

**APLIKASI *Trichoderma* sp. DALAM PENGENDALIAN PENYAKIT
KERITING KUNING PADA TANAMAN TOMAT**

SKRIPSI

**Oleh
MUHAMAD RIFKI ALUAS NUR**



**PROGRAM STUDI S-1 AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026**

APLIKASI *Trichoderma* sp. DALAM PENGENDALIAN PENYAKIT
KERITING KUNING PADA TANAMAN TOMAT

Oleh

MUHAMAD RIFKI ALUAS NUR
NIM : 23020220140042

Salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Pertanian pada Program Studi S-1 Agroekoteknologi
Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro

PROGRAM STUDI S-1 AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhamad Rifki Aluas Nur
N I M : 23020220140042
Program Studi : S-1 Agroekoteknologi

dengan ini menyatakan sebagai berikut :

1. Skripsi yang berjudul: **Aplikasi *Trichoderma* sp. dalam Pengendalian Penyakit Keriting Kuning pada Tanaman Tomat** dan penelitian yang terkait merupakan karya penulis sendiri.
2. Setiap ide atau kutipan dari karya orang lain berupa publikasi atau bentuk lainnya dalam skripsi ini, telah diakui sesuai dengan standar prosedur disiplin ilmu.
3. Penulis juga mengakui bahwa skripsi ini dapat dihasilkan berkat bimbingan dan dukungan penuh dari Pembimbing yaitu : **Prof. Dr. Ir. Florentina Kusmiyati, M.Sc.** dan **A'isyah Surya Bintang, S.P., M.Sc**

Apabila di kemudian hari dalam skripsi ini ditemukan hal-hal yang menunjukkan telah dilakukannya kecurangan akademik maka penulis bersedia gelar sarjana yang telah penulis dapatkan ditarik sesuai dengan ketentuan dari Program Studi S-1 Agroekoteknologi, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro

Semarang, 11 Mei 2026
Penulis,



Muhamad Rifki Aluas Nur

Mengetahui :

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Florentina Kusmiyati, M.Sc.

Pembimbing Anggota



A'isyah Surya Bintang, S.P., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : APLIKASI *Trichoderma* sp. DALAM
PENGENDALIAN PENYAKIT KERITING
KUNING PADA TANAMAN TOMAT

Nama Mahasiswa : MUHAMAD RIFKI ALUAS NUR

Nomor Induk Mahasiswa : 23020220140042

Program Studi/Departemen : S1 AGROEKOTEKNOLOGI/PERTANIAN

Fakultas : PETERNAKAN DAN PERTANIAN

Telah disidangkan di hadapan Tim Penguji
dan dinyatakan lulus pada tanggal18-MEI-2026.....

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Florentina Kusmiyati, M.Sc.

Ketua Program Studi



an. Sekretaris Program Studi
Mentari Heriawan

Dr. Ir. Eny Fuskhah, M.Si.



Prof. Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D.

Pembimbing Anggota



A'isyah Surya Bintang, S.P., M.Sc.

Ketua Panitia Ujian Akhir Program



Bagus Herwibawa S.P., M.P., Ph.D.

Ketua Departemen



Ahmad Ni'matullah Al-Baarri, S.Pt., M.P., Ph.D.

RINGKASAN

MUHAMAD RIFKI ALUAS NUR. 23020220140042. 2026. Aplikasi *Trichoderma* sp. dalam Pengendalian Penyakit Keriting Kuning pada Tanaman Tomat. (Pembimbing : **FLORENTINA KUSMIYATI** dan **A'ISYAH SURYA BINTANG**)

Penyakit keriting kuning pada tanaman tomat yang disebabkan oleh *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) merupakan salah satu faktor pembatas produksi tomat di Indonesia. Pengendalian menggunakan agen hayati *Trichoderma* sp. berpotensi menjadi alternatif ramah lingkungan melalui mekanisme induksi ketahanan sistemik tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh kerapatan spora *Trichoderma* sp. dan waktu perendaman benih terhadap perkembangan penyakit keriting kuning serta pertumbuhan dan hasil tanaman tomat. Penelitian dilaksanakan pada 25 Agustus– 18 Desember 2024 di Kabupaten Pati dan Laboratorium Ekologi dan Produksi Tanaman, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro. Percobaan disusun menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial 4×3 dengan dua faktor, yaitu kerapatan spora *Trichoderma* sp. (10^6 , 10^7 , dan 10^8 spora/ml) dan waktu perendaman benih (5 menit, 1 jam, 2 jam, dan 3 jam), dengan tiga ulangan sehingga diperoleh 36 unit percobaan. Parameter yang diamati meliputi masa inkubasi, insidensi dan intensitas penyakit, nilai AUDPC, serta pertumbuhan dan hasil tanaman tomat. Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dan uji lanjut BNJ taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerapatan spora *Trichoderma* sp. tidak berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter pengamatan, namun kerapatan 10^7 konidia/ml menunjukkan kecenderungan respon terbaik dengan rerata masa inkubasi sebesar 36,17%. Perlakuan waktu perendaman benih memberikan pengaruh nyata terhadap sebagian besar parameter. Masa inkubasi tertinggi diperoleh pada perendaman 3 jam sebesar 39,67%, sedangkan terendah pada perendaman 5 menit sebesar 22,56%. Insidensi penyakit pada minggu ke-8 terendah terjadi pada perendaman 3 jam sebesar 51,85% dan tertinggi pada perendaman 5 menit sebesar 92,59%. Intensitas penyakit cenderung meningkat seiring umur tanaman, namun perlakuan perendaman 1–3 jam mampu menekan perkembangan penyakit dibandingkan perendaman 5 menit. Perlakuan tersebut juga meningkatkan pertumbuhan tanaman yang ditunjukkan oleh peningkatan tinggi tanaman, luas daun, jumlah buah, dan diameter buah. Interaksi antara kerapatan spora dan waktu perendaman benih hanya berpengaruh nyata terhadap jumlah daun dan jumlah buah.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa waktu perendaman benih dalam suspensi *Trichoderma* sp. berperan lebih dominan dibandingkan kerapatan spora dalam menekan perkembangan penyakit keriting kuning serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman tomat.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aplikasi *Trichoderma* sp. dalam Pengendalian Penyakit Keriting Kuning pada Tanaman Tomat”. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan arahan, bimbingan, dukungan, doa, dan membantu seluruh proses rangkaian tugas akhir. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Bambang Waluyo Hadi Eko Prasetyono, M.S., M.Agr., I.P.U. selaku Dekan Fakultas Peternakan dan Pertanian periode 2019 – 2024, Universitas Diponegoro, Semarang yang telah memberikan izin dan kesempatan bagi Penulis untuk melaksanakan dan menyelesaikan studi sehingga mampu memperoleh gelar sarjana.
2. Prof. Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Peternakan dan Pertanian periode 2024 – 2029, Universitas Diponegoro, Semarang yang telah memberikan izin dan kesempatan bagi Penulis untuk melaksanakan dan menyelesaikan studi sehingga mampu memperoleh gelar sarjana.
3. Ahmad Ni'matullah Al-Baarri, S.Pt., M.P., Ph.D. selaku Ketua Departemen Pertanian, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro yang telah memberikan izin dan kesempatan kepada Penulis untuk melaksanakan dan penelitian dan rangkaian penyelesaian tugas akhir ini.

4. Dr. Ir. Eny Fuskhah, M.Si. selaku Ketua Program Studi S1 Agroekoteknologi, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro atas kesempatan, arahan, bimbingan, dan motivasi selama masa studi berlangsung hingga akhir masa studi.
5. Dr. Ir. Eny Fuskhah, M.Si selaku dosen wali yang telah membantu dan membimbing penulis selama masa perkuliahan.
6. Dosen Pembimbing Utama Prof. Dr. Ir. Florentina Kusmiyati, M.Sc. dan Dosen Pembimbing Anggota A'isyah Surya Bintang, S.P., M.Sc. yang telah memberikan arahan, bimbingan, saran, arahan pelaksanaan, ilmu selama masa penelitian hingga penyusunan skripsi.
7. Prof. Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Si., Prof. Dr. Ir. Endang Dwi Purbajanti, M.S., Prof. Dr. Ir. Florentina Kusmiyati, M.Sc., Dr. Ir. Susilo Budiyanto, M.Si., Ir. Karno, M.Appl.Sc. Ph.D., Prof. Ir. Didik Wisnu Widjajanto, MScRes., PhD., Dr. Ir. Eny Fuskhah, M.Si., Rosyida, S.P., M.Sc., Aisyah Surya Bintang, S.P., M.Sc, Fajrin Pramana Putra S.P., M.Sc., Muhamad Ghazi Agam Sas, S.P., M.Si., Bagus Herwibawa S.P., M.P. PhD., Muhammad Iqbal Fauzan, S.P., M.Si., Septrial Arafat, S.P., M.P., Anasrullah, S.P., M.S., Chaieydhha Noer Afiefah, S.P., M.Sc., Nani Kitty Sihaloho, S.P., M.P., dan Dr. Dian Safitri, S.P., M.Si., Dr. Ir. Budi Adi Kristanto, M.S. (Purna Tugas), dan Dr. Ir. Sutarno, M.S. (Purna Tugas) selaku dosen pada Program Studi S1 Agroekoteknologi Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro yang telah memberikan ilmu selama ini.

8. Akhmad Baroha, S.Pt., Iskandar A.Md., dan Sri Bima Ariateja A.Md. sebagai laboran serta tenaga kependidikan program studi S1 Agroekoteknologi Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang.
9. Bapak Edy Aluas dan Ibu Karsinah selaku orang tua yang selalu membantu secara material dan non-material serta Brian Dika Praba Pringgadi Cahya yang telah mendukung dan memotivasi untuk selalu memberikan yang terbaik pada bangku perkuliahan hingga tahap penyusunan dan penyelesaian skripsi.
10. Mau'Idhoh Hasanah yang telah membantu penulis dan menjadi tempat berdiskusi serta memberi semangat dan dukungan kepada penulis.
11. Hiroki Prawira Joly dan Nabi Nasution yang telah membantu proses penanaman hingga proses panen dan membantu memberi semangat.
12. Seluruh pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, namun berjasa bagi penulis selama menempuh pendidikan kuliah dan penelitian.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan pengetahuan kepada para pembaca dan pihak yang membutuhkan. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat dibutuhkan untuk lebih baik kedepannya.

Semarang, Mei 2026

Muhamad Rifki Aluas Nur

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR ILUSTRASI	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.3. Hipotesis Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Tanaman Tomat (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	5
2.2. Penyakit Keriting Kuning Tanaman Tomat.	7
2.3. <i>Trichoderma</i> sp.	9
BAB III MATERI DAN METODE.....	14
3.1. Materi Penelitian	14
3.2. Metode Penelitian.....	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1. Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam Penyebaran Patogen Keriting Kuning dan Pertumbuhan Tomat Akibat Kerapatan Spora <i>Trichoderma</i> sp. dan Waktu perendaman benih dalam suspensi <i>Trichoderma</i> sp.	32
4.2. Masa Inkubasi	33
4.3. Insidensi Penyakit	35
4.4. Intensitas Penyakit Keriting Kuning	37
4.5. Nilai AUDPC (Area Under Disease Progress Curve).....	39

4.6. Tinggi Tanaman	40
4.7. Jumlah Daun Bergejala	42
4.8. Luas Daun	43
4.9. Jumlah Buah.....	45
4.10. Diameter Buah	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1. Simpulan	49
5.2. Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	59
RIWAYAT HIDUP.....	103

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Nilai Intensitas Serangan Penyakit Keriting Kuning.	25
2. Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam Penyebaran Patogen Keriting Kuning dan Pertumbuhan Tomat Akibat Kerapatan Spora <i>Trichoderma</i> sp. dan Waktu perendaman benih dalam suspensi <i>Trichoderma</i> sp.	32
3. Masa Inkubasi dengan Perlakuan kerapatan spora <i>Trichoderma</i> sp. dan waktu perendaman <i>Trichoderma</i> sp.	33
4. Insidensi Penyakit Minggu ke-8 pada Perlakuan kerapatan spora <i>Trichoderma</i> sp. dan waktu perendaman <i>Trichoderma</i> sp.	35
5. Intensitas Penyakit Keriting Kuning pada Perlakuan kerapatan spora <i>Trichoderma</i> sp. dan waktu perendaman <i>Trichoderma</i> sp.	37
6. AUDPC pada Tanaman Tomat dengan Perlakuan kerapatan spora <i>Trichoderma</i> sp. dan waktu perendaman <i>Trichoderma</i> sp.	39
7. Tinggi Tanaman pada Tanaman Tomat Umur 8 MST dengan Perlakuan kerapatan spora <i>Trichoderma</i> sp. dan waktu perendaman <i>Trichoderma</i> sp.	41
8. Jumlah Daun yang Bergejala pada Tanaman Tomat Umur 8 MST dengan Perlakuan kerapatan spora <i>Trichoderma</i> sp. dan waktu perendaman <i>Trichoderma</i> sp.	42
9. Luas Daun Tomat umur 8 MST dengan Perlakuan kerapatan spora <i>Trichoderma</i> sp. dan waktu perendaman <i>Trichoderma</i> sp.	44
10. Jumlah Buah Tanaman Tomat Panen Pertama dengan Perlakuan kerapatan spora <i>Trichoderma</i> sp. dan waktu perendaman <i>Trichoderma</i> sp.	45
11. Diameter Buah Panen Pertama dengan Perlakuan kerapatan spora <i>Trichoderma</i> sp. dan waktu perendaman <i>Trichoderma</i> sp.	47

DAFTAR ILUSTRASI

Nomor	Halaman
1. Kutu kebul (<i>Bemisia tabaci</i>) pada daun tanaman tomat	28
2. Gejala keriting kuning pada daun tomat	32

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Layout percobaan.	59
2. Deskripsi Tomat Varietas Permata.....	60
3. Perhitungan pupuk.	62
4. Perhitungan Kerapatan Spora <i>Trichoderma</i> sp.....	63
5. Dokumentasi Penelitian.	65
6. Analisis Data Insidensi Penyakit.....	67
7. Analisis Data Masa Inkubasi.....	72
8. Analisis Data Intensitas Penyakit.....	77
9. Nilai AUDPC.	80
10. Analisis Data Tinggi Tanaman.....	81
11. Analisis Data Luas Daun.....	85
12. Analisis Data Jumlah Daun Bergejala Keriting Kuning.	89
13. Analisis Data Jumlah Buah.	94
14. Analisis Data Diameter Buah.....	99

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.) merupakan salah satu jenis tanaman hortikultura dan termasuk jenis buah yang bermanfaat bagi kesehatan manusia. Menurut Kementerian Pertanian (2023), produktivitas tomat di Indonesia pada tahun 2022 mencapai 1.168.743,69 ton, sedangkan pada tahun 2023 mengalami penurunan menjadi 1.143.787,67 ton. Tanaman tomat di Indonesia banyak dibudidayakan karena nilai harga jualnya yang cukup stabil. Kendala dalam budidaya tanaman yang disebabkan terserang penyakit keriting kuning yang menjadi salah satu penyakit utama dalam budidaya tomat. Penyakit keriting kuning disebabkan oleh virus gemini yang salah satu spesiesnya adalah Tomato *Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV). Tanaman tomat yang terinfeksi memiliki gejala yang muncul adalah *vein clearing*, daun berwarna korosi, klorosis, daun menggulung ke bawah, daun mengering dan rapuh disertai dengan terjadinya penurunan hasil (Narendra *et al.*, 2017).

Penyakit keriting kuning dapat menimbulkan kerugian bagi petani karena mengakibatkan turunnya produksi hasil panen dari produksi secara optimal. Infeksi virus gemini dapat menyebabkan kehilangan hasil yang signifikan pada tanaman tomat. Infeksi virus gemini Tomato *Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) dapat menyebabkan epidemi dan gagal panen dimanapun tanaman tomat ditanam baik

daerah tropis dan subtropis. Penyebaran virus sangat cepat berkembang dan sulit dikendalikan (Taufik *et al.*, 2024). *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) umumnya menyerang tanaman dan ditularkan oleh vektor serangga, khususnya kutu kebul (*Bemisia tabaci*). Virus yang ditularkan oleh kutu kebul melalui proses makan (*feeding*) pada tanaman tanaman yang terinfeksi dan kemudian berpindah ke tanaman sehat. Pengendalian vektor kutu kebul dengan pemberian insektisida berbahan aktif *imidakloprid* dapat efektif untuk mengendalikan penyebaran vektor kutu kebul (Inayati dan Marwoto, 2015). Virus yang telah menginfeksi ke tanaman dapat diatasi dengan menggunakan pestisida kimia, namun penggunaan bahan kimia secara terus menerus dapat menimbulkan dampak negatif pada ekosistem alam. Virus tidak memiliki sel sendiri, melainkan ikut pada sel inang untuk bereproduksi. Pengendalian menggunakan *Trichoderma* sp. merupakan alternatif pengendalian virus yang efektif dan ramah lingkungan. Penerapan *Trichoderma* sp. secara luas dapat membantu meningkatkan ketahanan pangan, mengurangi penggunaan pestisida kimia, dan melindungi lingkungan. Salah satu upaya dalam pengendalian virus adalah dengan meningkatkan ketahanan dari tanaman yang dapat mengurangi resiko serangan virus. *Trichoderma* sp. merupakan merupakan salah satu agen pengendali hayati yang memiliki mekanisme *induksi sistemik resistensi* (ISR) yang bersifat sistemik dan tahan lama yang artinya tanaman akan terlindungi dari serangan patogen dalam jangka waktu yang cukup lama.

Aplikasi *Trichoderma* sp. dengan metode *seed treatment* merupakan salah satu teknik pengendalian penyakit virus pada tanaman. Teknik *seed treatment* melapisi pelapisan benih dengan suspensi *Trichoderma* sp., jamur antagonis yang

memiliki kemampuan untuk melindungi tanaman dari infeksi virus. Menurut (Sharma *et al.*, 2016) *seed treatment* dengan *Trichoderma asperellum* secara signifikan meningkatkan aktivitas enzim pertahanan tanaman dan mengurangi keparahan penyakit keriting kuning. *Seed treatment* dengan pemberian *Trichoderma sp.* juga dapat melindungi tanaman dan meningkatkan produktifitas buah yang dihasilkan. (Hajnal *et al.* 2018) *Seed treatment* dengan *Trichoderma* menunjukkan bahwa *seed treatment* dengan *Trichoderma asperellum* dapat menjadi alternatif yang efektif untuk meningkatkan produktivitas tanaman cabai. Menurut (Narendra *et al.*, 2017) perlakuan benih dengan *Trichoderma asperellum* dapat mengurangi keparahan penyakit keriting kuning pada tomat yang disebabkan oleh *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) sebesar 40%-50% dibandingkan dengan tanaman yang tidak diberi *Trichoderma asperellum*. Peran *Trichoderma sp.* dalam pengendalian hayati penyakit tanaman juga memberikan perlindungan jangka panjang. Menurut Leach *et al.* (2017) *Trichoderma sp.* dapat memberikan manfaat lain bagi tanaman, seperti meningkatkan pertumbuhan tanaman. Dosis kerapatan yang diberikan sebesar 10^7 konidia/ml dapat memberikan peningkatan ketahanan tanaman terhadap penyakit dan mendukung pertumbuhan serta produktivitas tanaman (Said, 2014).

1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian adalah :

1. Mengkaji konsentrasi *Trichoderma sp.* dalam mengendalikan penyakit keriting kuning pada tanaman tomat.

2. Mengkaji waktu perendaman benih dengan *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan penyakit keriting kuning pada tanaman tomat.
3. Mengkaji interaksi konsentrasi dan waktu aplikasi *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan penyakit keriting kuning pada tanaman tomat.

Manfaat penelitian adalah :

1. Mengetahui tingkat konsentrasi *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan penyakit keriting kuning pada tanaman tomat.
2. Mengetahui waktu perendaman benih dengan *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan penyakit keriting kuning pada tanaman tomat.
3. Mengetahui interaksi konsentrasi dan waktu aplikasi *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan penyakit keriting kuning pada tanaman tomat.

1.3. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian yang diuji adalah :

1. Pemberian *Trichoderma* sp. dengan kerapatan 10^7 konidia/ml efektif mengendalikan penyakit keriting kuning serta meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman tomat..
2. Perendaman benih selama 2 jam efektif mengendalikan penyakit keriting kuning serta meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman tomat.
3. Terdapat interaksi perlakuan konsentrasi dan waktu perendaman benih dengan *Trichoderma* sp. terhadap intensitas penyakit keriting kuning dan produksi tanaman tomat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.)

Tanaman tomat merupakan salah satu tanaman hortikultura yang penting dan banyak digemari di Indonesia. Produktivitas tomat pada tahun 2021 mencapai 1.114.401 ton pada 34 provinsi di Indonesia (Syarifuddin *et al.*, 2022). Tingginya produksi tanaman tomat membuktikan bahwa tanaman tomat memiliki peminat yang banyak. Menurut (Eriawati, 2015), klasifikasi dari tanaman tomat adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Sub kelas	: Methachlamidae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Tubiflorae
Famili	: Solanaceae
Genus	: Solanum
Spesies	: <i>Solanum lycopersicum</i> L.

Tanaman tomat memiliki akar tunggang, akar cabang, dan akar serabut yang berwarna keputihan kedalaman akarnya dapat mencapai 30 – 40 cm yang memiliki fungsi untuk menopang berdirinya tanaman serta menyerap air dan unsur hara yang terdapat di tanah (Fitriyati *et al.*, 2014). Batang tanaman tomat memiliki bentuk

persegi empat hingga bulat, berbatang lunak, berbulu halus dan diantara bulu halusny terdapat kelenjar rambut dan batang tanaman tomat memiliki warna hijau muda (Shabira *et al.*, 2019). Daun tomat termasuk daun majemuk yang tersusun spiral mengelilingi batang, daun tomat umunya cukup lebar, bersirip dan memiliki bulu halus. Lebar daun tomat sekitar 1,5 – 2 cm yang tumbuh di tangkai daun yang memiliki bentuk bulat memanjang dengan panjang 7 - 10 cm dan memiliki ketebalan sekitar 0,3 – 0,5 cm (Kartika, 2015).

Tanaman tomat memiliki bunga yang berukuran kecil, warna bunga tanaman tomat berwarna kuning cerah yang tersusun dalam dompolan dengan jumlah bunga 5 – 10 per dompolan (Riskiyah *et al.*, 2024). Buah tomat memiliki bentuk bulat, lonjong, oval dan memiliki diameter buah mencapai 2 – 15 cm yang memiliki warna hijau ketika masih muda, kemudian matang berwarna orange kemerahan dengan panjang 3 – 5 mm dan lebar 2 – 4 mm (Hapsari *et al.*, 2017).

Syarat tumbuh tanaman tomat harus memenuhi dua unsur, yaitu syarat iklim dan syarat tanah. Syarat iklim tomat membutuhkan cuaca yang hangat dan cerah, suhu ideal untuk pertumbuhan tanaman tomat antara 21°C hingga 29°C perbedaan temperatur sangat berpengaruh terhadap perkembangan dan pembentukan bunga dan buah (Rambulangi, 2017). Syarat tanah pada tanaman tomat membutuhkan tanah yang gembur, subur, dan banyak mengandung bahan organik dengan sirkulasi udara dan air dalam tanah yang baik serta tomat membutuhkan tanah dengan tingkat keasaman (pH) antara 6,0 hingga 6,8 (Kusumaningrum *et al.*, 2015). Tomat membutuhkan pencahayaan matahari penuh dengan minimal 6 – 8 jam per hari, kurangnya pencahayaan dapat menyebabkan tanaman tomat menghasilkan kualitas

buah yang tidak maksimal Ginanjar, *et al.*, 2020). Lingkungan pertumbuhan sangat berpengaruh terhadap tinggi tanam, karena itu tanah dalam pertumbuhan sangat penting bagi tanaman tomat. Media tanam sangat penting bagi pertumbuhan karena terdapat unsur hara yang harus di kontrol (Safriyani, 2021).

Tomat yang ada di Indonesia memiliki banyak varietas diantaranya varietas Permata, Juliet Andhini, Murni, Royal 58, TM Marvel, Marta F1, Yasmin F1, Swadesi F1, Maya 353, Larisa F1, Amala 474, Toti F1, Natama Super F1, Warani F1, Agatha F1 dan Marta 9 F1 (Purnamasari *et al.*, 2016). Tanaman tomat varietas Swadesi F1 masih rentan akan terkena serangan penyakit keriting kuning yang berdampak pada hasil produksi buah (Fajarfika *et al.*, 2017). Tanaman Tomat Varietas Swadesi F1 merupakan varietas tomat hibrida yang memiliki kemampuan menghasilkan buah yang lebat. Varietas Swadesi F1 memiliki ciri buah berbentuk lonjong, berwarna merah cerah, berukuran 4 -6 cm, memiliki rasa manis dan sedikit asam dan daging buah tebal dan padat (Fajarfika, 2020).

2.2. Penyakit Keriting Kuning Tanaman Tomat.

Penyakit keriting kuning merupakan penyakit yang menyerang bagian daun tomat yang menyebabkan daun berwarna kuning dan kering. Penyakit keriting kuning tomat Tomato Yellow Leaf Curl Disease (TYLCD) disebabkan oleh virus gemini (*Begomovirus*) (Septariani *et al.*, 2014). Virus gemini (*famili Geminiviridae*) merupakan salah satu virus tanaman yang mempunyai genom DNA berbentuk bundar (sirkular), untai tunggal, dan terselubung dalam sebuah partikel isometrik kembar (Kusumaningrum *et al.*, 2015). Tanaman tomat yang terinfeksi penyakit

keriting kuning dengan gejala daun berwarna kuning dan keriting, tepi daun menggulung dan tanaman menjadi kerdil (Ariyanta *et al.*, 2015).

Penyebab penyakit keriting kuning tidak hanya disebabkan oleh virus gemini saja melainkan banyak patogen penyebab penyakit kuning keriting contohnya seperti bakteri *Clavibacter michiganensis subsp* yang menyerang tanaman tomat dan cabai (Belgüzar *et al.*, 2019). Penyebab keriting kuning juga dapat disebabkan oleh mikoplasma seperti *Spiroplasma citri* yang menyerang tanaman jeruk dengan gejala daun menuning, mengeriting dan menebal (Saputra *et al.*, 2016). Patogen penyebab penyakit keriting kuning jamur *Alternaria solani* merupakan jamur penyebab penyakit bercak daun pada tanaman tomat (Kalay *et al.*, 2015). Tanaman terserang keriting kuning yang terjadi pada tanaman tomat merupakan ditransmisikan oleh hama kutu kebul (Payobadar, 2023).

Penyakit keriting kuning sering ditemukan pada tanaman cabai dan tomat. Inang dari keriting kuning yang disebabkan oleh virus gemini memiliki inang pada tanaman cabai dan tomat (Alindi *et al.*, 2023). Kerusakan yang ditimbulkan oleh patogen keriting kuning pada tanaman dapat merugikan penyakit. Insidensi penyakit keriting kuning pada tahun 2021 di Provinsi Bali mencapai 100% dengan tingkat keparahan berkisar 18 – 87% (Hamdayanty dan Hardina, 2023). Dampak dari tanaman yang terinfeksi virus gemini dapat menyebar ke tanaman dan akan susah dikendalikan penyebarannya. Hasil dari pengamatan di Kabupaten Gianyar terdapat lokasi perkebunan tomat milik petani yang terinfeksi virus gemini sampai 50% dengan gejala mosaik dan kuning (Mahendra *et al.*, 2017).

Patogen keriting kuning pada tanaman tomat disebabkan oleh virus gemini yang ditularkan oleh kutu kebul, patogen ini dapat menyebabkan kerusakan dan kerugian yang signifikan pada hasil panen. Pencegahan serangan keriting kuning dengan cara penggunaan bibit sehat, sanitasi, rotasi tanaman, penggunaan bahan aktif dan bahan hayati (Pramono, 2019). Penggunaan bahan obat kimia akan berdampak negatif pada lingkungan. Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh penggunaan bahan kimia yang berlebihan dapat merusak lingkungan adalah penggunaan pestisida (Sinambela, 2024). Pengendalian tanaman dapat menggunakan bahan hayati, seperti penggunaan *Trichoderma* sp. Aplikasi *Trichoderma* sp. secara efektif dapat meningkatkan ketahanan tanaman tomat terhadap penyakit virus gemini (Rahayu, 2021).

Trichoderma sp. dapat dimanfaatkan dalam pengendalian patogen penyebab penyakit tanaman yang ramah lingkungan. Penggunaan *Trichoderma* sp. sebagai agen hayati tidak mencemari lingkungan, aman bagi manusia dan hewan serta tidak menimbulkan resistensi pada hama (Fauriah *et al.*, 2023). *Trichoderma* sp. sebagai agen hayati ramah lingkungan untuk meningkatkan kesuburan tanah dan penyakit tanaman. Pemanfaatan *Trichoderma* sp. sebagai biofertilizer dan biopestisida merupakan alternatif yang efektif dan ramah lingkungan untuk pengelolaan tanaman (Sudewi dan Jaya, 2022).

2.3. *Trichoderma* sp.

Upaya pengendalian penyakit secara hayati adalah dengan menggunakan agen hayati *Trichoderma* sp. karena kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan berbagai patogen. *Trichoderma* sp. merupakan candawan sporofit

tanah yang secara alami menyerang cendawan patogen dan bersifat menguntungkan bagi tanaman (Gusnawaty *et al.*, 2017). *Trichoderma* sp. merupakan parasit cendawan patogen tanaman dan bersifat antaginis, karena memiliki kemampuan untuk mematikan atau menghambat pertumbuhan cendawan yang dapat merugikan tanaman (Abror dan Harjo, 2018). *Trichoderma* sp. juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman karena mampu mengurai bahan organik menjadi senyawa sederhana yang dibutuhkan oleh tanaman sehingga senyawa yang dibutuhkan tanaman tersedia (Dewi *et al.*, 2015).

Pengendalian virus yang terbaik salah satunya dengan menggunakan varietas unggul yang resisten terhadap serangan virus kompleks. Resistensi tanaman tomat dapat ditingkatkan dengan menggunakan jamur antagonis *Trichoderma* sp. Jamur ini diketahui memiliki beberapa mekanisme dalam pengendalian penyakit tanaman salah satunya dengan mekanisme induksi resistensi (Sutarman *et al.*, 2021). *Trichoderma* sp. merupakan jamur yang dapat memproduksi berbagai macam senyawa yang dapat menginduksi resistensi tanaman secara lokal dan sistemik terhadap serangan penyakit tanaman dan juga terhadap keadaan lingkungan yang tidak menguntungkan (Marsella dan Ali, 2017). Penggunaan agensia hayati diharapkan menghasilkan pertanian yang berkelanjutan yang berorientasi kepada kelestarian lingkungan dan meningkatkan hasil pertanian (Prabaningrum, 2015).

Penggunaan *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan hayati memberikan solusi ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk mengendalikan berbagai penyakit tanaman. Pemberian *Trichoderma* sp. tidak mencemari lingkungan dan tidak meninggalkan residu berbahaya dalam tanah atau hasil panen (Utami *et al.*, 2023).

Trichoderma sp. memiliki sifat oportunistik, yang berarti mereka dapat mengambil keuntungan dari kondisi lingkungan yang menguntungkan untuk berkembang. *Trichoderma* sp. mampu memanfaatkan berbagai substrat, memproduksi senyawa antimikroba, dan bersifat oportunis dalam lingkungan (Khabita *et al.*, 2022).

Trichoderma sp. dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap virus dengan memicu respon pertahanan sistemik. *Trichoderma harzianum* mampu menginduksi ketahanan tanaman cabai terhadap virus gemini melalui aktivitas jalur pertahanan jasmonat (Zhang *et al.*, 2016). Pemberian *Trichoderma* sp. dapat memberikan ketahanan terhadap virus dengan meningkatkan senyawa antibakteri dan ketebalan dinding sel. *Trichoderma* sp. dapat memicu peningkatan produksi senyawa antibakteri pada tanaman tomat, seperti fitoaleksin dan enzim hidrolisis dan senyawa ini dapat menghambat replikasi virus dan melindungi tanaman dari infeksi virus (Yadav *et al.*, 2018).

Penggunaan *Trichoderma* sp. untuk mengendalikan virus karena dapat meningkatkan ketahanan tanaman. *Trichoderma* sp. dapat memperkuat sistem pertahanan tanaman melalui mekanisme induksi ketahanan sistemik *Systemic induced Resistance* (SIR) (Agustina, 2017). *Trichoderma* sp. menginduksi ketahanan sistemik di seluruh tanaman dengan mengaktifkan jalur sinyal pertahanan. Aktivitas jalur ini menghasilkan peningkatan ekspresi gen yang mengkode *protein pathogenesis* (PR-protein) dan enzim yang terlibat dalam pengurangan dinding sel patogen (Agustina *et al.*, 2019). *Trichoderma* sp. dapat mengubah metabolisme tanaman untuk meningkatkan produksi metabolit sekunder. Peningkatan fenol dan flavonoid yang memiliki sifat antivirus, peningkatan ini mampu menghambat

replikasi virus dalam sel tanaman dan memperkuat dinding sel membuat virus sulit menyebar (Titalianingtyas dan Ratnasari, 2023).

Seed treatment atau pelakuan benih dengan menggunakan *Trichoderma* sp. adalah salah satu cara yang efektif untuk melindungi tanaman sejak tahap awal pertumbuhan. Benih direndam dengan *Trichoderma* sp. benih akan dilapisi oleh jamur dan mulai mengkolonisasi permukaan benih, *Trichoderma* sp. akan menempel pada kulit benih pada saat benih mula berkecambah *Trichoderma* sp. akan tumbuh bersama akar yang berkembang (Rahmawati dan Wijayanti, 2018). *Trichoderma* sp. memberikan perlindungan langsung pada benih dan bibit muda dari serangan patogen. Mengkolonisasikan *Trichoderma* sp. pada akar dapat bersaing dengan patogen untuk mendapatkan nutrisi dan ruang, serta dapat menghasilkan enzim dan senyawa antimikroba yang menghambat pertumbuhan patogen (Pulung *et al.*, 2014). Aplikasi dengan seed treatment dapat menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap infeksi virus yang bisa menurunkan intensitas serangan penyakit sebesar 12,15% (Heriyanto, 2019). Lama waktu perendaman benih tomat dengan *Tihcoderma* sp. selama 3 jam dapat mengurangi dampak keparahan akibat virus gemini (Abdel-Shafi *et al.*, 2013).

Aplikasi *Trichoderma* sp. pada tanaman yang termasuk seed treatment. Konsentrasi yang digunakan diukur dalam satuan CFU/ml (*Colony furming unit per mililiter*) yang menunjukkan jumlah konidia *Trichoderma*. Perlakuan benih konsentrasi *Trichoderma* sp. yang efektif untuk mengendalikan patogen keriting daun antara 10^7 konidia/ml (Sopialena, 2018). Pemberian konsentrasi *Trichoderma* sp. dengan jumlah yang cukup, tanaman dapat mengalami induksi ketahanan

sistemik yang lebih kuat, hal ini meningkatkan kemampuan tanaman melawan patogen (Risthayeni dan Zahara, 2018).

BAB III

MATERI DAN METODE

Penelitian telah dilaksanakan di lahan, Dukuh Kedungbamban, kecamatan Gunungwungkal, Kabupaten Pati dan Laboratorium Ekologi dan Produksi Tanaman, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang, Jawa Tengah pada tanggal 25 Agustus 2024 – 18 Desember 2024. Sampel *Trichoderma* sp. didapatkan di Universitas Mataram.

3.1. Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan alat Materi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan alat dan bahan. Alat yang digunakan yaitu: cangkul, tali rafia, meteran, ember, gembor, tray semai, polybag, kamera, jangka sorong dan alat tulis. Bahan - bahan yang digunakan yaitu: tanah, isolat *Trichoderma* sp., air, benih tomat varietas Permata, pupuk P 25O5, N dan K.

3.2. Metode Penelitian

3.2.1. Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan rancangan faktorial 4×3 yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor perlakuan. Faktor pertama yaitu kerapatan konidia *Trichoderma* sp. yang terdiri atas tiga taraf perlakuan, yaitu 10^6 konidia/ml (D1), 10^7 konidia/ml (D2), dan 10^8 konidia/ml (D3). Faktor kedua yaitu lama perendaman benih tomat dalam suspensi *Trichoderma* sp. yang terdiri

atas empat taraf perlakuan, yaitu 5 menit (A1), 1 jam (A2), 2 jam (A3), dan 3 jam (A4).

Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga diperoleh 36 unit percobaan. Pada setiap unit percobaan ditanam sebanyak tiga benih tomat, sehingga total benih tomat yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 108 benih.

3.2.2. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan kegiatan, yaitu persiapan penelitian, perbanyakan dan pembuatan suspensi *Trichoderma* sp., perendaman benih tomat, penyemaian benih, pemeliharaan semaian, penanaman bibit, pemeliharaan tanaman, pengamatan, pengambilan data, hingga analisis data. Seluruh tahapan penelitian dilakukan secara bertahap sesuai dengan perlakuan yang telah ditentukan untuk memperoleh data penelitian yang akurat dan sesuai dengan tujuan penelitian.

1. Persiapan penelitian

Persiapan penelitian dilakukan dengan menyiapkan seluruh alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan suspensi *Trichoderma* sp. serta kegiatan penanaman benih tomat. Persiapan juga meliputi penyediaan wadah persemaian dan media tanam yang digunakan selama penelitian berlangsung.

Media tanam yang digunakan untuk persemaian berupa campuran tanah dan kompos dengan perbandingan 1 : 1 berdasarkan volume. Media tanam dicampur hingga homogen agar memiliki kondisi yang sesuai untuk pertumbuhan benih.

Penggunaan campuran tanah dan kompos diharapkan mampu memberikan kelembapan yang cukup serta memiliki sifat porous sehingga mendukung proses perkecambahan benih tomat.

Media tanam yang telah tercampur merata kemudian dimasukkan ke dalam tray semai berukuran 3 cm × 3 cm. Selanjutnya, tray semai ditempatkan pada lingkungan yang terlindung dari paparan sinar matahari dan air hujan secara langsung guna menjaga kelembapan media dan mendukung pertumbuhan benih secara optimal.

2. Perbanyak *Trichoderma* sp. Pada Media Beras

Perbanyak *Trichoderma* sp. dilakukan menggunakan media beras. Tahap awal dilakukan dengan menyiapkan seluruh alat dan bahan yang digunakan untuk proses perbanyak. Beras dicuci menggunakan air mengalir sebanyak tiga kali hingga air cucian terlihat jernih. Setelah dicuci, beras dimasukkan ke dalam panci pengukus dan dikukus selama 15–20 menit hingga beras setengah matang.

Beras yang telah setengah matang kemudian didinginkan hingga tidak mengeluarkan uap air. Selanjutnya, beras dimasukkan ke dalam wadah steril sebanyak 300 gram menggunakan sendok steril dengan bantuan nyala lilin untuk menjaga kondisi tetap steril selama proses pemindahan. Setelah itu, beras dikukus kembali selama 1 jam hingga matang sempurna, kemudian didinginkan kembali hingga tidak terdapat uap air pada media.

Inokulasi *Trichoderma* sp. dilakukan dengan memasukkan bibit *Trichoderma* sp. ke dalam media beras menggunakan sendok yang telah disterilisasi

menggunakan alkohol dan dipanaskan di atas nyala lilin. Media kemudian diaduk secara perlahan agar inokulum tersebar merata pada seluruh bagian beras.

Wadah media ditutup rapat menggunakan isolasi untuk mencegah masuknya udara dan kontaminan dari luar. Selanjutnya, media disimpan pada tempat yang gelap dan lembap untuk mendukung pertumbuhan *Trichoderma* sp. Pengamatan dilakukan setiap hari untuk melihat perkembangan dan pertumbuhan *Trichoderma* sp. pada media beras.

3. Isolat *Trichoderma* sp.

Peremajaan isolat *Trichoderma* sp. dilakukan menggunakan media PDA (*Potato Dextrose Agar*). Pembuatan media PDA dilakukan dengan menimbang medium PDA sebanyak 10 gram, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 250 ml akuades. Campuran diaduk hingga homogen, kemudian dipanaskan menggunakan hot plate hingga media larut dan mendidih.

Media yang telah larut kemudian didinginkan dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah proses sterilisasi selesai, media PDA dituangkan ke dalam cawan petri steril dan dibiarkan hingga memadat.

Isolasi *Trichoderma* sp. dilakukan dengan mengambil bagian beras yang telah ditumbuhi *Trichoderma* sp. menggunakan jarum ose steril, kemudian diletakkan pada bagian tengah media PDA. Inokulum ditekan secara perlahan agar menyentuh permukaan media sehingga jamur dapat tumbuh dengan baik.

Selanjutnya, cawan petri diinkubasi pada suhu ruang sekitar 25°C–28°C selama 7 hari hingga koloni *Trichoderma* sp. tumbuh dan berkembang secara optimal pada media PDA.

4. Pembuatan Suspensi Konidia *Trichoderma* sp.

Pembuatan suspensi konidia *Trichoderma* sp. dilakukan dengan menggunakan isolat yang telah diremajakan selama 7 hari pada media pertumbuhan. Isolat kemudian ditambahkan 10 ml akuades steril, selanjutnya permukaan media digosok secara perlahan menggunakan spatula steril hingga konidia *Trichoderma* sp. terlepas dan tercampur merata dengan akuades. Suspensi yang telah tercampur kemudian dituangkan ke dalam erlenmeyer steril, lalu ditambahkan kembali 90 ml akuades steril dan dikocok hingga homogen.

Perhitungan kerapatan konidia dilakukan menggunakan haemocytometer yang diamati di bawah mikroskop. Suspensi konidia diambil sebanyak 1 ml menggunakan suntikan steril, kemudian ditetaskan pada permukaan haemocytometer untuk dilakukan pengamatan dan perhitungan jumlah konidia.

Kerapatan konidia awal yang diperoleh yaitu 10^8 konidia/ml. Selanjutnya dilakukan pengenceran bertingkat untuk memperoleh kerapatan konidia sesuai perlakuan penelitian, yaitu 10^7 konidia/ml dan 10^6 konidia/ml. Suspensi 10^7 konidia/ml dibuat dengan cara mengencerkan suspensi 10^8 konidia/ml menggunakan akuades steril dengan perbandingan 1:10. Selanjutnya, suspensi 10^6 konidia/ml dibuat dengan mengencerkan suspensi 10^7 konidia/ml menggunakan akuades steril dengan perbandingan 1:10.

Suspensi konidia yang telah diperoleh kemudian digunakan untuk aplikasi perendaman benih tomat sesuai perlakuan penelitian.

5. Perendaman Benih Tomat Dengan Suspensi *Trichoderma* sp.

Benih tomat direndam menggunakan suspensi *Trichoderma* sp. yang telah disiapkan sesuai dengan perlakuan. Suspensi dimasukkan ke dalam wadah steril, kemudian benih tomat dimasukkan ke dalam suspensi dengan kerapatan spora masing-masing sebesar 10^6 konidia/ml, 10^7 konidia/ml, dan 10^8 konidia/ml.

Perendaman benih dilakukan berdasarkan interval waktu yang telah ditentukan, yaitu selama 5 menit, 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Selama proses perendaman, benih dipastikan terendam secara merata agar spora *Trichoderma* sp. dapat melekat pada seluruh permukaan benih.

Setelah proses perendaman selesai, benih diangkat dan ditiriskan menggunakan kertas steril hingga permukaan benih tidak terlalu basah. Benih yang telah direndam kemudian digunakan untuk tahap penanaman sesuai dengan perlakuan pada penelitian.

6. Penyemaian Benih Tomat

Penyemaian benih tomat dilakukan menggunakan benih yang telah direndam dalam suspensi *Trichoderma* sp. sesuai dengan perlakuan yang telah ditentukan. Benih kemudian ditanam pada tray semai yang telah diisi media tanam.

Penanaman benih dilakukan dengan cara meletakkan satu benih pada setiap lubang tray semai dengan kedalaman tanam yang seragam agar pertumbuhan benih berlangsung secara optimal. Setelah benih ditanam, media tanam ditutup tipis menggunakan media semai untuk menjaga kelembapan benih.

Tray semai selanjutnya disusun secara berbaris sesuai dengan label perlakuan yang diberikan untuk memudahkan pengamatan dan pemeliharaan selama

penelitian berlangsung. Penyiraman dilakukan secara rutin menggunakan air secukupnya guna menjaga kelembapan media tanam sehingga mendukung proses perkecambahan dan pertumbuhan bibit tomat.

7. Pemeliharaan Semaian

Pemeliharaan semaian tomat dilakukan secara rutin untuk mendukung pertumbuhan bibit yang optimal. Pemeliharaan dilakukan dengan penyiraman menggunakan sprayer sebanyak dua kali sehari, yaitu pada pagi dan sore hari hingga media tanam berada dalam kondisi lembap. Penyiraman dilakukan secara hati-hati agar media tanam tidak rusak dan benih maupun bibit tidak berpindah posisi.

Tray semai ditempatkan pada lokasi yang teduh dan terlindung dari paparan sinar matahari serta hujan secara langsung guna menjaga kelembapan media tanam dan menghindari kerusakan pada bibit tanaman. Selain itu, dilakukan pengamatan secara berkala terhadap pertumbuhan bibit dan kondisi media tanam untuk memastikan semaian tumbuh dengan baik serta terhindar dari gangguan hama maupun penyakit.

8. Penanaman Bibit Tomat

Sebelum dilakukan pemindahan bibit, terlebih dahulu disiapkan media tanam di dalam polybag berukuran 40 cm × 40 cm. Media tanam dibuat dengan mencampurkan tanah, kompos, dan pupuk kandang dengan perbandingan 1: 1: 1 berdasarkan volume hingga tercampur secara merata. Media tanam yang telah siap kemudian dimasukkan ke dalam polybag dan disusun pada lokasi penelitian sesuai tata letak perlakuan.

Bibit tomat yang dipindahkan merupakan bibit terbaik hasil penyemaian yang telah memiliki 4–6 helai daun atau memiliki tinggi sekitar 8 cm. Pemindahan bibit dilakukan secara hati - hati agar akar tanaman tidak rusak. Setiap polybag ditanami satu bibit tomat.

Polybag disusun dengan jarak antar polybag dalam barisan sebesar 50 cm dan jarak antar barisan sebesar 60 cm, sehingga diperoleh jarak tanam 50 cm × 60 cm. Pengaturan jarak tanam tersebut bertujuan untuk memberikan ruang tumbuh yang optimal, menjaga sirkulasi udara, serta memudahkan proses pemeliharaan dan pengamatan tanaman selama penelitian berlangsung.

Setelah penanaman selesai, dilakukan penyiraman secukupnya untuk menjaga kelembapan media tanam dan membantu tanaman beradaptasi pada media tanam yang baru.

7. Pemeliharaan Tanaman Tomat

Pemeliharaan tanaman tomat meliputi beberapa kegiatan, yaitu penyiraman, penyiangan, penyulaman, pembuatan ajir, pemupukan, pemangkasan, dan panen. Pemeliharaan dilakukan secara rutin untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman agar optimal selama penelitian berlangsung.

Penyiraman dilakukan sebanyak dua kali sehari, yaitu pada pagi dan sore hari menggunakan selang. Apabila kondisi media tanam masih lembap, penyiraman dilakukan satu kali sehari. Penyiraman bertujuan untuk menjaga kelembapan media tanam serta membantu pelarutan unsur hara sehingga dapat diserap tanaman dengan baik.

Penyiangan dilakukan dengan mencabut gulma yang tumbuh di dalam polybag dan membersihkan gulma di sekitar area penelitian menggunakan alat pemotong rumput. Penyiangan bertujuan untuk mengurangi persaingan antara gulma dan tanaman tomat dalam memperoleh unsur hara, air, dan cahaya matahari.

Penyulaman dilakukan terhadap tanaman yang tumbuh abnormal, mati, atau terserang hama dan penyakit pada umur 1 minggu setelah pindah tanam. Bibit yang digunakan untuk penyulaman berasal dari bibit cadangan dengan umur yang sama. Penyulaman dilakukan satu kali selama penelitian berlangsung.

Pembuatan ajir dilakukan menggunakan bambu sepanjang 2 m yang ditancapkan pada setiap polybag sebanyak dua batang, kemudian diikat pada bagian ujung menggunakan tali. Pemberian ajir bertujuan untuk menopang tanaman agar tumbuh tegak, memperbaiki sirkulasi udara, dan memudahkan tanaman memperoleh sinar matahari secara optimal.

Pemupukan dilakukan sesuai dosis rekomendasi, yaitu nitrogen (N) sebesar 168 kg/ha, fosfor (P_2O_5) sebesar 146,5 kg/ha, dan kalium (K_2O) sebesar 145 kg/ha berdasarkan rekomendasi Kementerian Pertanian (2017). Pemupukan dilakukan satu minggu sekali menggunakan pupuk urea, SP-36, dan KCl sesuai dosis perlakuan. Perhitungan dosis pupuk dapat dilihat pada Lampiran 4.

Pemangkasan dilakukan secara rutin satu kali seminggu menggunakan gunting dengan memotong tunas air yang tumbuh pada ketiak batang. Selain itu, dilakukan pemangkasan pucuk tanaman dengan menyisakan 3–4 tandan buah per tanaman. Pemangkasan bertujuan untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman dan perkembangan buah.

Panen dilakukan saat tanaman berumur 55–75 hari setelah tanam (HST). Buah tomat yang telah memenuhi kriteria panen disortir terlebih dahulu, kemudian dipanen menggunakan gunting untuk menghindari kerusakan pada buah maupun tanaman.

3.2.3. Parameter Penelitian

Pengamatan dilakukan pada setiap tanaman yang terkena serangan pathogen keriting kuning dan pertumbuhan tanaman tomat. Data yang diambil merupakan data tanaman yang terserang penyakit keriting kuning dari tanaman yang ditanam pada setiap unit percobaan. Pengamatan yang diamati meliputi :

1. Masa Inkubasi

Pengamatan masa inkubasi dilakukan dengan cara mengamati seluruh tanaman pada setiap perlakuan penelitian. Pengamatan dilakukan secara visual terhadap munculnya gejala awal penyakit keriting kuning pada tanaman tomat. Gejala yang diamati meliputi daun mengeriting, ukuran daun mengecil, pertumbuhan tanaman menjadi kerdil, serta perubahan warna daun menjadi kuning.

Pengamatan dilakukan secara berkala setiap 7 hari sekali, dimulai sejak 1 minggu setelah tanam (MST) hingga minggu ke-10 setelah tanam. Pada setiap waktu pengamatan, dicatat waktu pertama munculnya gejala penyakit keriting kuning pada tanaman. Data hasil pengamatan digunakan untuk menentukan masa inkubasi penyakit pada masing-masing perlakuan penelitian.

2. Insidensi Penyakit

Pengamatan insidensi penyakit dilakukan terhadap tanaman yang menunjukkan gejala penyakit keriting kuning. Pengamatan dilakukan secara visual dengan menghitung jumlah tanaman yang bergejala pada setiap perlakuan penelitian. Gejala yang diamati meliputi daun mengeriting, daun menguning, pertumbuhan tanaman kerdil, dan perubahan bentuk daun.

Pengamatan dilakukan secara berkala bersamaan dengan waktu pengamatan lainnya selama penelitian berlangsung. Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung persentase kejadian penyakit pada tanaman tomat. Perhitungan insidensi penyakit dilakukan menggunakan rumus menurut Norsalehah *et al.* (2022), yaitu:

$$P = \frac{A}{N} \times 100\%$$

Keterangan :

P = kejadian penyeakit (%)

A = jumlah tanaman begejala

N = jumlah tanaman yang diamati

3. Intensitas Serangan Keriting Kuning

Pengambilan data intensitas serangan penyakit keriting kuning dilakukan dengan cara mengamati tingkat keparahan gejala pada setiap tanaman tomat yang tumbuh di setiap petakan percobaan. Pengamatan dilakukan secara visual menggunakan skala penilaian gejala selama 8 minggu setelah tanaman (MST). Perhitungan intensitas serangan penyakit keriting kuning dilakukan dengan menggunakan rumus Tricahyati *et al.* (2021) sebagai berikut :

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

Keterangan

IP = intensitas penyakit

n = jumlah tanaman pada setiap kategori gejala

v = nilai sekor dari setiap kategori

Z = nilai sekor dari kategori tertinggi

N = jumlah tanaman yang diamati

Skala serangan penyakit dibagi dalam beberapa kategori berdasarkan tingkat keparahan gejala yang diamati, sebagai berikut.

Tabel 1. Nilai Intensitas Serangan Penyakit Keriting Kuning.

Nilai Skala	Keadaan Tanaman
0	Tanaman tidak ada gejala
1	Daun mengalami gejala keriting dan menguning <25% tanaman bergejala ringan.
2	Daun mengalami gejala keriting dan menguning 25% - 50% tanaman bergejala sedang.
3	Daun mengalami gejala keriting dan menguning 50% - 75% tanaman bergejala berat.
4	Seluruh daun menunjukkan gejala keriting dan menguning. <75% tanaman bergejala sangat berat

4. Nilai *Area of Under the Disease Progress Curve* (AUDPC)

Nilai *Area Under the Disease Progress Curve* (AUDPC) diperoleh berdasarkan hasil pengamatan insidensi penyakit pada setiap waktu pengamatan. Nilai AUDPC digunakan untuk mengetahui perkembangan penyakit dalam suatu

populasi tanaman yang dinyatakan sebagai luas area di bawah kurva perkembangan penyakit selama periode pengamatan.

Perhitungan nilai AUDPC dilakukan berdasarkan metode yang dikemukakan oleh Landeo (1999) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{AUDPC} = \sum_{i=1}^{n-1} \left[\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right] \times t_{i+1} - t_i$$

dengan : X = insiden penyakit dan t = waktu pengamatan (hari ke-0,7,14,21,28,35,42,49,56)

- **Pertumbuhan dan Produksi Tomat**

1. **Tinggi Tanaman (cm)**

Pengamatan tinggi tanaman dilakukan setiap satu minggu sekali setelah pindah tanam hingga tanaman berumur 10 minggu setelah tanam (MST). Pengukuran dilakukan pada seluruh tanaman sampel di setiap perlakuan penelitian.

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan menggunakan penggaris dengan cara mengukur tinggi tanaman mulai dari permukaan tanah hingga titik tumbuh tanaman. Hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan sentimeter (cm) dan dicatat pada setiap waktu pengamatan untuk mengetahui pertumbuhan tinggi tanaman selama penelitian berlangsung.

2. **Jumlah Daun yang Bergejala (helai)**

Pengamatan jumlah daun yang bergejala dilakukan dengan menghitung jumlah daun tanaman tomat yang menunjukkan gejala penyakit keriting kuning. Pengamatan dimulai saat gejala pertama muncul dan dilakukan secara berkala setiap satu minggu sekali hingga panen pertama.

Daun yang dihitung sebagai daun bergejala adalah daun yang menunjukkan tanda-tanda khas penyakit keriting kuning, seperti daun mengeriting, menguning, mengecil, dan mengalami perubahan bentuk. Perhitungan dilakukan dengan menghitung seluruh daun bergejala pada setiap tanaman sampel di masing-masing perlakuan.

Jumlah daun bergejala dihitung secara manual dengan cara menghitung satu per satu helai daun yang menunjukkan gejala, kemudian hasil pengamatan dicatat pada setiap waktu pengamatan. Data yang diperoleh digunakan untuk mengetahui tingkat perkembangan gejala penyakit pada tanaman tomat selama penelitian berlangsung.

3. Luas daun (cm²)

Pengamatan luas daun dilakukan dengan memilih daun tanaman tomat yang memiliki ukuran paling lebar, masih berwarna hijau, dan tidak menunjukkan gejala penyakit keriting kuning. Pengamatan dilakukan pada tanaman sampel di setiap perlakuan penelitian.

Pengukuran luas daun dilakukan menggunakan penggaris dengan cara mengukur panjang dan lebar daun. Panjang daun diukur dari pangkal hingga ujung daun, sedangkan lebar daun diukur pada bagian daun yang paling lebar. Nilai panjang dan lebar daun kemudian digunakan untuk menghitung luas daun menggunakan nilai konstanta.

Perhitungan luas daun dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$LD=P \times L \times K$$

Keterangan:

LD = luas daun (cm^2)

P = panjang daun (cm)

L = lebar daun (cm)

K = konstanta luas daun (0,75)

4. Jumlah Buah (buah)

Pengamatan jumlah buah dilakukan pada saat panen pertama dengan menghitung jumlah buah yang dihasilkan pada setiap tanaman sampel. Perhitungan dilakukan secara manual dengan menghitung seluruh buah yang dipanen dari masing-masing tanaman.

Buah yang dihitung adalah buah tomat yang sehat, tidak terserang hama maupun penyakit, serta telah memenuhi kriteria panen. Hasil pengamatan dicatat dalam satuan buah per tanaman untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap produksi tanaman tomat.

5. Diameter Buah (cm)

Pengamatan diameter buah dilakukan pada saat panen pertama terhadap buah tomat yang sehat dan tidak terserang hama maupun penyakit. Pengukuran dilakukan pada buah hasil panen dari setiap tanaman sampel pada masing-masing perlakuan penelitian.

Pengukuran diameter buah dilakukan dengan cara membelah buah menjadi dua bagian, kemudian diameter buah diukur menggunakan jangka sorong pada bagian buah yang paling lebar. Hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan

sentimeter (cm) dan dicatat untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap ukuran buah tomat.

3.2.4. Analisis Data

Data yang diperoleh dari penelitian dianalisis menggunakan analisis ragam dengan metode linear sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + A_j + (DA)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Nilai pengamatan pada suatu percobaan ke-A yang memperoleh kombinasi perlakuan taraf ke-D dari faktor waktu perendaman benih dalam suspensi *Trichoderma sp.* dan taraf ke-j dari faktor kerapatan spora *Trichoderma sp.*

μ = Rata – rata umum

D_i = Pengaruh taraf ke-i dari faktor kerapatan spora *Trichoderma sp.*

A_j = Pengaruh taraf ke-j dari faktor waktu perendaman benih dalam larutan *Trichoderma sp.*

$(DA)_{ij}$ = Pengaruh taraf ke-i faktor waktu perendaman dalam larutan *Trichoderma sp.* dan taraf ke-j dari kerapatan spora *Trichoderma sp.*

E_{ijk} = Galat yang muncul dari satuan percobaan ke-A yang memperoleh kombinasi perlakuan waktu perendaman benih dalam suspensi *Trichoderma sp.* ke-i dan kerapatan spora *Trichoderma sp.* ke-j

Hipotesis statistik yang diuji adalah :

1. Pengaruh kerapatan spora *Trichoderma sp.*

$H_0 : M_i = 0$, perlakuan kerapatan spora *Trichoderma sp.* tidak berpengaruh terhadap penyebaran keriting kuning dan pertumbuhan tomat.

H_1 :terdapat minimal satu $D_1 \neq 0$, perlakuan kerapatan spora *Trichoderma sp.* berpengaruh terhadap penyebaran keriting kuning dan pertumbuhan tomat.

2. Pengaruh waktu perendaman benih dalam suspensi *Trichoderma sp.*

H_0 : $A_j = 0$, perlakuan waktu perendaman benih dalam suspensi *Trichoderma sp.* tidak berpengaruh terhadap penyebaran keriting kuning dan pertumbuhan tomat.

H_1 :terdapat minimal satu $A_j \neq 0$, perlakuan waktu perendaman benih dalam suspensi *Trichoderma sp.* berpengaruh terhadap penyebaran keriting kuning dan pertumbuhan tomat.

3. Pengaruh intraksi kerapatan spora *Trichoderma sp.* dan waktu perendaman suspensi *Trichoderma sp.*

H_0 : $DA_{ij} = 0$, interaksi perlakuan kerapatan spora *Trichoderma sp.* dan waktu perendaman benih dalam suspensi *Trichoderma sp.* tidak berpengaruh terhadap penyebaran keriting kuning dan pertumbuhan tomat.

H_1 :terdapat minimal satu $DA_{ij} \neq 0$, interaksi perlakuan kerapatan spora *Trichoderma sp.* dan waktu perendaman benih dalam suspensi *Trichoderma sp.* tidak berpengaruh terhadap penyebaran keriting kuning dan pertumbuhan tomat.

$F_{\text{Hitung}} \leq F_{\text{Tabel}} = H_0$ diterima

$F_{\text{Hitung}} > F_{\text{Tabel}} = H_1$ diterima

Pengolahan data menggunakan analisis ragam dengan asumsi data normal dan bersifat homogen dengan uji normalitas dan uji homogenitas. Apabila $F_{\text{hitung}} \geq F_{\text{tabel}}$ maka terdapat pengaruh signifikan perlakuan terhadap objek pengamatan

maka dilanjutkan dengan Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan taraf 5% sehingga diketahui beda antar perlakuan dengan taraf 5%.