

**PENGARUH FREKUENSI APLIKASI FUNGISIDA ASAM FOSFIT  
DAN *TRICHODERMA* SP. TERHADAP INTENSITAS PENYAKIT BULAI  
SERTA PRODUKSI JAGUNG VARIETAS BISI-18**

**Skripsi**

**Oleh**

**SAKTI HADMA TRINARWAN**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2023**

## ABSTRAK

### PENGARUH FREKUENSI APLIKASI FUNGISIDA ASAM FOSFIT DAN *TRICHODERMA* SP. TERHADAP INTENSITAS PENYAKIT BULAI SERTA PRODUKSI JAGUNG VARIETAS BISI-18

Oleh

**Sakti Hadma Trinarwan**

Salah satu penyakit penting tanaman jagung adalah penyakit bulai yang disebabkan oleh *Peronosclerospora* sp. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh frekuensi aplikasi asam fosfit dan *Trichoderma* sp. terhadap intensitas penyakit bulai jagung pada varietas unggul hibrida Bisi-18. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Januari sampai Juni 2023 di Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan, Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan di Kebun Percobaan Balai Standarisasi Instrumen Pertanian (BSIP), Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan. Penelitian terdiri atas sepuluh perlakuan dan empat ulangan dan disusun secara faktorial dalam rancangan acak kelompok. Faktor pertama adalah asam fosfit dengan lima taraf, yaitu tanpa asam fosfit (F-0), asam fosfit 1 kali pada tanaman jagung berumur 7 hari setelah tanam (F-1), 2 kali pada tanaman jagung berumur 7 dan 14 hari setelah tanam (F-2), 3 kali pada tanaman jagung berumur 7, 14, dan 21 hari setelah tanam (F-3), dan 4 kali pada tanaman jagung berumur 7, 14, 21, dan 28 hari setelah tanam (F-4) dan faktor kedua *Trichoderma* sp. dengan dua taraf yaitu tanpa *Trichoderma* sp. (T-0) dan dengan *Trichoderma* sp. (T-1). Variabel yang diamati adalah keterjadian dan keparahan penyakit, pertumbuhan tanaman, *area under disease progress curve* (AUDPC), metabolit sekunder, dan produksi jagung. Data dari penelitian ini dianalisis dengan analisis ragam (ANARA) dan diuji lanjut dengan uji beda nyata jujur (BNJ) pada taraf 5%. Berbeda dengan hasil-hasil penelitian tentang pengaruh asam fosfit dan *Trichoderma* sp. yang terdahulu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi asam fosfit dan aplikasi *Trichoderma* sp. tidak menekan intensitas penyakit bulai dan tidak meningkatkan produksi jagung.

**Kata kunci:** *Peronosclerospora* sp., asam fosfit, *Trichoderma* sp..

## ABSTRACT

### EFFECT OF APPLICATION FREQUENCY OF PHOSPHORIC ACID AND *TRICHODERMA* SP. ON THE INTENSITY OF DOWNY MILDEW AND YIELD OF BISI-18 VARIETY

By

**Sakti Hadma Trinarwan**

One of the most important maize diseases is downy mildew *Peronosclerospora* sp. The objective of this study was to determine the effect of application frequency of phosphoric acid, and *Trichoderma* sp. on the intensity of downy mildew in high-yielding hybrid of maize, Bisi-18 variety. The study was conducted from January to June 2023 at The Plant Disease Laboratory, Departement Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Lampung and at the Experiment Station of Agricultural Instrument Standardization Center (BSIP), Natar District, South Lampung Regency. This experiment consisted of ten treatments and four replications arranged factorially in a randomized block design. The first factor was phosphoric acid treatments consisting of five levels, i.e.: without phosphoric acid (F-0), 1x phosphoric acid treatment (7 days after planting (F-1), 2x phosphoric acid treatments (7 and 14 days after planting (F-2), 3x phosphoric acid treatments (7, 14, and 21 days after planting (F-3), and 4x phosphoric acid treatments (7, 14, 21, and 28 days after planting (F-4). The second factor was *Trichoderma* sp. treatment wich consisted of two levels: without *Trichoderma* sp. (T-0) and with *Trichoderma* sp. (T-1). Data obtained from the experiment were analyzed statistically with anova and *Tukey (Honestly Significant Different)* test was used to compare the means at 5% level. In contrast to the results of previous research on the effect of phosphoric acid and *Trichoderma* sp., data of this study show that the application of phosphoric acid and the application of *Trichoderma* sp. did not suppress the intensity of downy mildew and did not increase maize production.

**Keywords:** *Peronosclerospora* sp., phosphoric acid, *Trichoderma* sp..

**PENGARUH FREKUENSI APLIKASI FUNGISIDA ASAM FOSFIT  
DAN *TRICHODERMA* SP. TERHADAP INTENSITAS PENYAKIT BULAI  
SERTA PRODUKSI JAGUNG VARIETAS BISI-18**

Oleh

**Sakti Hadma Trinarwan**

Skripsi

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

Pada

Jurusan Proteksi Tanaman  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2023**

**Judul Skripsi** : Pengaruh Frekuensi Aplikasi Fungisida Asam Fosfit dan *Trichoderma* sp. terhadap Intensitas Penyakit Bulai serta Produksi Jagung Varietas Bisi-18

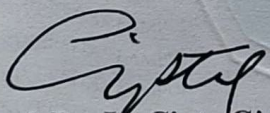
**Nama Mahasiswa** : Sakti Hadma Trinarwan

**Nomor Pokok Mahasiswa** : 1914191014

**Jurusan** : Proteksi Tanaman

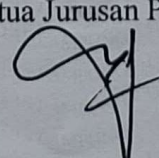
**Fakultas** : Pertanian



  
**Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc.**  
NIP. 196012011984031003

  
**Prof. Dr. Ir. Hamim Sudarsono, M.Sc.**  
NIP. 196001191984031003

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

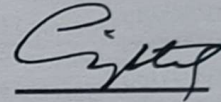
  
**Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.**  
NIP. 198108152008122001



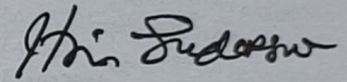
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

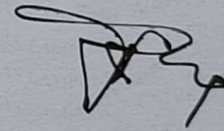
Ketua : **Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc.**



Sekretaris : **Prof. Dr. Ir. Hamim Sudarsono, M.Sc.**



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Joko Prasetyo, M.P.**



**Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.**  
NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 27 September 2023

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**Pengaruh Frekuensi Aplikasi Fungisida Asam Fosfit dan *Trichoderma* sp. terhadap Intensitas Penyakit Bulai serta Produksi Jagung Varietas Bisi-18**" merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 16 Oktober 2023  
Pembuat pernyataan



*Sakti Hadma Trinarwan*  
**Sakti Hadma Trinarwan**  
NPM. 1914191014

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis lahir di Astra Ksetra, Kecamatan Menggala, Kabupaten Tulang Bawang pada tanggal 01 Oktober 2000 dan merupakan anak ketiga dari pasangan Bapak M. Ridwan dan Ibu Sunarmi. Penulis menempuh pendidikan di SD 02 YAPINDO, Kecamatan Gedung Meneng, Kabupaten Tulang Bawang pada tahun 2013, SMP YAPINDO pada tahun 2016 dan melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Tumijajar, Kecamatan Tumijajar, Kabupaten Tulang Bawang Barat pada tahun 2019. Pada tahun 2019 penulis tercatat sebagai mahasiswa Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN.

Penulis aktif mengikuti organisasi di BEM FP sebagai staf ahli advokasi dan kesejahteraan mahasiswa, KOPMA UNILA sebagai anggota bidang 1 keanggotaan Gugus Fakultas Pertanian dan HIMAPROTEKTA sebagai anggota bidang pengembangan minat dan bakat pada tahun 2021 dan sebagai ketua bidang pengembangan minat dan bakat pada tahun 2022. Penulis juga mengikuti kegiatan pertukaran mahasiswa merdeka (PMM) yang diselenggarakan oleh KEMDIKBUDRISTEK dan dilaksanakan di empat perguruan tinggi berbeda yaitu Universitas Jember, Universitas Jenderal Soedirman, Universitas Sriwijaya, dan Universitas Sembilanbelas November Kolaka. Penulis pernah menjadi pengajar pada Forum Ilmiah Mahasiswa (FILMA) FP pada tahun 2020 dan asisten praktikum yaitu Praktikum Hama Nirserangga (2022), Praktikum Kewirausahaan (2022), Praktikum Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman (2022), dan Praktikum Karantina Tumbuhan (2023). Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Agung Jaya, Kecamatan Banjar Margo, Kabupaten Tulang Bawang pada Januari sampai Februari tahun 2022 dan Praktik Umum (PU) di Balai Karantina Pertanian Kelas 1 Bandar Lampung, Lampung pada Juni-Agustus tahun 2022.



## **MOTTO**

**“Tetap berjalan meskipun banyak rintangan yang menghadang”  
(Sakti)**

***“If i try my best and fail, well i’ve try my best”  
(Steve Jobs)***

## SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, dan karunia yang senantiasa tercurahkan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Frekuensi Aplikasi Fungisida Asam Fosfit dan *Trichoderma* sp. terhadap Intensitas Penyakit Bulai serta Produksi Jagung Varietas Bisi-18”. Penyusunan dan penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc., selaku pembimbing pertama atas ide penelitian, saran, motivasi, dan waktu yang telah diberikan dalam memberi bimbingan kepada penulis.
4. Prof. Dr. Ir. Hamim Sudarsono, M.Sc., selaku pembimbing kedua dan pembimbing akademik atas saran, ide penelitian, motivasi, dan waktu serta nasihat dalam memberi bimbingan kepada penulis.
5. Dr. Ir. Joko Prasetyo, M.P., selaku pembahas atas masukan, kritikan, dan saran serta motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Dr. Drs. Jekvy Hendra, M.Si., selaku Kepala Balai Standarisasi Instrumen Pertanian (BSIP) Lampung yang telah memberikan bantuan berupa tempat dan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian ini.
7. Seluruh dosen Jurusan Proteksi Tanaman dan dosen Fakultas Pertanian yang

telah memberikan banyak ilmu pengetahuan selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Lampung.

8. Kedua orang tua Bapak M. Ridwan dan Ibu Sunarmi serta kakak-kakak tersayang Andri dan Ratih atas kasih sayang, doa, dan perhatian yang diberikan kepada penulis.
9. Teman-teman penelitian bulai Atta dan Bobi yang telah bekerja sama dalam proses penelitian penulis.
10. Keluarga Besar Proteksi Tanaman 2019 yang telah memberikan motivasi penulis selama perkuliahan.
11. Keluarga Besar HIMAPROTEKTA, BEM FP, dan KOPMA UNILA yang telah memberikan pengalaman kepada penulis selama di perkuliahan.
12. Nurul Afra Suryani yang telah memberikan dukungan, semangat, perhatian, dan waktu kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
13. Semua pihak yang telah memberikan bantuan, saran, dan dukungan kepada penulis.

Harapan penulis semoga seluruh bantuan yang telah diberikan dapat dibalas oleh Allah SWT dan skripsi ini dapat bermanfaat.

Bandar Lampung, Oktober 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Kerangka Pemikiran .....	4
1.4 Hipotesis .....	7
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>8</b>
2.1 Jagung ( <i>Zea mays</i> L.) .....	8
2.2 Penyakit Bulai Jagung .....	10
2.3 Asam Fosfit .....	14
2.4 <i>Trichoderma</i> sp. dan Peranannya .....	16
2.5 Pengaruh Aplikasi Asam Fosfit dan <i>Trichoderma</i> sp. terhadap Intensitas Penyakit Bulai dan Produksi Jagung.....	17
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	19
3.2 Alat dan Bahan .....	19
3.3 Rancangan Percobaan.....	20
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	22
3.4.1 Identifikasi Patogen .....	22



3.4.2 Perhitungan Kerapatan Spora <i>Peronosclerospora sorghi</i> .....	24
3.4.3 Penyiapan Inokulum .....	24
3.4.4 Perbanyakkan dan Aplikasi <i>Trichoderma</i> sp. ....	25
3.4.5 Penyiapan Lahan dan Penanaman Jagung .....	26
3.4.6 Pemeliharaan Tanaman.....	27
3.4.7 Uji Metabolit Sekunder.....	27
3.4.8 Pemanenan dan Pengeringan .....	28
3.1.1 Variabel Pengamatan .....	28
3.5 Analisis Data .....	31
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>32</b>
4.1 Hasil Penelitian.....	32
4.1.1 Identifikasi Patogen .....	32
4.1.2 Gejala dan Tanda Penyakit Bulai.....	33
4.1.3 Pertumbuhan Tanaman Jagung.....	35
4.1.4 Keterjadian Penyakit Bulai .....	39
4.1.5 Keparahan Penyakit Bulai .....	41
4.1.6 <i>Area Under Disease Progress Curve</i> (AUDPC) .....	43
4.1.7 Metabolit Sekunder.....	45
4.1.8 Produksi Jagung.....	46
4.2 Pembahasan .....	47
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>52</b>
5.1 Simpulan.....	52
5.2 Saran.....	52
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>53</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>64</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perlakuan fungisida asam fosfit dan <i>Trichoderma</i> sp. ....	20
2. Karakteristik morfologi berbagai spesies patogen bulai .....	23
3. Skor keparahan penyakit.....	29
4. Sidik ragam data tinggi tanaman 1-5 MST .....	35
5. Tinggi tanaman jagung perlakuan <i>Trichoderma</i> sp. 1-5 MST.....	35
6. Tinggi tanaman jagung perlakuan fungisida asam fosfit 1-5 MST.....	36
7. Sidik ragam data jumlah daun tanaman pada 1-5 MST .....	37
8. Jumlah daun tanaman jagung perlakuan <i>Trichoderma</i> sp. 1-5 MST .....	38
9. Uji Tukey faktor interaksi jumlah daun tanaman 2 MST .....	38
10. Jumlah daun tanaman jagung perlakuan fungisida asam fosfit.....	39
11. Sidik ragam data keterjadian penyakit bulai 2-7 MST.....	39
12. Keterjadian penyakit bulai perlakuan <i>Trichoderma</i> sp. 1-7 MSI.....	40
13. Keterjadian penyakit bulai perlakuan fungisida asam fosfit 1-7 MSI.....	41
14. Sidik ragam data keparahan penyakit 2-7 MSI.....	41
15. Keparahhan penyakit bulai perlakuan <i>Trichoderma</i> sp. 1-7 MSI.....	42
16. Keparahhan penyakit bulai perlakuan fungisida asam fosfit 1-7 MSI.....	43
17. Sidik ragam data AUDPC .....	44
18. AUDPC pada tanaman jagung .....	45
19. Kandungan senyawa fenolik pada tanaman jagung .....	46
20. Sidik ragam data produksi jagung.....	46
21. Produksi tanaman jagung perlakuan <i>Trichoderma</i> sp.....	46
22. Produksi tanaman jagung perlakuan fungisida asam fosfit.....	47
23. Data tinggi tanaman jagung 1 MST .....	65

24. Uji normalitas data tinggi tanaman 1 MST .....	65
25. Uji homogenitas data tinggi tanaman 1 MST .....	65
26. Sidik ragam data tinggi tanaman 1 MST.....	65
27. Uji Tukey faktor <i>Trichoderma</i> sp. data tinggi tanaman 1 MST.....	66
28. Uji Tukey faktor fungsida asam fosfit data tinggi tanaman 1 MST.....	66
29. Data tinggi tanaman jagung 2 MST .....	66
30. Uji normalitas data tinggi tanaman 2 MST .....	66
31. Uji homogenitas data tinggi tanaman 2 MST .....	66
32. Sidik ragam data tinggi tanaman 2 MST.....	67
33. Data tinggi tanaman jagung 3 MST .....	67
34. Uji normalitas data tinggi tanaman 3 MST .....	67
35. Uji homogenitas data tinggi tanaman 3 MST .....	67
36. Sidik ragam data tinggi tanaman 3 MST.....	68
37. Data tinggi tanaman jagung 4 MST .....	68
38. Uji normalitas data tinggi tanaman 4 MST .....	68
39. Uji homogenitas data tinggi tanaman 4 MST .....	68
40. Sidik ragam data tinggi tanaman 4 MST.....	69
41. Uji Tukey faktor <i>Trichoderma</i> sp. data tinggi tanaman 4 MST.....	69
42. Uji Tukey faktor fungsida asam fosfit tinggi tanaman 4 MST .....	69
43. Data tinggi tanaman jagung 5 MST .....	69
44. Uji normalitas data tinggi tanaman 5 MST .....	70
45. Uji homogenitas data tinggi tanaman 5 MST .....	70
46. Sidik ragam data tinggi tanaman 5 MST.....	70
47. Uji Tukey faktor <i>Trichoderma</i> sp. data tinggi tanaman 5 MST.....	70
48. Uji Tukey faktor fungsida asam fosfit data tinggi tanaman 5 MST.....	70
49. Data jumlah daun tanaman 1 MST.....	71
50. Data transformasi jumlah daun tanaman 1 MST.....	71
51. Uji homogenitas data jumlah daun tanaman 1 MST.....	71
52. Sidik ragam data jumlah daun tanaman 1 MST .....	71
53. Data jumlah daun tanaman 2 MST.....	72
54. Uji normalitas data jumlah daun tanaman 2 MST .....	72
55. Uji homogenitas data jumlah daun tanaman 2 MST .....	72

56. Sidik ragam data jumlah daun tanaman 2 MST .....	72
57. Uji Tukey faktor interaksi jumlah daun tanaman 2 MST .....	73
58. Data jumlah daun tanaman 3 MST.....	73
59. Uji normalitas data jumlah daun tanaman 3 MST .....	73
60. Uji homogenitas data jumlah daun tanaman 3 MST .....	73
61. Sidik ragam data jumlah daun tanaman 3 MST .....	74
62. Data jumlah daun tanaman 4 MST.....	74
63. Uji normalitas data jumlah daun tanaman 4 MST .....	74
64. Uji homogenitas data jumlah daun tanaman 4 MST .....	74
65. Sidik ragam data jumlah daun tanaman tanaman 4 MST .....	75
66. Uji Tukey faktor <i>Trichoderma</i> sp. data jumlah daun tanaman 4 MST .....	75
67. Uji Tukey faktor fungisida asam fosfit data jumlah daun tanaman 4 MST ....	75
68. Data jumlah daun tanaman 5 MST.....	75
69. Uji normalitas data jumlah daun tanaman 5 MST .....	76
70. Uji homogenitas data jumlah daun tanaman 5 MST .....	76
71. Sidik ragam data jumlah daun tanaman 5 MST .....	76
72. Uji Tukey faktor <i>Trichoderma</i> sp. data jumlah daun tanaman 5 MST .....	76
73. Uji Tukey faktor fungisida asam fosfit data jumlah daun tanaman 5 MST ....	76
74. Data keterjadian penyakit bulai 1 MSI.....	77
75. Data keterjadian penyakit bulai 2 MSI.....	77
76. Data transformasi keterjadian penyakit bulai 2 MSI.....	77
77. Uji homogenitas data keterjadian penyakit bulai 2 MSI.....	78
78. Sidik ragam data keterjadian penyakit bulai 2 MSI.....	78
79. Uji Tukey faktor <i>Trichoderma</i> sp. data keterjadian penyakit bulai 2 MSI .....	78
80. Uji Tukey faktor fungisida asam fosfit data keterjadian penyakit bulai 2 MSI.....	78
81. Data keterjadian penyakit bulai 3 MSI.....	79
82. Uji homogenitas data keterjadian penyakit bulai 3 MSI.....	79
83. Sidik ragam data keterjadian penyakit bulai 3 MSI.....	79
84. Uji Tukey faktor <i>Trichoderma</i> sp. data keterjadian penyakit bulai 3 MSI .....	79
85. Uji Tukey faktor fungisida asam fosfit data keterjadian penyakit bulai 3 MSI.....	80



86. Data keterjadian penyakit bulai 4 MSI.....	80
87. Data transformasi keterjadian penyakit bulai 4 MSI.....	80
88. Uji normalitas data keterjadian penyakit bulai 4 MSI .....	80
89. Uji homogenitas data keterjadian penyakit bulai 4 MSI.....	81
90. Sidik ragam data keterjadian penyakit bulai 4 MSI.....	81
91. Uji Tukey faktor <i>Trichoderma</i> sp. data keterjadian penyakit bulai 4 MSI .....	81
92. Uji Tukey faktor fungisida asam fosfit data keterjadian penyakit bulai 4 MSI.....	81
93. Data keterjadian penyakit bulai 5 MSI.....	82
94. Data transformasi keterjadian penyakit bulai 5 MSI.....	82
95. Uji normalitas data keterjadian penyakit bulai 5 MSI .....	82
96. Sidik ragam data keterjadian penyakit bulai 5 MSI.....	82
97. Uji Tukey faktor <i>Trichoderma</i> sp. data keterjadian penyakit bulai 5 MSI .....	83
98. Uji Tukey faktor fungisida asam fosfit data keterjadian penyakit bulai 5 MSI.....	83
99. Data keterjadian penyakit bulai 6 MSI.....	83
100. Data transformasi keterjadian penyakit bulai 6 MSI .....	84
101. Uji normalitas data keterjadian penyakit bulai 6 MSI .....	84
102. Uji homogenitas data keterjadian penyakit bulai 6 MSI.....	84
103. Sidik ragam data keterjadian penyakit bulai 6 MSI.....	84
104. Uji Tukey faktor <i>Trichoderma</i> sp. data keterjadian penyakit bulai 6 MSI ...	85
105. Uji Tukey faktor fungisida asam fosfit data keterjadian penyakit bulai 6 MSI.....	85
106. Data keterjadian penyakit bulai 7 MSI.....	85
107. Data transformasi keterjadian penyakit bulai 7 MSI .....	86
108. Uji normalitas data keterjadian penyakit bulai 7 MSI .....	86
109. Uji homogenitas data keterjadian penyakit bulai 7 MSI.....	86
110. Sidik ragam data keterjadian penyakit bulai 7 MSI.....	86
111. Uji Tukey faktor <i>Trichoderma</i> sp. data keterjadian penyakit bulai 7 MSI ...	87
112. Uji Tukey faktor fungisida asam fosfit data keterjadian penyakit bulai 7 MSI.....	87
113. Data keparahan penyakit bulai 1 MSI.....	87

114. Data keparahan penyakit bulai 2 MSI.....	88
115. Data transformasi keparahan penyakit bulai 2 MSI.....	88
116. Uji homogenitas data keparahan penyakit bulai 2 MSI .....	88
117. Sidik ragam data keparahan penyakit bulai 2 MSI .....	88
118. Uji Tukey faktor <i>Trichoderma</i> sp. data keparahan penyakit bulai 2 MSI ....	89
119. Uji Tukey faktor fungisida asam fosfit data keparahan penyakit bulai 2 MSI.....	89
120. Data keparahan penyakit bulai 3 MSI.....	89
121. Data transformasi keparahan penyakit bulai 3 MSI.....	90
122. Uji normalitas keparahan penyakit bulai 3 MSI .....	90
123. Uji homogenitas data keparahan penyakit bulai 3 MSI .....	90
124. Sidik ragam data keparahan penyakit bulai 3 MSI .....	90
125. Uji Tukey faktor <i>Trichoderma</i> sp. data keparahan penyakit bulai 3 MSI ....	91
126. Uji Tukey faktor fungisida asam fosfit data keparahan penyakit bulai 3 MSI.....	91
127. Data keparahan penyakit bulai 4 MSI.....	91
128. Data transformasi keparahan penyakit bulai 4 MSI.....	92
129. Uji normalitas keparahan penyakit bulai 4 MSI .....	92
130. Uji homogenitas data keparahan penyakit bulai 4 MSI .....	92
131. Sidik ragam data keparahan penyakit bulai 4 MSI .....	92
132. Uji Tukey faktor <i>Trichoderma</i> sp. data keparahan penyakit bulai 4 MSI ....	93
133. Uji Tukey faktor fungisida asam fosfit data keparahan penyakit bulai 4 MSI.....	93
134. Data keparahan penyakit bulai 5 MSI.....	93
135. Data transformasi keparahan penyakit bulai 5 MSI.....	94
136. Uji normalitas keparahan penyakit bulai 5 MSI .....	94
137. Uji homogenitas data keparahan penyakit bulai 5 MSI .....	94
138. Sidik ragam data keparahan penyakit bulai 5 MSI .....	94
139. Uji Tukey faktor <i>Trichoderma</i> sp. data keparahan penyakit bulai 5 MSI ....	95
140. Uji Tukey faktor fungisida asam fosfit data keparahan penyakit bulai 5 MSI.....	95
141. Data keparahan penyakit bulai 6 MSI.....	95

142. Uji normalitas keparahan penyakit bulai 6 MSI .....	95
143. Uji homogenitas data keparahan penyakit bulai 6 MSI .....	96
144. Sidik ragam data keparahan penyakit bulai 6 MSI .....	96
145. Uji Tukey faktor <i>Trichoderma</i> sp. data keparahan penyakit bulai 6 MSI ....	96
146. Uji Tukey faktor fungisida asam fosfit data keparahan penyakit bulai 6 MSI.....	96
147. Data keparahan penyakit bulai 7 MSI.....	97
148. Uji normalitas keparahan penyakit bulai 7 MSI .....	97
149. Uji homogenitas data keparahan penyakit bulai 7 MSI .....	97
150. Sidik ragam data keparahan penyakit bulai 7 MSI .....	97
151. Uji Tukey faktor <i>Trichoderma</i> sp. data keparahan penyakit bulai 7 MSI ....	98
152. Uji Tukey faktor fungisida asam fosfit data keparahan penyakit bulai 7 MSI.....	98
153. Data AUDPC.....	98
154. Data transformasi AUDPC.....	99
155. Uji homogenitas data AUDPC .....	99
156. Sidik ragam data AUDPC .....	99
157. Uji Tukey faktor interaksi AUDPC .....	100
158. Data produksi jagung .....	100
159. Uji normalitas produksi jagung.....	100
160. Uji homogenitas data produksi jagung.....	100
161. Sidik ragam data produksi jagung.....	101
162. Uji Tukey faktor <i>Trichoderma</i> sp. data produksi jagung.....	101
163. Uji Tukey faktor fungisida asam fosfit data produksi jagung.....	101

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Konidia dan konidiofor <i>P. sorghi</i> , <i>P. maydis</i> , dan <i>P. philippinensis</i> .....	12
2. Tata letak petak percobaan.....	21
3. Tata letak tanaman uji ( $\Psi$ ) dan tanaman sumber inokulum ( $\text{Ж}$ ) .....	27
4. Diagram skor keparahan penyakit bulai.....	30
5. Struktur morfologi <i>Peronosclerospora sorghi</i> .....	32
6. Gejala penyakit bulai.....	33
7. Akar tanaman jagung pada umur 100 HST.....	34
8. Tanda penyakit pada permukaan daun.....	34
9. Diagram tinggi tanaman jagung.....	36
10. Pengaruh perlakuan antara <i>Trichoderma</i> sp. yang dikombinasikan dengan asam fosfit pada jumlah daun 2 MST.....	38
11. Diagram persentase keterjadian bulai jagung. ....	40
12. Diagram persentase keparahan bulai jagung.....	42
13. Pengaruh perlakuan antara <i>Trichoderma</i> sp. yang dikombinasikan dengan asam fosfit pada AUDPC.....	44
14. Penyungkupan tanaman gejala bulai.....	99
15. Pembuatan media PDA .....	102
16. Perbanyakkan <i>Trichoderma</i> sp. dalam media PDA .....	99
17. Pengolahan lahan .....	102
18. Pengambilan konidia bulai.....	99
19. Ekstraksi sampel daun jagung .....	102
20. Homogen suspensi <i>P. sorghi</i> .....	100
21. Larutan $\text{FeCl}_3$ dan $\text{NaOH}$ .....	103



22. Uji metabolit sekunder .....	100
23. Pembuatan media tanam sumber inokulum .....	103
24. Penjemuran tongkol jagung.....	100
25. Penimbangan pipilan jagung .....	103

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jagung termasuk salah satu komoditas pertanian strategis berperan sebagai sumber pangan dan bahan baku industri pakan (Direktorat Pakan Kementerian Pertanian, 2022). Jagung digunakan sebagai sumber utama karbohidrat di berbagai negara seperti di Amerika Tengah dan Amerika Selatan. Di Indonesia, jagung digunakan sebagai pakan (55%), pangan (30%), dan industri lainnya (15%) (Pusdatin Kementerian Pertanian, 2020). Dalam dunia industri, jagung dimanfaatkan sebagai bahan pati, gula, pangan olahan, dan energi seperti bioetanol (Bantacut dkk., 2015).

Pesatnya perkembangan industri peternakan yang menggunakan jagung sebagai komponen utama (60%) dalam ransum pakan mengakibatkan permintaan jagung semakin meningkat. Konsumsi jagung sebagai bahan baku industri meningkat sebesar 2,63% dalam kurun waktu 2015-2019. Kebutuhan jagung sebagai pakan ternak mandiri diperkirakan akan meningkat sebesar 13,82% per tahun dalam kurun waktu 2020-2024. Hal ini berbeda dengan konsumsi jagung sebagai bahan pangan menurun sekitar 5,93% dalam kurun waktu 5 tahun terakhir (2015-2019). Pada tahun 2019, Indonesia melakukan impor jagung sebesar 1,44 juta ton karena produksi jagung nasional tidak memenuhi kebutuhan jagung nasional untuk bahan baku pakan (Pusdatin Kementerian Pertanian, 2020).

Perkembangan produksi jagung pada periode 2015-2019 di Indonesia cenderung berfluktuasi. Produksi jagung pada tahun 2016 meningkat sebesar 18,23% atau 23,19 juta ton dibandingkan produksi jagung pada tahun 2015 sebesar 19,61 juta ton dan pada tahun 2017 meningkat sebesar 28,92 juta ton dibandingkan pada tahun 2016. Namun pada tahun 2018 terjadi penurunan produksi sebesar 25,13% atau 21,66 juta ton. Produksi jagung pada tahun 2019 kembali meningkat sebesar 22,59 juta ton (Pusdatin Kementerian Pertanian, 2020). Produksi jagung berfluktuasi disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya organisme pengganggu tanaman (OPT). Penurunan produksi yang disebabkan penyakit bulai jagung sebesar 50-80% (Muis dkk., 2018). *Peronosclerospora* sp. menginfeksi tanaman jagung yang masih muda dengan gejala lokal dan sistemik sehingga tanaman tidak dapat membentuk buah (Semangun, 1993). Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura (2012) melaporkan bahwa kerusakan tanaman jagung pada beberapa kabupaten di Provinsi Lampung yang disebabkan oleh penyakit bulai pada tahun 2010 seluas 599 hektar dan meningkat 1.138 hektar pada tahun 2011. Penyakit bulai dapat menyebabkan puso atau kehilangan hasil 100% pada varietas jagung rentan (Surtikanti, 2013).

Salah satu upaya pengendalian yang sering dilakukan untuk meningkatkan produktivitas jagung yaitu menggunakan benih varietas tahan dan fungisida metalaksil. Namun, akhir-akhir ini dilaporkan bahwa varietas tahan terinfeksi oleh penyakit bulai pada fase awal pertumbuhan dan berpotensi secara nyata dapat menurunkan hasil jagung dalam skala nasional. Keberadaan sumber inokulum awal, pola penanaman yang tidak serempak pada setiap daerah sentra pertanaman jagung, dan penanaman varietas yang rentan sehingga menyebabkan penyakit bulai selalu ada, bersifat laten, dan menjadi ancaman (Hendrayana dkk., 2020).

Pada awalnya penggunaan varietas tahan memperlihatkan sifat ketahanan yang tinggi. Namun pada beberapa wilayah, tanaman jagung varietas tahan terjadi penurunan sifat ketahanan tanaman (Pakki dan Adriani, 2015). Resistensi patogen *Peronosclerospora* sp. menyebabkan perlakuan fungisida metalaksil yang digunakan dalam benih tidak efektif (Ginting *et al.*, 2020).

Pada varietas rentan fungisida metalakasil bekerja tanpa bantuan gen resisten untuk mencegah invasi patogen *Peronosclerospora maydis* (Pakki and Djaenuddin, 2019).

Fungisida asam fosfit merupakan fungisida sintetik yang memiliki potensi untuk mengendalikan penyakit bulai jagung. Sifat anti jamur yang dimiliki asam fosfit dapat mengendalikan Oomisetes seperti *Phytophthora cinnamomi*, *Phytophthora citrophthora*, *Phytophthora infentans*, *Plasmapora viticola*, dan lain-lain (Havlin and Schlegel, 2021). Silva *et al.* (2011) melaporkan bahwa asam fosfit dapat menurunkan keparahan penyakit bulai. Asam fosfit memiliki mekanisme kerja secara langsung dengan menghambat pertumbuhan patogen maupun secara tidak langsung pada patogen dengan merangsang respon pertahanan pada inang (Guest and Grant, 1991). Namun pengendalian secara kimiawi berdampak negatif terhadap lingkungan, memiliki resiko kesehatan dan keselamatan, dan tidak selalu bernilai ekonomis dan tidak efektif. Salah satu upaya yang dapat ditempuh untuk mengurangi dampak negatif ini adalah dengan penerapan kombinasi antara pengendalian biologis dengan fungisida dosis rendah atau pengendalian terpadu (Monte, 2001).

Dilaporkan bahwa *Trichoderma* sp. dapat merangsang kolonisasi rizospora, pertumbuhan tanaman, dan pertumbuhan akar serta dapat meningkatkan respon pertahanan tanaman (Harman *et al.*, 2004; Vinale *et al.*, 2008). *Trichoderma* sp. juga dapat menginduksi resistensi tanaman, baik secara lokal maupun sistemik melalui produk (elisitor) (Amaresan *et al.*, 2019). Menurut hasil penelitian Karosekali (2021), kombinasi asam fosfit dan *Trichoderma* sp. dapat menekan keterjadian dan keparahan penyakit bulai pada 14 hari setelah inokulasi (HSI) dan meningkatkan tinggi tanaman. Hal tersebut mendasari dilakukan penelitian ini yang dirancang untuk menjawab tiga pertanyaan utama, yaitu (1) bagaimanakah pengaruh asam fosfit dengan frekuensi yang berbeda terhadap intensitas penyakit bulai dan produksi tanaman jagung, (2) bagaimanakah pengaruh aplikasi *Trichoderma* sp. terhadap intensitas penyakit bulai dan produksi tanaman jagung, (3) apakah terdapat interaksi dari pengaruh aplikasi asam fosfit dengan frekuensi yang berbeda yang dikombinasikan dengan aplikasi *Trichoderma* sp. terhadap

intensitas penyakit bulai dan produksi tanaman jagung. Untuk memperoleh jawaban yang akurat atas pertanyaan-pertanyaan di atas, variabel-variabel intensitas penyakit bulai yang diamati dalam penelitian ini adalah keterjadian dan keparahan penyakit, *area under disease progress curve* (AUDPC), pertumbuhan tanaman, metabolit sekunder, dan produksi jagung. Variabel-variabel ini dipilih karena berkaitan dengan penilaian suatu penyakit (intensitas penyakit) secara kualitatif dan kuantitatif yang disebabkan terganggunya fisiologis tanaman jagung oleh penyakit bulai dan sebagai acuan pengendalian penyakit dengan asam fosfit dan *Trichoderma* sp.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan ketiga permasalahan penelitian di atas, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh frekuensi aplikasi asam fosfit terhadap intensitas penyakit bulai yang meliputi keterjadian dan keparahan penyakit bulai, *area under disease progress curve* (AUDPC), pertumbuhan tanaman, dan produksi tanaman jagung pada varietas unggul hibrida.
2. Mengetahui pengaruh *Trichoderma* sp. terhadap intensitas penyakit bulai yang meliputi keterjadian dan keparahan penyakit bulai, *area under disease progress curve* (AUDPC), pertumbuhan tanaman, dan produksi tanaman jagung pada varietas unggul hibrida.
3. Mengetahui interaksi antara asam fosfit dan *Trichoderma* sp. terhadap intensitas penyakit bulai yang meliputi keterjadian dan keparahan penyakit bulai, *area under disease progress curve* AUDPC, meningkatkan pertumbuhan tanaman, dan produksi tanaman jagung pada varietas unggul hibrida.

## 1.3 Kerangka Pemikiran

Pengendalian penyakit bulai jagung dengan fungisida sintetik masih menjadi pilihan utama para petani. Benih jagung hibrida yang beredar di Indonesia beberapa telah diberi perlakuan dengan fungisida ridomil atau saromil yang

berbahan aktif metalaksil. Metalaksil merupakan senyawa kimia yang tergolong asilalanin yang mampu melindungi benih jagung terhadap penyakit penyebab bulai (Burhanuddin, 2009). Penggunaan fungisida metalaksil di Indonesia telah berjalan sejak 1980-an atau lebih dari 29 tahun (Semangun, 1996). Namun akhir-akhir ini efektivitas fungisida metalaksil pada perlakuan benih sudah mulai berkurang di beberapa wilayah seperti Kediri, Kalimantan Barat, dan Lampung (Burhanuddin, 2009; Ginting *et al.*, 2020; Pakki dan Burhanuddin, 2013). Hasil penelitian Pakki dan Djaenuddin (2019) melaporkan bahwa aplikasi fungisida metalaksil dengan dosis 2, 3, 5, dan 7 g/kg pada kultivar rentan dapat menginfeksi *Peronosclerospora maydis* sebesar 98,6%.

Resistensi patogen *Peronosclerospora* sp. menyebabkan perlakuan fungisida metalaksil dalam benih jagung tidak efektif (Ginting *et al.*, 2020). Rahmiyah dan Habibullah (2020) mengungkapkan bahwa resistensi terjadi akibat perubahan patogen menjadi lebih virulen. Perumal *et al.* (2008) melaporkan bahwa *Peronosclerospora* sp. membentuk populasi yang resisten terhadap fungisida. Bahkan tingkat serangan *Peronosclerospora* spp. tidak dapat diturunkan meskipun menggunakan fungisida metalaksil dalam dosis tinggi (Burhanuddin, 2009).

Fungisida sintetik yang berpotensi dalam mengendalikan penyakit bulai jagung yaitu asam fosfit. Mekanisme kerja asam fosfit dengan meningkatkan ketahanan tanaman serta memiliki sifat anti jamur. Aplikasi fungisida asam fosfit dapat mengendalikan Oomisetes (Havlin and Schlegel, 2021). *Peronosclerospora* secara taksonomi termasuk dalam kelas Oomisetes (Anugrah dan Widiyanti, 2018). Sifat anti jamur yang dimiliki asam fosfit dapat mengurangi perkecambahan spora dan laju pertumbuhan patogen (Fenn and Coffey, 1989). Menurut Guest and Grant (1991), asam fosfit menghambat fosforilasi dan metabolisme P pada *Phytophthora*. Aplikasi asam fosfit pada konsentrasi rendah dapat memicu metabolisme anti jamur sedangkan pada konsentrasi tinggi dapat menghambat pertumbuhan jamur sebelum infeksi (Jackson *et al.*, 2000). Tias (2017) menyatakan bahwa aplikasi asam fosfit dengan cara disemprotkan pada daun dapat menekan keterjadian dan keparahan penyakit bulai pada 2-7 minggu setelah

inokulasi dan meningkatkan produksi jagung dibandingkan dengan perlakuan kontrol, dimetomorf, dan metalaksil. Asam fosfit dapat menekan keterjadian dan keparahan penyakit bulai pada 5-7 minggu setelah inokulasi dan meningkatkan produksi jagung dibandingkan perlakuan kontrol dan metelaksil (Ginting *et al.*, 2023). Namun penggunaan fungisida dalam jangka panjang dapat merusak lingkungan dan ekologi tanah serta menimbulkan resistensi patogen (An-Le *et al.*, 2019). Hal tersebut diperlukannya pengendalian yang efektif dan ramah lingkungan.

*Trichoderma* sp. termasuk salah satu agensi hayati yang digunakan untuk menekan penyakit bulai jagung. Kemampuan *Trichoderma* sp. dapat menginduksi ketahanan tanaman dan menghasilkan metabolit sekunder yang banyak mengandung protein ekstraseluler serta sekresi hifa jamur. *Trichoderma* sp. memproduksi dan melepaskan berbagai senyawa ke dalam jaringan tanaman yang menginduksi respon resistensi lokal dan sistemik (Harman *et al.*, 2004).

*Trichoderma* sp. membentuk respon ketahanan tanaman secara lokal dan sistemik terhadap patogen tanaman dengan mengakumulasi fitoaleksin dan peningkatan enzim penginduksi seperti kitinase,  $\beta$ -1,3-*glukosidase* yang dapat menekan perkembangan patogen (Halimah dan Puspita, 2017). *Trichoderma* sp. dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Harman *et al.*, 2004; Djonović *et al.*, 2006). *Trichoderma* sp. dapat menekan keterjadian dan keparahan penyakit bulai masing-masing sebesar 11,11% dan 6,07% serta meningkatkan kandungan senyawa fenol sebesar 0,104% dibandingkan perlakuan kontrol (Budi dan Majid, 2021). Hasil penelitian Karosekali (2021), kombinasi asam fosfit dan *Trichoderma* sp. dapat menekan keterjadian dan keparahan penyakit bulai pada 14 HSI dan meningkatkan tinggi tanaman. Hal tersebut mendasari dilakukan penelitian ini untuk menguji fungisida berbahan aktif asam fosfit yang dikombinasikan dengan jamur *Trichoderma* sp. dalam menekan intensitas penyakit bulai jagung.

#### 1.4 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah diuraikan di atas, maka hipotesis pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Frekuensi aplikasi fungisida asam fosfit berpengaruh menekan intensitas penyakit bulai dan meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman jagung.
2. Aplikasi *Trichoderma* sp. menekan intensitas penyakit bulai dan meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman jagung.
3. Terdapat interaksi antara asam fosfit dan *Trichoderma* sp. dalam menekan intensitas penyakit bulai dan meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman jagung.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

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

Jagung merupakan tanaman golongan serelia yang menempati posisi penting di sektor ekonomi dunia pada abad ke-20 dan ke-21. Tanaman jagung berasal dari tumbuhan liar di Lembah Sungai Balsas. Tanaman jagung berkembang dari bentuk yang paling sederhana hingga varietas hibrida. Penyebaran wilayah penanaman jagung berawal dari Meksiko kemudian ke Eropa, hingga ke seluruh dunia termasuk Indonesia (Riwandi dkk., 2014). Pada tahun 1784 Linneaus mengklasifikasikan tanaman jagung sebagai berikut (Serratos-hern, 2009).

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Tracheophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Poales
Famili	: Poaceae
Genus	: <i>Zea</i>
Spesies	: <i>Zea mays</i> L.

Pertumbuhan jagung dikelompokkan dalam tiga tahap sebagai berikut. Pertama fase perkecambahan merupakan proses imbibisi air yang ditandai dengan permbengkakan biji sebelum munculnya daun pertama. Kedua fase pertumbuhan vegetatif yaitu fase dimulai munculnya daun pertama yang terbuka sempurna sampai *tasseling* dan sebelum keluarnya bunga betina (*sikling*). Fase ini ditandai dengan jumlah daun yang terbentuk. Ketiga fase produktif yaitu proses pertumbuhan setelah *sikling* sampai masak fisiologis hara (Riwandi dkk., 2014).

Sistem perakaran tanaman jagung berupa akar serabut yang memiliki dua macam akar yaitu akar adventif dan akar udara. Pertumbuhan akar akan melambat setelah plumula muncul ke permukaan tanah. Akar adventif merupakan akar yang semula berkembang dari buku di ujung mesokotil dan terus berkembang dari tiap buku secara berurutan dari tujuh sampai sepuluh buku yang terletak di bawah permukaan tanah. Akar adventif berfungsi untuk pengambilan air dan unsur hara. Akar udara merupakan akar yang muncul pada dua atau tiga buku di atas permukaan tanah yang berfungsi sebagai penyangga tanaman jagung supaya tidak mudah rebah dan membantu dalam penyerapan air dan unsur hara (Riwandi dkk., 2014). Akar jagung memiliki kedalaman sampai 8 meter meskipun sebagian besar berada dikisaran 2 meter (Edy, 2022).

Tanaman jagung memiliki tinggi batang antara 150 sampai dengan 250 cm yang terbungkus oleh pelepah daun yang berselang-seling berasal dari setiap ruas. Ruas-ruas bagian bawah berbentuk agak bulat pipih, sedangkan bagian atas berbentuk silindris. Tajuk bunga betina dihasilkan dari perkembangan tunas batang. Pangkal batang terbentuk dari percabangan atau batang liar. Batang liar merupakan batang sekunder yang berkembang pada ketiak daun terbawah dekat dengan permukaan tanah (Riwandi dkk., 2014). Batang jagung memiliki sedikit kandungan lignin (Edy, 2022).

Jagung memiliki jumlah daun yang bervariasi antara 8 sampai 15 helai. Daun jagung tersusun dari kelopak daun, lidah daun (ligula), dan helai daun yang memanjang seperti pita dengan ujung yang meruncing. Pelepah daun berfungsi untuk membungkus batang dan melindungi buah. Jumlah daun pada tanaman jagung di daerah tropis relatif lebih banyak dibandingkan dengan tanaman jagung yang tumbuh di daerah beriklim sedang (Riwandi dkk., 2014). Permukaan daun jagung memiliki dua jenis yaitu permukaan daun licin dan permukaan daun berambut. Stomata pada daun berbentuk halter dan dikelilingi sel-sel epidermis yang berbentuk seperti kipas. Struktur tersebut berperan sebagai respon tanaman untuk menanggapi defisit air pada sel-sel daun (Edy, 2022).

Jagung memiliki bunga jantan dan betina yang terpisah, namun masih satu tanaman (monoecious) atau berumah satu (Edy, 2022). Bunga jantan berbentuk malai yang terletak di pucuk tanaman, sedangkan bunga betina pada tongkol terletak pada pertengahan tinggi batang (Riwandi dkk., 2014). Tiap kuntum bunga memiliki struktur yang khas dari suku poaceae yang disebut floret. Dua floret dibatasi oleh sepasang glumae. Bunga jantan cenderung lebih matang 2 sampai 5 hari lebih dini dibandingkan dengan bunga betina untuk penyerbukan sehingga tanaman jagung melakukan penyerbukan silang (Edy, 2022). Biji jagung memiliki bagian kulit buah, daging buah, dan inti buah (Riwandi dkk., 2014).

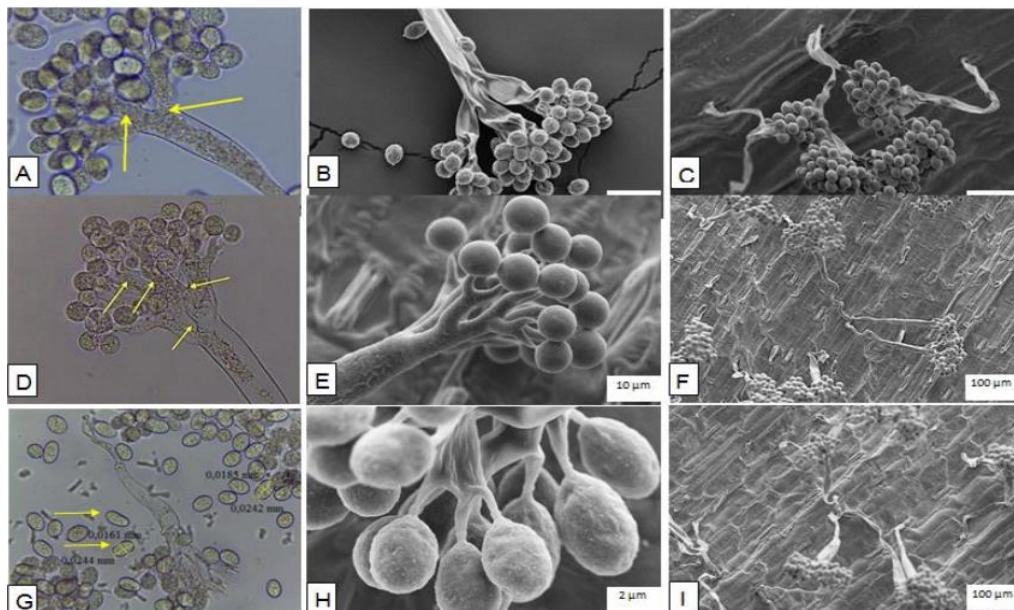
Jagung varietas lokal merupakan substansi genetik milik petani yang membentuk dasar fisik pewarisan sifat dan diturunkan kepada generasi selanjutnya melalui sel-sel generatif (Yasin dkk., 2014). Varietas hibrida adalah jagung yang benihnya hasil F1 persilangan dua atau lebih tetua. Tetua jagung hibrida merupakan galur murni yang dihasilkan dari proses penyerbukan sendiri secara terus menerus dengan bantuan manusia (*selfing*). Varietas lokal hanya dapat berproduksi 2,5-4,0 ton/ha sedangkan varietas hibrida dapat berproduksi 10-12 ton/ha. Sekitar 80% petani Indonesia saat ini menanam varietas unggul hibrida atau varietas hasil pemuliaan tanaman (Yasin dkk., 2014).

## **2.2 Penyakit Bulai Jagung**

Penyakit bulai jagung (*maize downy mildew*) termasuk penyakit penting pada pertanaman jagung yang dapat menimbulkan kerugian yang cukup besar. Penyakit ini dikenal oleh petani dengan nama omo putih, omo londo, omo bule, patohen, dan hama liyer. Pada tahun 1892 dan 1893 penyakit ini mulai mendapat perhatian, bahwa tanaman jagung yang berada di Ungaran, Jawa Tengah terinfeksi penyakit bulai (Rutgers, 1916 dalam Semangun, 2008). Pada tahun 1990 penyakit bulai sangat merugikan di Yogyakarta, Surakarta, dan Jawa Timur (Raciborski, 1897 dalam Semangun, 2008). Pada tahun 1973 penyakit ini ditemukan di Provinsi Lampung (Tantera, 1975). Kehilangan hasil akibat penyakit bulai jagung berkisar antara 50-80% (Muis dkk., 2018). Bahkan kehilangan hasil dapat meningkat

menjadi 90-100% pada varietas jagung yang rentan terhadap penyakit bulai (Surtikanti, 2013).

Patogen bulai jagung (*Peronosclerospora* sp.) termasuk ke dalam kelas Oomisetes. Oomisetes secara morfologi, fisiologi, dan ekologi memiliki kemiripan dengan kapang sehingga sering dianggap sebagai jamur, namun menurut data filogenetik struktural, biokimia, dan molekuler bahwa Oomisetes tidak berkerabat secara langsung dengan jamur (kingdom Fungi) tetapi masuk ke dalam kingdom Chromista (Muis dkk., 2018). Spesies *Peronosclerospora* yang terdapat di Indonesia meliputi *P. maydis*, *P. philippinensis*, dan *P. sorghi*. Penyakit bulai yang berada di Pulau Jawa disebabkan oleh *P. maydis* sedangkan penyakit bulai yang berada di Sulawesi disebabkan oleh *P. philippinensis* dan yang berada di Sumatera yaitu *P. sorghi* (Burhanuddin, 2011). Pada saat ini berdasarkan laporan Ginting *et al.* (2020) bahwa *Peronosclerospora* di Provinsi Lampung terdapat tiga spesies yaitu *P. sorghi*, *P. philippinensis*, dan *P. maydis*. Morfologi konidia dan konidiofor ketiga spesies *Peronosclerospora* yang terdapat di Provinsi Lampung dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Konidia dan konidiofor *P. sorghi* (A, B, dan C), *P. maydis* (D, E, dan F), dan *P. philippinensis* (G, H, dan I). Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop Cahaya (A, D, dan G). Pengamatan dilakukan dengan *scanning electron microscope* (SEM) (B, C, E, F, H, dan I). Tanda panah pada A dan D menunjukkan jenis percabangan dan tanda panah pada G menunjukkan konidia silinder. Konidiofor muncul secara tunggal (C) atau kelompok (F dan I) dari stomata (Ginting *et al.*, 2020).

Klasifikasi *Peronosclerospora* spp. sebagai berikut (Ginting dan Prasetyo, 2016).

Kingdom	: Chromista
Filum	: Stramenopiles
Kelas	: Oomycetes
Ordo	: Peronosporales
Famili	: Peronosporaceae
Genus	: <i>Peronosclerospora</i>
Spesies	: <i>P. maydis</i> ; <i>P. sorghi</i> ; <i>P. Phillipinensis</i>

*Peronosclerospora* sp. merupakan organisme yang bersifat parasit obligat atau hanya mampu hidup, berkembang, dan bertahan pada tanaman inang (Radwan *et al.*, 2011; Korlina dan Amir, 2015). Meskipun parasit obligat, namun *Peronosclerospora* memiliki inang alternatif yang luas. Muis dkk. (2018) menyatakan bahwa *Peronosclerospora sorghi* memiliki inang alternatif berupa sorgum, *johnson grass*, *teosinthe*, dan rumput liar (*Panicum penniselum* dan

*Andropogon* sp.), sedangkan *Peronosclerospora maydis* berupa *teosinthe* dan rumput liar (*Pennisetum* dan *Tripsacum*) dan *Peronosclerospora phillippinensis* berupa oats, *teosinthe*, tebu, dan sorgum. Di Indonesia tanaman jagung menjadi inang utama *Peronosclerospora* karena banyak ditanam pada lahan pertanian.

Faktor-faktor penyebaran inokulum *Peronosclerospora* seperti jarak tanaman, angin, dan hujan. Sumber inokulum penyakit bulai dapat berupa oospora yang merupakan spora bertahan saat kondisi musim dingin atau konidia dari tanaman di sekitar pertanaman baru yang terinfeksi. Pada kondisi suhu tanah di atas 20 °C, oospora dalam tanah berkecambah sebagai tanggapan terhadap eksudat akar dari bibit jagung yang rentang. Tahap selanjutnya tabung kecambah menginfeksi bagian tanaman yang berada di bawah permukaan tanah dan menyebabkan gejala sistemik berupa klorosis dan tanaman menjadi kerdil. Konidiofor muncul melalui stomata dan menghasilkan sporangia atau konidia yang dapat disebarkan melalui angin dan air hujan atau melalui infeksi sekunder setelah *Peronosclerospora* sp. mengkolonisasi jaringan tanaman. Oospora dilaporkan dapat bertahan hidup di alam hingga 10 tahun. Pada beberapa spesies sporangia berkecambah langsung atau melepaskan zoospora yang menginisiasikan infeksi. Sporangia selalu diproduksi pada malam hari. Perkecambahan sporangia sangat bergantung pada ketersediaan air di permukaan daun. Jika ketersediaan air cukup maka sporangia akan berkecambah dan menginfeksi tanaman melalui stomata pada daun dalam beberapa jam. Pelepasan konidia terjadi secara mekanis melalui pangkal konidiofor yang terpilin, kemudian berputar kembali ke kondisi normal. Gerakan ini menyebabkan konidia yang berada di ujung konidiofor akan terlempar. Konidia yang jatuh di permukaan daun atas maupun daun bawah akan masuk ke dalam sel mesofil daun jagung sehingga konidia dapat berkembang dan melangsungkan proses infeksi berikutnya (Muis dkk., 2018).

Pertumbuhan dan perkembangan tiap spesies *Peronosclerospora* sp. membutuhkan air dan keadaan gelap serta suhu tertentu. Suhu udara dan kelembapan tinggi menjadi faktor utama dalam percepatan perkembangan penyakit bulai. Perkembangan penyakit bulai meningkat ketika curah hujan yang tinggi dan hujan terjadi pada malam hari sehingga meningkatkan kelembapan

yang tinggi. Kelembapan udara lebih dari 80% dan suhu sekitar 28-30 °C serta embun merupakan faktor yang mempengaruhi perkembangan *Peronosclerospora*. Konidia terbentuk pada pukul 01.00-02.00 pagi hari dengan suhu 24 °C dan permukaan daunnya tertutupi oleh embun (Semangun, 2008). Produksi sporangia atau sporulasi terjadi pada pagi hari antara pukul 03.00-05.00 (Muis dkk., 2018). Konidia akan disebarkan oleh angin pada pukul 02.00-03.00 dan berlangsung sampai pukul 06.00-07.00 pagi hari (Semangun, 2008). Penyebaran oospora *Peronosclerospora sorghi* dapat ditularkan melalui media tanah dan udara sedangkan *Peronosclerospora maydis* dan *Peronosclerospora phillippinensis* ditularkan melalui media udara (Muis dkk., 2018).

Gejala yang ditimbulkan oleh *Peronosclerospora* sp. merupakan gejala sistemik dan gejala lokal. Gejala sistemik terjadi jika infeksi patogen mencapai titik tumbuh dengan ciri garis-garis kuning pucat atau klorosis di seluruh daun hingga tanaman kerdil. Gejala lokal terjadi hanya pada daun dengan garis-garis klorotik. Sporulasi patogen terlihat pada permukaan daun bagian atas dan bawah, namun sporulasi melimpah pada permukaan daun bagian bawah. Tanaman yang terinfeksi lebih awal akan kerdil dan banyak yang mati. *Tassel* tidak berbentuk sempurna dan menghasilkan lebih sedikit serbuk sari dan gugurnya tongkol (Muis dkk., 2018). Daun yang terinfeksi dengan kerusakan parah menjadi kaku dan tampak seperti “kipas”. Tanaman muda yang terinfeksi *Peronosclerospora* sp. memiliki sedikit akar sehingga tanaman mudah rebah sementara tanaman tua yang terinfeksi umumnya masih menghasilkan tongkol tanpa kelobot dengan sedikit biji atau tidak sama sekali (Ginting dan Prasetyo, 2016).

### **2.3 Asam Fosfit**

Pada tahun 1970 asam fosfit banyak digunakan sebagai fungisida golongan jamur Oomycota (Jackman *et al.*, 1970). Asam fosfit sebagai fungisida dapat mengendalikan penyakit tanaman yang disebabkan Oomisetes (Fenn and Coffey, 1984; Guest and Grant, 1991; Grant *et al.*, 1992; Förster *et al.*, 1998; Jackson *et al.*, 2000). Senyawa asam fosfit merupakan turunan garam dari asam fosfat ( $H_3PO_3$ ) (McDonald *et al.*, 2001). Asam fosfit termasuk dalam fungisida

sistemik (Dobrowolski *et al.*, 2008). Fungisida jenis sistemik dapat terserap masuk ke dalam jaringan tanaman dan efektif untuk menekan patogen dalam jaringan tanaman (Ginting, 2013).

Fosfor dalam keadaan oksidasi memiliki tujuh bentuk yaitu fosfat (+5), fosfit (+3), hipofosfit (+1), unsur fosfor (0), tetrafosfida (-0,5), difosfida (-2), dan fosfida (-3). Meskipun terlihat memiliki kesamaan antara dua molekul fosfit (Phi) dan fosfat (Pi), namun perbedaan pada tingkat oksidasi, ukuran molekul, dan muatan menunjukkan bahwa unsur fosfit (Phi) tidak dapat menggantikan fosfat (Pi) dalam reaksi biokimia tanaman (Havlin and Schlegel, 2021). McDonald *et al.* (2001) mendeskripsikan bahwa perbedaan struktural antara fosfit (Phi) dan fosfat (Pi) berpengaruh terhadap pengikatan enzim tertentu dengan metabolisme Pi (fosfat). Unsur fosfit (Phi) dan fosfat (Pi) memiliki struktur tetrahedral yang sama. Perbedaan fosfit (Phi) dan fosfat (Pi) yaitu fosfat (Pi) memiliki bentuk yang simetris sehingga menghasilkan distribusi muatan yang seragam dalam ion sedangkan fosfit (Phi) memiliki bentuk asimetris yang terikat dengan ikatan pH dan menghasilkan distribusi muatan yang tidak seragam atau sedikit polar. Pada setiap sisi tetrahedron fosfat (Pi) memiliki kesempatan yang sama untuk mengikat enzim dengan sisa atom "O" yang terlihat pada enzim.

Unsur fosfor (P) tereduksi yang mengandung senyawa fosfit ( $\text{H}_2\text{PO}_3^-$ ) telah banyak diteliti sebagai sumber yang potensial dalam memenuhi kebutuhan P tanaman (MacIntire *et al.*, 1950; Jackman *et al.*, 1970). Senyawa fosfit (Phi) tidak dapat digunakan sebagai pupuk karena fosfit merupakan sumber P yang sangat buruk bagi tanaman dibandingkan dengan pupuk yang berasal dari fosfat (Pi) (MacIntire *et al.*, 1950). Hasil penelitian Thao and Yamakawa (2009) bahwa aplikasi fosfit (Phi) dapat meningkatkan total fosfor (P) dan fosfit (Phi) pada pucuk dan akar tanaman selada dengan hidroponik namun tidak dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hal itu karena tanaman tidak mampu secara langsung menggunakan fosfit (Phi) sebagai sumber fosfor (P). Bahkan penggunaan fosfit (Phi) sebagai pupuk memiliki efek yang negatif pada pertumbuhan dan metabolisme tanaman yang kekurangan



unsur fosfor (P) (Carswell *et al.*, 1996; Carswell *et al.*, 1997; Förster *et al.*, 1998; Ticconi *et al.*, 2001; Varadarajan *et al.*, 2002; Schroetter *et al.*, 2006).

Asam fosfit bekerja dengan terperangkap pada floem dan ditranslokasikan melalui tanaman dan berasosiasi dengan foto-asimilat (Saindrenan *et al.*, 1988; Ouimette and Coffey, 1990). Perlakuan fosfit menginduksi mekanisme pertahanan dan menyebabkan perubahan ekspresi gen yang cepat (Burra *et al.*, 2014). Respon pertahanan tersebut menghentikan penyebaran patogen pada inang. Fosfit secara langsung maupun tidak langsung mengaktifkan mekanisme pertahanan alami tanaman dengan produksi fitoaleksin (Chagas *et al.*, 2020). Fosfit dapat bertindak secara langsung pada patogen maupun secara tidak langsung dengan merangsang respon pertahanan pada inang yang dapat menghambat pertumbuhan patogen (Guest and Grant, 1991). Asam fosfit bertindak secara tidak langsung dengan melibatkan priming respon pada tanaman yang rentang terhadap patogen *Oomisetes* (Smillie, 1989; Machinandiarena *et al.*, 2012; Lim *et al.*, 2013; Burra *et al.*, 2014). Efek toksisitas asam fosfit bertindak secara langsung dengan menghambat patogen (Mulugeta *et al.* 2019).

#### **2.4 *Trichoderma* sp. dan Peranannya**

*Trichoderma* sp. dapat merangsang kolonisasi rizospora, pertumbuhan tanaman, dan pertumbuhan akar serta meningkatkan respon pertahanan tanaman (Harman *et al.*, 2004; Vinale *et al.*, 2008). *Trichoderma* sp. dapat meningkatkan tekanan abiotik, pengendalian biologis penyakit tanaman, induksi resistensi sistemik, dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Singh *et al.*, 2021). Klasifikasi *Trichoderma* sp. didasarkan pada ciri morfologinya seperti bentuk konidia, ukuran, warna, dan pola percabangan. *Trichoderma* sp. secara morfologi berkoloni seperti bulu halus berwarna putih kemudian berubah warna kehijauan. Konidiofor bercabang berujung melingkar, lurus atau bergelombang, dan terdapatnya phialides (Bissett, 1991).

Klasifikasi jamur *Trichoderma* sp. sebagai berikut (Abdullah *et al.*, 2014).

Kingdom	: Fungi
Filum	: Ascomycota
Kelas	: Euascomycetes
Ordo	: Hypocreales
Famili	: Hypocreaceae
Genus	: <i>Trichoderma</i>
Spesies	: <i>T. viridae</i> , <i>T. hamatum</i> , <i>T. harzianum</i> , <i>T. koningii</i> , dan <i>T. polysporum</i> .

Hifa *Trichoderma* sp. yang tumbuh mencapai akar akan berkembang dan menembus lapisan akar luar dan memberikan respon imun tanaman dengan senyawa yang dihasilkan *Trichoderma* sp. (Sharma and Sharma, 2020). *Trichoderma* sp. secara tidak langsung menginduksi resistensi tanaman atau sistemik melalui produk (elisitor) (Amaresan *et al.*, 2019). Senyawa fenolik dan lignin mampu berperan untuk meningkatkan kekuatan mekanik dinding sel (Sreedevi *et al.*, 2011). *Trichoderma* sp. memproduksi dan melepaskan berbagai senyawa ke dalam jaringan tanaman yang menginduksi respon resistensi lokal dan sistemik (Harman *et al.*, 2004). *Trichoderma* sp. membentuk respon ketahanan tanaman secara lokal dan sistemik terhadap patogen tanaman dengan mengakumulasi fitoaleksin dan peningkatan enzim penginduksi seperti kitinase,  $\beta$ -1,3-glukosidase yang dapat menekan perkembangan patogen (Halimah dan Puspita, 2017).

## **2.5 Pengaruh Aplikasi Asam Fosfit dan *Trichoderma* sp. terhadap Intensitas Penyakit Bulai dan Produksi Jagung**

Asam fosfit mampu menurunkan keterjadian penyakit busuk buah kakao yang tidak disarungi plastik dari 30% menjadi 8% dan memiliki keparahan penyakit busuk buah kakao yang lebih rendah pada pengamatan minggu ke 9 dibandingkan dengan buah kakao yang tidak diaplikasikan asam fosfit (Bastian dkk., 2015). Berdasarkan hasil penelitian Panicker and Gangadharan (1999), perlakuan asam fosfit dapat menekan keterjadian penyakit bulai jagung sebesar 75,5%.

*Trichoderma* sp. dapat meningkatkan aktivitas peroksidase dan menginduksi tanaman untuk memproduksi senyawa fenol (Yedidia *et al.*, 1999). Senyawa fenolik dan lignin dapat meningkatkan kekuatan mekanik dinding sel (Sreedevi *et al.*, 2011). Berdasarkan hasil penelitian Budi dan Majid (2021), *Trichoderma* sp. dapat menekan keterjadian dan keparahan penyakit bulai masing-masing sebesar 11,11% dan 6,07% serta meningkatkan kandungan senyawa fenol sebesar 0,104% dibandingkan perlakuan kontrol. Halimah dan Puspita (2017) menyatakan bahwa aplikasi suspensi *Trichoderma virens* endofit dapat memperlambat masa inkubasi dibandingkan perlakuan kontrol. Jamur *Trichoderma virens* masuk ke dalam jaringan tanaman melalui akar dengan bantuan eksudat akar dan memberikan sinyal ketahanan terinduksi untuk mengaktifkan fitoeleksin berupa senyawa asam salsilat. Asam salsilat merupakan senyawa fenolik yang disintesis tumbuhan sebagai respon terhadap infeksi dan berperan sebagai sinyal reaksi ketahanan tanaman dan penginduksi resistensi sistemik yang baik. Menurut Prasetyo dkk. (2021), *Trichoderma* sp. yang berasosiasi dengan akar tanaman jagung dalam waktu yang lebih lama dapat memperpanjang masa inkubasi, menekan keterjadian dan keparahan penyakit bulai, dan meningkatkan tinggi tanaman. Kombinasi asam fosfit dan *Trichoderma* sp. dapat menekan keterjadian dan keparahan penyakit bulai pada 14 hari setelah inokulasi dan meningkatkan tinggi tanaman (Karosekali, 2021).

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai Juni 2023 di Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan, Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan di Kebun Percobaan Balai Standarisasi Pertanian (BSIP) Lampung, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *autoclave*, aluminium foil, bunsen, cangkul, cawan petri, *evaporator*, gelas ukur, gelas piala, jarum ose, kaca preparat, *knapsack sprayer*, koret, kuas lukis, labu didih, *laminar air flow*, *microwave*, mikroskop majemuk, nampan, neraca analitik, *polybag*, plastik sungkup berukuran 1 meter, plastik *wrapping*, plastik tahan panas, pipet tetes, rak tabung reaksi, selotip bening, *shacker*, tabung reaksi, dan timbangan.

Bahan yang digunakan meliputi alkohol 70%, air bersih, aquades steril, benih jagung hibrida F1 varietas Bisi 18, fungisida asam fosfit (Folirfos 400 SL), media *potato dextrose agar* (PDA), *methylene blue*, menir beras, pupuk urea, pupuk KCl, pupuk TSP, spora jamur *Peronosclerospora* sp., tanaman jagung yang bergejala penyakit bulai, dan *Trichoderma* sp. isolat Politeknik Negeri Lampung (POLINELA).

### 3.3 Rancangan Percobaan

Penelitian ini terdiri dari sepuluh perlakuan dan empat ulangan sehingga terdapat 40 satuan percobaan dengan metode rancangan acak kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan dua faktor (RF). Faktor pertama (A) yaitu fungisida berbahan aktif asam fosfit dengan lima taraf yaitu  $F_0$  = tanpa fungisida asam fosfit,  $F_1$  = aplikasi fungisida 1 kali yaitu pada tanaman jagung berumur 7 HST,  $F_2$  = aplikasi fungisida asam fosfit 2 kali yaitu pada tanaman jagung berumur 7 dan 14 HST,  $F_3$  = aplikasi fungisida asam fosfit 3 kali yaitu pada tanaman jagung berumur 7, 14, dan 21 HST, dan  $F_4$  = aplikasi fungisida asam fosfit 4 kali yaitu pada tanaman jagung berumur 7, 14, 21, dan 28 HST. Faktor kedua (B) yaitu *Trichoderma* sp. yang terdiri dari dua taraf yaitu  $T_0$  = tanpa aplikasi *Trichoderma* sp. dan  $T_1$  = aplikasi *Trichoderma* sp (Tabel 1). Setiap unit percobaan dibentuk dalam petak percobaan yang berukuran 2 x 1,25 m. Pengelompokan didasarkan pada tingkat kemiringan dan kelembapan tanah pada lahan percobaan.

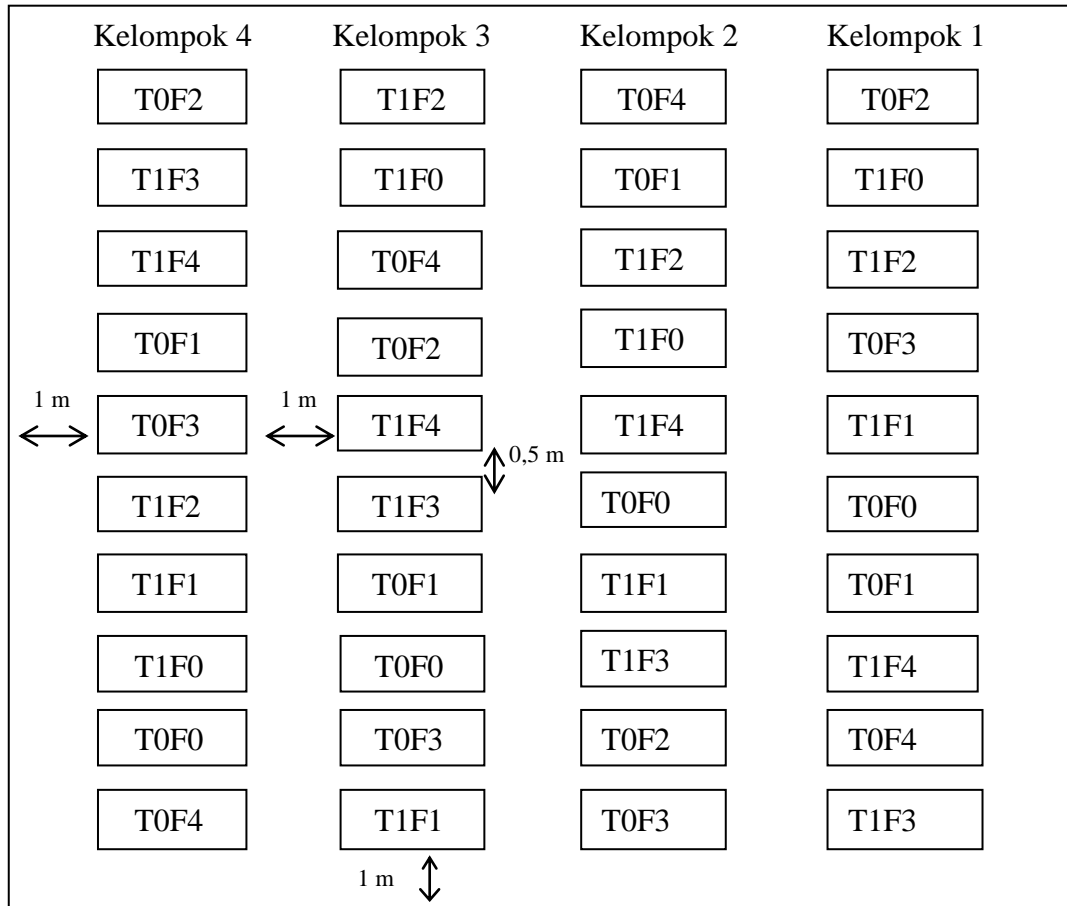
Tabel 1. Perlakuan fungisida asam fosfit dan *Trichoderma* sp. pada jagung hibrida Bisi-18

Faktor A (Aplikasi <i>Trichoderma</i> sp.)	Faktor B (Frekuensi aplikasi fungisida asam fosfit)				
	$F_0$ (0)	$F_1$ (1 kali)	$F_2$ (2 kali)	$F_3$ (3 kali)	$F_4$ (4 kali)
$T_0$ (Tanpa <i>Trichoderma</i> sp.)	$T_0F_0$	$T_0F_1$	$T_0F_2$	$T_0F_3$	$T_0F_4$
$T_1$ (Aplikasi <i>Trichoderma</i> sp.)	$T_1F_0$	$T_1F_1$	$T_1F_2$	$T_1F_3$	$T_1F_4$

Keterangan:  $T_0$  (tanpa aplikasi *Trichoderma* sp.),  $T_1$  (aplikasi *Trichoderma* sp.),  $F_0$  (tanpa aplikasi fungisida asam fosfit),  $F_1$  (aplikasi fungisida asam fosfit 1 kali pada tanaman jagung berumur 7 HST),  $F_2$  (aplikasi fungisida asam fosfit 2 kali pada tanaman jagung berumur 7 dan 14 HST),  $F_3$  (aplikasi fungisida asam fosfit 3 kali pada tanaman jagung berumur 7, 14, dan 21 HST), dan  $F_4$  (aplikasi fungisida asam fosfit 4 kali pada tanaman jagung berumur 7, 14, 21, dan 28 HST).

Berikut tata letak percobaan kelompok 1 sampai dengan kelompok 4. Pengacakan dilakukan pada tiap kelompok menggunakan aplikasi *Microsoft Excel 365*

(Gambar 2).



Gambar 2. Tata letak petak percobaan pada lahan dengan T0 adalah tanpa aplikasi *Trichoderma* sp., T1 adalah aplikasi *Trichoderma* sp., F0 adalah tanpa aplikasi fungisida asam fosfit, F1 adalah aplikasi fungisida asam fosfit 1 kali pada tanaman jagung berumur 7 HST, F2 adalah aplikasi fungisida asam fosfit 2 kali pada tanaman jagung berumur 7 dan 14 HST, F3 adalah aplikasi fungisida asam fosfit 3 kali pada tanaman jagung berumur 7, 14, dan 21 HST, dan F4 adalah aplikasi fungisida 7, 14, 21, dan 28 HST.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Identifikasi Patogen

Tanaman jagung yang bergejala bulai diidentifikasi patogen penyebabnya dengan karakteristik morfologi konidia dan konidiofor *Peronosclerospora* sp.. Sumber inokulum awal berasal dari tanaman jagung yang bergejala bulai diambil dari Kebun Percobaan Balai Standarisasi Instrumen Pertanian (BSIP) Lampung di Desa Negara Ratu, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan.

Tanaman tersebut di tanam pada *polybag* dan dibawa ke Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada sore hari sekitar pukul 17.00 WIB. Daun tanaman jagung yang menunjukkan gejala klorosis dicuci di bawah air mengalir dengan cara mengusap daun menggunakan dua jari tangan, lalu dikeringkan dengan tisu dan disiram kembali untuk memastikan stomata bersih dari kotoran dan propagul jamur (Prasetyo dkk., 2020). Tanaman tersebut disungkup dengan kantong plastik setinggi 1 m untuk menghindari tanaman mengalami stres dan menghindari patogen menyebar antar tanaman jagung selama transportasi menuju laboratorium (Ginting *et al.*, 2020). Tanaman jagung diletakkan di atas nampan yang berisi air dan ditempatkan di ruang ber-AC dengan suhu 17 °C untuk diinkubasi selama  $\pm 7$  jam. Pada pukul 04.00 pagi, sungkup pada tanaman jagung dilepas kemudian permukaan bawah daun jagung yang menunjukkan tanda seperti tepung berwarna putih ditempelkan selotip bening dengan cara ditekan-tekan secara perlahan agar konidia dan konidiofor melekat dan ikut terangkat pada selotip. Selotip tersebut dilepaskan secara perlahan kemudian direkatkan kembali pada permukaan kaca preparat yang telah ditetaskan larutan *methylene blue* 2%. Preparat tersebut selanjutnya diamati patogen *Peronosclerospora* sp. menggunakan mikroskop cahaya untuk melihat bentuk konidia, jumlah percabangan, dan panjang konidiofor. Identifikasi dilakukan berdasarkan karakteristik berbagai spesies patogen bulai pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik morfologi berbagai spesies patogen bulai pada tanaman jagung

Patogen (Nama Penyakit)	Karakteristik Morfologi		
	Konidiofor/Sporangiofor	Konidia/Sporangia	Sporangia
<i>Peronosclerospora sorghi</i> ( <i>Sorghum downy mildew</i> )	Tegak, bercabang 2 (dikotomus), panjang 80-300 $\mu\text{m}$ . Keluar dari stomata secara tunggal atau berkelompok.	Oval (14,4-27,3 x 15-28,9 $\mu\text{m}$ ), muncul pada sterigmata (panjang sekitar 13 $\mu\text{m}$ ).	Bulat (diameter rata-rata 36 $\mu\text{m}$ ), tunggal berwarna kuning muda atau cokelat
<i>Peronosclerospora maydis</i> ( <i>Java downy mildew</i> )	Konidiofor mengelompok (Panjang 150-550 $\mu\text{m}$ ). Bercabang dikotomus 2-4 kali.	Bulat hingga agak bulat (17-23 x 27-39 $\mu\text{m}$ ).	Tidak ada atau tidak dilaporkan.
<i>Peronosclerospora philippinensis</i> ( <i>Philippinensis downy mildew</i> )	Tegak dan bercabang dikotomus 2-4 kali, panjang 150-440 $\mu\text{m}$ dan keluar dari stomata.	Ovoid (menyerupai oval) hingga silindris (17-23 x 27-38 $\mu\text{m}$ ) agak membulat atas.	Jarang terlihat berbentuk bulat dengan diameter 25-27 $\mu\text{m}$ dan ber dinding halus.
<i>Peronosclerospora sacchari</i> ( <i>Sugarcane downy mildew</i> )	Tegak, panjang 160-170 $\mu\text{m}$ , muncul dari stomata secara tunggal atau berpasangan.	Elips hingga oblos (15-23 x 25-41 $\mu\text{m}$ ) dengan ujung atas membulat.	Bulat globular dengan diameter 40-50 $\mu\text{m}$ dan berwarna kuning.
<i>Sclerospora graminicola</i> ( <i>Graminicola downy mildew or green ear</i> )	Panjang rata-rata 268 $\mu\text{m}$ .	Muncul pada sterigmata yang pendek, berbentuk elips (12-21 x 14-31 $\mu\text{m}$ ) dengan <i>operculum</i> (penutup) berpapila yang jelas pada ujung atas.	Berwarna cokelat pucat dengan diameter 22-35 $\mu\text{m}$ .
<i>Sclerophthora macrospora</i> ( <i>Crazy top</i> )	Sangat pendek rata-rata 14 $\mu\text{m}$	Berbentuk seperti buah lemon (30-65 x 60-100 $\mu\text{m}$ ) memiliki <i>operculum</i>	Bulat melingkar (45 -75 $\mu\text{m}$ ) berwarna kuning



	(semacam penutup)	pucat.
<i>Sclerophthora rayssiae</i> var. <i>zeae</i> ( <i>Brown stripe downy mildew</i> )	Oval hingga (18-26 x 29-67 µm).	Bulat (diameter 29-37 µm), berwarna coklat

Sumber: CIMMYT (2012).

### 3.4.2 Perhitungan Kerapatan Spora *Peronosclerospora sorghi*

Konidia diambil dari daun jagung bergejala bulai yang ditandai dengan tepung berwarna putih kemudian ditampung ke dalam gelas piala yang berisi 20 mL aquades steril hingga membentuk suspensi pekat. Suspensi tersebut diambil sebanyak 1 mL kemudian dilarutkan 9 mL aquades steril ke dalam tabung reaksi dan dihomogenkan dengan *rotary mixer* selama 10 menit lalu diambil suspensi tersebut sebanyak 1 mL dan dilarutkan kembali ke dalam 9 mL aquades steril sampai didapatkan suspensi bertingkat  $10^5$  spora/mL. Suspensi  $10^5$  spora/mL dihitung dengan *haemocytometer* menggunakan mikroskop cahaya. Kerapatan spora dihitung dengan rumus (Gabriel dan Riyanto, 1989 dalam Herlinda dkk., 2006).

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

Keterangan : C = kerapatan spora per mL larutan; t = jumlah total spora dalam kotak sampel yang diamati; N = jumlah kotak sampel (5 kotak besar x 16 kotak kecil); 0,25 = faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil pada *haemocytometer*.

### 3.4.3 Penyiapan Inokulum

Inokulum ditanam pada 40 *polybag* yang berisi campuran tanah, pupuk kandang, dan pasir dengan perbandingan 2:1:1. Tiap *polybag* ditanam 6 benih jagung dengan tiga benih varietas Bisi-18 dan tiga varietas Bonanza. Tiap petak

percobaan diletakkan satu *polybag*. Sumber inokulum didapatkan dari lahan petani di Desa Negara Ratu, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan. Konidia dipanen pada pagi hari pukul 04.00 WIB dengan cara mengusap lapisan tepung putih di bawah permukaan daun dengan kuas dan ditampung dalam gelas piala yang berisi aquades steril sebanyak 20 mL hingga terbentuk suspensi konidia pekat.

Suspensi konidia pekat diteteskan pada titik tumbuh daun jagung atau daun muda yang masih menggulung sebanyak dua tetes atau sekitar 0,1 mL atau kerapatan spora  $165,5 \times 10^{10}$  spora/mL. Jika pada titik tumbuh tanaman jagung terdapat embun atau air gutasi yang menggenang, maka air gutasi dibuang terlebih dahulu dengan menggunakan pipet tetes. Tanaman jagung dirawat hingga didapatkan gejala serta tanda penyakit bulai jagung yang akan digunakan sebagai sumber inokulum. Tanaman jagung yang telah menunjukkan gejala dan tanda penyakit bulai dilakukan penjarangan dengan menyisakan satu tanaman tiap *polybag*.

#### **3.4.4 Perbanyakan dan Aplikasi *Trichoderma* sp.**

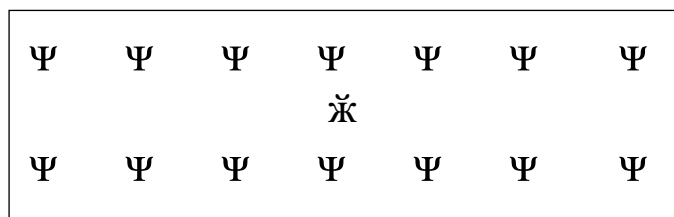
*Trichoderma* sp. isolat Politeknik Negeri Lampung (POLINELA) yang didapatkan dari Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan, Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung diperbanyak pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*). Media PDA dibuat dengan menggunakan bahan-bahan yang terdiri dari 200 g kentang, 20 g agar batang, 20 g *dextrose*, dan 1000 mL aquades. Langkah-langkah pembuatan media PDA yaitu kentang dikupas dan dipotong berbentuk dadu kecil lalu dimasukkan ke dalam gelas beaker 1000 mL dan ditambahkan aquades 1000 mL, kemudian dipanaskan selama 12 menit menggunakan *microwave* untuk mendapatkan ekstrak kentang. Ekstrak tersebut dimasukkan ke dalam erlenmeyer 1000 mL yang berisikan 20 g *dextrose* dan 20 g agar batang. Media PDA disterilisasi selama 20 menit menggunakan *autoclave* pada tekanan 1 atm dan suhu 121 °C. Media PDA didiamkan hingga suhu  $\pm 50$  °C lalu ditambahkan asam laktat sebanyak 1,4 mL kemudian media PDA dituangkan ke dalam cawan petri. Media tersebut diinokulasikan biakan jamur *Trichoderma* sp. isolat POLINELA menggunakan jarum ose.

Jamur *Trichoderma* sp. yang berumur 7 hari pada media PDA, selanjutnya diperbanyak pada media menir beras.

Menir beras sebanyak 280 g dicuci hingga bersih dan dimasukkan ke dalam panci untuk dikukus hingga setengah matang. Menir beras didinginkan di dalam *laminar air flow* dan dimasukkan ke dalam plastik tahan panas. Lima cuplikan miselium *Trichoderma* sp. isolat POLINELA dimasukkan ke dalam menir beras dan diaduk hingga merata dan diinkubasi selama 10 hari pada suhu ruang sampai tampak pertumbuhan *Trichoderma* sp. Jika permukaan media telah ditutupi miselium *Trichoderma* sp., maka persentasenya dianggap 100% (Ginting dan Maryono, 2011). Setiap 14 lubang tanam pada 20 petak perlakuan *Trichoderma* sp. diberi 1 g menir beras yang telah ditumbuhi miselium *Trichoderma* sp. dan diletakkan benih jagung di atasnya.

#### **3.4.5 Penyiapan Lahan dan Penanaman Jagung**

Lahan untuk penanaman jagung dibersihkan dari gulma yang dapat mengganggu pertumbuhan jagung. Lahan tersebut dibuat petak-petak percobaan dengan ukuran 2 x 1,25 m<sup>2</sup> sebanyak 40 petak dan diberi tanda sesuai dengan kode perlakuan yang disusun secara acak untuk tiap kelompok. Jarak antara satu petak dengan petak lainnya yaitu 0,5 m. Tanah pada petak tersebut diolah dengan mencangkul sedalam 20 cm. Tiap perlakuan ditanamkan benih dengan cara ditugal sedalam 4 cm dengan jarak tanam 25 x 75 cm. Benih jagung varietas Bisi-18 dicuci sebanyak tiga kali untuk menghilangkan fungisida metalaksil yang menempel pada benih. Tiap lubang ditanam dengan tiga benih, setelah jagung tumbuh maka dilakukan penjarangan dengan menyisakan satu tanaman per lubang tanam. Tiap petak berisi 14 tanaman dengan satu lubang tanam digunakan sebagai sumber inokulum. Sumber inokulum menggunakan tanaman jagung bergejala bulai yang berumur 3 minggu setelah tanam (MST) atau 2 minggu setelah inokulasi (MSI) dan diletakkan di tengah petak percobaan (Gambar 3).



Gambar 3. Tata letak tanaman uji ( $\Psi$ ) dan tanaman sumber inokulum ( $\text{⌘}$ ).

#### 3.4.6 Pemeliharaan Tanaman

Jagung yang tumbuh pada tiap petak percobaan dilakukan pemupukan, penyiangan gulma, dan penyiraman. Pemupukan dilakukan dengan cara larik atau barisan di samping tanaman jagung dengan jarak 5 cm. Pupuk yang digunakan berupa urea (300 kg/ha), TSP (200 kg/ha), dan KCl (50 kg/ha) (Sirappa dan Razak, 2010). Pupuk yang diperlukan untuk petak berukuran 2 x 1,25 m sesuai dosis anjuran yaitu 75 g urea, 50 g TSP, dan 12,5 g KCl. Pemupukan urea dilakukan sebanyak tiga kali pada saat tanaman berumur 7 HST sebanyak 25 g, pada umur 30 HST sebanyak 37,4 g, dan pada umur 45 HST sebanyak 12,5 g, sedangkan TSP sebanyak 50 gram dan KCl sebanyak 12,5 g dipupuk pada umur 7 HST. Penyiangan gulma dilakukan dengan cara mekanik yaitu menggunakan arit dan mencabut dengan tangan. Penyiraman dilakukan setiap sore hari pada pukul 16.00 dengan menggunakan selang.

#### 3.4.7 Uji Metabolit Sekunder

Tanaman jagung diambil daun ketiga dari pangkal batang. Tiap perlakuan diambil daunnya sebanyak 10 g. Daun tersebut diblender dan ditambahkan 10 mL aquades dengan perbandingan 1:1, kemudian disaring untuk mendapatkan ekstrak daun. Ekstrak daun tersebut lalu dievaporasi selama 60 menit dengan suhu 60 °C dan kecepatan 100 rpm untuk mendapatkan ekstrak murni. Ekstrak murni tersebut diuji kandungan senyawa saponin dan hidrokuinon secara kualitatif dengan melihat perubahan warna.

### 3.4.8 Pemanenan dan Pengeringan

Jagung dipanen pada umur 95 sampai 110 hari setelah tanam (HST) tergantung dari jenis varietas yang digunakan. Jagung yang telah masak dicirikan dengan tanaman mengering, kelobot berwarna kuning dan kering, dan bulir jagung mengkilat, memadat, dan keras. Kadar air diatas 25% dapat menyebabkan biji jagung mengalami kerusakan dengan cepat. Kondisi udara yang terang dan panas pada saat pemanenan akan lebih baik dibandingkan pada kondisi hujan (Riwandi dkk., 2014). Jagung yang telah dipanen dilakukan penjemuran dengan cara kelobot dikupas dan dijemur untuk menurunkan kadar air. Pengeringan dilakukan di bawah sinar matahari selama 3 sampai 7 hari. Ketinggian tumpukan tongkol jagung berkisar 10 sampai 20 cm. Pembalikan tongkol jagung dilakukan tiap 2 sampai 4 jam. Biji yang telah dikering dilakukan pemipilan atau pemisahan biji jagung dari tongkolnya menggunakan tangan.

### 3.1.1 Variabel Pengamatan

Peubah yang diamati meliputi keterjadian dan keparahan penyakit, *area under disease progress curve* (AUDPC), pertumbuhan tanaman, metabolit sekunder, dan produksi jagung. Pengolahan data dilakukan menggunakan aplikasi *R studio*.

#### a. Keterjadian dan Keparahannya Penyakit

Tanaman jagung diamati pada umur 1 sampai 7 MSI (minggu setelah inokulasi) atau 2 sampai 8 MST (minggu setelah tanam). Tanaman jagung yang menunjukkan gejala penyakit bulai dihitung keterjadian penyakitnya menggunakan rumus sebagai berikut (Ginting dan Aeny, 2022).

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

Keterangan : TP = keterjadian penyakit (%); n = jumlah tanaman jagung yang menunjukkan gejala penyakit bulai; dan N = jumlah tanaman jagung yang diamati.

Keparahan penyakit dihitung dengan rumus sebagai berikut (Ginting dan Aeny, 2022). Skor penyakit yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3 dan diagram penyakit dapat dilihat pada Gambar 4.

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

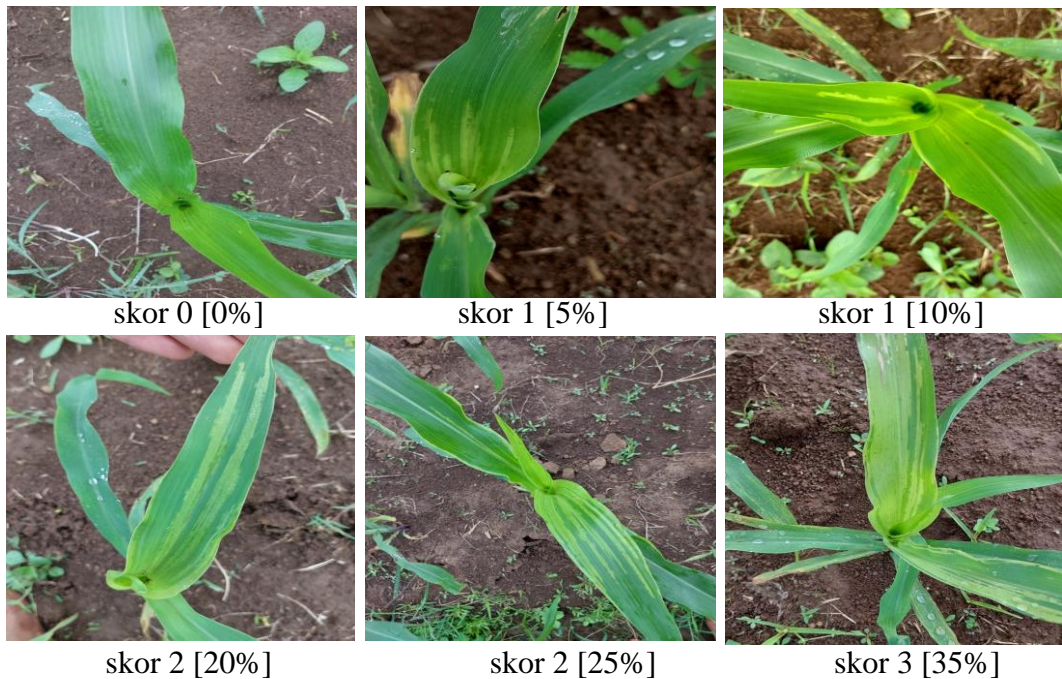
Keterangan :

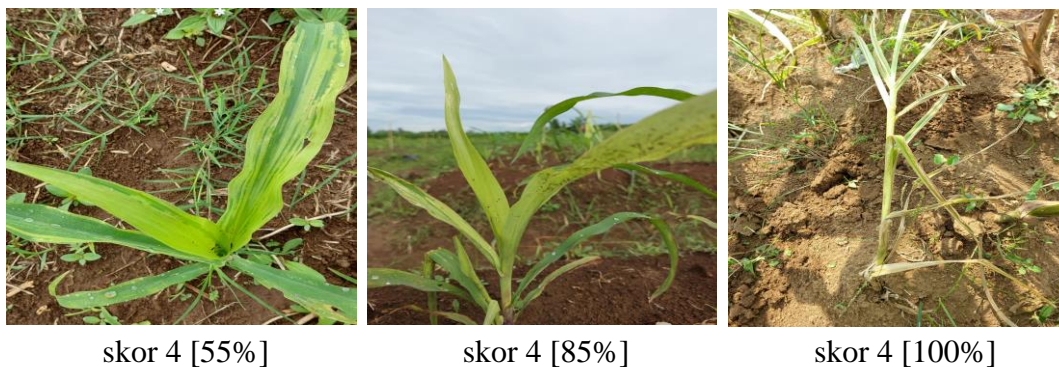
PP = keparahan penyakit (%); n = jumlah tanaman dengan skor tertentu; v = skor suatu kategori gejala; N = jumlah tanaman yang diamati; dan V = skor tertinggi pada pengamatan yang dilakukan.

Tabel 3. Skor keparahan penyakit

Skor	Keterangan	Tingkat Serangan
0	Tidak terdapat gejala	Tanaman sehat
1	Gejala timbul >10% pertanaman	Ringan
2	Gejala terjadi pada 10%-25% pertanaman	Sedang
3	Gejala terjadi pada 26-50% pertanaman	Berat
4	Gejala terjadi >50% pertanaman hingga tanaman mati	Sangat Berat

Sumber: Ginting dan Aeny (2022).





Gambar 4. Diagram skor keparahan penyakit bulai (Sumber: Dokumentasi Pribadi).

b. *Area Under Disease Progress Curve (AUDPC)*

Area di bawah kurva perkembangan penyakit (ABKPP) atau AUDPC bertujuan untuk mengetahui hubungan antara intensitas penyakit dengan waktu. Perhitungan AUDPC menggunakan rumus sebagai berikut (Shaner and Finney, 1977 dalam Ginting *et al.*, 2020).

$$\text{AUDPC} = \sum_{t=1}^{n-1} [(X_{i+1} + X_i)/2] \times [t_{i+1} + t_i]$$

Keterangan:  $X_i$  = intensitas keparahan penyakit pada pengamatan ke- $i$ ;  $t_i$  = waktu (hari) pada pengamatan ke- $i$ ; dan  $n$  = jumlah total pengamatan.

c. Pertumbuhan Tanaman Jagung

Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang hingga ujung daun yang paling tinggi, sedangkan jumlah daun dihitung dari daun yang paling bawah sampai pucuk daun yang telah membuka penuh. Pertumbuhan tanaman jagung diamati tiap satu minggu sekali pada 1 sampai 5 MST.

d. Uji Kandungan Tanin dan Hidrokuinon

Ekstrak murni tiap perlakuan diambil sebanyak 9 mL dan dimasukkan ke dalam tiga tabung reaksi yang terdiri dari 3 mL untuk uji tanin, 3 mL untuk uji hidrokuinon, dan 3 mL untuk kontrol. Pada uji tanin, ekstrak murni ditetaskan  $\text{FeCl}_3$  sebanyak tiga tetes. Jika terjadi perubahan warna biru kehitaman menunjukkan tanin terhidrolisis. Pada uji hidrokuinon, ekstrak murni ditetaskan 10% NaOH sebanyak 5 tetes. Jika terjadi perubahan warna merah menunjukkan terdapat kandungan hidrokuinon.

e. Produksi Jagung

Produksi tanaman jagung diamati setelah tanaman jagung menghasilkan buah yang telah masak fisiologis. Buah tersebut dipanen kemudian tongkolnya dijemur di bawah sinar matahari kemudian dipipil dan ditimbang bobotnya.

### 3.5 Analisis Data

Data yang yang diperoleh akan dilakukan uji asumsi berupa uji Levene (*Levene test*) untuk menguji homogenitas ragam data dan uji Shapiro (*Shapiro Wilk test*) untuk menilai sebaran data dalam suatu kelompok. Apabila ragam data homogen dan normal selanjutnya dianalisis dengan analisis sidik ragam (ANOVA) dengan uji f dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) atau *honestly significant difference* (HSD) pada taraf kepercayaan 5%.



## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh simpulan sebagai berikut.

1. Fungisida asam fosfit pada seluruh perlakuan tidak dapat menekan intensitas penyakit bulai dan tidak meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman jagung.
2. Aplikasi *Trichoderma* sp. tidak menekan intensitas penyakit bulai dan tidak meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman jagung.
3. Interaksi antara fungisida asam fosfit dan *Trichoderma* sp. hanya terjadi pada jumlah daun 2 MST dan AUDPC, namun tidak dapat menekan intensitas penyakit bulai dan tidak meningkatkan pertumbuhan dan produksi jagung.

### 5.2 Saran

Perlakuan fungisida asam fosfit dan *Trichoderma* sp. tidak dapat menekan intensitas penyakit bulai. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai metode pengaplikasian fungisida asam fosfit pada kondisi lingkungan yang berbeda dan isolat *Trichoderma* sp. yang digunakan perlu dikaji lebih lanjut sebelum diaplikasikan karena penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa asam fosfit dan *Trichoderma* sp. nyata dalam menekan intensitas penyakit bulai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., Kee, W.K., and Tih, S. 2014. *Plant Biodiversity-Based: Research, Innovation and Business Opportunities II*. BioBiz Innovation Research. Kuala Lumpur.
- Amaresan, N., Sankaranarayanan, A., Kumar, M., and Druzhinina, I. 2019. *Advances in Trichoderma Biology for Agricultural Applications*. Springer International Publishing. Ireland.
- An-Le, H.A., Jia, L., Hua, W.X., Guo, Z.Q., Wei, S., and Jie, C. 2019. Soil application of *Trichoderma asperellum* GDFS1009 granules promotes growth and resistance to *Fusarium graminearum* in maize. *Journal Integrative Agricultural*. 18(3): 599–606.
- Anugrah, F.M. dan Widiyanti, F. 2018. Pengaruh fungisida berbahan aktif metalaksil, fenamidone, dan dimetomorf terhadap konidia *Peronosclerospora* spp. isolat Klaten. *Jurnal Penelitian Saintek*. 23(1): 21–31.
- Badan Pusat Statistik. 2022. *Kabupaten Lampung Selatan dalam Angka 2022*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Lampung Selatan.
- Badan Pusat Statistik. 2023. *Kota Bandar Lampung dalam Angka 2023*. Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung.
- Baihaqi, A., Nawawi, M., dan Abadi, A.L. 2013. Teknik aplikasi *Trichoderma* sp. terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(3): 1–11.
- Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura. 2012. *Laporan UPTD Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura*. Provinsi Lampung.
- Bantacut, T., Akbar, M.T., dan Firdaus, Y.R. 2015. Pengembangan jagung untuk ketahanan pangan, industri, dan ekonomi. *Jurnal Pangan*. 24(2): 135–148.

- Bastian, M.D., Prasetyo, J., Maryono, T., dan Susilo, F.X. 2015. Pengaruh penyarungan buah dan aplikasi asam fosfit terhadap hama penggerek dan penyakit busuk buah kakao. *Jurnal Agrotek Tropika*. 3(1): 124–129.
- Bissett, J. 1991. A revision of the genus *Trichoderma*. II. infrageneric classification. *Canadian Journal of Botany*. 69(11): 2357–2372.
- Brimner, T.A. and Boland, G.J. 2003. A review of the non-target effects of fungi used to biologically control plant diseases. *Agriculture, Ecosystem, Environment*. 100(4): 3–16.
- Budi, M.B.S. dan Majid, A. 2021. Potensi kombinasi *Trichoderma* sp. dan abu sekam padi sebagai sumber silika dalam meningkatkan ketahanan tanaman jagung (*Zea mays*) terhadap serangan penyakit bulai (*Peronosclerospora maydis*). *Prosiding Seminar Nasional Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Jember*. hlm. 732-747. Jember.
- Burhanuddin. 2009. Fungisida metalakasil tidak efektif menekan penyakit bulai (*Peronosclerospora maydis*) di Kalimantan Barat dan alternatif pengendaliannya. *Prosiding Seminar Nasional Serealia*. hlm. 395–399. Maros.
- Burhanuddin. 2011. Identifikasi cendawan penyebab penyakit bulai pada tanaman jagung di Jawa Timur dan Pulau Madura. *Suara Perlindungan Tanaman*. 1(1): 21–26.
- Burra, D.D., Berkowitz, O., Hedley, P.E., Morris, J., Resjö, S., Levander, F., Liljeroth, E., Andreasson, E., and Alexandersson, E. 2014. Phosphite-induced changes of the transcriptome and secretome in *Solanum tuberosum* leading to resistance against *Phytophthora infestans*. *BMC Plant Biology*. 14(1): 1–17.
- Carswell, C., Grant, B.R., Theodorou, M.E., Harris, J., Niere, J.O., and Plaxton, W.C. 1996. The fungicide phosphonate disrupts the phosphate-starvation response in *Brassica nigra* seedlings. *Plant Physiology*. 110(1): 105–110.
- Carswell, M.C., Grant, B.R., Plaxton, W.C., Carswell, M.C., Grant, B.R., and Plaxton, W.C. 1997. Disruption of the phosphate-starvation response of oilseed rape suspension cells by the fungicide phosphonate. *Planta*. 203(1): 67–74.
- Chagas, R.J.F., Vêras da Costa, R., Rodríguez dos Santos, G., Ventura, A.M.V., and Costa, E.M. 2020. Foliar fungal diseases control and productivity depending on the phosphite and fungicide application in two corn hybrids.

*Biotechnologia Vegetal*. 20(1): 33–41.

- CIMMYT. 2012. *Downy Mildew (Extended Information)*.  
(<http://maizedoctor.cimmyt.org/downy-mildew-extended-information>).  
Diakses pada 23 Mei 2023 pada pukul 19.45 WIB.
- CIMMYT. 2018. *Downy mildew (Extended Information)*.  
(<http://maizedoctor.org/downy-mildew-extended-information>). Diakses  
pada 30 Juni 2023 pada pukul 09.00 WIB.
- Dangl, J.L. and Jones, J.D.G. 2001. Plant pathogens and integrated defence responses to infection. *Nature*. 411(1): 826–833.
- Direktorat Pakan Kementerian Pertanian. 2022. *Pemanfaatan Jagung Lokal oleh Industri Pakan Tahun 2021*. Jakarta.
- Djonović, S., Pozo, M.J., Dangott, L.J., Howell, C.R., and Kenerley, C.M. 2006. Sm1, a proteinaceous elicitor secreted by the biocontrol fungus *Trichoderma virens* induces plant defense responses and systemic resistance. *Molecular Plant-Microbe Interaction*. 19(8): 838–853.
- Dobrowolski, M.P., Shearer, B.L., Colquhoun, I.J., O'Brien, P.A., and Hardy, G.E.S.J. 2008. Selection for decreased sensitivity to phosphite in *Phytophthora cinnamomi* with prolonged use of fungicide. *Plant Pathology*. 57(5): 928–936.
- Edy. 2022. *Pengantar Teknologi Budidaya Tanaman Serelia*. Nas Media Pustaka. Makassar.
- Fenn, M.E. and Coffey, M.D. 1984. Studies on the in vitro and in vivo antifungal activity of fosetyl-al and phosphorous acid. *Phytopathology*. 74(5): 606–661.
- Fenn, M.E. and Coffey, M.D. 1989. Quantification of phosphonate and ethyl phosphonate in tobacco and tomato tissues and significance for the mode of action of two phosphonate fungicides. *Phytopathology*. 79(1): 76–82.
- Förster, H., Adaskaveg, J.E., Kim, D.H., and Stanghellini, M.E. 1998. Effect of phosphite on tomato and pepper plants and on susceptibility of pepper to *Phytophthora* root and crown rot in hydroponic culture. *Plant Disease*. 82(1):1165–1170.

- Ginting, C. 2013. *Ilmu Penyakit Tumbuhan: Konsep dan Aplikasi*. Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Ginting, C. dan Aeny, T.N. 2022. *Ilmu Penyakit Tumbuhan: Konsep dan Aplikasi*. Edisi Kedua. Ali Imron. Bandar Lampung.
- Ginting, C. dan Maryono, T. 2011. Efikasi *Trichoderma harzianum* dengan berbagai bahan organik dalam pengendalian penyakit busuk pangkal batang pada lada. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 11(2): 147–156.
- Ginting, C. dan Prasetyo, J. 2016. *Jamur Patogen Tumbuhan*. Plantaxia. Yogyakarta.
- Ginting, C., Prasetyo, J., Dirmawati, S.R., Ivayani, Timotiwu, P.B., Maryono, T. Widyastuti, Chafisa, D.I.R., Asyifa, A., Setyowati, E., and Pasaribu, A.H.Z. 2020. Identification of maize downy mildew pathogen in Lampung and the effects of varieties and metalaxyl on disease incidence. *Annual Research & Review Biology*. 35(7): 23–35.
- Ginting, C., Saputra, A., Wibowo, L., Maryono, T., Prasetyo, J., dan Dirmawati, S.R. 2023. Pengaruh beberapa fungisida terhadap penyakit bulai dan produksi pada jagung varietas bisi-18 generasi f-2. *Jurnal Agrotek Tropika*. 10(3): 347-354.
- Grant, B.R., Grant, J.H., and Harris, J. 1992. Inhibition of growth of *Phytophthora infestans* by phosphate and phosphonate in defined media. *Experimental Mycology*. 16(4): 240–244.
- Guest, D. and Grant, B. 1991. The complex action of phosphonates as antifungal agents. *Biological Reviews of The Cambridge Philosophical Society*. 66(2): 159–187.
- Halimah, N. dan Puspita, F. 2017. Induksi ketahanan dan pertumbuhan bibit kelapa sawit dengan bahan penginduksi berbeda jamur *Trichoderma virens* endofit terhadap penyakit busuk batang atas. *JOM FAPERTA*. 4(2): 1–15.
- Harman, G.E., Howell, C.R., Viterbo, A., Chet, I., and Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species - opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Review Microbiology*. 2(1): 43–56.
- Havlin, J.L. and Schlegel, A.J. 2021. Review of phosphite as a plant nutrient and

fungicide. *Soil Systems*. 5(52): 1–19.

Hendrayana, F., Lestari, N.A., Muis, A., dan Azrai, M. 2020. Ketahanan beberapa varietas jagung hibrida terhadap beberapa penyakit penting jagung di Indonesia. *Agriovet*. 3(1): 26–40.

Herlinda, S., Utama, M.D., Pujiastuti, Y., dan Suwandi. 2006. Kerapatan dan viabilitas spora *Beauveria bassiana* (Bals.) akibat subkultur dan pengayaan media, serta virulensinya terhadap larva *Plutella xylostella* (Linn.). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 6(2): 70–78.

Ismi, F.S., Soesanto, L., dan Mugiastuti, E. 2022. Aplikasi metabolit sekunder *Trichoderma harzianum* T10 dalam formula tablet larut-air terhadap penyakit rebah semai mentimun. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 18(4): 117-186.

Ivayani, I., Faishol, F., Prasetyo, J., dan Nurdin, M. 2018. Efektivitas beberapa isolat *Trichoderma* sp. terhadap keterjadian penyakit bulai yang disebabkan oleh *Peronosclerospora maydis* dan pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays*). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 18(1): 39–45.

Jackman, R.H., Lambert, J.P., and Rothbaum, H.P. 1970. Red phosphorus as a fertiliser for grass-clover pasture. *New Zealand Journal Agricultural Research*. 13(2): 232–241.

Jackson, T.J., Burgess, T., Colquhoun, I., and Hardy, G.E.S.J. 2000. Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. *Plant Pathology*. 49(2): 147–154.

Karosekali, D.C.P. 2021. Pengaruh Asam Fosfit dan Kerapatan *Trichoderma* sp. terhadap Penyakit Bulai dan Pertumbuhan Tanaman Jagung. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Korlina, E. dan Amir, A.M. 2015. Efektifitas jenis fungisida terhadap penyakit bulai (*Peronosclerospora maydis*) pada jagung. *Prosiding Seminar Nasional Serealia*. hlm. 443–448. Maros.

Leiss, K.A., Choi, Y.H., Verpoorte, R., and Klinkhamer, P.G.L. 2011. An overview of NMR-based metabolomics to identify secondary plant compounds involved in host plant resistance. *Phytochemistry Reviews*. 10(2): 205–216.

Lim, S., Borza, T., Peters, R.D., Coffin, R.H., Al-Mughrabi, K.I., Pinto, D.M., and Wang-Pruski, G. 2013. Proteomics analysis suggests broad functional

changes in potato leaves triggered by phosphites and a complex indirect mode of action against *Phytophthora infestans*. *Journal of Proteomics*. 93(1): 207–223.

Machinandiarena, M.F., Lobato, M.C., Feldman, M.L., Daleo, G.R., and Andreu, A.B. 2012. Potassium phosphite primes defense responses in potato against *Phytophthora infestans*. *Journal of Plant Physiology*. 169(14): 1417–1424.

MacIntire, W.H., Winterberg, S.H., Hardin, L.J., Sterges, A.J., and Clements, L.B. 1950. Fertilizer evaluation of certain phosphorus, phosphorous, and phosphoric materials by means of pot cultures. *Agronomy Journal*. 42(11): 543–549.

Matruti, A.E., Kalay, A.M., dan Uruilal, C. 2013. Serangan *Peronosclerospora* spp. pada tanaman jagung di Desa Rumahtiga, Kecamatan Teluk Ambin Baguala Kota Ambon. *Agrologia*. 2(2): 109–115.

McDonald, A.E., Grant, B.R., and Plaxton, W.C. 2001. Phosphite (phosphorous acid): its relevance in the environment and agriculture and influence on plant phosphate starvation response. *Journal of Plant Nutrition*. 24(10): 1505–1519.

Monte, E. 2001. Understanding *Trichoderma*: between biotechnology and microbial ecology. *International Microbiology*. 4(1): 1–4.

Muis, A., Suriani, Kalqutny, S.H., dan Nonci, N. 2018. *Penyakit Bulai pada Tanaman Jagung dan Upaya Pengendaliannya*. Deepublish. Sleman.

Mulugeta, T., Abreha, K., Tekie, H., Mulatu, B., Yesuf, M., Andreasson, E., Liljeroth, E., and Alexandersson, E. 2019. Phosphite protects against potato and tomato late blight in tropical climates and has varying toxicity depending on the *Phytophthora infestans* isolate. *Crop Protection*. 121(3): 139–146.

Namdeo, A.G. 2007. PHCOG REV: Review article plant cell elicitation for production of secondary metabolites : a review. *Pharmacognosy Reviews*. 1(1): 69–79.

Naseby, D.C., Pascual, J.A., and Lynch, J.M. 2000. Effect of biocontrol strains of *Trichoderma* on plant growth, *Pythium ultimum* populations, soil microbial communities, and soil enzyme activities. *Journal of Applied Microbiology*. 88(1): 161–169.

Ouimette, D.G. and Coffey, M.D. 1990. Symplastic entry and phloem

translocation of phosphonate. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 38(1):18–25.

Pakki, S. dan Adriani. 2015. Bulai pada aksesi plasma nutfah jagung dalam tiga musim tanam. *Prosiding Seminar Nasional Serelia*. hlm. 406–414. Maros.

Pakki, S. dan Burhanuddin. 2013. Peranan varietas dan fungisida dalam dinamika penularan tanaman jagung. *Prosiding Seminar Nasional Serelia*. hlm. 443–454. Maros.

Pakki, S. and Djaenuddin, N. 2019. The effectiveness combination of resistant varieties and metalaxyl fungicide in controlling downy mildew disease (*Peronosclerospora maydis*) in maize plant. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 19(1): 42-51.

Pakki, S. dan Mappaganggang. 2018. Respons ketahanan plasma nutfah jagung terhadap penyakit bulai (*Peronosclerospora philippinensis*). *Buletin Plasma Nutfah*. 24(1): 43–52.

Panicker, S. and Gangadharan, K. 1999. Controlling downy mildew of maize caused by *Peronosclerospora sorghi* by foliar sprays of phosphonic acid compounds. *Crop Protection*. 18(6): 115–118.

Perumal, R., Nimmakayala, P., Erattaimuthu, S.R., No, E.G., Reddy, U.K., Prom, L.K., Odvody, G.N., Luster, D.G., and Magill, C.W. 2008. Simple sequence repeat markers useful for sorghum downy mildew (*Peronosclerospora sorghi*) and related species. *BMC Genetics*. 9(77): 1–14.

Prasetyo, J., Ginting, D.F., Nurdin, M., dan Sudiono, S. 2021. Pengaruh lama asosiasi *Trichoderma* sp. dengan akar tanaman jagung terhadap penyakit bulai dan pertumbuhan tanaman jagung. *Jurnal Agrotek Tropika*. 9(3): 513-522.

Prasetyo, J., Rahayu, D., Nurdin, M., dan Ginting, C. 2020. Karakteristik *Peronosclerospora* sp. isolat Bandar Jaya, isolat Srikaton, dan isolat Sukaraja Nuban. *Jurnal Agrotek Tropika*. 8(1): 157-168.

Pusdatin Kementerian Pertanian. 2020. *Outlook Jagung 2020: Komoditas Pertanian Subsektor Tanaman Pangan*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Kementerian Pertanian. Jakarta.

Radwan, G.L., Perumal, R., Isakeit, T., Magill, C.W., Prom, L.K., and Little, C.R. 2011. Screening exotic sorghum germplasm, hybrids, and elite lines for



resistance to a new virulent pathotype (P6) of *Peronosclerospora sorghi*

causing downy mildew. *Plant Health Progress*. 12(1): 1-16.

- Rahmiyah, M. dan Habibullah, M. 2020. Efikasi berbagai dosis cuka bambu sebagai bahan penginduksi ketahanan tanaman jagung (*Zea mays*) terhadap penyakit bulai (*Peronosclerospora maydis*). *Jurnal Planta Simbiosis*. 2(2): 1–10.
- Riwandi, Handajaningsih, M., dan Hasanudin. 2014. *Teknik Budidaya Jagung dengan Sistem Organik di Lahan Marjinal*. UNIB PRESS. Bengkulu.
- Saindrenan, P., Barchietto, T., Avelino, J., and Bompeix, G. 1988. Effects of phosphite on phytoalexin accumulation in leaves of cowpea infected with *Phytophthora cryptogea*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 32(3): 425–435.
- Sari, Y.N. 2018. Pengaruh Fungisida Asam Fosfit terhadap Perkecambahan, Panjang Tabung Kecambah Konidia *Peronosclerospora maydis*, dan Intensitas Penyakit Bulai pada Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Schroetter, S., Angeles-Wedler, D., Kreuzig, R., and Schnug, E. 2006. Effects of phosphite on phosphorus supply and growth of corn (*Zea mays*). *Landbauforschung Volkenrode*. 56(3): 87–99.
- Semangun, H. 1993. *Penyakit-Penyakit Tanaman Pangan di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Semangun, H. 1996. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Semangun, H. 2008. *Penyakit-Penyakit Tanaman Pangan di Indonesia*. Edisi Kedua. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Serratos-hern, A. 2009. *The Origin and Diversity of Maize in The American Continent*. Greenpeace Mexico. Mexico.
- Sharma, A.K. and Sharma, P. 2020. *Trichoderma: Host Pathogen Interactions and Applications*. Rhizosphere Biology. India
- Silva, O.C., Santos, H.A.A., Pria, M.D., and Mio, L.L.M. 2011. Potassium phosphite for control of downy mildew of soybean potassium phosphite for control of downy mildew of soybean. *Crop Protection*. 30(6): 598–604.

- Singh, J., Singh, R.R., Singh, P., Shatrupa, R., Anukool, V., Singh, S.M., and Singh, H.B. 2021. Plant archives *Trichoderma* isolates : sustainable alternative to climate change. *Plant Archives*. 21(2): 1717–1734.
- Sirappa, M.P. dan Razak, N. 2010. Peningkatan produktivitas jagung melalui pemberian pupuk n, p, k, dan pupuk kandang pada lahan kering di Maluku. *Prosiding Pekan Serelia Nasional*. hlm. 277–286. Maros.
- Smillie, R. 1989. The mode of action of phosphite: evidence for both direct and indirect modes of action on three *Phytophthora* spp. in plants. *Phytopathology*. 79(9): 921-926.
- Soesanto, L., Sari, L.Y., Mugiastuti, E., and Manan, A. 2021. Cross application of entomopathogenic fungi raw secondary metabolites for controlling *Fusarium wilt* of chili seedlings. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 21(2): 82–90.
- Sreedevi, B., Devi, M.C., and Saigopal, D.V.R. 2011. Induction of defense enzymes in *Trichoderma harzianum* treated groundnut plants against *Macrophomina phaseolina*. *Journal Biological Control*. 25(1): 33–39.
- Surtikanti. 2013. Cendawan *Peronosclerospora* sp. penyebab penyakit bulai di Jawa Timur. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian*. hlm. 57–67. Banjarbaru.
- Sutradhar, A.K., Arnall, D.B., Dunn, B.L., and Raun, W.R. 2019. Does phosphite, a reduced form of phosphate contribute to phosphorus nutrition in corn (*Zea mays* L.)?. *Journal Plant Nutrition*. 42(9): 982–989.
- Tantera, D.M. 1975. Cultural practices to decrease losses due to corn downy mildew disease. *Plant Pathologist*. 8(1): 165–175.
- Thao, H.T.B. and Yamakawa, T. 2009. Phosphite (phosphorous acid): fungicide, fertilizer or bio-stimulator ?. *Soil Science and Plant Nutrition*. 55(2): 228–234.
- Tias, D.R.K. 2017. Efikasi Asam Fosfit, Dimetomorf, dan Metalaksil untuk Mengendalikan Penyakit Bulai (*Peronosclerospora sorghi*) pada Tanaman Jagung (*Zea mays*) Varietas P27. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Ticconi, C.A., Delatorre, C.A., and Abel, S. 2001. Attenuation of phosphate starvation responses by phosphite in arabidopsis. *Plant Physiology*. 127(3):

963–972.

- Varadarajan, D.K., Karthikeyan, A.S., Matilda, P.D., and Raghothama, K.G. 2002. Phosphite, an analog of phosphate, suppresses the coordinated expression of genes under phosphate starvation. *Plant Physiology*. 129(3): 1232–1240.
- Vasconsuelo, A. and Boland, R. 2007. Molecular aspects of the early stages of elicitation of secondary metabolites in plants. *Plant Science*. 172(5): 861–875.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E.L., Marra, R., Woo, S.L., and Lorito, M. 2008. *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. *Soil Biology & Biochemistry*. 40(1): 1–10.
- Yasin, H.G.M., Nur, A., dan Sumarno. 2014. *Perakitan Varietas Unggul Jagung Fungsional*. IAARD Press. Jakarta.
- Yedidia, I., Benhamou, N., and Chet, I. 1999. Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *Applied and Environmental Microbiology*. 65(3): 1061–1070.