5(5): 505-511.

- Noguchi, H. K. and Kato, M. 2023. Evolution of the secondary metabolites in invasive plant species *Chromolaena odorata* for the defense and allelopathic functions. *Plants*. 12: 2-5.
- Octavia, D. I., Rahyuni, D., and Nasirudin. 2019. Potensi gulma sebagai pestisida nabati. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*. 19(1): 1–17.
- Owolabi, M. S., Ogundajo, A., Yusuf, K. O., Lajide, L., Villanueva, H. E., Tuten, J. A., and Setzer, W. N. 2010. Chemical composition and bioactivity of the essential oil of *Chromolaena odorata* from Nigeria. *Rec. Nat. Proud.* 4(1): 72-78.
- Pieterse, C. M. J., Zamioudis, C., Berendsen, R. L., Weller, D. M., Wees, S. C. M. V., and Bakker, P. A. H. M. 2014. Induced systemic resistance by benefit microbes. *Annual Review of Phytopathology*. 52: 347-375.
- Prabowo, B. 2011. *Statistik Tanaman Sayuran dan Buah Semusim Indonesia*. Jakarta. Indonesia.
- Purnama, P. C., Sumardi, I., and Nugroho, L. H. 2022. Fruit development and capsaicin content of hot pepper (*Capsicum annuum*) plant cultivated in different soil salinity stress. *NUSANTARA BIOSCIENCE*. 14(2): 166-170.
- Putri, D. A., dan Fatmawati, S. 2019. A new flavanone as a potent antioxidant isolated from *Chromolaena odorata* L. Leaves. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 9(11): 091–095.
- Rapialdi, Jamilah, dan Ernita, M. 2022. The addition of *Trichoderma* sp. In various types of organic liquid fertilizer to increase NPK nutrient uptake and soybean production in ultisol. *Journal of Agro Science*. 10(1): 27-33.
- Rawis, B. D., Pahlevi, D. R., Siahaan, P., Singkoh, M., dan Tangapo, A. 2024. Identifikasi *Trichoderma* sp. Dari rizosfer tanaman kanonang (*Chordia dichotoma*. G. Forst) dan karakteristik pemacu pertumbuhan serta daya antagonisnya terhadap *Fusarium oxysporum*. *Jurnal Bios Logos*. 14(3): 125-132.
- Renfiyeni, Afrini, D., Mahmud, Nelvi, Y., Harissatria, Dara, S., dan Elinda, F. 2023. Pengendalian hama dan penyakit tanaman cabai serta nilai ambang ekonomi di Nagari Paninggahan, Kecamatan Junjung Sirih, Kabupaten Solok. *Community Development Journal*. 4(2): 4952-4961.
- Rochal, K. K. L., Pierre, E., Diane, Y. Y., Sahu, K. P., Vanessa, N. D., Herman, W. T., Gilbert, G. T. P., Sevilor, K., Germain, K., and Louise, N. W. 2021. Biological elicitor potential of endospheric *Trichoderma* and derived consortia against pepper (*Capsicum annuum* L.) leaf curl virus. *Phytopathology and Plant Protection*. 1-28.
- Roy, B., Venu, E., Kumar, S., Dubey, S., Lakshman, D., Mandal, B., and Sinha, P. 2023. Lefa curl epidemic risk in chilli as a consequence of vector migration rate and contact rate dynamics: A critical guide to management. *Viruses*. 15:1-17.

- Rusli, E. S., Hidayat, S. H., Suseno, R., dan Tjahjono, B. 2012. Virus gemini pada cabai: variasi gejala dan studi cara penularan. *Buletin Hama dan Penyakit Tumbuhan*. 11: 26–31.
- Sakata, J. J., Shibuya, Y., Sharma, P., and Ikegami, M. 2008. Strains of a new bipartite Begomovirus, *Pepper yellow leaf curl* Indonesia virus, in leaf-curl diseased tomato and Yellow-vein-diseased ageratum in Indonesia. *Archives of Virology*. 153: 2307–2313.
- Salami, S., Koolivand, D., Eini, O., and Hemmati, R. 2025. Effectiveness of *Trichoderma harzianum* in mitigating *beet curly top iran virus* infection in tomato plants. *Scientific*. 15: 1-11.
- Sayekti, T. W. D. A., Syukur, M., Hidayat, S. H., Maharijaya, A., and Sobir. 2023. Response diversity and traits related to *pepper yellow leaf curl* disease resilience for resistant plants selection. *BIODIVERSITAS*. 24(9): 5057-5060.
- Scisel, J. J., Tyskiewicz, R., Nowak, A., Ozimek, E., Majewska, M., Hanaka, A., Tyskiewicz, K., Pawlik, A., and Janusz, G. 2019. phytohormones (auxin, gibberellin) and ACC deaminase in vitro synthesized by the mycoparasitic *Trichoderma* DEMTkZ3A0 strain and changes in level of auxin and plant resistance markers in wheat seedlings inoculated with this strain conidia. *International Journal of Molecular Sciences*. 20(4923): 1-35.
- Singarimbun, M. A., Pinem, M. I., dan Oemry, S. 2017. Hubungan antara populasi kutu kebul (*Bemisia tabaci* Genn.) dan kejadian penyakit kuning pada tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal Agroekoteknologi*. 5(4): 847-854.
- Sood, M., Kapoor, D., Kumar, V., Sheteiwy, M. S., Ramakrishnan, M., Landi, M., Araniti, F., and Sharma, A. 2020. *Trichoderma* : the “secrets” of a multitailented biocontrol agent. *Plants*. 9:1-25.
- Stracquadanio, C., Quiles, J. M., Meca, G., and Cacciola, S. O. 2020. Antifungal activity of bioactive metabolites produced by *Trichoderma asperellum* and *Trichoderma atroviride* in Liquid Medium. *Journal Fungi*. 6(2): 1-2.
- Sudding. 2012. Studi awal penggunaan ekstrak air daun gulma siam *Chromolaena odorata* (L.) King and Robinson dalam mencegah pembusukan sayuran. *Jurnal Chemica*. 13(1): 23-30.
- Sudiono, S. S., Hidayat., Rusmilah, S., and Soemartono, S. 2001. Deteksi molekuler dan uji kisaran inang virus gemini asal tanaman tomat. *Prosidi. Konggres Nasional XVI. PFI*. Bogor.
- Sudiono. 2013. Penyebaran penyakit kuning pada tanaman cabai di Kabupaten Tanggamus dan Lampung Barat. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 13(1): 1-7.
- Suharjo, R. dan Aeny, T. N. 2011. Eksplorasi potensi gulma siam (*Chromolaena odorata*) sebagai biofungisida pengendali *Phytophthora palmivora* yang diisolasi dari buah kakao. *J.HPT Tropika*. 11(2): 201-209.

- Sulandari, S. 2007. Deteksi begomovirus pada cabai secara cepat melalui isolasi genom DNA. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 13(1): 35-43.
- Syahruramadhan, M., Yanti, N. A., dan Darlian, L. 2016. Aktivitas antijamur ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* Lamck.) dan daun kirinyuh (*Chromolaena odorata* L.) terhadap *Candida albicans* dan *Aspergillus flavus*. *Jurnal Ampibi*. 1(2): 7-12.
- Taufik, M., Hidayat, S. H., Suastika, G., Sumaraw, S. M., and Sujiprihati, S. 2005. Kajian Plant Growth Promoting *Rhizobacteria* sebagai agens proteksi Cucumber mosaic virus dan Chili vein mottle virus pada cabai. *Hayati*. 12(4):139-144.
- Thakur, H., Jindal, S. K., Sharma, A., and Dhaliwai, M. S. 2018. Chili leaf curl virus disease threat for chili cultivation. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 125: 239-249.
- Tiamiyu, A. M. and Okunlade, O. A. 2020. Benefits and detriments of siam weed (*Chromolaena odorata*). *Biochemistry and Biotechnology Research*. 8(2):21-28.
- Trisno, J., Hidayat, S. H., Habazar, T., dan Manti, I. 2010. Identifikasi molekuler Begomovirus penyebab penyakit kuning keriting pada tanaman cabai (*Capsicum annum* L.) di Sumatera Barat. *Jurnal Natur Indonesia*. 13: 41–46.
- Tsai, C. W., Rowhani, A., Golino, D. A., Daane, K. M., and Almeida, R.P.P. 2010. Mealybug transmission of grapevine leafroll viruses: an analysis of virus – vektor specificity. *Phytopathology*. 100:830-834.
- Tuhumury, G. N. C. dan Amanupunyo, H. R. D. 2013. Kerusakan tanaman cabai akibat penyakit virus di Desa Waimital Kecamatan Kairatu. *Agrologia*. 2(1): 36-42.
- Utami, P. Y., Mubarak, F., dan Rahman, N. F. 2022. Variations of tekelan leaf drying technique (*Chromolaena odorata* L.) influencing antioxidant activity: laboratory research with abts method. *HIJP*. 15(2): 180-189.
- Wahyono, A., Murti, R. H., Hartono, S., Nuringtyas, T. R., Wijonarko, A., Mulyantoro, M., Firmansyah, D., Afifuddin, A., and Purnama, I. C. G. 2023. Current status and complexity of three begomovirus species in Pepper Plants in Lowlands and Highlands in Java Island, Indonesia. *Viruses*. 15: 1-7.
- Wikipedia. 2026. *Chromolaena odorata*. Diakses pada 19 Mei 2026 dari https://id.wikipedia.org/wiki/Chromolaena_odorata
- Wilisiani, F. 2019. Deteksi begomovirus pada tanaman cabai di Magelang Indonesia. *Jurnal Agroteknologi*. 3(1): 1-10.
- Witia, Rahmawati, dan Mukarlina. 2025. Pengaruh metabolit sekunder *Trichoderma harzianum* (R3) terhadap panjang konidia *Oidium* sp. *Protobiont*. 14(1): 13-17.

- Yadav, M., Dubey, M. K., and Upadhyay, R. S. 2021. Systemic resistance in chili pepper against anthracnose (caused by *Colletotrichum truncatum*) induced by *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma asperellum* and *Paenibacillus dendritiformis*. *J. Fungi*. 7(307): 1-27.
- Yeni, Y., Safitri, B., Febria, D., dan Prajaka, N. W. 2025. Respon tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.) terhadap pemberian *biofertilizer* akar bambu dan akar putri malu. *Gontor Agrotech Science Journal*. 11(1):47-55.
- Yusnawan, E., Taufiq, A., Wijanarko, A., Susilowati, D. N., Praptana, R. H., Chandra-Hioe, M. V., Supriyo, A., and Inayati, A. 2021. Changes in volatile organic compounds from salt-tolerant *Trichoderma* and the biochemical response and growth performance in saline-stressed groundnut. *Sustainability*. 13(23): 13226.