

**EFEKTIVITAS PENCUCIAN BENIH DAN CARA APLIKASI
Trichoderma sp. DALAM PENGENDALIAN PENYAKIT
BULAI DAN PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG**

SKRIPSI

Oleh:

FADILLA LISKI KUMALARATRI



**PROGRAM STUDI S1-AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2024**

**EFEKTIVITAS PENCUCIAN BENIH DAN CARA APLIKASI
Trichoderma sp. DALAM PENGENDALIAN PENYAKIT
BULAI DAN PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG**

Oleh

FADILLA LISKI KUMALARATRI

NIM : 23020220120002

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pertanian pada Program Studi Agroekoteknologi
Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro

**PROGRAM STUDI S1-AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2024**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fadilla Liski Kumalaratri
NIM : 23020220120002
Program Studi : S1 Agroekoteknologi

dengan ini menyatakan sebagai berikut :

1. Skripsi yang berjudul : **Efektivitas Pencucian Benih dan Cara Aplikasi *Trichoderma* sp. dalam Pengendalian Penyakit Bulai dan Pertumbuhan Tanaman Jagung** dan penelitian yang terkait dengan skripsi ini merupakan karya penulis sendiri.
2. Setiap ide dan kutipan yang diambil dari karya orang lain, berupa publikasi atau format lain, telah diakui sesuai dengan aturan disiplin ilmu.
3. Penulis mengakui bahwa skripsi ini dapat disesuaikan 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 S1 Agroekoteknologi di Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro.

Semarang, Oktober 2024
Penulis,

Fadilla Liski Kumalaratri

Mengetahui :

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Prof. Dr. Ir. Florentina Kusmiyati, M. Sc. A'isyah Surya Bintang, S. P., M. Sc.

Judul Skripsi : EFEKTIVITAS PENCUCIAN BENIH DAN
CARA APLIKASI *Trichoderma* sp. DALAM
PENGENDALIAN PENYAKIT BULAI
DAN PERTUMBUHAN TANAMAN
JAGUNG

Nama Mahasiswa : FADILLA LISKI KUMALARATRI

Nomor Induk Mahasiswa : 23020220120002

Program Studi/Departemen : S1 AGROEKOTEKNOLOGI/ PERTANIAN

Fakultas : PETERNAKAN DAN PERTANIAN

Telah disidangkan di hadapan Tim Penguji
dan dinyatakan lulus pada tanggal:_____

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Prof. Dr. Ir. Florentina Kusmiyati, M. Sc. A'isyah Surya Bintang, S. P., M. Sc.

Ketua Program Studi

Ketua Panitia Ujian Akhir Program

Dr. Ir. Eny Fuskhah, M. Si.

Dr. Ir. Susilo Budiyanto, M. Si.

Dekan

Plt. Ketua Departemen

Prof. Sugiharto, S.Pt., M.Sc., PhD

A. N. Al-Baarri, S.Pt., M.P., Ph.D.

RINGKASAN

FADILLA LISKI KUMALARATRI. 23020220120002. 2024. Efektivitas Pencucian Benih dan Cara Aplikasi *Trichoderma* sp. dalam Pengendalian Penyakit Bulai dan Pertumbuhan Tanaman Jagung. (Pembimbing: **FLORENTINA KUSMIYATI** dan **A'ISYAH SURYA BINTANG**).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh pencucian benih dari fungisida, pengaruh cara aplikasi *Trichoderma* sp. dan interaksinya dalam mengendalikan penyakit bulai pada tanaman jagung. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April – Juli 2024 di Desa Klepu, Kecamatan Pringapus, Kabupaten Semarang dan laboratorium ekologi dan produksi tanaman Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial serta setiap unit percobaan terdiri dari 8 tanaman sehingga terdapat 320 populasi tanaman jagung Paramita F1. Faktor pertama yaitu faktor pencucian benih jagung dari fungisida (A) yaitu A_0 = Tanpa pencucian dan A_1 = Pencucian benih dari fungisida. Faktor kedua yaitu cara aplikasi *Trichoderma* sp. yang terdiri dari T_0 = Kontrol, T_1 = Perendaman benih dengan *Trichoderma* sp., T_2 = Penyiraman *Trichoderma* sp. pada rhizosfer, dan T_3 = Penyemprotan *Trichoderma* sp. pada daun. Tahap pelaksanaan meliputi isolasi *Trichoderma* sp., identifikasi, pemurnian dan perbanyakan *Trichoderma* sp., survey tanaman terserang bulai, inokulasi *Peronosclerospora* sp., pencucian benih, perkecambahan, aplikasi *Trichoderma* sp., penanaman, pemeliharaan, serta pengamatan. Parameter pengamatan meliputi masa inkubasi, intensitas, insidensi, AUDPC (*Area Under The Disease Progress Curve*), laju infeksi, kadar klorofil, kerapatan stomata, bukaan stomata, tinggi tanaman, jumlah daun, bobot basah, dan bobot kering tajuk.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pencucian benih dan cara aplikasi *Trichoderma* sp. tidak berpengaruh nyata pada parameter penyakit bulai. Masa inkubasi bulai terjadi pada minggu ke-dua yaitu 14,65 – 15,55 HST. Nilai insidensi penyakit mengalami peningkatan dari 14 HST serta mencapai 100% pada 42 HST, intensitas penyakit dengan nilai berkisar 37,50% - 119,38% pada 42 HST, dan nilai AUDPC berkisar 101,25 – 120,31 dalam kategori agak tahan bulai. Laju infeksi tertinggi pada 14 HST dan mengalami penurunan hingga 42 HST. Perlakuan pencucian benih dan cara aplikasi *Trichoderma* sp. tidak berpengaruh nyata pada parameter pertumbuhan tanaman seperti kadar klorofil total, klorofil a dan b, kerapatan stomata, bukaan stomata, tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar tajuk, dan bobot kering tajuk. Faktor abiotik seperti suhu dan kelembaban dapat mempengaruhi pertumbuhan serta perkembangan patogen bulai serta agen hayati *Trichoderma* sp.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa perlakuan tanpa pencucian benih dari fungisida dan cara aplikasi *Trichoderma* sp. melalui penyemprotan daun efektif dalam mengendalikan penyakit bulai dan meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung varietas Paramita F1 yang ditunjukkan dengan nilai laju infeksi yang menurun setiap minggunya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Efektivitas Pencucian Benih dan Cara Aplikasi *Trichoderma* sp. dalam Pengendalian Penyakit Bulai dan Pertumbuhan Tanaman Jagung”. Yang merupakan salah satu syarat memperoleh gelar sarjana pertanian, Universitas Diponegoro. Penulis menyadari bahwa tersusunnya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir Florentina Kusmiyati, M. Sc selaku dosen pembimbing utama dan A'isyah Surya Bintang, S.P., M. Sc. selaku dosen pembimbing anggota atas motivasi, arahan, dan masukan dalam penyusunan proposal penelitian, pelaksanaan, sampai penyusunan skripsi.
2. Prof. Sugiharto, S. Pt., M.Sc., PhD. selaku Dekan Fakultas Peternakan dan Pertanian beserta jajarannya atas izin dan kesempatan mengikuti program S1 Agroekoteknologi.
3. Ahmad Ni'matullah Al-Baarri, S.Pt., M.P., Ph.D. selaku Ketua Departemen Pertanian yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi.
4. Ketua Program Studi S1-Agroekoteknologi Dr. Ir. Eny Fuskhah, M.Si. atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk mengikuti program S1.

5. Prof. Dr. Ir. Endang Dwi Purbayanti M. S. selaku dosen wali yang telah memberikan arahan, bimbingan akademik, serta evaluasi selama masa studi di Program Studi S1 Agroekoteknologi.
6. Seluruh dosen Program Studi S1 Agroekoteknologi Prof. Dr. Ir. Endang Dwi Purbajanti, M.S., Prof. Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Si., Prof. Dr. Ir. Florentina Kusmiyati, Dr. Ir. Budi Adi Kristanto, M.S., Dr. Ir. Sutarno, M.S. M.Sc., Dr. Ir. Susilo Budiyanto, M.Si., Prof. Ir. Didik Wisnu Widjajanto, M. Sc. Ph.D., Ir. Karno, M.Appl.Sc., Ph.D., Dr. Ir. Eny Fuskhah, M.Si., Bagus Herwibawa, S.P, M.P., Rosyida, S.P., M.Sc., Aisyah Surya Bintang, S.P., M.Sc., Muhammad Ghazi Agam Sas, S.P., M.Si., Fajrin Pramana Putra, S.P., M.Sc., Muhammad Iqbal Fauzan, S.P., M.Si., Septrial Arafat, S.P., M.P., Dr. Dian Safitri, S.P., M.Si. Dosen purna tugas yaitu Prof. Dr. Ir. Dwi Retno Lukiwati, M.S., dan Prof. Dr. Ir. Sumarsono, M.S., (Alm) atas bimbingan, ilmu, pengalaman dan motivasi kepada penulis selama masa studi.
7. Sri Bima Arya Teja, A. Md. selaku staf tenaga kependidikan di program studi S1 Agroekoteknologi, Ahmad Baroha, S. Pt. selaku pranata laboratorium program studi S1-Agroekoteknologi, dan Iskandar, A.Md. selaku petugas kebun Agrotechnopark yang telah memberikan bantuan selama perkuliahan.
8. Ibu Sri Sulistyani dan Bapak Tukiman selaku orang tua penulis yang telah memberikan dukungan penuh dari masa awal studi sampai penyusunan skripsi ini telah selesai, dan telah memberikan doa, semangat, serta telah membantu dan menemani selama kegiatan penelitian dilaksanakan.

9. Nenek Suhartini, Tiara Anggraeni, S. Farm., beserta saudara – saudara penulis yang telah memberikan dukungan doa, semangat, dan motivasi selama masa studi.
10. Sefia Bela Novianti, Asih Widyaningrum, S. P., Marrotin Nuroini Salma, S. P., Linda Novitasari, S. P., Nadya Natalie Smith, dan seluruh teman – teman Agroekoteknologi 20 yang telah membantu, memberikan doa, dan semangat selama masa perkuliahan di program studi S1 Agroekoteknologi.
11. Sahabat SMA penulis Cristya Puspa Agata, Agata Yuma Hutami, Caecilia Hening Sarastika, dan Rahmadani Nur Astiti yang telah memberikan semangat dan motivasi selama menempuh pendidikan.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu dalam menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini belum sempurna. Oleh karena itu saran dan kritik yang membangun penulis terima demi penulisan skripsi yang lebih baik. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Demikian kata pengantar dari penulis, penulis mengucapkan terima kasih atas perhatian dan koreksi dari berbagai pihak.

Semarang, Agustus 2024

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR ILUSTRASI.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
 BAB I. PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan dan Manfaat.....	3
1.3. Hipotesis.....	4
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1. Tanaman Jagung (<i>Zea mays</i> L.)	5
2.2. Penyakit Bulai	9
2.3. Pengendalian Bulai.....	12
2.4. <i>Trichoderma</i> sp.....	14
2.5. Cara Aplikasi <i>Trichoderma</i> sp.....	19
 BAB III. MATERI DAN METODE.....	 22
3.1. Materi Penelitian	22
3.2. Metode Penelitian	22
 BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	 39
4.1. Penyakit Bulai pada Tanaman Jagung.....	39
4.2. Pertumbuhan Tanaman Jagung.....	54

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN	67
5.1. Simpulan.....	67
5.2. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	76

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Skoring Serangan Bulai Jagung	32
2.	Kategori Ketahanan Tanaman Terhadap Penyakit Bulai Berdasarkan Nilai AUDPC (<i>Area Under Disease Progress Curve</i>)	34
3.	Masa Inkubasi Penyakit Bulai pada Tanaman Jagung Varietas Paramita F1 dengan perlakuan Pencucian Benih dan Cara Aplikasi <i>Trichoderma</i> sp.	Error! Bookmark not
4.	Insidensi Penyakit Bulai pada Tanaman Jagung Varietas Paramita F1 dengan perlakuan Pencucian Benih dan Cara Aplikasi <i>Trichoderma</i> sp.	Error! Bookmark not
5.	Intensitas Penyakit Bulai pada Tanaman Jagung Varietas Paramita F1 dengan perlakuan Pencucian Benih dan Cara Aplikasi <i>Trichoderma</i> sp.	Error! Bookmark not
6.	AUDPC Penyakit Bulai pada Tanaman Jagung varietas Paramita F1 dengan perlakuan Pencucian Benih dan Cara Aplikasi <i>Trichoderma</i> sp.....	Error! Bookmark not
7.	Laju Infeksi (r) Penyakit Bulai pada Tanaman Jagung Varietas Paramita F1 dengan perlakuan Pencucian Benih dan Cara Aplikasi <i>Trichoderma</i> sp.....	Error! Bookmark not
8.	Kadar Klorofil Total Jagung Varietas Paramita F1 dengan Perlakuan Pencucian Benih dan Cara Aplikasi <i>Trichoderma</i> sp... Error! Bookmark not	
9.	Kadar Klorofil a Jagung Varietas Paramita F1 dengan Perlakuan Pencucian Benih dan Cara Aplikasi <i>Trichoderma</i> sp....	56
10.	Kadar Klorofil b Jagung Varietas Paramita F1 dengan Perlakuan Pencucian Benih dan Cara Aplikasi <i>Trichoderma</i> sp..	57
11.	Kerapatan Stomata Daun Jagung Varietas Paramita F1 dengan Perlakuan Pencucian Benih dan Cara Aplikasi <i>Trichoderma</i> sp..	58
12.	Bukaan Stomata Daun Jagung Varietas Paramita F1 dengan Perlakuan Pencucian Benih dan Cara Aplikasi <i>Trichoderma</i> sp..	60

13.	Tinggi Tanaman Jagung Varietas Paramita F1 dengan Perlakuan Pencucian Benih dan Cara Aplikasi <i>Trichoderma</i> sp.	61
14.	Jumlah Daun Jagung Varietas Paramita F1 dengan Perlakuan Pencucian Benih dan Cara Aplikasi <i>Trichoderma</i> sp.	63
15.	Bobot Basah Tajuk Tanaman Jagung Varietas Paramita F1 dengan Perlakuan Pencucian Benih dan Cara Aplikasi <i>Trichoderma</i> sp.	64
16.	Bobot Kering Tajuk Tanaman Jagung Varietas Paramita F1 dengan Perlakuan Pencucian Benih dan Cara Aplikasi <i>Trichoderma</i> sp.	Error! Bookmark not

DAFTAR ILUSTRASI

Nomor		Halaman
1.	Makroskopis dan Mikroskopis <i>Trichoderma</i> sp.....	16
2.	Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian.....	24
3.	Makroskopis dan Mikroskopis <i>Trichoderma</i> sp.	26
4.	Isolat Murni <i>Trichoderma</i> sp. Umur 7 Hari Pada Cawan Petri.....	26
5.	Survei Tanaman Bergejala Bulai	27
6.	Metode Inokulasi Patogen dengan Metode Sisip Daun Terinfeksi pada Tanaman Jagung.	28
7.	Luas Gejala Serangan Bulai pada Tanaman Jagung	33
8.	Pengamatan Penyakit Bulai	39
9.	Pengamatan Kerusakan Penyakit Bulai pada Tanaman Jagung....	Error! Bookmark n
10.	Pengamatan Mikroskopis <i>Peronosclerospora</i> sp.	Error! Bookmark n
11.	Kurva Intensitas Penyakit Bulai (%)	49

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1.	Deskripsi jagung varietas Paramita F1	76
2.	Layout Percobaan	Error! Bookmark n
3.	Layout Unit Percobaan.....	78
4.	Pengukuran Pertumbuhan Isolat <i>Trichoderma</i> sp.	79
5.	Perhitungan dosis pemupukan tanaman jagung	80
6.	Pengukuran Suhu, Kelembaban, dan Intensitas Cahaya	81
7.	Analisis Ragam Masa Inkubasi Bulai (HST)	Error! Bookmark n
8.	Pengolahan Data Insidensi Penyakit Bulai.....	Error! Bookmark n
9.	Pengolahan Data Intensitas Penyakit Bulai.....	Error! Bookmark n
10.	Pengolahan Data Nilai <i>Area Under the Disease Progress Curve</i> (AUDPC).....	96
11.	Pengolahan Data Laju Infeksi Penyakit	Error! Bookmark n
12.	Pengolahan Data Kadar Klorofil	Error! Bookmark n
13.	Analisis Ragam Kadar Klorofil Total (mg/g).....	Error! Bookmark n
14.	Analisis Ragam Kadar Klorofil a (mg/g)	123
15.	Analisis Ragam Kadar Klorofil b (mg/g)	137
16.	Analisis Ragam Kerapatan Stomata (jumlah/mm ²)	151
17.	Analisis Ragam Bukaannya Stomata (%)	Error! Bookmark n
18.	Analisis Ragam Data Tinggi Tanaman (cm)	159
19.	Analisis Ragam Data Jumlah Daun (Helai)	163
20.	Analisis Ragam Bobot Basah Tajuk (gram)	167

21.	Analisis Ragam Bobot Kering Tajuk (gram).....	174
22.	Dokumentasi Kegiatan Penelitian	Error! Bookmark n

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bulai (*downy mildew*) merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman jagung. Bulai pada jagung disebabkan oleh *Peronosclerospora* sp. dari kelas *Oomycetes* dan bersifat parasit obligat. Serangan bulai dalam kategori berat akan berdampak buruk dengan tidak berproduksinya tongkol jagung yang tentunya menyebabkan penurunan hasil panen hingga 90%. Bioekologi *Peronosclerospora* sp. sangat cocok dengan iklim tropis Indonesia yang memiliki kelembaban tinggi dan hangat. *Peronosclerospora* sp. dapat berkembang dengan baik pada kondisi temperatur 24 °C dan kelembaban 90% (Semangun, 1991). Gejala penyakit bulai pada jagung menunjukkan karakter yang khas dimana terdapat klorosis sejajar dengan tulang daun (Kajiwaru, 1974).

Upaya pengendalian bulai jagung dapat dilakukan secara kimiawi dengan menggunakan fungisida. Fungisida berbahan metalaksil banyak digunakan pada awal tahun 1980 dan telah terindikasi resisten. Patogen *Peronosclerospora* sp. mengalami resistensi akibat dampak penggunaan fungisida yang tidak tepat. Produsen benih jagung menggunakan *seed treatment* dengan fungisida sebagai upaya yang lebih ramah lingkungan dan mengurangi resiko resistensi, sehingga aplikasi fungisida dapat dilakukan dengan konsentrasi tinggi tanpa khawatir akan dampak pada lingkungan. Insidensi bulai pada perlakuan *seed treatment* mencapai 52,78% yang lebih rendah daripada kontrol yaitu 61,11% (Utomo *et al.*, 2010).

Pengendalian bulai dapat dilakukan secara kimiawi – biologi dengan kombinasi fungisida melalui *seed treatment* dan agen hayati. Aplikasi fungisida dapat bersifat toksin bagi agen hayati apabila dilakukan secara bersamaan. Pemberian fungisida bahan aktif mefenoksam dapat menekan serangan bulai dengan intensitas 33,84% dan perlakuan tanpa fungisida mefenoksam menunjukkan intensitas serangan 59,72% (Wulandari *et al.*, 2022). Fungisida dapat menghambat pertumbuhan agen hayati seperti *Trichoderma* sp. melalui mekanisme penghambat protein, respirasi, atau pembentukan dinding sel. Fungisida berbahan aktif dimetomorf memiliki persentase penghambat sebesar 23,47% pada uji *in vitro* (Saha *et al.*, 2023). Maka, upaya yang dapat dilakukan yaitu melalui pencucian benih dari fungisida sebelum diaplikasikan agen hayati seperti *Trichoderma* sp.

Trichoderma sp. termasuk dalam mikroorganisme endofit yang bersifat antagonisme patogen. Agen hayati *Trichoderma* sp. banyak dimanfaatkan dalam mengendalikan bulai jagung melalui mekanisme induksi resistensi atau sering disebut ISR (*Induced Systemic Resistance*). Induksi resistensi dapat terjadi akibat adanya interaksi antara patogen dengan antagonisme melalui mekanisme tertentu baik itu pelilitan hifa, pelepasan metabolit sekunder, ataupun persaingan hara serta nutrisi. *Trichoderma* sp. sebagai agen hayati memiliki mekanisme antagonisme melalui 3 cara yaitu mikoparasit, antibiosis, dan penghambatan (Wu *et al.*, 2017). *Trichoderma* sp. menghasilkan metabolit sekunder yang bersifat toksin bagi patogen. Cara aplikasi *Trichoderma* sp. yang berbeda berakibat pada mekanisme induksi yang berbeda. Aplikasi *Trichoderma* sp. melalui rhizosfer menunjukkan

nilai insidensi terendah 14,6% karena menghasilkan metabolit sekunder yang masuk melalui xilem dan memperkuat dinding sel tanaman (Nandini *et al.*, 2021).

Penelitian ini dapat digunakan untuk mengkaji proses mekanisme antagonis *Trichoderma* sp. yang tepat dalam mengendalikan bulai melalui cara aplikasi *Trichoderma* sp. dan interaksinya terhadap fungisida pada tanaman jagung. Penelitian ini diharapkan memberikan informasi efektivitas fungisida dan cara aplikasi *Trichoderma* sp. pada penyakit bulai tanaman jagung.

1.2. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengkaji pengaruh pencucian benih dari fungisida dalam mengendalikan penyakit bulai dan pertumbuhan tanaman jagung.
2. Mengkaji pengaruh cara aplikasi *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan penyakit bulai dan pertumbuhan tanaman jagung.
3. Mengkaji pengaruh interaksi pencucian benih dari fungisida dan cara aplikasi *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan penyakit bulai dan pertumbuhan tanaman jagung.

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui efektivitas pencucian benih jagung dari fungisida dan interaksinya dengan *Trichoderma* sp. melalui cara aplikasi *Trichoderma* sp. yang paling efektif dalam mengendalikan penyakit bulai dan meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung.

1.3. Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perlakuan tanpa pencucian benih jagung dari fungisida daripada perlakuan pencucian benih merupakan perlakuan yang efektif dalam mengendalikan penyakit bulai dan pertumbuhan tanaman jagung.
2. Cara aplikasi *Trichoderma* sp. melalui penyemprotan pada daun merupakan perlakuan yang paling efektif dalam mengendalikan penyakit bulai dan pertumbuhan tanaman jagung.
3. Terdapat interaksi antara perlakuan tanpa pencucian benih dari fungisida dan cara aplikasi *Trichoderma* sp. melalui penyemprotan pada daun paling efektif dalam mengendalikan penyakit bulai dan pertumbuhan tanaman jagung.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Jagung (*Zea mays* L.)

Jagung merupakan salah satu komoditas tanaman yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Jagung sebagai alternatif pangan pengganti beras karena kandungan karbohidrat dan protein yang tinggi. Jagung mengandung karbohidrat berupa pati sebesar 69, 27 – 75, 64 % dan kadar protein dapat mencapai 10, 68% (Lalujan *et al.*, 2017). Klasifikasi tanaman jagung menurut Linnaeus (1753) yaitu sebagai berikut :

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Kelas : Monocotyledone
Ordo : Graminae
Family : Graminaceae
Genus : Zea
Species : *Zea mays* L.

Morfologi tanaman jagung dapat ditunjukkan dari bagian akar, batang, daun, bunga, dan biji. Jagung termasuk dalam tanaman monokotil atau berkeping satu dengan sistem perakaran serabut. Akar tanaman jagung dibedakan menjadi akar seminal, adventif, dan penyangga. Tipe – tipe perakaran jagung yaitu akar seminal merupakan akar pertama yang tumbuh dari embrio, akar adventif tumbuh di dalam tanah dan perkembangan dari mesokotil, akar kait untuk menjaga batang

agar tetap kokoh (Subekti *et al.*, 2008). Karakter vegetatif tanaman jagung seperti warna daun, tinggi tanaman, jumlah daun, dan bentuk batang. Tinggi tanaman jagung dapat mencapai 150 – 220 cm, jumlah daun berkisar 13 – 15 helai, panjang daun berkisar 86, 59 cm, dan lebar daun 8 – 10 cm (Suleman *et al.*, 2019). Tanaman jagung termasuk tanaman berumah satu dengan bunga betina atau tongkol dan malai atau bunga jantan berada pada ujung tanaman. Jagung umumnya memiliki daun berbentuk runcing, berwarna hijau, batang berwarna hijau kekuningan atau hijau kemerahan, bentuk ujung tongkol yang mengerucut, dengan warna biji kuning, kuning-orange atau merah (Fatmawati *et al.*, 2017).

Morfologi dari jagung pulut putih dari segi akar, batang, serta daun hampir sama, perbedaannya dapat ditunjukkan pada warna biji jagung. Jagung pulut atau ketan memiliki warna putih sedangkan jagung hibrida umumnya berwarna kuning saat panen. Penelitian yang dilakukan Taslim *et al.* (2021) morfologi jagung pulut putih lokal memiliki karakteristik jumlah daun berkisar 11, lebar daun mencapai 5, 93 cm, panjang daun 75, 8 cm, serta diameter batang 4,96 cm, tinggi tanaman 138, 43 cm, umur berbunga jantan 47 – 48 HST, umur berbunga betina 51 – 52 HST, dan tipe biji mutiara. Penelitian Ampa *et al.* (2017) karakter morfologi jagung pulut varietas Paramita F1 dengan bentuk ujung daun pertama bulat agak tumpul, pola helai daun lurus agak bengkok, lebar helai daun sempit hingga sedang, umur malai genjah – sedang yaitu 38 – 47 HST, umur berbunga betina lambat yaitu 38 – 53 HST, tipe biji seperti mutiara.

Karakter fisiologi tanaman jagung berkaitan dengan proses – proses yang terjadi dalam sel tanaman. Fotosintesis termasuk dalam proses fisiologi, dimana

tanaman jagung merupakan salah satu tanaman C4. Tanaman jagung memerlukan penyinaran dengan intensitas tinggi dan kondisi lahan yang cenderung kering. Penelitian Lestari *et al.* (2023) laju fotosintesis tanaman jagung manis berada pada 12, 53 $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, laju transpirasi berkisar 2,50 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, daya hantar stomata 0,11 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, dan konsentrasi CO_2 pada kisaran 12,93 $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ pada kondisi normal dan fase vegetatif yaitu 30 HST. Karakter fisiologi sangat dipengaruhi oleh kadar klorofil dan kerapatan stomata. Tanaman normal dan sehat memiliki kadar klorofil yang tinggi. Kultivar jagung pulut putih memiliki jumlah stomata 9 – 11/ mm^2 dan kerapatan stomata berkisar 15,83 – 17,14 stomata/ mm^2 (Sinay *et al.*, 2016). Penelitian Agustamia *et al.* (2016) varietas jagung yang sangat rentan bulai memiliki kerapatan stomata tinggi yaitu 110,79/ mm^2 dan kadar klorofil daun rendah yaitu 1,614 mg/g, sedangkan varietas jagung yang tahan bulai memiliki kerapatan stomata cenderung rendah yaitu 65,353/ mm^2 dan kadar klorofil tinggi mencapai 3,176 mg/g.

Jagung termasuk dalam tanaman semusim dengan umur tanaman berkisar antara 80 – 150 HST. Budidaya jagung yang tepat harus sesuai dengan syarat tumbuhnya, dimana tanaman jagung dapat ditanam pada lahan kering terutama pada musim kemarau sebagai komoditas palawija setelah padi. Penanaman jagung biasanya dilakukan pada akhir musim hujan atau awal musim kemarau. Suhu optimal untuk tanaman jagung berada pada 25°C (Paski *et al.*, 2017). Curah hujan yang tinggi meningkatkan kelembaban dan dapat menghambat pertumbuhan jagung. Kesesuaian lahan untuk tanaman jagung harus memiliki curah hujan 500 – 1200 mm, kelembaban > 42%, tingkat salinitas < 4 Ds/m, C-organik > 0,4% dan

pH 5,8 – 7,8 (Hegemur *et al.*, 2020). Jagung dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah di Indonesia, namun kondisi jenis tanah yang berbeda juga berpengaruh terhadap produktivitas yang dihasilkan. Penelitian Genesiska *et al.* (2020) jagung varietas pulut dapat tumbuh dengan baik pada jenis tanah regosol berpasir dengan produktivitas mencapai 2,6 ton/ha.

Tanaman jagung memiliki beberapa jenis seperti jagung hibrida, pakan, jagung ketan atau pulut, dan jagung manis. Penyakit bulai memiliki inang spesifik yaitu pada tanaman jagung dan tidak dapat menginfeksi tanaman selain inang. Penyakit bulai menyerang seluruh jenis tanaman jagung, salah satu jenis yang rentan yaitu jagung pulut atau ketan. Penelitian Putri dan Kasiamdari (2023) pada uji ketahanan 3 varietas jagung menunjukkan jagung manis varietas Tamara memiliki ketahanan bulai yang rentan dengan nilai AUDPC 611,10 dan kejadian penyakit mencapai 44%, varietas talenta memiliki kategori agak tahan dengan nilai AUDPC 249,98 dan kejadian penyakit 11%, dan jagung hibrida P21 termasuk varietas tahan dengan kejadian penyakit 0% dan nilai AUDPC 55,56. Penelitian Pajrin *et al.* (2013) varietas jagung manis Bonanza memiliki nilai intensitas 58.30% dan termasuk kategori rentan bulai, intensitas varietas Kumala 47,83% termasuk kategori agak peka, dan varietas Paramita 36,56% termasuk tahan bulai. Varietas jagung Bonanza dalam kategori rentan bulai dengan nilai kejadian penyakit 70,14% dan lebih tinggi daripada varietas Pioneer 27 mencapai 52, 78% dan Pioneer 21 dengan nilai 63, 19% (Ulhaq dan Masnilah, 2019).

Kultivar lain yang peka terhadap penyakit bulai yaitu jagung pulut. Jagung pulut memiliki produktivitas rendah yaitu 2 – 2,5 ton/ha serta tidak tahan terhadap

penyakit bulai (Azrai, 2010). Jagung pulut atau ketan termasuk dalam komoditas jagung khusus yang dimanfaatkan sebagai jagung konsumsi dengan tekstur yang lengket dan jumlah amilopektin tinggi. Penelitian Bani *et al.* (2017) berdasarkan analisis molekuler menunjukkan jika jagung kultivar pulut lebih rentan terhadap bulai dengan insidensi mencapai 100% yang termasuk kategori sangat rentan dari total populasi 80 individu tanaman. Penelitian Daryono *et al.* (2018) varietas jagung pulut memiliki nilai insidensi penyakit bulai tertinggi yaitu mencapai 98,51% dengan kategori sangat peka bersama dengan varietas Gama GS dan Gama SG dengan nilai insidensi 93,84% dan 92,04%, sedangkan jagung manis varietas Talenta memiliki kategori sangat tahan dengan nilai insidensi 2,34%. Penelitian Pakki (2017) varietas jagung anoman merupakan varietas rentan dengan nilai intensitas 97%. Penelitian Astari *et al.* (2024) jagung putih anoman sebagai varietas pembanding dipilih karena sangat rentan bulai dengan nilai insidensi 90,60%.

2.2. Penyakit Bulai

Bulai atau *downy mildew* merupakan salah satu penyakit utama yang menyerang tanaman jagung dan disebabkan oleh *Peronosclerospora* sp. yang berasal dari kelas *Oomycetes*. Spesies *Peronosclerospora* sp. yang terdapat di Penelitian Rustiani *et al.* (2015) menunjukkan jika patogen bulai di Indonesia dapat dibedakan menjadi tiga yaitu *Peronosclerospora maydis* yang paling mendominasi, *Peronosclerospora philippinensis*, dan *Peronosclerospora sorghi*.

Klasifikasi *Peronosclerospora* sp. menurut Charles Gardner Shaw (1978) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Chromista
 Filum : Oomycota
 Kelas : Oomycetes
 Ordo : Peronosporales
 Family : Peronosporaceae
 Genus : *Peronosclerospora* (S.Ito) C. G. Shaw
 Species : *Peronosclerospora* sp.

Morfologi *Peronosclerospora* sp. ditunjukkan pada bentuk konidia yang diamati secara mikroskopis. Morfologi *Peronosclerospora* sp. memiliki konidiofor yang bercabang keluar dari jaringan inang dan konidia tunggal di setiap ujung percabangan terakhir dan bentuk kondianya berbentuk tabung saat berkecambah (Quimio, 1981). Morfologi *Peronosclerospora* sp. dapat dilihat dari karakteristik konidia dan konidiofor. Penelitian Nugraha *et al.* (2021) konidia *Peronosclerospora* sp. berbentuk oval dengan diameter 14,24 – 22,40 μm , percabangan 1 – 3, dan konidiofor memiliki panjang 155 – 338, 60 μm . Penelitian Bonde *et al.* (1992) bahwa *Peronosclerospora maydis* ditemukan di pulau Jawa memiliki bentuk konidia globose ketika telah masak. Berdasarkan penelitian Rustiani *et al.* (2015) bahwa *Peronosclerospora maydis* memiliki konidia $< 1 \mu\text{m}$ dengan percabangan konidiofor > 3 , *Peronosclerospora philippinensis* memiliki percabangan 3, dan *Peronosclerospora sorghi* memiliki konidia berdinding tebal.

Peronosclerospora sp. termasuk patogen yang bersifat parasit obligat atau memerlukan inang yang hidup seperti pada jaringan tanaman. *Peronosclerospora* sp. umumnya menginfeksi tanaman pada awal fase vegetatif dan akan berhenti pada fase generatif. Penelitian Purwanto *et al.* (2016) tanaman jagung yang berusia 15 HST lebih rentan terhadap infeksi *Peronosclerospora* sp. dan serangan berhenti pada 40 HST. Bioekologi *Peronosclerospora* sp. sangat bergantung pada kondisi suhu dan kelembaban optimum untuk perkecambahan konidia. Lingkungan optimum untuk pertumbuhan *Peronosclerospora maydis* berada pada suhu 24°C dan kelembaban 90% (Semangun, 1991). Pertumbuhan patogen bulai di Indonesia sebagian besar diakibatkan faktor abiotik yaitu tumbuh pada wilayah dengan ketinggian 0 – 700 m dpl, suhu rata – rata 25 - 30°C, dan kelembaban 80 – 100% (Wakman dan Burhanuddin, 2007).

Inang dari *Peronosclerospora* sp. sebagian besar ditemukan pada tanaman jagung. Bulai yang menyerang tanaman bersifat sistemik, sehingga gejala yang ditimbulkan akan spesifik pada bagian daun tanaman. Daun jagung menjadi klorosis sejajar dengan tulang daun. Gejala diawali dengan adanya bintik hijau pucat berukuran 1-2 mm, lalu berkembang menjadi garis berwarna hijau kekuningan yang semakin jelas dan daun menguning pada serangan berat serta menimbulkan gejala sistemik dan kerdil (Kajiwaru, 1974). Konidia *Peronosclerospora* sp. akan berkecambah dan ditemukan pada dini hari sebelum matahari terbit. Tanda serangan *Peronosclerospora* sp. dapat ditemukan pada bagian permukaan atas dan bawah daun jagung berupa serbuk putih seperti tepung yang merupakan konidia (Wulandari *et al.*, 2022).

Gejala penyakit bulai pada tanaman jagung sangat ditentukan berdasarkan tingkat keparahannya. Serangan ringan penyakit bulai memiliki ciri klorosis yang muncul pada daun ke 2 - 3. Gejala awal bulai ditunjukkan adanya garis sejajar dengan tulang daun dan terlihat batas antara daun yang sehat berwarna hijau dan daun sakit berwarna kuning (Sekarsari *et al.*, 2013). Gejala lebih lanjut ditunjukkan dengan semakin melebarinya garis berwarna kuning dari pangkal daun menuju ujung daun. Serangan berat menyebabkan gejala klorosis pada seluruh permukaan daun sehingga kadar klorofil akan berkurang. Serangan berat juga berakibat pada tanaman kerdil, daun atas menjadi kaku menyerupai kipas, daun tegak, dan gejala malformasi pada tongkol jagung merupakan serangan berat bulai jagung (Habibi *et al.*, 2024).

2.3. Pengendalian Bulai

Pengendalian bulai jagung atau *downy mildew* dapat dilakukan secara kimiawi dengan menggunakan fungisida. Fungisida yang biasa digunakan seperti fungisida sistemik berbahan aktif metalaksil. Aplikasi fungisida secara langsung melalui penyemprotan daun selain berdampak buruk bagi lingkungan juga telah terindikasi resisten. Metalaksil digunakan secara komersial dalam pengendalian bulai sejak tahun 1980. Penelitian Utomo *et al.* (2010) dimana penyemprotan daun dengan metalaksil pada dosis 300 ml/L air menunjukkan nilai insidensi bulai 58,33% yang lebih tinggi daripada perlakuan *seed treatment* yaitu 52,78% dan kontrol 61,11%. Aplikasi fungisida berbahan metalaksil melalui *seed treatment* lebih efektif digunakan daripada melalui penyemprotan daun, maka produsen

benih jagung melapisi benih menggunakan fungisida dengan dosis, jenis, dan konsentrasi yang berbeda – beda. *Seed treatment* benih dilakukan dengan tujuan untuk pengendalian bulai jagung. Penelitian Rachman *et al.* (2019) bahwa pencucian benih dengan larutan *bleach* dengan tujuan untuk menghilangkan fungisida menunjukkan insidensi bulai 6,25% pada minggu ke- 5 dan 15,97 % pada minggu ke-7, sedangkan perlakuan kontrol atau tanpa pencucian benih menunjukkan insidensi 0,69% pada minggu ke-5 dan 2,78% pada minggu ke-7.

Mekanisme fungisida kimia dalam mengendalikan bulai atau *downy mildew* dilakukan secara sistemik. Fungisida dapat menghambat patogen bulai atau *Peronosclerospora* sp. melalui beberapa mekanisme penghambat. Fungisida berbahan metalakasil memiliki mekanisme menghambat proses sintesis asam nukleat dan protein, fenamidon memiliki mekanisme menghambat kinerja mitokondria dalam proses respirasi sel, dan dimetomorf memiliki mekanisme menghambat pembentukan dinding sel (Samoucha dan Cohen, 1984; Fernandes-ortuno *et al.*, 2010; Cohen *et al.*, 1995 dalam Anugrah dan Widiyanti, 2018). Pengendalian bulai pada tanaman jagung dapat dilakukan melalui beberapa alternatif yaitu secara kimiawi dan biologi menggunakan agen hayati yang lebih ramah lingkungan. Namun, kombinasi *seed treatment* dengan fungisida kimia dan agen hayati menjadi tidak kompatibel karena bahan aktif fungisida mampu menghambat pertumbuhan agen hayati seperti *Trichoderma* sp. yang termasuk dalam kelompok jamur. Interaksi aplikasi fungisida dengan bahan aktif mefenoksam dan *Trichoderma* sp. belum mampu mengendalikan penyakit bulai (Gomez *et al.*, 2015). Penelitian Wulandari *et al.* (2022) bahwa tidak ada interaksi

antara fungisida mefenoksam dengan *Trichoderma* sp. dan masa inkubasi penyakit tertinggi yaitu pada perlakuan tanpa fungisida mefenoksam dan *Trichoderma* sp. pada kepadatan 10^5 spora/ml. Penelitian Puspita *et al.* (2023) tidak ada interaksi antara fungisida berbahan aktif dimetomorf dan *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan bulai pada tanaman jagung.

Kompatibel antara fungisida dan *Trichoderma* sp. dapat dilakukan secara *in vitro* yang dilakukan pada media aseptik. Pertumbuhan jamur *Trichoderma* sp. akan terhambat dengan penambahan fungisida yang bercirikan berkurangnya diameter pertumbuhan koloni. Penelitian Saha *et al.* (2023) uji *in vitro* *Trichoderma asperelloides* dengan fungisida berbahan aktif dimetomorf dalam mengendalikan *downy mildew* menunjukkan persentase penghambat sebesar 23,47 % dan perlakuan kontrol tanpa fungisida menunjukkan persentase penghambat 0%. Mekanisme penghambat fungisida terhadap *Trichoderma* sp. dapat ditunjukkan pada perkecambahan benih jagung, dimana persentase perkecambahan akan menurun dengan penambahan fungisida. Penelitian Sivparsad *et al.* (2014) bahwa perlakuan kombinasi *seed treatment* menggunakan *Trichoderma harzianum* dan fungisida kimia dapat menurunkan perkecambahan hingga 94,66% daripada perlakuan *seed treatment* dengan *Trichoderma* yang mencapai 97,82%.

2.4. *Trichoderma* sp.

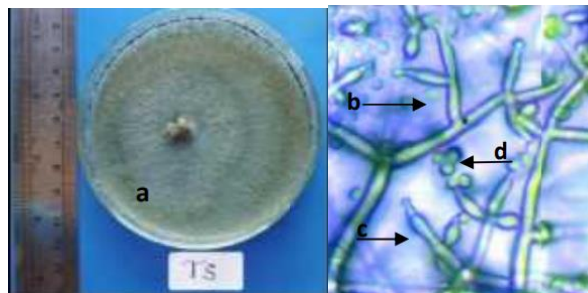
Trichoderma sp. termasuk dalam salah satu mikroorganisme tanah yang bersifat saprofit dan dapat berperan sebagai agen hayati. *Trichoderma* sp.

termasuk dalam salah satu jenis jamur antagonis yang banyak dimanfaatkan untuk mengendalikan patogen penyebab penyakit tanaman. Klasifikasi *trichoderma* sp. menurut Persoon ex Gray (1801) yaitu sebagai berikut :

Kingdom : Fungi
 Filum : Ascomycota
 Kelas : Sordriomycetes
 Ordo : Hypocreales
 Family : Hypocreaceae
 Genus : *Trichoderma* Persoon ex Gray
 Species : *Trichoderma* sp.

Trichoderma sp. memiliki habitat endofit di dalam tanah dan dimanfaatkan sebagai agen hayati. Kelebihan jamur *Trichoderma* sp. seperti mudah diproduksi, dan koloni dapat tumbuh cepat pada berbagai substrat. *Trichoderma* sp. dapat dibiakkan pada media PDA, beras, jagung, kacang hijau, serbuk gergaji, dan dedak. Penelitian Uruilal *et al.* (2012) media PDA menunjukkan jumlah spora *Trichoderma harzianum* terbaik yaitu mencapai $11,10 \times 10^9$ /ml. *Trichoderma* sp. dapat hidup pada suhu rendah sampai tinggi bergantung pada jenis spesies *Trichoderma* sp. Penelitian Wahidah *et al.* (2022) *Trichoderma* sp. dapat tumbuh baik pada suhu 25 - 35°C dengan suhu optimal 25°C pada pH 5 – 7. Selain suhu, pH juga sangat mempengaruhi pertumbuhan *Trichoderma* sp. Media dengan pH rendah – netral optimum untuk pertumbuhan jamur, sedangkan pH lebih dari 8 atau bersifat basa cenderung didominasi oleh bakteri. Media yang baik digunakan untuk biakan *Trichoderma* sp. memiliki pH cenderung asam yaitu 5,8

(Sulistiyono *et al.*, (2021). Kelembaban optimum untuk pertumbuhan *Trichoderma* sp. yaitu pada kelembaban tinggi mencapai 70 – 80% (Windriyati *et al.*, 2024). Morfologi *Trichoderma* sp. secara makroskopis dan mikroskopis dapat ditunjukkan pada Ilustrasi 1.



Ilustrasi 1. (a) Makroskopis *Trichoderma* sp., Mikroskopis *Trichoderma* sp.
(b) Konidiofor, (c) Fialid, (d) Konidia
(Sumber : Syahputra *et al.*, 2017)

Koloni *Trichoderma* sp. berbentuk halus seperti benang atau kapas dengan pertumbuhan cepat. *Trichoderma* sp. umumnya berwarna putih hingga hijau pada media nutrisi yang cukup, dan akan transparan pada nutrisi yang terbatas. Penelitian Novianti (2018) koloni *Trichoderma* sp. tumbuh dengan cepat dalam jangka waktu 1 minggu, dimana pada hari ke 4 dan 5 koloni *Trichoderma* sp. mulai tumbuh yang ditandai dengan perubahan warna menjadi hijau pada berbagai media. Miselium *Trichoderma* sp. awalnya berwarna putih lalu menjadi merah muda hingga berwarna hijau tua dibagian tengah dan putih di bagian tepi. Penelitian Alfizar *et al.* (2013) koloni *Trichoderma* sp. yang berumur 7 hari memiliki luas 41,8 – 48,7 cm² dan diameter mencapai 5,8 – 6,1 cm. Konidia *Trichoderma* sp. berbentuk bulat sampai bulat telur dengan konidiofor yang bercabang. Isolat *Trichoderma* sp. memiliki morfologi hifa berwarna hijau,

konidia hijau berbentuk bulat (*globuse*) yang tumbuh pada ujung, konidium bergerombol, dan konidiofor bercabang bentuk piramid (Syahputra *et al.*, 2017).

Trichoderma sp. dimanfaatkan sebagai *biological control* atau agen hayati karena sifatnya sebagai antagonis terhadap jamur patogen penyebab penyakit tanaman. Mekanisme *Trichoderma* sp. terhadap patogen tanaman yaitu mikoparasit, antibiosis, dan kompetisi (Wu *et al.*, 2017). Ketiga mekanisme antagonis *Trichoderma* sp. terhadap patogen saling berinteraksi. Mekanisme antagonis melalui mikoparasit atau hiperparasitisme terjadi saat hifa *Trichoderma* sp. membelit hifa patogen. Hifa *Trichoderma* sp. akan menembus dinding sel patogen dan menyebabkan patogen mati karena mengalami persaingan nutrisi. Mekanisme mikoparasit terjadi ketika hifa antagonis yaitu *Trichoderma harzianum* dan *Trichoderma virens* membelit hifa patogen, sehingga hifa patogen membesar dan mengalami lisis (Sriwati *et al.*, 2014). Baker dan Scher (1987) dalam Alfizar *et al.* (2013) mekanisme mikoparasit diawali ketika *Trichoderma* sp. menunjukkan respon awal berupa hifa yang membelok ke arah inang patogen karena adanya senyawa tertentu yang dihasilkan patogen dan hifa antagonisme akan membentuk struktur seperti kait (*hook-like structure*).

Mekanisme *Trichoderma* sp. melalui kompetisi dapat terjadi melalui persaingan ruang dan nutrisi antara antagonis *Trichoderma* sp. dan patogen. Interaksi *Trichoderma* sp. dan patogen melalui mekanisme kompetisi dapat terjadi pada media tumbuh yang sama dimana interaksi bersifat merugikan salah satu organisme. Adanya agen antagonis *Trichoderma* sp. mengakibatkan pertumbuhan koloni patogen semakin terdesak dan kehilangan sumber nutrisi untuk hidup.

Penelitian Yulia *et al.* (2017) *Trichoderma* spp. dapat berupa kompetisi yang dapat ditunjukkan pada kecepatan pertumbuhan *Trichoderma* spp. yang lebih cepat dari patogen *R. lignosus* sehingga ruang dan nutrisi patogen semakin berkurang. Penelitian Chair *et al.* (2023) daya hambat *Trichoderma* spp. mencapai 90 % termasuk tinggi terhadap patogen *P. oryzae*, cendawan dikatakan sebagai agen antagonis apabila mencapai hambatan 30% - 60%.

Antibiosis merupakan suatu proses interaksi biologis antara dua atau lebih organisme yang memiliki efek merugikan pada salah satu organisme saja serta menguntungkan organisme lain. *Trichoderma* sp. sebagai jamur antagonis akan merugikan atau menghambat pertumbuhan patogen melalui produksi senyawa antibiotik. Mekanisme antibiosis oleh antagonis *Trichoderma* sp. akan menghasilkan beberapa jenis antibiotik yang dapat menginduksi kematian sel pada patogen (Kumala, 2023). *Trichoderma* sp. menghasilkan senyawa yang bersifat toksin bagi patogen. Mekanisme antibiosis melalui metabolisme sekunder yang nantinya berakibat pada pembentukan enzim, lisis patogen, dan senyawa folatil atau non-folatil. *Trichoderma* sp. memiliki senyawa yang bersifat antimikroba yang menekan patogen penyebab *downy mildew* pada millet mutiara, mekanisme yang terjadi *Trichoderma* sp. memproduksi metabolit sekunder yang didistribusikan ke bagian tanaman melalui xilem (Nandini *et al.*, 2021). Metabolit sekunder yang dihasilkan *Trichoderma* sp. seperti *lytuc activity*, *polyketides*, *alkyl pyrones*, *isonitriles*, *peptaibols*, *diketopiperazines*, *sesquiterpenes*, dan *steroids* (Berlian *et al.*, 2013).

2.5. Cara Aplikasi *Trichoderma* sp.

Cara aplikasi *Trichoderma* sp. dapat dilakukan berbeda-beda yaitu dapat melalui *seed treatment* dengan perendaman benih, rhizosfer tanaman, dan secara *foliar* melalui penyemprotan pada daun tanaman. Cara aplikasi *Trichoderma* sp. yang berbeda berkaitan dengan mekanisme *Trichoderma* sp. yang berbeda juga. Aplikasi *Trichoderma* sp. melalui perendaman benih sebagai salah satu upaya *seed treatment* yang mampu menginduksi ketahanan tanaman sebelum terjadi serangan bulai. Penelitian Wardani *et al.* (2023) cara aplikasi *Trichoderma* sp. melalui *seed treatment* pada jagung manis dengan kerapatan spora 10^7 cfu/ml menunjukkan masa inkubasi 17 hari, insidensi mencapai 69,16% pada 29 hari, dan intensitas mencapai 23,58% pada 29 hari, bobot basah dan kering 38,66 g dan 5,36 g, dan volume akar 9,41 ml. Penelitian Windriyati *et al.* (2024) aplikasi *Trichoderma hamatum* melalui perendaman benih selama 15 menit sebelum tanam menunjukkan nilai insidensi 20,56% dan intensitas mencapai 5,14%, daya kecambah mencapai 84%. Penelitian Turnip *et al.* (2015) *Trichoderma viride* diaplikasikan melalui perendaman benih pada kerapatan 10^6 spora/ml dengan waktu 15 menit menunjukkan insidensi 36,52% pada 14 hari dan tidak berpengaruh dalam mengendalikan bulai varietas jagung hibrida, lokal, dan manis. Penelitian Utama *et al.* (2015) perendaman benih bersamaan penyemprotan daun pada 7 HST dengan *Trichoderma* sp. pada kerapatan 10^5 spora/ml selama 24 jam menunjukkan insidensi mencapai 35% pada varietas jagung manis. Mekanisme *Trichoderma* sp. melalui *seed treatment* dapat menginduksi ketahanan jagung melalui mekanisme antibiosis dengan memproduksi metabolit sekunder, sehingga

dapat menginduksi ketahanan jagung sebelum terserang bulai. *Trichoderma* sp. memproduksi metabolit sekunder seperti tanin, saponin, dan glikosida yang termasuk dalam senyawa fenol yang mampu menginduksi ketahanan tanaman terhadap patogen (Soesanto, 2014).

Aplikasi *Trichoderma* sp. melalui rhizosfer tanaman mampu menginduksi ketahanan tanaman yang dapat melalui mekanisme antagonis seperti antibiosis. Mekanisme antibiosis terjadi ketika senyawa yang bersifat toksin bagi patogen diproduksi oleh tanaman dan disebarkan ke jaringan tanaman melalui xilem. Senyawa antibiotik akan bersifat toksin bagi *Peronosclerospora* sp. yang hidup di jaringan tanaman terutama daun. Aplikasi *Trichoderma* sp. pada area rhizosfer tanaman dapat meningkatkan jumlah enzim peroksidase serta polifenol oksidase yang berperan dalam penguatan dinding sel dan menghambat infeksi patogen. Penelitian Nandini *et al.* (2021) cara aplikasi *Trichoderma* sp. melalui penyiraman pada rizosfer menunjukkan nilai insidensi terendah terhadap serangan bulai yaitu 14,6% daripada perlakuan kontrol, perendaman benih, dan penyemprotan daun. Penelitian Iswari *et al.* (2021) aplikasi *Trichoderma* spp. pada rhizosfer kerapatan 10^8 spora/ml pada 5 HST dengan dosis 10 ml/tanaman yang dikombinasikan pada berbagai jenis media tanam dapat memperpanjang masa inkubasi bulai dari pada perlakuan kontrol yaitu 11 hari dan insidensi 5,56 – 22,22% yang lebih rendah dari kontrol yaitu 63,89%. Penelitian Ivayani *et al.* (2018) aplikasi *Trichoderma* sp. dengan kerapatan 10^8 spora/ml dan dosis 10 ml/tanaman pada 4 HST di rhizosfer tanaman dapat menekan keterjadian bulai dengan nilai insidensi 5 – 25%, sedangkan perlakuan kontrol mencapai 30%.

Aplikasi *Trichoderma* sp. secara *foliar* melalui penyemprotan daun tanaman dapat terjadi mekanisme antagonis mikoparasit, antibiosis, atau kompetisi. Penyemprotan secara langsung pada daun yang bergejala berakibat adanya kontak langsung antara antagonisme *Trichoderma* sp. dengan spora patogen. Mekanisme yang dapat terjadi yaitu mikoparasit dimana hifa *Trichoderma* sp. akan melilit hifa patogen yang menyebabkan sel patogen lisis bersamaan dengan mekanisme antibiosis. Aplikasi melalui *foliar* pada daun tanaman menjadi efektif apabila patogen hidup pada jaringan daun. Penelitian Nurhayati *et al.* (2012) aplikasi *Trichoderma virens* sebagai upaya pengendalian patogen *Peronospora parasitica* melalui penyemprotan daun menunjukkan intensitas serangan terendah yaitu 13,88%. Penelitian Utama *et al.* (2015) perendaman benih bersamaan penyemprotan daun pada 7 HST dengan *Trichoderma* sp. pada kerapatan 10^5 spora/ml selama 24 jam menunjukkan insidensi 35% pada varietas jagung manis. Aplikasi *Trichoderma* sp. dapat menekan insidensi penyakit pada 8 hari, tidak berpengaruh pada waktu inkubasi, laju infeksi, bobot basah dan kering tanaman dengan waktu penyemprotan daun dilakukan pada 7 HST sebelum inokulasi patogen pada 11 HST (Wardani *et al.* 2023).

BAB III

MATERI METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan April – Juli 2024 di Desa Klepu, Kecamatan Pringapus, Kabupaten Semarang dan Laboratorium Ekologi dan Produksi Tanaman Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang.

3.1. Materi Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi benih jagung Paramita F1 deskripsi varietas pada Lampiran 1, pupuk kandang, pupuk urea, SP-36, KCl, bahan media *Potato Dextrose Agar*, akuades, daun bergejala bulai, isolat *Trichoderma* sp., dan perekat.

Alat yang digunakan seperti peralatan gelas (cawan petri, gelas ukur, tabung reaksi, erlenmeyer, pipet tetes, kaca preparat), wadah plastik, kapas, bunsen, cangkul, inkubator, autoklaf, *haemocytometer*, mikroskop, aluminium foil, karet gelang, gunting, mikropipet, *laminar air flow*, timbangan, plastik wrap, kertas label, spidol, sprayer, meteran, *magnetic stirrer*, *drigalski*, skalpel, spektrofotometer, oven, alat tulis, dan kamera.

3.2. Metode Penelitian

Rancangan Percobaan. Penelitian ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola faktorial 2 faktor, adapun faktor tersebut terdiri dari :

Faktor pertama adalah pencucian benih jagung (A) yang terdiri dari dua taraf:

A_0 = Tanpa pencucian benih

A_1 = Pencucian benih

Faktor kedua adalah cara aplikasi *Trichoderma* sp. (T) yang terdiri dari empat taraf:

T_0 = Kontrol (tanpa aplikasi *Trichoderma* sp.)

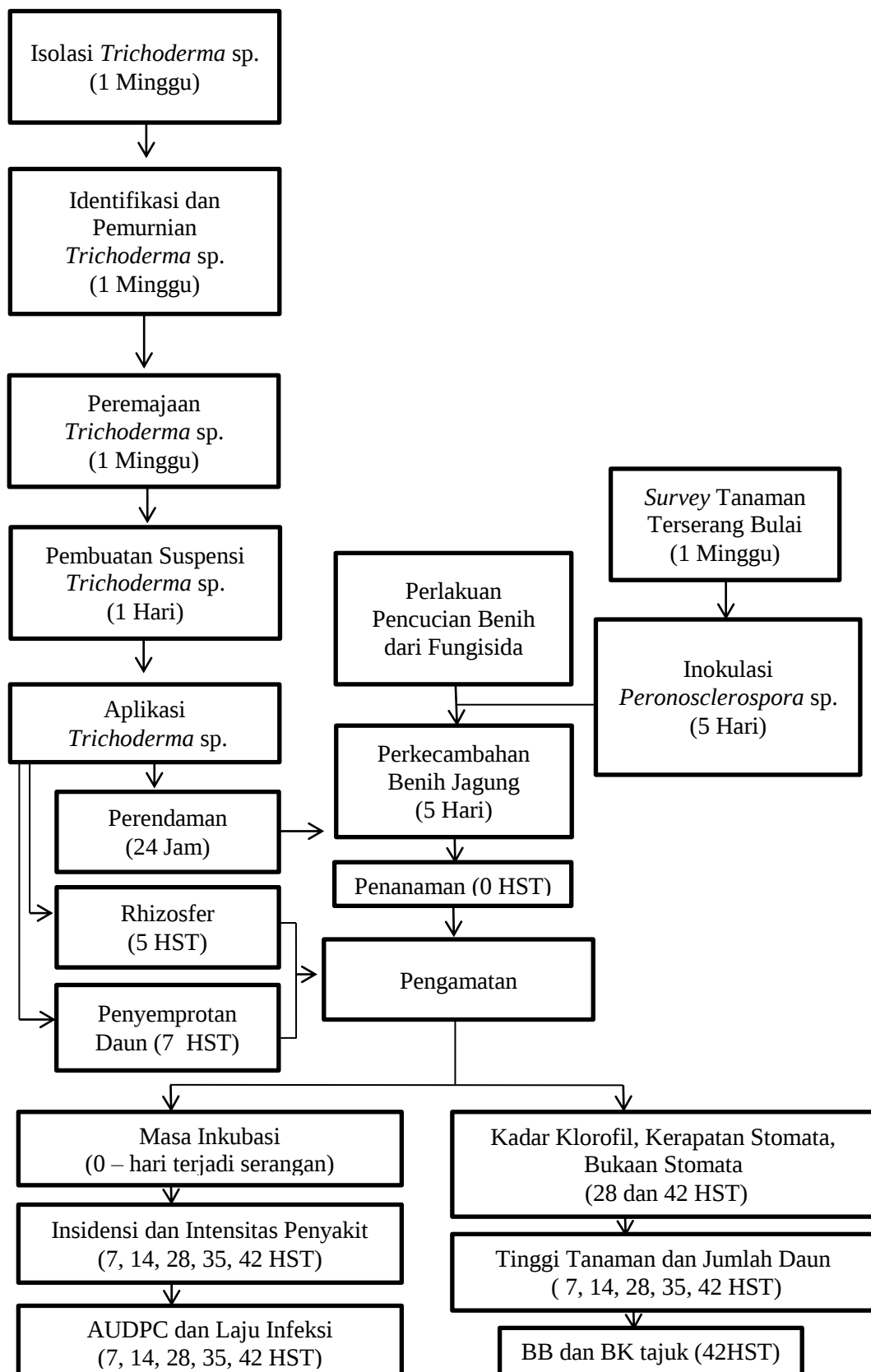
T_1 = Perendaman benih dengan *Trichoderma* sp.

T_2 = Penyiraman *Trichoderma* sp. pada rhizosfer

T_3 = Penyemprotan *Trichoderma* sp. pada daun

Berdasarkan rancangan tersebut diperoleh 8 kombinasi perlakuan dan setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali, sehingga diperoleh 40 satuan unit percobaan. Setiap satu unit percobaan ditanam 8 tanaman sehingga terdapat 320 tanaman jagung. Layout percobaan ditunjukkan pada Lampiran 2 dan layout unit percobaan ditunjukkan pada Lampiran 3.

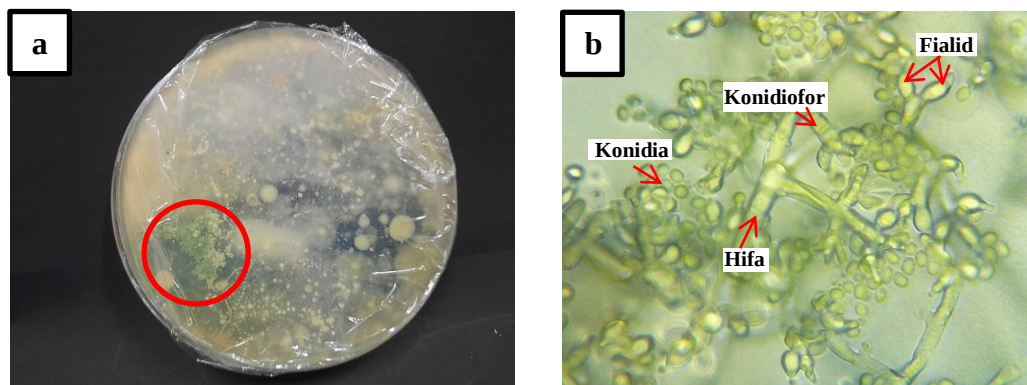
Pelaksanaan Penelitian. Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan yaitu isolasi *Trichoderma* sp., identifikasi *Trichoderma* sp., pemurnian *Trichoderma* sp., peremajaan *Trichoderma* sp., persiapan lahan, survey tanaman terserang bulai, perlakuan pencucian benih jagung, perkecambahan benih, inokulasi *Peronosclerospora* sp., penanaman, pembuatan suspensi *Trichoderma* sp., aplikasi *Trichoderma* sp., pemeliharaan, dan pengamatan yang ditunjukkan pada Ilustrasi 2.



Ilustrasi 2. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Isolasi *Trichoderma* sp. Tahap pertama dilakukan eksplorasi populasi tanaman jagung yang sehat dan terbebas dari serangan OPT di Desa Jatirunggo, Kecamatan Pringapus, Kabupaten Semarang. Pengambilan sampel tanah pada rhizosfer jagung sedalam 20 – 30 cm dari permukaan tanah. Tanah dikeringanginkan selama 3 hari dan dimasukkan dalam kantong plastik. Isolasi *Trichoderma* sp. dilakukan dengan metode pengenceran berseri (*dilution method*). Metode isolasi dengan menghaluskan sampel tanah dan ditimbang sebesar 10 g, lalu dimasukkan dalam 900 ml aquadest steril dan homogenkan. Sampel diambil sebesar 1 ml dengan mikropipet dan diencerkan pada tabung reaksi yang telah berisi 9 ml akuades steril untuk memperoleh pengenceran pertama 1 : 10 atau 10^{-1} . Pengenceran dilakukan sampai 10^{-5} dan diambil pada pengenceran 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , dan 10^{-5} sebanyak 0,1 ml suspensi. Suspensi ditumbuhkan pada media PDA melalui metode sebar (Widiati *et al.*, 2022). Inkubasi selama 3 – 7 hari pada suhu 22 – 25 °C .

Identifikasi *Trichoderma* sp. Karakteristik makroskopis *Trichoderma* sp. memiliki ciri koloni berwarna kehijauan dengan miselium berwarna putih. Karakter mikroskopis *Trichoderma* sp. ditunjukkan konidia berbentuk bulat – lonjong, konidiofor tegak dan bercabang, percabangan konidiofor menyerupai piramid, fialid berjumlah 2 – 3 (Widiati *et al.*, 2022). Identifikasi *Trichoderma* sp. secara makroskopis dan mikroskopis yang ditunjukkan pada Ilustrasi 3.



Ilustrasi 3. Makroskopis dan Mikroskopis *Trichoderma* sp., (a) Makroskopis *Trichoderma* sp., (b) Mikroskopis *Trichoderma* sp. pada perbesaran 100 x 10 kali.

Pemurnian *Trichoderma* sp. *Trichoderma* sp. yang telah teridentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis dipindahkan pada media PDA baru. Isolat *Trichoderma* sp. diambil dengan skalpel dan ditumbuhkan pada media PDA. *Trichoderma* sp. diletakkan dalam inkubator dan ditumbuhkan hingga 7 hari serta diamati pertumbuhannya yang ditunjukkan pada Lampiran 4. Isolat murni yang diperoleh ditunjukkan pada Ilustrasi 4.

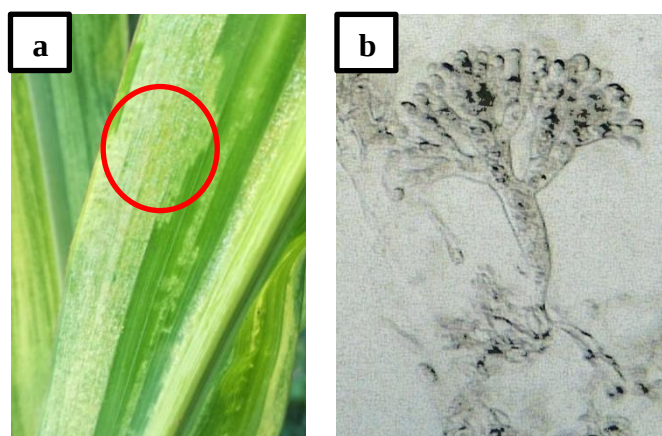


Ilustrasi 4. Isolat Murni *Trichoderma* sp. Umur 7 Hari Pada Cawan Petri.

Peremajaan *Trichoderma* sp. Isolat murni *Trichoderma* sp. diremajakan pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) dan diinkubasi selama 7 hari pada inkubator. Masa inkubasi selama 7 hari menunjukkan kerapatan spora *Trichoderma* sp. mencapai $8,12 \times 10^8$ spora/ml (Andari *et al.*, 2020).

Persiapan lahan. Lahan percobaan dibersihkan dari gulma dan serasah. Tahap selanjutnya yaitu pembajakan lahan pada kedalaman 20 cm dengan tujuan untuk menggemburkan solum tanah. Tahap selanjutnya yaitu pembuatan bedengan sesuai dengan jumlah unit percobaan dengan tinggi 30 cm dan jarak antar bedengan sebesar 50 cm.

Survei tanaman bergejala bulai. Survei dilakukan pada bulan Juni di Desa Pucung, Kecamatan Bancak, Kabupaten Semarang dengan kondisi suhu rata – rata 31,9 °C dan kelembaban 76 % pada varietas jagung Paramita. Pengambilan sampel daun dilakukan pada tanaman jagung yang bergejala klorosis sistemik dan terdapat konidia pada permukaan daun. Sampel disimpan dalam plastik bening dan dimasukkan dalam *cooling box*. Dokumentasi kegiatan survei tanaman ditunjukkan pada Ilustrasi 5.



Ilustrasi 5. Survei Tanaman Terserang Bulai. (a) Dokumentasi makroskopis gejala dan tanda serangan bulai (b) Dokumentasi mikroskopis *Peronosclerospora sorghi* pada perbesaran 10 x 10 kali.

Perlakuan pencucian benih. Benih jagung Paramita F1 dicuci dengan larutan *bleach* untuk menghilangkan lapisan fungisida. Pencucian benih jagung dengan larutan *bleach* konsentrasi 1 ml/L sampai bersih (Rachman *et al.*, 2019).

Benih jagung varietas Paramita F1 yang digunakan sebesar 36 g atau 160 benih dicuci dengan larutan *bleach* konsentrasi 0,1 ml/100 ml aquadest.

Perkecambahan benih. Benih direndam pada akuades steril dan perlakuan perendaman dengan *Trichoderma* sp. selama 24 jam hingga muncul radikula dan plumula. Benih jagung Paramita F1 dikecambahkan pada wadah plastik yang dialasi kapas dengan kondisi lembab. Perkecambahan dilakukan selama 5 hari bersamaan proses inokulasi *Peronosclerospora* sp. dengan metode sisip daun terinfeksi (Adhi *et al.*, 2019).

Inokulasi *Peronosclerospora* sp. Metode inokulasi dilakukan pada kecambah jagung dengan metode sisip daun terinfeksi. Daun jagung yang terinfeksi bulai disisipkan bersamaan dengan proses perkecambahan selama satu minggu. Metode inokulasi bulai dapat ditunjukkan pada Ilustrasi 6. Kecambah diinkubasi selama 2 hari pada kondisi gelap, kelembaban 80 – 90 %, dan suhu 22 - 25°C (Adhi *et al.*, 2019). Proses perkecambahan berlangsung selama 5 hari sampai benih jagung muncul daun dan akar sejati.



Ilustrasi 6. Metode Inokulasi Patogen dengan Metode Sisip Daun Terinfeksi pada Tanaman Jagung.

Penanaman. Lahan yang telah siap dibuat lubang tanam pada kedalam 5 cm dengan jarak tanam 60 cm x 20 cm. Penanaman dilakukan pada tanaman jagung yang telah diinokulasi *Peronosclerospora sorghi*.

Pembuatan suspensi *Trichoderma* sp. Pembuatan suspensi *Trichoderma* sp. dilakukan sebelum aplikasi pada tanaman jagung. Pengambilan konidia *Trichoderma* sp. menggunakan *drigalski*. Suspensi dipindahkan ke *erlenmeyer* dan dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* selama 15 menit. Sebelum diaplikasikan, suspensi *Trichoderma* sp. dihitung kerapatan sporanya dengan hasil $\geq 10^8$ spora/ml. Perhitungan kerapatan spora dengan *haemocytometer* tipe *Neubauer improve* (BSN, 2014) :

$$S = \frac{X}{L \text{ (mm}^2\text{)} \times t \text{ (mm)} \times d} \times 10^3$$

Keterangan : S = kerapatan (konidia/ml), X = jumlah konidia pada kotak a, b, c, d, e, L = luas kotak hitung 0,04 mm², t = kedalaman bidang hitung 0,1 mm, d = faktor pengenceran, 10³ = volume suspensi yang dihitung (1 ml = 10³ mm³).

Pembuatan suspensi *Trichoderma* sp. untuk perlakuan perendaman benih (*seed treatment*) yaitu dibutuhkan 1 cawan biakan *Trichoderma* sp. yang dilarutkan dalam 100 ml aquadest. Perlakuan penyiraman pada rhizosfer dibutuhkan 8 cawan biakan *Trichoderma* sp. yang dilarutkan dalam 800 ml aquadest. Perlakuan penyemprotan daun dibutuhkan 24 cawan biakan *Trichoderma* sp. yang dilarutkan dalam 2400 ml aquadest. Sebelum diaplikasikan pada tanaman suspensi *Trichoderma* sp. ditambah perekat dengan dosis 50 ml/1000 L air.

Aplikasi *Trichoderma* sp. Aplikasi *Trichoderma* sp. dilakukan sesuai dengan perlakuan. Perlakuan perendaman benih dibutuhkan 9g benih jagung setara dengan 40 butir yang direndam pada 32 ml suspensi *Trichoderma* sp. Hal ini berdasarkan Utama *et al.* (2015) bahwa perendaman benih jagung sebanyak

280 g/L suspensi *Trichoderma* sp. Perlakuan kontrol dan perlakuan lain tanpa perendaman direndam dalam aquades biasa selama 24 jam (Ridwan *et al.*, 2015).

Aplikasi *Trichoderma* sp. pada rhizosfer tanaman berumur 5 HST dengan dosis 10 ml/tanaman yang dilakukan pada pagi hari pukul 06.00 WIB. Kondisi media tanam saat akan diaplikasikan *Trichoderma* sp. harus pada kondisi lembab dan tidak kering (Iswari *et al.*, 2021).

Aplikasi *Trichoderma* sp. melalui penyemprotan daun dengan dosis 30 ml/tanaman pada pagi hari (Nandini *et al.*, 2021). Penyemprotan *Trichoderma* sp. dilakukan pada 7 HST yang dilakukan pada pagi hari (Sutama *et al.*, 2015).

Pemeliharaan. Penyiraman tanaman dilakukan pada pagi dan sore hari pada 0 – 14 HST. Penyiraman dapat dilakukan 1 kali sehari di pagi atau sore hari setelah tanaman berumur lebih dari 14 HST. Pemupukan dilakukan 2 kali yaitu saat berumur 14 HST dan 28 HST dengan dosis pemupukan ditunjukkan pada Lampiran 5. Penyiangan gulma dilakukan 1 - 2 kali seminggu secara langsung dengan alat. Pembenanaman dilakukan 2 kali selama masa tanam yaitu pada 14 HST dan 28 HST setelah pemupukan.

Parameter pengamatan. Pengamatan keparahan penyakit bulai meliputi masa inkubasi, insidensi penyakit, intensitas penyakit, AUDPC, laju infeksi. Parameter pertumbuhan meliputi kadar klorofil, kerapatan stomata, bukaan stomata, tinggi tanaman, jumlah daun, bobot basah dan kering tajuk tanaman.

1. **Suhu (°C) dan kelembaban (%).** Pengukuran suhu dan kelembaban rata – rata harian termasuk dalam pengamatan faktor abiotik lingkungan. Pengamatan suhu dan kelembaban menggunakan alat higrometer pada pagi

hari pukul 08.00, siang hari pukul 12.00, dan sore hari pukul 16.00. Perhitungan suhu dan kelembaban rata – rata harian ditunjukkan pada Lampiran 6. Suhu dan kelembaban rata – rata harian yang diperoleh dihitung dengan rumus berikut (Handoko, 1995) :

$$T = \frac{((2 \times T_{08.00}) + (T_{12.00}) + (T_{16.00}))}{4}$$

Keterangan: $T_{08.00}$ = Temperatur udara yang diukur pada pukul 08.00
 $T_{12.00}$ = Temperatur udara yang diukur pada pukul 12.00
 $T_{16.00}$ = Temperatur udara yang diukur pada pukul 16.00

$$RH = \frac{((RH_{08.00}) + (RH_{12.00}) + (RH_{16.00}))}{3}$$

Keterangan: $RH_{08.00}$ = Kelembaban relatif yang diukur pada pukul 08.00
 $RH_{12.00}$ = Kelembaban relatif yang diukur pada pukul 12.00
 $RH_{16.00}$ = Kelembaban relatif yang diukur pada pukul 16.00

2. **Masa inkubasi penyakit bulai (HST).** Pengamatan setelah proses inokulasi *Peronosclerospora sorghi* tepatnya dimulai pada 7 HST sampai muncul gejala pertama kali.
3. **Insidensi penyakit (%).** Insidensi yaitu persentase jumlah tanaman terinfeksi oleh patogen dari total tanaman yang diamati. Pengamatan insidensi penyakit dimulai dari 7 HST hingga 42 HST dengan interval setiap 1 minggu. Tanaman jagung yang bergejala dihitung jumlahnya sebagai tanaman terserang dengan notasi (1), sedangkan tanaman sehat diberi notasi (0). Insidensi dihitung dengan rumus berikut (Wulandari *et al.*, 2022) :

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

Keterangan : KP = insidensi penyakit (%), n = jumlah tanaman terserang, N = jumlah total tanaman pengamatan.

4. **Intensitas penyakit (%).** Intensitas penyakit menunjukkan keparahan suatu tanaman terserang oleh patogen. Intensitas menunjukkan dari tanaman yang terserang penyakit berapa % tingkat keparahannya. Pengamatan intensitas penyakit dimulai dari 7 HST hingga 42 HST dengan interval setiap 1 minggu. Semakin tinggi nilai intensitasnya maka tanaman termasuk dalam kategori mendekati rentan. Rumus intensitas penyakit (Farida *et al.*, 2022) :

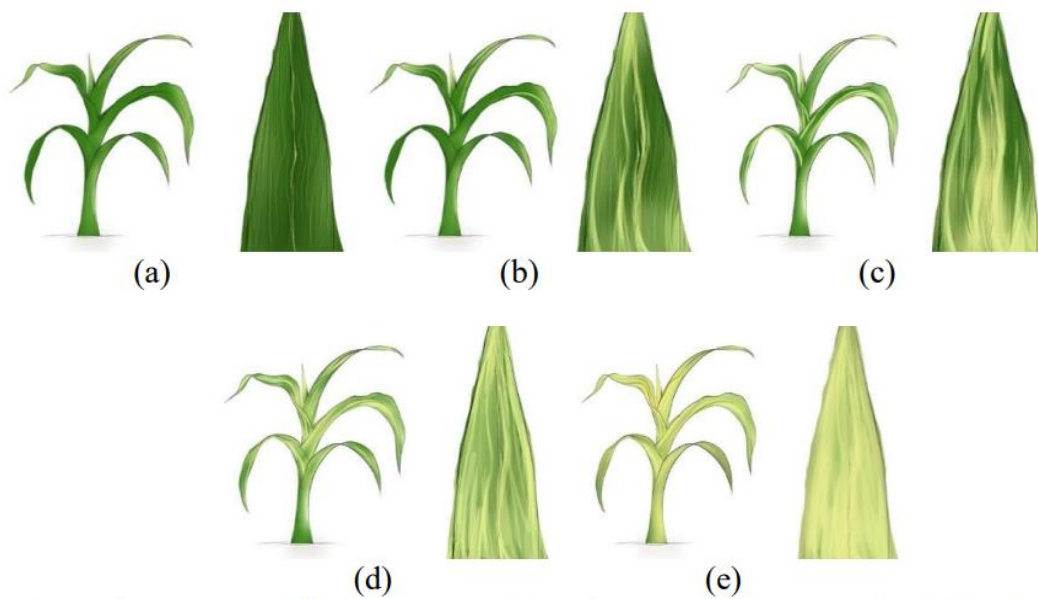
$$I = \frac{\sum (n \times v)}{N \times V} \times 100\%$$

Keterangan : I = Intensitas penyakit (%), n = jumlah tanaman dengan skor keparahan tertentu, N = jumlah total tanaman pengamatan, v = nilai skor masing – masing kategori, V = skor tertinggi.

Sebelum dilakukan perhitungan nilai intensitas penyakit, diperlukan pengamatan skala kerusakan setiap tanaman. Skala kerusakan didasarkan pada luas serangan patogen bulai pada daun tanaman jagung. Acuan skor kerusakan akibat serangan bulai pada tanaman jagung dapat ditunjukkan pada Tabel 1. dan digambarkan dalam Ilustrasi 7.

Tabel 1. Skoring Serangan Bulai Jagung (Khoiri *et al.*, 2021) :

Skala Kerusakan	Luas Serangan
0	Tidak ada gejala
1	Luas gejala pada daun 1 – 25%
2	Luas gejala pada daun 26 – 50%
3	Luas gejala pada daun 51 – 75%
4	Luas gejala pada daun 75 – 100%



Ilustrasi 7. Luas Gejala Serangan Bulai pada Tanaman Jagung. (a) Tidak ada gejala bulai. (b) Gejala serangan 1 – 25%. (c) Gejala serangan 26 – 50%. (d) Gejala serangan 51 – 75%. (e) Gejala serangan 76 – 100%.

5. **AUDPC (*Area Under The Disease Progress Curve*)**. Digunakan dalam mengukur perkembangan suatu penyakit terhadap waktu. AUDPC ini menunjukkan intensitas penyakit setiap minggu pengamatan berupa luas area di bawah kurva perkembangan penyakit. Nilai AUDPC dapat dihitung dengan rumus (Saputri *et al.*, 2020) :

$$\text{AUDPC} = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right) \cdot (t_{i+1} - t_i)$$

Keterangan : AUDPC = kurva perkembangan penyakit, Y = nilai intensitas penyakit pada waktu (t), i = hari pengamatan (HST).

Nilai AUDPC diperoleh dari jumlah total nilai intensitas penyakit (%) setiap minggunya dijumlah dengan intensitas penyakit satu minggu berikutnya dan di rata-rata. Semakin besar nilai AUDPC menunjukkan serangan penyakit pada tanaman lebih besar yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori Ketahanan Tanaman Terhadap Penyakit Bulai Berdasarkan Nilai AUDPC (Kalqutny dan Pakki, 2020) :

Nilai AUDPC	Kategori ketahanan
0 - 100	Tahan
100 – 600	Agak Tahan
600 – 1000	Rentan
>1000	Sangat rentan

6. **Laju infeksi penyakit (r) (tanaman/minggu).** Laju infeksi penyakit diukur berdasarkan hasil dari intensitas penyakit untuk menggambarkan kecepatan penyebaran penyakit dalam suatu populasi selama periode waktu tertentu. Nilai laju infeksi penyakit (r) menurut Pajrin *et al.* (2013) dapat dihitung menggunakan rumus:

$$r = \frac{2,3}{(t_2 - t_1)} \left[\log \frac{x_2}{1-x_2} - \log \frac{x_1}{1-x_1} \right]$$

Keterangan : r = laju infeksi penyakit, x_1 = proporsi penyakit (intensitas penyakit) pada pengamatan pertama, x_2 = proporsi penyakit (intensitas penyakit) pada pengamatan kedua, t_1 = waktu pengamatan pertama, t_2 = waktu pengamatan kedua.

7. **Kadar klorofil (mg/g)** dianalisa pada 28 HST dan 42 HST. Pengamatan dilakukan 2 kali untuk membandingkan kerusakan klorofil pada awal tanam dan akhir tanam. Sampel daun jagung yang masih muda diambil dan ditimbang 0,25 g. Sampel digiling dengan mortal dan dilarutkan dengan aseton 80 % sebanyak 25 ml (Agustamia *et al.*, 2016). Pengukuran absorbansi atau *optical density* (OD) larutan klorofil pada panjang gelombang 663 nm dan 645 nm. Rumus perhitungan kadar klorofil total, klorofil a dan b pada daun (Iriyani dan Nugrahani, 2014) :

$$\text{Ca+b (mg/g)} = [8,02 \times A663 + 20,20 \times A645] \times \frac{V}{1000} \times 1/W$$

$$\text{Klorofil a (mg/g)} = [(12,7 \times A663) - (2,69 \times A645)] \times \frac{V}{1000} \times 1/W$$

$$\text{Klorofil b (mg/g)} = [(22,9 \times A645) - (4,68 \times A663)] \times \frac{V}{1000} \times 1/W$$

Keterangan: C = kadar klorofil total (mg/g), V = volume dari ekstrak (mL),
dan W = berat basah dari sampel (g)

8. **Kerapatan stomata (stomata/mm²)** diamati pada 28 HST. Daun yang diamati yaitu daun ketiga dari atas. Pengambilan sampel daun diawali dengan permukaan daun dibersihkan dari kotoran. Permukaan bawah daun diolesi cat kuku bening dengan luas 1 cm lalu pada bagian ujung, tengah, dan pangkal. Setelah cat mengering maka diberi selotip bening yang menutupi luas lapisan cat. Selotip dilepas pelan – pelan hingga cat kuku terkelupas. Sampel diletakkan pada meja preparat dan diamati dengan optiklab. Rumus kerapatan stomata yaitu :

$$\text{Kerapatan stomata} = \frac{\text{Jumlah stomata}}{\text{Luas penampang (mm}^2\text{)}}$$

9. **Bukaan stomata (%)** diamati pada 28 HST. Daun yang diamati yaitu daun ketiga dari atas. Pengamatan bukaan stomata dilakukan bersamaan dengan pengamatan kerapatan stomata. Perhitungan jumlah stomata membuka dilakukan dengan mikroskop pada perbesaran 10x10 kali.

$$\text{Bukaan stomata} = \frac{\text{Stomata membuka}}{\text{Jumlah stomata}} \times 100 \%$$

10. **Tinggi tanaman (cm).** Pengukuran tinggi dilakukan dengan pengukuran dari permukaan tanah hingga titik tumbuh dengan menggunakan meteran pada ketelitian 0,0. Pengukuran dilakukan mulai dari 7 HST sampai 42 HST dengan interval 1 minggu.
11. **Jumlah daun (helai).** Pengamatan jumlah daun dimulai 7 HST hingga 42 HST. Perhitungan jumlah daun dilakukan secara manual tanpa alat bantu dengan interval 1 minggu.
12. **Bobot basah dan kering tajuk tanaman (gram).** Pengukuran bobot basah dan bobot kering tajuk pada 42 HST. Pengukuran diawali dengan pemisahan tajuk dan akar lalu tajuk tanaman ditimbang dengan timbangan pada ketelitian 0,0 untuk menghitung bobot basah tajuk. Tajuk lalu di oven dan diukur berat keringnya.

Analisis Data. Data hasil penelitian dihitung dengan menggunakan analisis ragam. Model linear matematika yang menjelaskan setiap pengaruh dari Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial yang digunakan adalah :

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + T_j + (AT)_{ij} + \rho_k + \epsilon_{ijk}$$

Keterangan :

- Y_{ijk} = Hasil pengamatan pada satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan taraf ke-i dari pencucian benih (A) dan taraf ke-j dari cara aplikasi *Trichoderma* sp. (T)
- i = 1,2 ; j : 1,2,3,4 ; k : 1,2,3,4,5
- μ = Rata-rata umum
- A_i = Pengaruh taraf ke-i dari faktor A (pencucian benih)
- T_j = Pengaruh taraf ke-j dari faktor T (cara aplikasi *Trichoderma* sp.)
- $(AT)_{ij}$ = Pengaruh interaksi antara taraf ke - i dari faktor A dan taraf ke - j dari faktor T

ρ_k = Pengaruh keragaman kelompok taraf ke-k ($k=1,2,3,4,5$)
 ϵ_{ijk} = Pengaruh galat percobaan dari satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan ij

Hipotesis Statistik. Hipotesis yang diuji adalah :

1. Pengaruh utama faktor A (Pencucian Benih)

$H_0 : A_0 = A_1 = 0$ (Tidak Ada pengaruh pencucian benih jagung dari fungisida dalam mengendalikan penyakit bulai pada tanaman jagung).

H_1 : Minimal terdapat satu $A_i \neq 0$ (Ada pengaruh pencucian benih jagung dari fungisida dalam mengendalikan penyakit bulai pada tanaman jagung).

2. Pengaruh utama faktor T (Cara Aplikasi *Trichoderma* sp.)

$H_0 : T_0 = T_1 = T_2 = T_3 = 0$ (Tidak Ada pengaruh cara aplikasi *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan penyakit bulai pada tanaman jagung).

H_1 : Minimal terdapat satu $T_i \neq 0$ (Ada pengaruh cara aplikasi *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan penyakit bulai pada tanaman jagung).

3. Pengaruh interaksi faktor A (Pencucian Benih) dengan Faktor T (Cara Aplikasi *Trichoderma* sp.)

$H_0 : A_0T_0 = A_0T_1 = A_0T_2 = \dots\dots A_iT_j = 0$ (Tidak Ada interaksi antara pencucian benih dan cara aplikasi *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan penyakit bulai pada tanaman jagung).

H_1 : Minimal terdapat satu $A_iT_j \neq 0$ (Ada interaksi antara pencucian benih dan cara aplikasi *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan penyakit bulai pada tanaman jagung).

Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan *Analisis of Variance* (ANOVA) dengan taraf 5% untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati, apabila ada pengaruh nyata antar perlakuan maka dilanjutkan dengan Uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) taraf 5%.