

**STUDI PENGENDALIAN PENYAKIT BULAI JAGUNG DENGAN
AGENSIA HAYATI DAN FUNGISIDA NABATI**

(DISERTASI)

Oleh

**JOKO PRASETYO
NPM 1634171004**



**PROGRAM DOKTOR ILMU PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

**STUDI PENGENDALIAN PENYAKIT BULAI JAGUNG DENGAN
AGENSIA HAYATI DAN FUNGISIDA NABATI**

**Oleh
Joko Prasetyo**

Disertasi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
DOKTOR ILMU PERTANIAN

Program Doktor Ilmu Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**PROGRAM DOKTOR ILMU PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

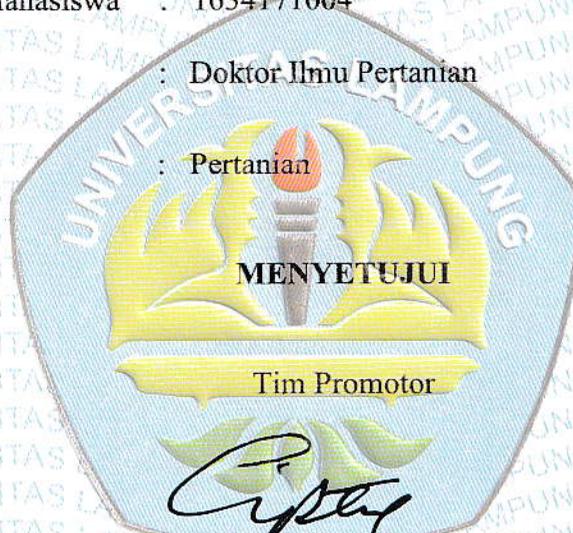
Judul Disertasi : **STUDI PENGENDALIAN PENYAKIT BULAI
JAGUNG DENGAN AGENSIA HAYATI DAN
FUNGISIDA NABATI**

Nama Mahasiswa : **Joko Prasetyo**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1634171004

Program Studi : **Doktor Ilmu Pertanian**

Fakulta : **Pertanian**

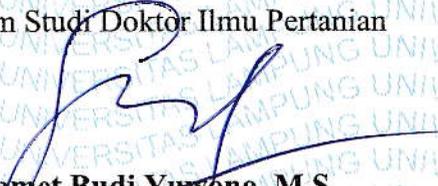


Prof. Dr. Ir. Cipta/Ginting, M.Sc.
NIP. 19601201 198403 1 003


Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P.
NIP. 19570529 198603 1 002


Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.
NIP. 19810621 200501 1 003

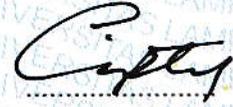
Ketua Program Studi Doktor Ilmu Pertanian


Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S.
NIP. 19641223 199403 1 003

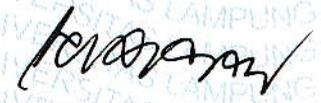
MENGESAHKAN

Tim Penguji

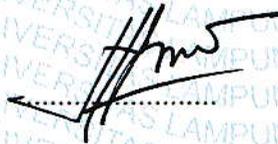
Ketua : **Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc.**



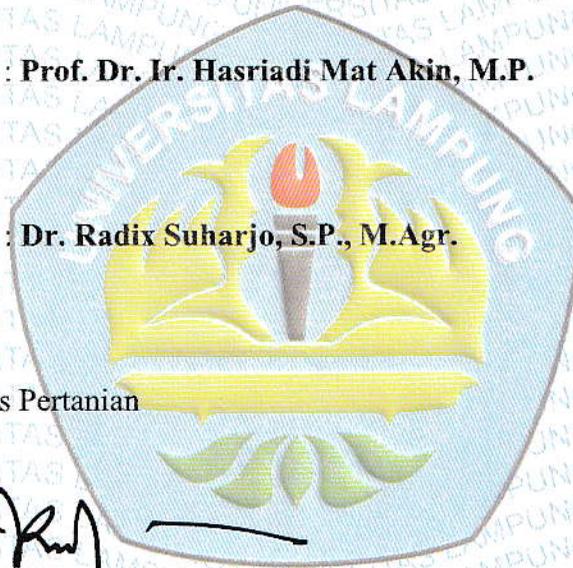
Sekretaris : **Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P.**



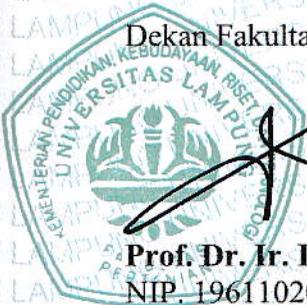
Anggota : **Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.**



Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19611020 198603 1 002



Direktur Program Pasca Sarjana

Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.
NIP. 19710415 199803 1 005



Tanggal Lulus Ujian Disertasi : 11 Agustus 2022

PERNYATAAN ORISINILITAS DISERTASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya di dalam disertasi yang berjudul **“Studi Pengendalian Penyakit Bulai Jagung dengan Agensia Hayati dan Fungisida Nabati”** ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Bandar Lampung, 11 Agustus 2022

Yang menyatakan



Joko Prasetyo
NPM 1634171004

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas selesainya penyusunan Disertasi Doktor dengan judul **“Studi Pengendalian Penyakit Bulai Jagung dengan Agensia Hayati dan Fungisida Nabati”**. Disertasi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan bagi mahasiswa Program Doktor Ilmu pertanian Universitas Lampung.

Ucapan terima kasih Penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Karomani, M.Si. selaku Rektor Universitas Lampung dan Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas ijin belajar yang diberikan dan semua fasilitas yang disediakan selama masa studi Program Doktor Ilmu Pertanian, serta kepada Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.Si. selaku Ketua Program Doktor Ilmu Pertanian Universitas Lampung. Penulis juga menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang tinggi kepada Prof. Dr. Cipta Ginting, M.Sc. selaku promotor, Prof. Dr. Hasriadi Mat Akin, M.P. dan Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr. selaku Ko-Promotor, serta Prof. Dr. Ir. Purnomo, M.S. selaku Penguji Internal dari Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah berkenan memberi arahan dalam penulisan disertasi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Ni Siluh Putu Nuryanti, M.P. yang telah berkenan menjadi Penguji External dari Politeknik Negeri Lampung.

Ucapan terima kasih juga Penulis sampaikan kepada semua pihak yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam pelaksanaan penelitian saya. Penyelsaian studi dan penulisan disertasi ini sudah pasti tidak terlepas dari dukungan penuh kasih dan cinta dari suami dan anak-anak tercinta serta keluarga besar penulis.

Akhir kata, Penulis berharap semoga hasil penelitian yang telah dituangkan dalam disertasi ini bermanfaat dalam pengembangan pengelolaan dan pengendalian penyakit bulai pada tanaman jagung di Indonesia.

Bandar Lampung, Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Hipotesis	3
1.5 Nilai Kebaruan dan Kedalaman	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengendalian Penyakit Bulai	6
2.2 Alternatif Teknik Pengendalian.....	7
2.3 <i>Trichoderma</i> spp.	7
2.4. Mikoriza	10
2.5 Pestisida Nabati.....	11
III. IDENTIFIKASI <i>Trichoderma</i> spp. YANG BERPOTENSI SEBAGAI AGENSIA HAYATI PENYAKIT BULAI.....	12
3.1 Pendahuluan	12
3.2 Metode Penelitian	13
3.3 Hasil dan Pembahasan	16
3.4 Kesimpulan.....	19
IV. POTENSI BEBERAPA ISOLAT <i>Trichoderma</i> spp. UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT BULAI JAGUNG	20
4.1 Pendahuluan	20
4.2 Metode Penelitian.....	21
4.3 Hasil dan Pembahasan.....	23
4.4 Kesimpulan	29
V. PENGARUH APLIKASI <i>Trichoderma</i> spp. DAN FUNGISIDA NABATI <i>ZINGIBACEAE</i> TERHADAP PERKEMBANGAN PENYAKIT BULAI JAGUNG	30
5.1 Pendahuluan	30
5.2 Metode Penelitian.....	33

5.3 Hasil dan Pembahasan.....	35
5.4 Kesimpulan	39
VI. PENGARUH APLIKASI <i>Trichoderma asperellum</i>, MIKORIZA, KUNYIT DAN SIRIH HIJAU TERHADAP PERKEMBANGAN PENYAKIT BULAI JAGUNG	40
6.1 Pendahuluan	40
6.2 Metode Penelitian.....	42
6.3 Hasil dan Pembahasan.....	44
6.4 Kesimpulan	48
VII. PEMBAHASAN UMUM.....	50
VIII. KESIMPULAN DAN SARAN UMUM	52
8.1 Kesimpulan	52
8.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Identitas isolat <i>Trichoderma</i> yang ditemukan.....	17
Tabel 2. Skala kategori gejala penyakit	22
Tabel 3. Masa inkubasi penyakit bulai pada perlakuan isolat <i>Trichoderma</i> spp. ..	24
Tabel 4. Keterjadian penyakit bulai pada beberapa perlakuan <i>Trichoderma</i> spp. .	25
Tabel 5. Keparahan penyakit bulai pada perlakuan <i>Trichoderma</i> spp.	26
Tabel 6. Bobot kering berangkasan tanaman jagung pada perlakuan <i>Trichoderma</i>	27
Tabel 7. Pengaruh kombinasi <i>T. harzianum</i> dan <i>T. asperellum</i> dengan ekstrak <i>Zingiberaceae</i> pada beberapa variabel	36
Tabel 8. Skor dan kisaran gejala penyakit bulai jagung	44
Tabel 9. Data asli masa inkubasi penyakit bulai jagung	53
Tabel 10. Data transformasi masa inkubasi penyakit bulai jagung.....	53
Tabel 11. Uji homogenitas data masa inkubasi penyakit bulai jagung	53
Tabel 12. Analisis ragam data masa inkubasi penyakit bulai jagung	54
Tabel 13. Uji BNT data masa inkubasi penyakit bulai jagung	54
Tabel 14. Data asli keterjadian penyakit bulai jagung 28 HSI.....	55
Tabel 15. Data transformasi keterjadian penyakit bulai jagung 28 HSI	55
Tabel 16. Uji homogenitas data keterjadian penyakit jagung 28 HSI	55
Tabel 17. Analisis ragam data keterjadian penyakit bulai jagung 28 HSI.....	56
Tabel 18. Uji BNT data keterjadian penyakit bulai jagung 28 HSI.....	56
Tabel 19. Data asli keparahan penyakit bulai jagung 28 HSI.....	57
Tabel 20. Data transformasi keparahan penyakit bulai jagung 28 HSI	57
Tabel 21. Uji homogenitas data keparahan penyakit bulai jagung 28 HSI	58
Tabel 22. Analisis ragam data keparahan penyakit bulai jagung 28 HSI	58
Tabel 23. Uji BNT data keparahan penyakit bulai jagung 28 HSI	59
Tabel 24. Data asli keterjadian penyakit bulai jagung 35 HSI.....	59
Tabel 25. Data transformasi keterjadian penyakit bulai jagung 35 HSI	60
Tabel 26. Uji homogenitas data keterjadian penyakit bulai jagung 35 HSI.....	60
Tabel 27. Analisis ragam data keterjadian penyakit bulai jagung 35 HSI.....	61
Tabel 28. Uji BNT data keterjadian penyakit bulai jagung 35 HSI.....	61
Tabel 29. Data asli keparahan penyakit bulai jagung 35 HSI.....	61
Tabel 30. Data transformasi keparahan penyakit bulai jagung 35 HSI	62
Tabel 31. Uji homogenitas data keparahan penyakit bulai jagung 35 HSI	62
Tabel 32. Analisis ragam data keparahan penyakit bulai jagung 35 HSI	63
Tabel 33. Uji BNT data keparahan penyakit bulai jagung 35 HSI	63

Tabel 34. Data asli tinggi tanaman jagung 4 MST	63
Tabel 35. Data transformasi tinggi tanaman jagung 4 MST	64
Tabel 36. Uji homogenesitas data tinggi tanaman jagung 4 MST	64
Tabel 37. Analisis ragam data tinggi tanaman jagung 4 MST	65
Tabel 38. Uji BNT data tinggi tanaman jagung 4 MST	65
Tabel 39. Data asli bobot kering tajuk tanaman jagung	65
Tabel 40. Data transformasi bobot kering tajuk tanaman jagung	66
Tabel 41. Uji homogenesitas data bobot kering tajuk tanaman jagung	66
Tabel 42. Analisis ragam data bobot kering tajuk tanaman jagung	67
Tabel 43. Uji BNT data bobot kering tajuk tanaman jagung	67
Tabel 44. Data asli masa inkubasi penyakit bulai jagung	68
Tabel 45. Data transformasi masa inkubasi penyakit bulai jagung	68
Tabel 46. Uji homogenesitas data masa inkubasi penyakit bulai jagung	69
Tabel 47. Analisis ragam data masa inkubasi penyakit bulai jagung	69
Tabel 48. Uji BNT data masa inkubasi penyakit bulai jagung	70
Tabel 49. Data asli keterjadian penyakit bulai jagung	70
Tabel 50. Data transformasi keterjadian penyakit bulai jagung 3 MSI	71
Tabel 51. Uji homogenesitas data keterjadian penyakit bulai jagung 3 MSI	71
Tabel 52. Analisis ragam data keterjadian penyakit bulai jagung 3 MSI	72
Tabel 53. Uji BNT data keterjadian penyakit bulai jagung 3 MSI	72
Tabel 54. Data asli tinggi tanaman jagung 4 MST	73
Tabel 55. Data transformasi tinggi tanaman jagung 4 MST	73
Tabel 56. Uji homogenesitas data tinggi tanaman jagung 4 MST	74
Tabel 57. Analisis ragam data tinggi tanaman jagung 4 MST	74
Tabel 58. Uji BNT data tinggi tanaman jagung 4 MST	75
Tabel 59. Data asli bobot kering brangkasan tanaman jagung	75
Tabel 60. Data transformasi bobot kering brangkasan tanaman jagung	75
Tabel 61. Uji homogenesitas data bobot kering brangkasan tanaman jagung	76
Tabel 62. Analisis ragam data bobot kering brangkasan tanaman jagung	77
Tabel 63. Uji BNT data bobot kering brangkasan tanaman jagung	77
Tabel 64. Data asli masa inkubasi penyakit bulai jagung	78
Tabel 65. Data transformasi masa inkubasi penyakit bulai jagung	78
Tabel 66. Uji homogenesitas data masa inkubasi penyakit bulai jagung	79
Tabel 67. Analisis ragam data masa inkubasi penyakit bulai jagung	79
Tabel 68. Uji BNT data masa inkubasi penyakit bulai jagung	80
Tabel 69. Data asli keterjadian penyakit bulai 29 HST	80
Tabel 70. Data transformasi keterjadian penyakit bulai 29 HST	81
Tabel 71. Uji homogenesitas data keterjadian penyakit bulai 29 HST	81
Tabel 72. Analisis ragam data keterjadian penyakit bulai 29 HST	82
Tabel 73. Uji BNT data keterjadian penyakit bulai 29 HST	82
Tabel 74. Data asli keparahan penyakit 31 HST	83
Tabel 75. Data transformasi keparahan penyakit 31 HST	83
Tabel 76. Uji homogenesitas data keparahan penyakit 31 HST	84
Tabel 77. Analisis ragam data keparahan penyakit bulai jagung 31 HST	84
Tabel 78. Uji BNT data keparahan penyakit bulai jagung 31 HST	85

Tabel 79. Data asli berat kering brangkasan tanaman jagung.....	85
Tabel 80. Data transformasi berat kering brangkasan tanaman jagung	86
Tabel 81. Uji homogenitas data berat kering brangkasan tanaman jagung	86
Tabel 82. Analisis ragam data berat kering brangkasan tanaman jagung	87
Tabel 83. Uji BNT data berat kering brangkasan tanaman jagung	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peran <i>Trichoderma</i> pada tanaman menurut Hermosa <i>et al.</i> , (2012) T= <i>Trichoderma</i> , P= Patogen, ET= <i>Ethylene</i> , JA= <i>Jasmonic acid</i> , SA= <i>Salycilic Acid</i>	9
2. Hasil elektroforesis <i>Trichoderma</i> isolat T1 dan T2 A1=T1, ukuran ampikon kisaran 700 pb, A2=T2, ukuran ampikon kisaran 700 pb, A3=TGG, ukuran ampikon kisaran 700 pb A4=Pol, ukuran ampikon kisaran 700 pb A5=Kontrol negatif tanpa DNA template A2=DNA Si.	16
3. Dendogram hasil analisis genus <i>Trichoderma</i> berdasarkan analisis Internal Transcribed Spacer region (ITS) menggunakan metode maximum likelihood (1000x bootstrap). Sebagai out group digunakan <i>Beauveria bassiana strain n67</i> (Acc. No.MZ356505.1). NTF=isolat.....	18
4. Hasil Identifikasi secara morfologi (Perbesaran 400X), A. Isolat KTU, B. Isolat SH, C. Isolat TGN, D. Isolat LT.....	19
5. Gejala dan tanda penyakit bulai jagung (<i>Peronosclerospora sp.</i>) (a) gejala klorosis awal (b) gejala klorosis di seluruh permukaan daun (c) miselia dan konidia <i>Peronosclerospora sp.</i>	23
6. Jamur <i>Peronosclerospora sp.</i> Secara mikroskopis (a) Konidiofor, dan Konidia <i>Peronosclerospora sp.</i> (perbesaran 400x).	24
7. Gejala berat bulai jagung padavarietas rentan.....	31
8. Perkembangan bulai jagung pada berbagai perlakuan. T= <i>Trichoderma</i> , T0= Tanpa <i>Trichoderma</i> , T1= <i>T. asperellum</i> isolat Lampung Timur (NTF), T2= <i>T. Harzianum</i> isolat Klinik Tanaman Unila (KTU). F= Ekstrak Zingiberaceae , F0= Tanpa Zingiberaceae , F1= jahe, F2= kunyit, F3= laos, F4= kencur, F5= temu putih, dan F6=Ekstrak temu hitam.	37

9. Perkembangan keterjadian bulai jagung (%) pada berbagai perlakuan aplikasi. *T. asperellum* + AMF (TaM), Kunyit + *T. asperellum* (Tta), Kunyit + AMF (TM), Kunyit + *T. asperellum* + AMF (TtaM), sirih + *T. asperellum* (Bta), sirih + AMF (BM), sirih + *T. asperellum* + AMF (BtaM) mengurangi keterjadian penyakit secara signifikan dibandingkan kontrol (C).45

RINGKASAN

STUDI PENGENDALIAN PENYAKIT BULAI JAGUNG DENGAN AGENSIA HAYATI DAN FUNGISIDA NABATI

Oleh

JOKO PRASETYO

Penyakit bulai jagung yang disebabkan oleh *Peronosclerospora maydis* merupakan salah satu penyakit utama tanaman jagung yang menyebabkan kerugian ekonomi yang cukup signifikan di seluruh dunia. Sampai saat ini fungisida sintetik digunakan sebagai metode pengendalian utama penyakit tersebut, namun aplikasi fungisida sintetik yang terus menerus dalam waktu yang lama akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, pengguna dan konsumen serta menimbulkan resistensi patogen terhadap fungisida sintetik. Untuk meminimalkan dampak negatif penggunaan fungisida sintetik tersebut, saat ini sedang dicari dan dikembangkan metode pengendalian yang ramah lingkungan dan salah satunya adalah penggunaan bahan pengendalian hayati seperti penggunaan *Trichoderma* sp. dan mikoriza serta aplikasi fungisida nabati. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengidentifikasi spesies *Trichoderma* yang diperoleh dari rizosfer tanaman jagung yang diambil dari beberapa daerah di Provinsi Lampung, (2) mengetahui kemampuan isolat *Trichoderma asperellum*, fungisida nabati dan jamur mikoriza yang didapatkan untuk menghambat perkembangan penyakit bulai jagung dan (3) mengkaji potensi aplikasi *Trichoderma* spp. yang dikombinasikan dengan fungisida nabati serta mikoriza. Tujuh fungisida nabati yang dibuat dari enam jenis tanaman yang berasal dari famili *zingiberaceae* (jahe, kunyit, lengkuas, kencur, temu putih dan temu hitam) dan satu fungisida nabati berasal dari sirih hijau digunakan dalam penelitian ini. Sebelas isolat *Trichoderma* spp. (NTF, GR, GS, GT, HA, MA, POL, KTU, SH, TGN, LT) didapatkan dalam penelitian ini. Identitas *Trichoderma* spp. dikonfirmasi berdasarkan karakteristik morfologi. Hasil analisis sekuens fologenetik *Internal Transcribed Spacer* (ITS) Region 1 dan 4 menunjukkan bahwa 10 isolat (NTF, GR, GS, GT, MA, POL, KTU, SH, TGN, LT) berada dalam kelompok *T. asperellum*, sedangkan satu isolat (HA) membuat kelompok tersendiri yang berbeda dan tidak masuk ke dalam kelompok spesies *Trichoderma* yang telah diketahui dan mungkin merupakan spesies baru *Trichoderma*. Aplikasi tunggal *T. asperellum*, fungisida nabati dan mikoriza mampu menekan keterjadian penyakit dan keparahan penyakit bulai. Aplikasi *T. asperellum* yang dikombinasikan

dengan fungisida nabati atau mikoriza mempunyai kemampuan dalam menekan keterjadian penyakit dan keparahan penyakit bulai. Kombinasi *T. asperellum* + fungisida nabati serta *T. asperellum* + mikoriza (kombinasi *double*) dan *T. asperellum* + fungisida nabati + mikoriza (kombinasi *triple*) menunjukkan kemampuan yang lebih baik dibandingkan dengan aplikasi tunggal (*T. asperellum* saja atau fungisida nabati saja atau mikoriza saja). Aplikasi kombinasi *double* menunjukkan kemampuan yang sama dengan kombinasi *triple*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi *T. asperellum* memiliki efek sinergis ketika diaplikasikan bersama dengan fungisida nabati dan mikoriza.

Kata kunci: fungisida nabati, mikoriza, filogenetik, *Peronosclerospora maydis*, *Trichoderma asperellum*

SUMMARY

STUDY ON THE CONTROL OF CORN DOWNY MILDEW USING BIOLOGICAL CONTROL AGENTS AND BOTANICAL FUNGICIDES

By

JOKO PRASETYO

The corn downy mildew caused by *Peronosclerospora maydis* is one of the main diseases of corn causing severe economic losses worldwide. So far, synthetic fungicide has been used as the main control methods for the disease, however, negative impacts caused by fungicide application have been widely reported. In order to minimize the negative impact of the synthetic fungicide, the development of eco-friendly control methods is now being developed and one of which is the use of biological control agents such as *Trichoderma* sp. and mycorrhiza as well as botanical fungicide. THSI research was aimed (1) to identify *Trichoderma* species obtained from corn rhizosphere located at several areas in Lampung Province, (2) to determine the efficacy of the *Trichoderma asperellum*, botanical fungicide, and mycorrhiza to inhibit the development of corn downy mildew and (3) to investigate the potential of *Trichoderma* spp. application which was combined with botanical fungicide as well as mycorrhiza. Seven botanical fungicides which were made from six zingiberaceae plants (ginger, turmeric, galangal, aromatic ginger, white curcuma and black curcuma) and one botanical fungicide made from green betel used in THSI study. Eleven isolates of *Trichoderma* spp. (NTF, GR, GS, GT, HA, MA, POL, KTU, SH, TGN, LT) had been obtained. The identity of *Trichoderma* spp. was confirmed by morphological characteristics. Sequence analysis result based on Internal Transcribed Spacer (ITS) Region 1 and 4 revealed that 10 isolates (NTF, GR, GS, GT, HA, POL, KTU, SH, TGN, LT) were placed within group of *T. asperellum*, meanwhile one isolate (HA) created different cluster and could not be assigned within the group of the known *Trichoderma* species and may become a new species of *Trichoderma*. Application of *T. asperellum* alone, botanical fungicide alone and mycorrhiza alone showed capability to decrease disease incidence and disease severity of corn downy mildew. Application of *T. asperellum* which was combined with botanical fungicides as well as mycorrhiza showed capability in reducing disease incidence and disease severity of corn downy mildew. Combination of *T. asperellum* + botanical fungicides as well as *T. asperellum* + mycorrhiza (double combination) and

T. asperellum + botanical fungicides + mycorrhiza (triple combination) showed better capability compared to single application (*T. asperellum* alone or botanical fungicides alone or mycorrhiza alone). Double combination application showed the same capability to reduce disease incidence and disease severity of corn downy mildew as triple combination. THSI study revealed that application of *T. asperellum* has synergistic effect when it is applied with botanical fungicide and mycorrhiza.

Keywords: botanical fungicide, mycorrhiza, phylogenetic, *Peronosclerospora maydis*, *Trichoderma asperellum*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Bulai merupakan penyakit penting yang menyebabkan kerusakan besar pada beberapa komoditas pertanian diantaranya jagung. Di Indonesia, telah diketahui penyakit ini disebabkan oleh jamur dari genus *Peronosclerospora*. Penyakit ini dapat menyebabkan kehilangan hasil mencapai 80-100% (Ulhaq dan Masnilah, 2019). Menurut BTPH Lampung (2012), pada 2010 serangan penyakit bulai tercatat seluas 599 hektar dan pada 2011 luas serangan meningkat menjadi 1.138 hektar yang terdapat di wilayah Lampung Selatan, Lampung Tengah, Lampung Timur, Tanggamus dan Pesawaran.

Penyebab penyakit bulai di Indonesia baru teridentifikasi sebanyak tiga spesies, yaitu *P. maydis* dengan wilayah penyebaran di Jawa dan Lampung, *P. sorghi* dengan wilayah penyebaran Sumatera Utara dan Aceh, dan *P. philippinensis* dengan wilayah penyebaran Gorontalo (Sulawesi). Penyakit bulai di Lampung selama ini dinyatakan hanya disebabkan oleh *P. maydis* namun menurut Rustiani *et al.* (2015) penyakit bulai di Lampung dapat disebabkan oleh baik *P. Maydis*, *P. Sorghi*, atau *P. philippinensis*. Hal ini didukung oleh Ginting *et al.* (2020). Suharjo *et al.* (2020) menyatakan bahwa *Peronosclerospora* sp. yang menyerang tanaman jagung di Lampung adalah *P. australiensis* yang merupakan sinonim dari *P. maydis*.

Penyakit bulai umumnya dikendalikan secara terpadu dengan memanfaatkan varietas tahan dan fungisida sintesis. Fungisida sintesis dan bersifat sistemik yang sampai saat ini masih digunakan adalah metalaksil. Penggunaan fungisida sintesis menyebabkan patogen resisten. Oleh karena itu, perlu dicari teknik pengendalian

bulai yang efektif, ramah lingkungan dan tidak menyebabkan patogen resisten. Penggunaan agensia hayati seperti *Trichoderma*, mikoriza dan fungisida nabati adalah metode yang sangat menjanjikan dalam rangka pengendalian bulai jagung.

1.2 Rumusan Masalah

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu tanaman sumber komoditas pangan yang mempunyai peran strategis dalam pembangunan pertanian dan perekonomian Indonesia. Salah satu kendala dalam budidaya tanaman jagung adalah penyakit bulai yang disebabkan oleh jamur *Peronosclerospora* spp, yaitu: *P. maydis*, *P. sorghi*, dan *P. philippinensis*. Tanaman jagung yang terserang *Perenosclreospora* sp. dapat mengalami penurunan produksi sebesar 80-100%. Salah satu teknik pengendalian yang masih banyak diterapkan yaitu menggunakan fungisida sintetik. Penggunaan fungisida sintesis secara terus menerus dalam jangka waktu lama dapat memicu terjadinya pencemaran lingkungan dan resistensi patogen. Seperti halnya penggunaan metalaksil untuk mengendalikan penyakit bulai di Indonesia. Telah diketahui secara luas bahwa penggunaan metalaksil dalam waktu yang lama dapat menyebabkan munculnya *P. maydis* yang resisten, sehingga aplikasinya tidak efektif lagi (Burhanudin, 2009; Ginting, 2020). Untuk itu diperlukan berbagai alternatif pengendalian yang ramah lingkungan. Beberapa alternatif yang dapat digunakan yaitu penggunaan agensia hayati seperti jamur *Trichoderma* dan mikoriza. Selain itu, dapat juga digunakan, berbagai jenis tanaman yang dapat dijadikan fungisida nabati yang ramah lingkungan. Dari beberapa alternatif yang akan digunakan sebagai pengendalian belum diketahui metode manakah yang paling tepat untuk diterapkan sehingga diperlukan penelitian mengenai metode yang tepat yang dapat meningkatkan keefektifan dari suatu cara pengendalian yang juga ramah lingkungan.

Berdasarkan uraian di atas, permasalahan dapat dirumuskan dalam beberapa pertanyaan berikut ini:

1. Apakah agensia hayati (*Trichoderma* spp. atau mikoriza) dan fungisida nabati secara tunggal dapat mengendalikan penyakit bulai pada jagung?

2. Apakah metode aplikasi agen hayati (*Trichoderma* atau mikoriza) yang dikombinasikan dengan fungisida nabati (*double*) lebih efektif dibandingkan dengan aplikasi tunggal?
3. Apakah metode aplikasi agen hayati (*Trichoderma* dan mikoriza) yang dikombinasikan dengan fungisida nabati (*triple*) lebih efektif dibandingkan dengan aplikasi tunggal dan *double*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi *Trichoderma* spp. sebagai agensia hayati berdasarkan karakter morfologi dan teknik molekuler;
2. Mengetahui efikasi agensia hayati (*T. asperellum* atau mikoriza) atau fungisida nabati untuk mengendalikan penyakit bulai pada tanaman jagung;
3. Mengetahui efikasi aplikasi *double* (*T. asperellum* atau mikoriza) dan fungisida nabati terhadap penyakit bulai; serta
4. Mengetahui efikasi aplikasi *triple* *T. asperellum*., mikoriza dan fungisida nabati terhadap penyakit bulai.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini ialah:

1. Aplikasi tunggal agen hayati (isolat *T. asperellum* atau mikoriza) atau fungisida nabati mampu mengendalikan penyakit bulai.
2. Aplikasi *double* agen hayati (*T. asperellum* atau mikoriza) yang dikombinasikan dengan fungisida nabati lebih efektif mengendalikan penyakit bulai dibandingkan dengan aplikasi tunggal.
3. Aplikasi *triple* agen hayati (*T. asperellum* dan mikoriza) yang dikombinasikan dengan fungisida nabati lebih efektif mengendalikan penyakit bulai dibandingkan dengan aplikasi ganda.

1.5 Nilai Kebaruan dan Kedalaman

Nilai kebaruan yang diperoleh dari penelitian ini adalah informasi bahwa ditemukannya berbagai alternatif pengendalian penyakit bulai (*P. maydis*). Metode pengendalian menggunakan *Trichoderma*, mikoriza dan juga berbagai jenis tanaman khususnya temu-temuan dan sirih yang ternyata mampu mengendalikan penyakit bulai yang ketiganya mampu menghasilkan senyawa anti mikroba. Aktivitas antimikroba dapat melawan jamur, bakteri dan bahkan virus.

Ruang lingkup atau kedalaman penelitian dalam pencapaian tujuan adalah sebagai berikut:

1. *T. asperellum* yang digunakan untuk pengujian pengendalian penyakit bulai pada jagung ini merupakan jamur endofit yang diisolasi dari akar jagung.
2. Ditemukan fungisida nabati yang berasal dari famili Zingiberaceae (jahe, kunyit, laos, kencur, temu putih, temu hitam) dan sirih hijau yang efektif mengendalikan bulai.
3. Ditemukannya perlakuan kombinasi (*double* atau *triple*) *T. asperellum*, mikoriza dan fungisida nabati lebih efektif untuk mengendalikan penyakit bulai jagung daripada perlakuan tunggal.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengendalian Penyakit Bulai

Pengendalian penyakit bulai pada jagung dilakukan secara terpadu diantaranya dengan menggunakan varietas tahan (hibrida) dan fungisida sintetis. Selama ini fungisida efektif yang digunakan sejak tahun 70-an adalah metalaksil. Lima puluh tahun lebih metalaksil efektif digunakan untuk mengendalikan penyakit bulai pada jagung. Namun demikian akhir-akhir ini dirasakan bahwa metalaksil di Indonesia sudah tidak efektif lagi. Telah diketahui secara luas bahwa penggunaan metalaksil dalam waktu yang lama dapat menyebabkan munculnya *P. maydis* yang resisten, sehingga aplikasinya tidak efektif lagi (Burhanudin, 2009; Ginting, 2020). Telah diketahui metalaksil masih efektif untuk menekan *P. philippinensis* di kawasan Sulawesi (Burhanudin, 2013). Menurut Pakki dan Jaenuddin (2018) metalaksil masih efektif melawan *P. maydis* bila dipadukan dengan penggunaan varietas tahan. Penurunan efektivitas tersebut mengindikasikan bahwa telah terjadi resistensi pada *P. maydis* atau adanya kehadiran spesies baru. Laporan resistensi *P. sorghi* terhadap metalaksil telah dilaporkan (Isakeit dan Juster, 2005). Ada varian dari *P. sorghi* yang berevolusi virulensinya menjadi lebih tinggi (Perumal *et al.*, 2008). Perlu diteliti apa yang menyebabkan penurunan efektivitas metalaksil terhadap *P. maydis* di Indonesia. Beberapa usaha telah dilakukan untuk menggantikan bahan aktif metalaksil dengan yang lain seperti dimetomorf, mefenoksam dan yang terakhir *Oxatiapiprolin*. Dengan terus digunakannya bahan kimia yang beracun dengan persistensi yang tinggi di dalam tanah tentu hal ini secara ekologi dapat mengganggu lingkungan tanah, disamping pada akhirnya juga akan memunculkan adanya *Peronosclerospora* yang resisten terhadap fungisida sintetis tersebut. Untuk

itu, penyakit bulai pada jagung akan selalu menjadi persoalan dan ancaman dalam budidaya jagung. Oleh karena itu, diperlukan usaha dari titik pandang yang lain dalam pengendalian bulai jagung.

2.2 Alternatif Teknik Pengendalian

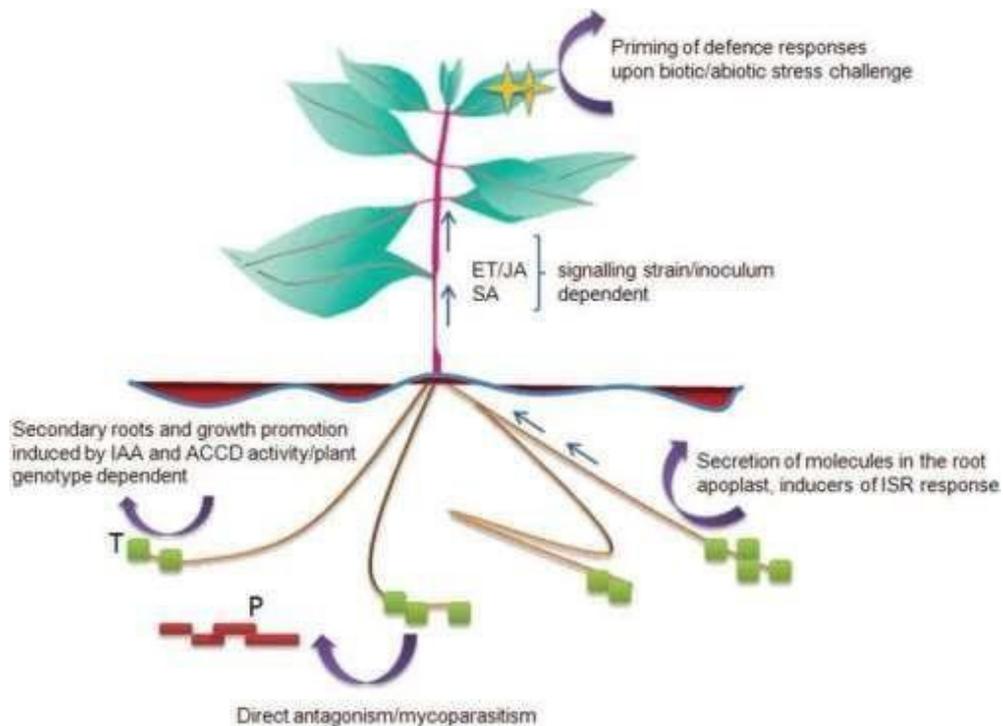
Salah satu pendekatan yang ramah lingkungan dan tidak menyebabkan resistensi patogen adalah dengan pendekatan terpadu dengan bahan-bahan yang telah tersedia di alam. Telah diketahui, bahwa *Trichoderma* spp. memiliki banyak peran bagi tanaman diantaranya sebagai pengimbas ketahanan tanaman (*inducer*), biofungisida, dan *plant growth promoting fungi* (PGPF). Jamur ini mudah diperoleh di berbagai habitat. Jamur mikoriza juga telah dilaporkan positif bagi tanaman, baik sebagai PGPF maupun inducer. Selain *Trichoderma* spp. dan mikoriza di alam juga banyak tanaman dari famili *Zingiberaceae* dan tanaman lain yang dapat memproduksi metabolit sekunder yang memiliki sifat anti jamur. *Trichoderma* spp. dan mikoriza sebagai *inducer* dan PGPF serta ekstrak tanaman dari famili *Zingiberaceae*, terutama kunyit (Mogadamtousi, 2014) dan sirih hijau (Ali *et al.*, 2010) memiliki prospek yang menjanjikan untuk pengelolaan ramah lingkungan penyakit bulai pada jagung.

2.3 *Trichoderma* spp.

Telah diketahui bahwa *Trichoderma* spp. berperan dalam banyak fungsi pada tanaman (Gambar 1). *Trichoderma* spp. merupakan antagonis melawan banyak jamur patogen, berperan sebagai agen biokontrol. Mekanisme biokontrol *Trichoderma* terdiri dari mikoparasitisme, sebagai penghasil toksin, dan sebagai kompetitor ruang dan sumber daya. *Trichoderma* spp. berperan juga dalam, pertumbuhan tanaman, sebagai *plant growth promoting fungi*. *Trichoderma* dikenal juga sebagai *inducer* sistem ketahanan tanaman. Beberapa peneliti menunjukkan bahwa penggunaan isolat *Trichoderma* tertentu secara sistemik menginduksi sistem ketahanan tanaman. Djonovic *et al.* (2007) melaporkan mengenai identitas, cara pemurnian, dan karakter suatu senyawa elisitor yang disekresikan oleh *T. Virens*

suatu protein berukuran kecil Sm1 (*small protein 1*), yang dapat mengimbangi ketahanan tanaman jagung. Fungi seperti *Trichoderma* spp. dapat menstimulasi pertumbuhan tanaman dengan cara menekan penyakit tanaman (Van Wees *et al.*, 2008).

Trichoderma spp. dapat membentuk asosiasi endofit dan dapat berinteraksi dengan mikroba lain di daerah perakaran, sehingga dapat melindungi terhadap penyakit, meningkatkan pertumbuhan, dan akhirnya meningkatkan hasil. Prasetyo (2009) menunjukkan bahwa aplikasi *Trichoderma* sp. isolat 14 dapat menurunkan insiden penyakit bulai jagung kultivar Pacific 105. Mekanisme fenomena ini dapat terjadi melalui mekanisme ketahanan sistemik terimbangi atau peningkatan pertumbuhan yang dilakukan oleh isolat *Trichoderma*. Lamdant *et al.* (2015) lebih jauh mengungkapkan bahwa protein tersebut merupakan suatu senyawa protein kaya akan sistein berukuran kecil yang berperan dalam pengimbangi ketahanan tanaman. Siddaiah *et al.* (2017) melaporkan bahwa *T. hamatum* dapat meningkatkan ketahanan tanaman *pear millet* terhadap penyakit bulai. Jaringan tanaman yang diperlakukan dengan *T. hamatum* memiliki kandungan lignin dan kalosa yang lebih tinggi. Pada jaringan tersebut aktivitas enzim *glucanase*, *peroxidase*, *phenylalanine ammonia-lyase*, and *polyphenol oxidase* yang juga lebih tinggi.



Gambar 1. Peran *Trichoderma* pada tanaman menurut Hermosa *et al.*, (2012) T= *Trichoderma*, P= Patogen, ET= *Ethylene*, JA= *Jasmonic acid*, SA= *Salycilic Acid*.

Telah diketahui bahwa *T. harzianum* dapat menginduksi ketahanan sistemik terimbas pada jagung melawan bercak daun *curvularia*. Saravanakumar *et al.*, (2016) menyatakan bahwa selulase *T. harzianum* berinteraksi dengan akar tanaman jagung menginduksi ketahanan tanaman terhadap bercak daun. Telah diketahui bahwa efektor dapat berperan dalam menginduksi tanaman. Protein Sm1 dari *T. virens* dapat menginduksi ketahanan pada tanaman kapas dan jagung melawan *Colletotrichum* spp. Perlindungan ini berkorelasi dengan ekspresi gen yang berhubungan dengan respon ketahanan yang berkaitan dengan asam jasmonat (AJ) atau gen yang mengkode aktivitas peroksidase atau α - dioksigenase. Senyawa nonprotein beberapa *Trichoderma* juga dapat berperan dalam induksi ketahanan tanaman. Harzianolid, metabolit sekunder dari *T. harzianum*, meningkatkan ekspresi gen penanda yang berhubungan dengan jalur ketahanan yang dimediasi baik oleh AJ/ET maupun asam salisilat (AS). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa protein efektor dan beberapa senyawa metabolit sekunder *Trichoderma* dapat menginduksi ketahanan tanaman melalui pengaktifan produksi AS dan AJ (Guzman *et al.*, 2019).

Asam salisilat (AS) merupakan senyawa fenol kecil yang terlibat dalam banyak proses fisiologi. Senyawa ini berfungsi sebagai molekul signal dalam ketahanan tanaman, yang memediasi ketahanan tanaman terhadap jamur biotrof. Dalam tubuh tanaman ada dua jalur biosintesis AS, yaitu jalur *isochorismat* (IC) dan jalur *fenilpropanoid* (PAL). Kedua jalur metabolisme diawali dengan korismat sebagai prekursor. Korismat merupakan produk akhir dalam jalur sikimat (Seyfferth dan Tsuda, 2014). Menurut Gusman-Gusman *et al.*, (2019), *T. atroviride* dapat mensintesis AS melalui kedua jalur tersebut.

Telah diketahui bahwa beberapa spesies *Trichoderma* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (PGPF). Peningkatan pertumbuhan ini dapat disebabkan karena terjadinya peningkatan kelarutan nutrien dan perbaikan penyerapan dalam sistem perakaran. Hal tersebut bisa terjadi karena *Trichoderma* dapat memproduksi siderofor dan beberapa asam organik. Akhir-akhir ini diketahui bahwa beberapa spesies *Trichoderma* dan jamur lain ternyata dapat memproduksi auksin dan senyawa sejenisnya. Auksin merupakan kelompok senyawa *indole* yang dalam tubuh tanaman mengatur pembelahan dan perpanjangan sel dan inisiasi perakaran. *T. virens* dapat memproduksi senyawa yang berhubungan dengan auksin *indole-3-acetic acid* (IAA) dan *indole-3-acetaldehyde* (IAAld), senyawa ini yang diduga berperan pada konstruksi perakaran.

2.4. Mikoriza

Mikoriza merupakan asosiasi antara jamur dengan akar tanaman. Asosiasi ini bersifat mutualistis. Jamur memperoleh karbohidrat dari tanaman, sedangkan tanaman dapat menyerap fosfat, senyawa mikro dan ketahanannya terhadap penyakit meningkat karena berasosiasi dengan jamur mikoriza. Asosiasi itu terjadi melalui struktur yang disebut sebagai arbuskul. Selain masalah membantu penyerapan nutrisi, terutama fosfat (PGPF), ternyata hubungan mikoriza ini menyebabkan tanaman resisten terhadap penyakit. Banyak laporan menyatakan bahwa inokulasi tanaman dengan mikoriza dapat menekan penyakit. Goicoechea (2020) menyatakan bahwa mikoriza arbuskuler dapat menekan penyakit, terutama

penyakit terbawa tanah. Song *et al.* (2015) melaporkan bahwa tanaman tomat yang diinokulasi dengan AMF *Funneliformis mosseae* meningkatkan ketahanannya terhadap hawar daun awal (*Alternaria solani* Sorauer). Aplikasi AMF tersebut ternyata dapat meningkatkan aktivitas enzim yang berperan dalam ketahanan tanaman. Status nutrisi yang lebih baik tanaman yang diinokulasi dengan AMF dapat menyebabkan tanaman menjadi lebih sehat (Begum *et al.*, 2019). Peningkatan ketahanan oleh jamur mikoriza berkisar 20-85% (Walter *et al.*, 2013), karena itu dalam aplikasinya perlu dipadukan dengan cara yang lain.

2.5 Pestisida Nabati

Banyak senyawa yang berasal dari tumbuhan yang dapat digunakan untuk mengendalikan penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur. Tanaman temu-temuan telah diketahui banyak anggotanya yang dapat menghasilkan senyawa anti mikroba, seperti kunyit. Kunyit banyak memproduksi senyawa *polifenol kurkumin* yang bersifat anti mikroba. Aktivitas antimikroba kurkumin dapat melawan jamur, bakteri dan bahkan virus (Moghadamtousi *et al.*, 2014). Curcumin bersifat ramah lingkungan. Menurut Chen *et al.* (2018) ekstrak kunyit terbukti dapat menekan beberapa jamur patogen tumbuhan; efek anti fungsinya termasuk kerusakan membran sel (Lee and Lee, 2014) dan penghambatan sintesis ergosterol, respirasi, succinate dehydrogenase (SDH) dan NADH oxidase. Tanaman sirih juga dikenal sebagai bahan nabati yang dapat digunakan sebagai senyawa antifungi. Menurut Elfina dkk. (2015), ekstrak sirih dalam air dapat menekan antraknosa secara efektif pada cabai. Sirih banyak mengandung senyawa antifungi seperti *fitol, khromanol, hidroksikhavikol, eugenol, karvakrol, khavikol, khavibetol, dan alilpirokatekhol* (Nayaka *et al.*, 2021; Pawar *et al.*, 2017). Hidroksikavikol pada sirih digunakan untuk mengendalikan *Aspergillus* dan *candida* (Ali *et al.*, 2010). Hidroksikavikol menyebabkan kerusakan membran sel jamur (Ali *et al.*, 2016).

III. IDENTIFIKASI *Trichoderma* spp. YANG BERPOTENSI SEBAGAI AGENSIA HAYATI PENYAKIT BULAI

3.1 Pendahuluan

Penyakit bulai merupakan penyakit utama pada tanaman jagung yang disebabkan oleh patogen *Peronosclerospora* spp. Kerugian akibat serangan patogen ini dapat menyebabkan penurunan produksi jagung di Indonesia mencapai 50-100% pada tanaman jagung yang rentan (Rashid *et al.*, 2013). Upaya pengendalian terhadap penyakit bulai bertumpu pada penggunaan fungisida sintetik. McGrath (2004) melaporkan bahwa penggunaan fungisida sintetik memegang peranan penting dalam pengendalian penyakit tanaman. Salah satu diantaranya yang banyak dilakukan karena dianggap efektif menekan bulai selamaini adalah penggunaan fungisida berbahan aktif metalaksil (Wakman *et al.*, 2007). Burhanuddin, (2013) melaporkan bahwa metalaksil terbukti efektif menekan penyakit bulai yang disebabkan *P. philippinensis* namun di lain pihak dilaporkan tidak lagi efektif menekan penyakit bulai yang disebabkan *P. maydis* walaupun diberikan dosis tiga kali lipat lebih tinggi dari dosis anjuran (Burhanuddin, 2011). Selain itu, penurunan keefektifan fungisida metalaksil dalam pengendalian penyakit bulai yang disebabkan oleh beberapa species *Peronosclerospora* juga dilaporkan banyak terjadi di Indonesia (Talanca *et al.*, 2011; Widiyanti *et al.*, 2015; Anugrah dan Widiyanti, 2018). Penggunaan fungisida sintetik secara terus menerus dalam jangka waktu lama dapat memicu terjadinya pencemaran lingkungan dan resistensi patogen (Burhanuddin, 2013). Strain patogen yang resisten akan terus meningkat apabila tidak dilakukan pengendalian dengan fungisida yang mempunyai cara kerja yang berbeda (Deising *et al.*, 2008). Sehingga perlu dicari alternatif pengendalian yang berbeda dan ramah lingkungan, salah satunya menggunakan

agensia hayati *Trichoderma* spp. merupakan salah satu agensia pengendali hayati yang telah dilaporkan mampu mengendalikan berbagai jenis patogen tanaman.

Jamur *Trichoderma* juga dilaporkan mampu menekan perkembangan penyakit bulai (Alfizar *et al.*, 2013). Namun begitu, tidak setiap jamur *Trichoderma* mempunyai kemampuan antagonis yang baik untuk mengendalikan berbagai patogen tanaman, termasuk *Peronosclerospora* sp., penyebab penyakit bulai pada tanaman jagung. Oleh karena itu diperlukan eksplorasi dan skrining jamur *Trichoderma* yang mempunyai kemampuan antagonis yang baik. Agar penelitian terhadap jamur *Trichoderma* dapat dilakukan secara komprehensif, maka sebelum dilakukan pengujian lebih jauh, perlu dilakukan identifikasi terhadap jamur *Trichoderma* yang ditemukan.

3.2 Metode Penelitian

Pengambilan sampel untuk isolasi *Trichoderma* spp. dilakukan di beberapa lokasi yang ada di Provinsi Lampung. Dari beberapa lokasi tersebut diambil beberapa potong sampel akar jagung dari tanaman yang sehat beserta tanahnya sekitar 1 kg. Setelah itu beberapa potong akar jagung beserta tanah tersebut dimasukkan ke dalam plastik lalu dibawa ke Laboratorium Penyakit Tumbuhan Unila.

Isolasi dan pemurnian *Trichoderma* spp. dilakukan dengan cara sebagai berikut. Mula-mula sampel akar jagung dicuci dan dipotong kecil-kecil ukuran 3 cm lalu direndam dengan aquades selama 30 detik kemudian dipindahkan dalam air klorok selama 2 menit. Perendaman menggunakan air klorok tersebut bertujuan agar sampel akar jagung tersebut bebas dari berbagai jenis mikroba. Selanjutnya sampel akar tanaman jagung tersebut direndam kembali dengan aquades selama 30 detik lalu ditiriskan dengan menggunakan tisu kemudian diletakkan pada media PSA (*potato sucrose agar*) yang telah disiapkan. Setiap satu cawan media PSA diberi tiga potong sampel akar jagung kemudian diinkubasi selama 7 hari hingga diperoleh isolat *Trichoderma* spp. Ciri *Trichoderma* spp. sudah tumbuh yaitu pada media PSA tersebut terdapat koloni jamur berwarna hijau hingga hijau gelap. Setelah diperoleh

isolat *Trichoderma* spp., tahapan selanjutnya yaitu dilakukan pemurnian pada media PSA yang baru. Pemurnian tersebut bertujuan untuk mendapatkan biakan murni *Trichoderma* spp. biakan murni ini selanjutnya diperbanyak untuk dilakukan identifikasi.

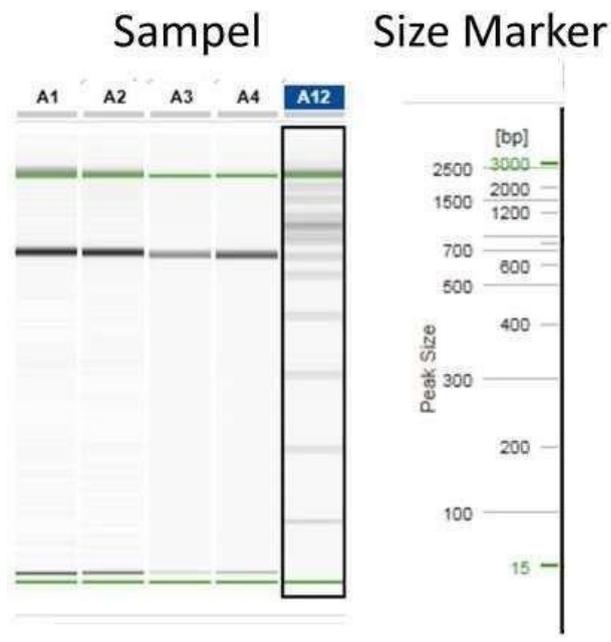
Identifikasi *Trichoderma* spp. dilakukan secara morfologi dan molekuler. Identifikasi morfologi isolat yang diperoleh dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan jamur secara makroskopis meliputi pengamatan terhadap warna dan bentuk koloni. Kemudian pengamatan secara mikroskopis yang meliputi pengamatan terhadap hifa atau miselium, fialid, spora yang dilakukan dengan menggunakan mikroskop. Penetapan identitas masing- masing isolat didasarkan pada kecocokan keragaan mikroskopis dan koloni isolat dengan buku identifikasi (Harman dan Kubicek, 2002).

Identifikasi molekuler isolat *Trichoderma* spp. dilakukan berdasarkan sekuen ITS1-5.8S-ITS2 rDNA dan menggunakan pasangan primer universal ITS1 (forward) (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') dan ITS4 (reverse) (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') menurut White *et al.* (1990). Genom DNA jamur *Trichoderma* spp. diekstraksi dengan *QiAmp DNA mini kit* dari Jerman dengan prosedur berikut: sampel *Trichoderma* yang sudah diinkubasikan di media cair selama 7 hari diambil sebanyak 1 mL dan dimasukkan dalam tabung mikro 2 mL lalu disentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit pada suhu 25°C. Hasil supernatan dalam tabung mikro dibuang, disisakan peletnya; ditambah *RNAse-free water* sebanyak 200 µl, divorteks selama 15 detik. Setelah itu ditambahkan Proteinase K sebanyak 10 µl, divorteks selama 15 detik. Ditambahkan 400 µl *Buffer AL*, divorteks selama 15 detik kemudian di spin. Kemudian Tabung mikro diinkubasi pada suhu 56°C selama 10 menit tiap 3 menit dibolak-balik lalu ditambahkan 400 µl alkohol 99%, divorteks 15 detik, diputar. Selanjutnya, isi tabung mikro dipindah ke tabung *QIAamp Mini spin column* dengan hati – hati, disentrifugasi pada kecepatan 6000 x g selama 2 menit pada suhu 25°C, dengan cara yang sama tabung disentrifugasi lagi pada kecepatan 6000x g selama 3 menit pada suhu 25°C dengan posisi dibalik, supernatan yang terdapat di bagian bawah

(*collection tube*) dibuang, ditambah *Buffer AW1* sebanyak 750 μ l, disentrifugasi pada kecepatan 6000 x g suhu 25 °C selama 2 menit, supernatannya dibuang kembali. Kemudian *collection tube* diganti dengan yang baru, dalam *collection tube* ditambahkan *Buffer AW2* sebanyak 750 μ l, disentrifugasi pada kecepatan 6000x g suhu 25 °C selama 2 menit, disentrifugasi kembali pada kecepatan 6000 xg suhu 25 °C selama 3 menit tanpa penambahan apapun.

QIAamp Mini spin column dipindahkan ke tabung mikro 2 mL yang sudah di labeli. Dalam tabung tersebut ditambahkan *Buffer AE* sebanyak 40 μ l, diinkubasikan pada suhu ruang selama 10 menit. Langkah terakhir yaitu disentrifugasi pada kecepatan 6000 x g suhu 25°C selama 3 menit lalu larutan yang berisi ekstrak DNA disimpan pada suhu -20°C. Kemurnian konsentrasi DNA hasil ekstraksi diuji dengan nanofotometer. DNA dengan kemurnian yang tinggi diamplifikasi dengan PCR. Mesin yang digunakan adalah *Thermocycler Sensodirect* dari Sensoquest, Jerman.

PCR Mix dibuat dalam tabung PCR steril 0,2 mL dengan bahan RNase free water (14 μ l), master mix 2x (20 μ l), primer ITS1 10pM (0,5 μ l), primer ITS4 10pM (0,5 μ l) dan template DNA \geq 50 ng (5 μ l). Dalam tabung PCR yang sudah berisi PCR mix ditambahkan 5 μ l DNA template (\geq 50 ng/reaksi). Bahan-bahan tersebut dimasukkan ke dalam alat PCR Sensoquest Sensodirect yang telah dilakukan setting denaturasi awal PCR pada suhu 95°C selama 5 menit 3 siklus; denaturasi pada suhu 95°C selama 30 detik, anealing pada suhu 52°C selama 1 menit, ekstensi pada suhu 72°C selama 1 menit sebanyak 35 siklus; ekstensi final pada suhu 72°C selama 5 menit dan pendinginan suhu 4°C selama 10 menit. Semua sampel hasil PCR di elektroforesis menggunakan QIAXCEL ADVANCED dengan DNA HIGH RESOLUTION KIT. Elektroforesis tidak menggunakan agarose melainkan menggunakan KIT yang berisi agaros yang sudah dikemas sehingga pita hasil elektroforesis dianalisis langsung secara digital (Gambar 2).



Gambar 2. Hasil elektroforesis *Trichoderma* isolat T1 dan T2 A1=T1, ukuran amplicon kisaran 700 pb, A2=T2, ukuran amplicon kisaran 700 pb, A3=TGG, ukuran amplicon kisaran 700 pb A4=Pol, ukuran amplicon kisaran 700 pb A5=Kontrol negatif tanpa DNA template A2=DNA Si.

Pemurnian dan peruntukan hasil PCR dilakukan oleh PT. Korean Bioner dan 1stBase Malaysia menggunakan primer yang sama. Untuk menentukan species atau genus, sekuens nukleotida sampel dianalisis menggunakan BioEdit *Sequence Alignment Editor* versi 7.0.9.1. Urutan segmen ITS disejajarkan menggunakan program *Clustal Multiple Aligment* (Thompson *et al.*, 1994), dan dibandingkan dengan data DNA *Mycobank* (<http://www.mycobank.org>) dan dan data BLAST (<http://www.blast.ncbi.nlm.nih.gov/blast>).

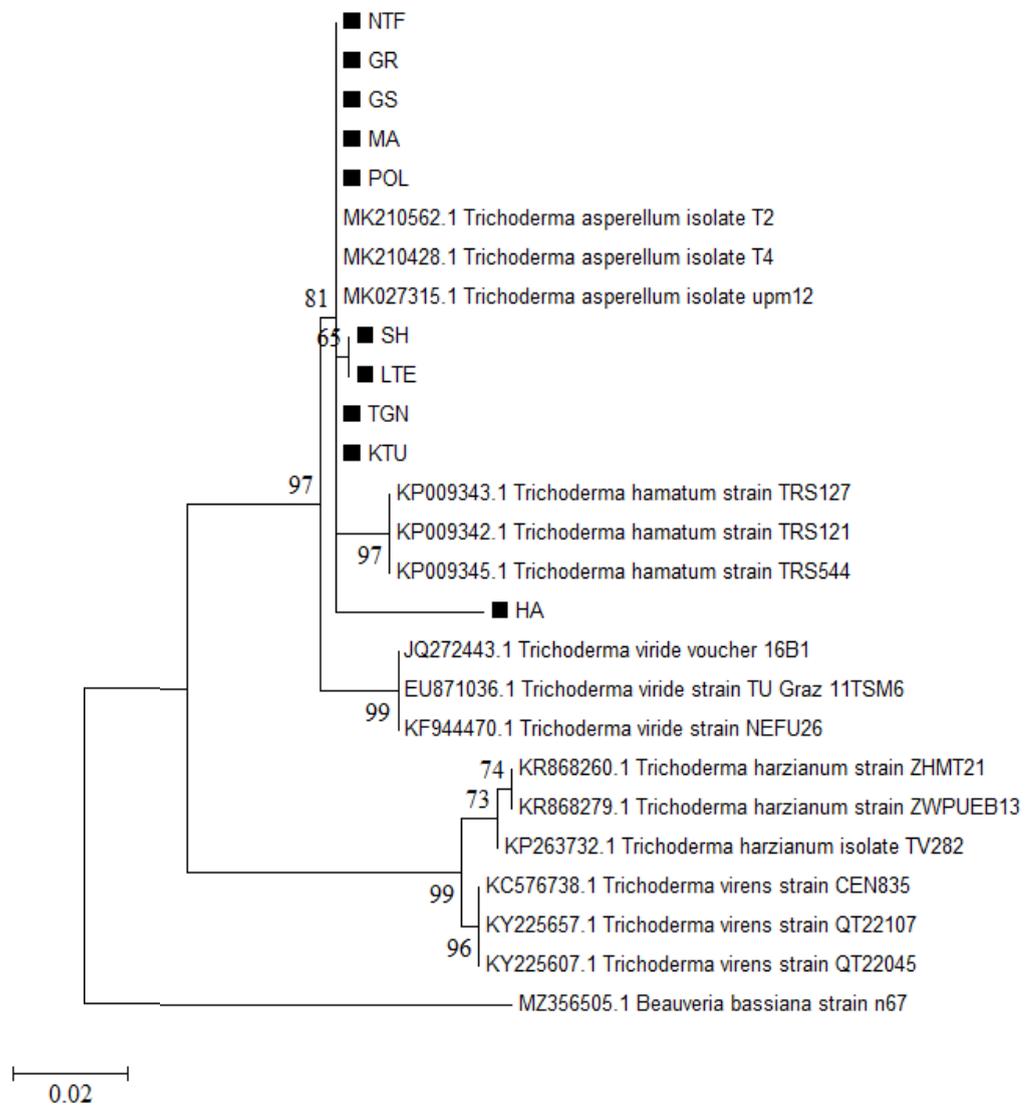
3.3 Hasil dan Pembahasan

Hasil identifikasi masing-masing isolat *Trichoderma* dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 4. Sebanyak 11 isolat digunakan dalam penelitian ini. Dari 11 isolat yang dilakukan identifikasi molekuler, 10 isolat *Trichoderma* dengan kode NTF, GR, GS, GT, MA, POL, KTU, SH, TGN dan LT masuk ke dalam kelompok jamur *T. asperellum*, sedangkan 1 isolat (HA) tidak masuk ke dalam spesies *Trichoderma* yang telah diketahui dan diduga sebagai spesies baru dari *Trichoderma* (Gambar 3).

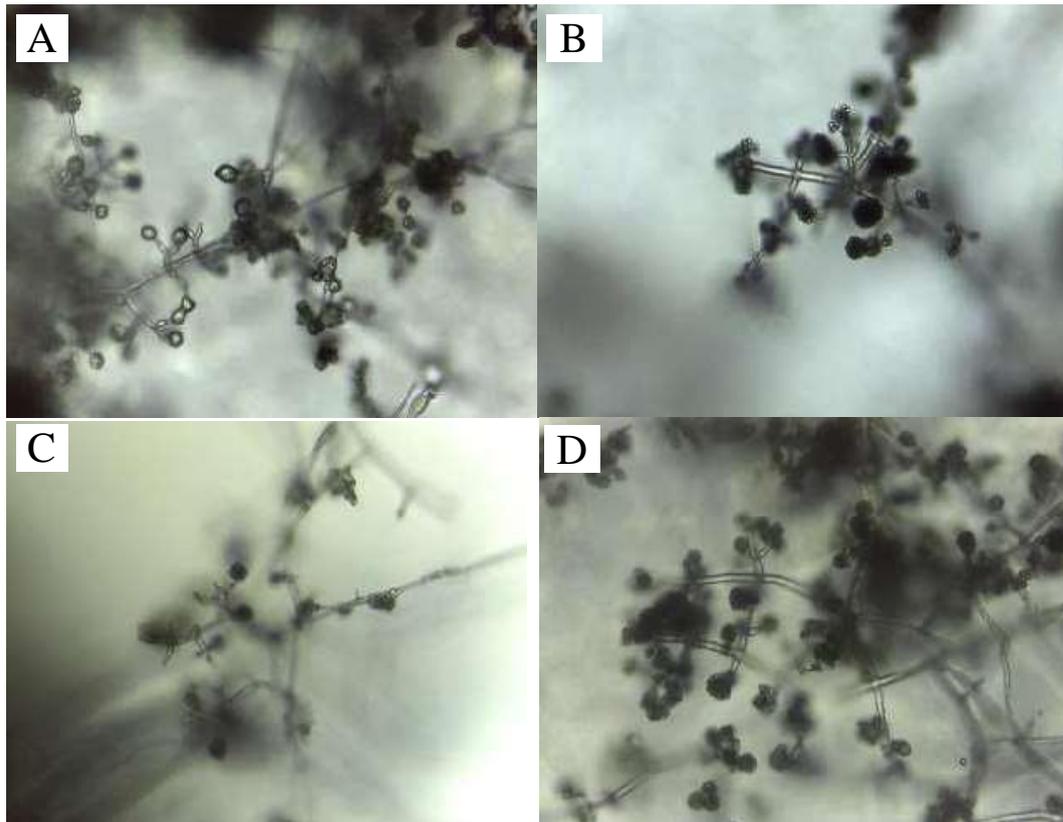
Tabel 1. Identitas isolat *Trichoderma* yang ditemukan

No	Nama Isolat	No Assesi <i>Gene Bank</i>	Asal Isolat	Identitas
1	NTF	LC644658	PT NTF Lampung Timur	
2	GR	LC644659	Gading Rejo	
3	GS	LC650153	Gunung Sugih	
4	GT	LC650154	Gedong Tataan	
5	MA	LC650156	Margodadi	
6	POL	LC650157	Polinela	<i>T. asperellum</i>
7	KTU	OP159057	Klinik Tanaman Unila	
8	SH	OP159055	Sukoharjo	
9	TGN	OP159056	Tegineneng	
10	LT	OP159058	Lampung Tengah	
11	HA	LC650155	Hajimena	Diduga spesies baru

Miselium mula-mula warna dari putih kemudian menjadi hijau muda. Sisi sebaliknya dari cawan petri menunjukkan zona seperti cincin yang tidak berwarna. Koloni tumbuh dengan cepat diameter 7 sampai 8 cm dalam 5 hari, permukaan halus, miselium berkembang dengan hifa udara putih. Konidiofor bercabang banyak dan membentuk jumbai lepas. Phialides berbentuk *skittle* pendek, menonjol di tengah, dan menyempit di dasar, muncul sendiri-sendiri. Ukuran phialide dalam kisaran $7,2-11,2 \times 2,5-3,1 \mu\text{m}$. *Phialospora* agak bulat atau seperti telur, berdinding sangat halus, ukuran mulai dari $2,8-3,2 \times 2,5-2,9 \mu\text{m}$ (Gambar 4).



Gambar 3. Dendrogram hasil analisis genus *Trichoderma* berdasarkan analisis *Internal Transcribed Spacer region* (ITS) menggunakan metode *maximum likelihood* (1000x bootstrap). Sebagai *out group* digunakan *Beauveria bassiana* strain n67 (Acc. No.MZ356505.1). NTF=isolat



Gambar 4. Hasil Identifikasi secara morfologi (Perbesaran 400X), A. Isolat KTU, B. Isolat SH, C. Isolat TGN, D. Isolat LT

3.4 Kesimpulan

Sebanyak 10 isolat *Trichoderma* dengan kode NTF, GR, GS, GT, MA, POL, KTU, SH, TGN dan LT masuk ke dalam kelompok jamur *T. asperellum*, sedangkan 1 isolat (HA) tidak masuk ke dalam spesies *Trichoderma* yang telah diketahui dan diduga sebagai spesies baru dari *Trichoderma*.

IV. POTENSI BEBERAPA ISOLAT *Trichoderma* spp. UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT BULAI JAGUNG

4.1 Pendahuluan

Jagung (*Zea mays*) merupakan salah satu tanaman penghasil komoditas pangan yang mempunyai banyak manfaat. Salah satu manfaat utama jagung yaitu sebagai penghasil karbohidrat. Jagung juga mempunyai arti penting dalam perkembangan industri di Indonesia karena merupakan bahan baku untuk industri pangan maupun industri pakan ternak. Dengan semakin berkembangnya industri pengolahan jagung di Indonesia maka kebutuhan jagung semakin meningkat.

Secara umum produksi jagung di Indonesia masih rendah, salah satu penyebabnya adalah produktivitas yang masih rendah. Secara khusus di Provinsi Lampung produksi jagung (pipilan kering) mengalami penurunan. Menurut Badan Pusat Statistik (2016), pada tahun 2010 produksi jagung mencapai 2.126.571 ton, pada tahun 2011 turun menjadi 1.817.906 ton dan 2012 produksi jagung mengalami penurunan menjadi 1.760.275 ton, tahun 2013 produksi jagung pipilan kering mencapai 1.760.278 ton. Pada tahun 2014 dan 2015 produksi jagung pipilan kering mengalami penurunan dengan produksi berturut-turut menjadi 1.719.386 ton dan 1.502.800 ton. Pada tahun 2015 produktivitas jagung di Lampung hanya 52,2 Ku/Ha. Menurunnya produksi jagung diduga salah satunya disebabkan oleh penyakit tumbuhan. Menurut Balai Besar Peramalan Organisme Pengganggu Tumbuhan (BBPOPT) (2017), penyakit yang sangat berbahaya pada tanaman jagung yaitu penyakit bulai.

Menurut Semangun (2004), penyakit bulai ini dapat menurunkan produksi jagung hingga 90%. Fungisida kimia khususnya metalaksil telah lama digunakan untuk pengendalian penyakit bulai. Penggunaan metalaksil secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, salah satunya yaitu dapat memicu terjadinya resistensi pada *Peronosclerospora* sp. (Burhanudin, 2009). Dengan demikian perlu dilakukan penelitian untuk mencari cara lain dalam mengendalikan penyakit bulai jagung. Salah satu cara yang dapat digunakan yaitu pengendalian hayati dengan *Trichoderma* sp. Keuntungan dari pengendalian menggunakan *Trichoderma* sp. Yaitu tidak akan mencemari lingkungan, mudah diaplikasikan, relatif aman bagi manusia maupun hewan ternak, dan belum ada laporan terjadinya resistensi. Menurut Taribuka et al. (2016), *Trichoderma* sp. Dapat menekan berbagai patogen dan memicu pertumbuhan tanaman serta merangsang respon ketahanan tanaman terhadap penyakit. Mekanisme *Trichoderma* sp. Dalam merangsang ketahanan tanaman terhadap penyakit yaitu dengan cara memicu tanaman untuk menghasilkan senyawa- senyawa yang dapat menghambat perkembangan patogen seperti flavonoid, resin, dan peroksidase, serta memicu perubahan morfologi seperti penebalan lignin dan penebalan dinding sel (Gunaeni et al., 2015; Percival, 2001 dalam Santana, 2017). Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, penelitian perlu dilakukan untuk mendapatkan berbagai jenis isolat *Trichoderma* spp. yang mampu mengendalikan penyakit bulai (*Peronosclerospora* sp.)

4.2 Metode Penelitian

Percobaan *in planta* disusun dalam rancangan acak kelompok (RAK) dengan empat ulangan dan tujuh perlakuan. Perlakuan terdiri dari tanpa isolat *Trichoderma* sp. T0), *Trichoderma* sp. Isolat Sukoharjo (SH), *T. asperellum* isolat Gedungtataan (GT), *T. asperellum* isolat Hajimena (HA), *T. asperellum*. Isolat Margodadi (MA), *Trichoderma* sp. Isolat Tegineneng (TG), dan *Trichoderma* sp. Isolat Gunung Sugih (GS). Jumlah satuan percobaan sebanyak 28 dan setiap satuan percobaan terdiri dari enam tanaman, sehingga total keseluruhan 168 tanaman. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan sidik ragam, homogenitas ragam diuji dengan uji

Barlett. Aditivitas data diuji menggunakan uji *Tukey*. Perbedaan nilai tengah antar perlakuan diuji lanjut dengan menggunakan uji BNT taraf nyata 5%. Kefektifan perlakuan dilihat dengan pengamatan masa inkubasi, keterjadian penyakit, keparahan penyakit, dan bobot kering tajuk.

Perhitungan keterjadian penyakit pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Ginting, 2013):

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

Keterangan :

KP : keterjadian penyakit (%)

n : jumlah tanaman bergejala

N : jumlah tanaman yang diamati

Keparahan penyakit dihitung dengan menggunakan skor atau skala penyakit yang terdiri dari 5 kategori seperti Tabel 2. (Hadiwiyono, 1999 dalam Yudha *et al.*, 2016).

Tabel 2. Skala kategori gejala penyakit

Skor	Keterangan
0	Tidak terdapat gejala
1	Gejala terjadi pada 1 – 20 % bagian daun
2	Gejala terjadi pada 21 – 40 % bagian daun
3	Gejala terjadi pada 41 – 60 % bagian daun
4	Gejala terjadi pada 61 – 80 % bagian daun
5	Gejala terjadi pada > 80 % bagian daun

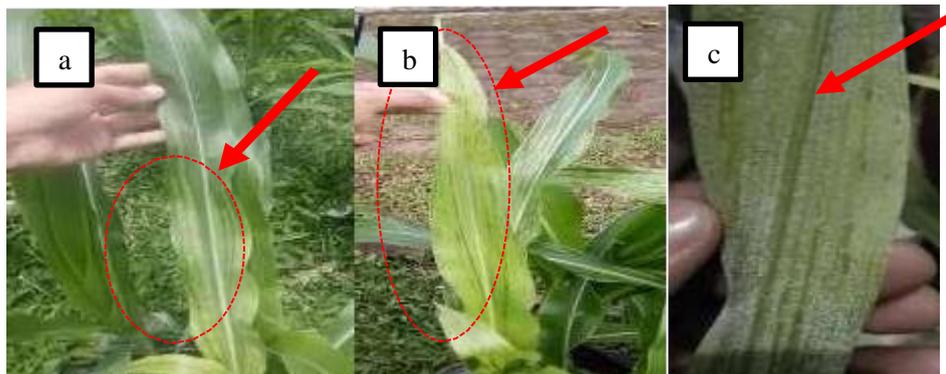
Setelah mengetahui skor semua sampel, keparahan penyakit dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

- KP : keparahan penyakit
 N : jumlah daun dengan skor tertentu
 n : jumlah daun yang diamati
 V : nilai numerik pada masing-masing kategori
 v : skor tertinggi

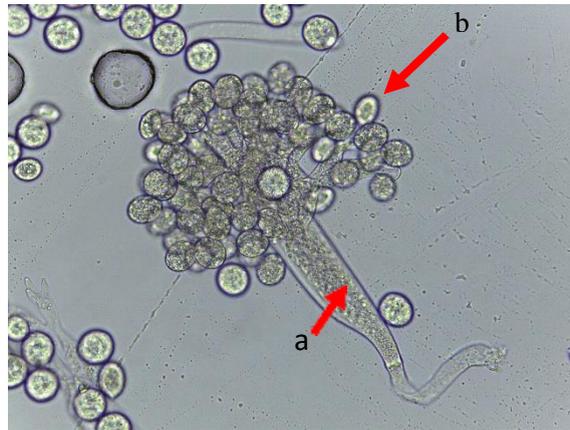
4.3 Hasil dan Pembahasan

Gejala penyakit bulai pada tanaman jagung pertama kali muncul pada 12 hari setelah inokulasi dengan gejala awal terdapat garis yang memanjang sejajar tulang daun dan berwarna kuning (Gambar 5a). Selanjutnya gejala klorosis berkembang ke seluruh permukaan daun (Gambar 5b). Tanaman jagung yang terserang *Peronosclerospora* sp. Mempunyai tanda khas yang dapat dilihat dengan jelas pada permukaan daun bagian bawah. Pada bagian bawah daun tersebut terdapat lapisan beludru berwarna putih yang merupakan konidia dari *Peronosclerospora* sp. (Gambar 5c). Lapisan beludru berwarna putih seperti tepung tersebut dapat dilihat dengan jelas pada dini hari saat udara dalam keadaan lembab.



Gambar 5. Gejala dan tanda penyakit bulai jagung (*Peronosclerospora* sp.)
 (a) gejala klorosis awal (b) gejala klorosis di seluruh permukaan daun (c) miselia dan konidia *Peronosclerospora* sp.

Dari hasil isolasi konidia yang berasal dari permukaan daun dan selanjutnya diamati di bawah mikroskop, maka diperoleh struktur jamur seperti yang disajikan pada Gambar 6. Struktur tersebut menunjukkan bahwa jamur tersebut adalah *Peronosclerospora* sp.



Gambar 6. Jamur *Peronosclerospora* sp. Secara mikroskopis (a) Konidiofor, dan b. Konidia *Peronosclerospora* sp. (perbesaran 400x).

Masa Inkubasi Penyakit Bulai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi *Trichoderma* sp. Yang berbeda mempunyai pengaruh yang berbeda-beda terhadap masa inkubasi penyakit bulai (Tabel 3).

Tabel 3. Masa inkubasi penyakit bulai pada perlakuan isolat *Trichoderma* spp.

Perlakuan	Masa inkubasi penyakit bulai (hari)
T0	25,5 (5,10) c
T1	22,75 (5,76) ab
T2	31,25 (5,61) ab
T3	34,25 (5,89) a
T4	34,25 (5,89) a
T5	32,75 (5,76) ab
T6	28,75 (5,40) bc
BNT 5%	0,48

Keterangan : Huruf yang sama di belakang angka menunjukkan tidak berbedan yata pada uji BNT 5% (α 0,05), Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tanaman jagung yang diaplikasikan isolat *T. asperellum*. mempunyai masa inkubasi penyakit bulai yang lebih lama kecuali *T. asperellum*. isolat Gunung Sugih dibandingkan dengan tanpa aplikasi *Trichoderma* sp.. Perlakuan yang dapat memperpanjang masa inkubasi paling baik adalah perlakuan dengan aplikasi *T. asperellum* isolat Hajimena dan *T. asperellum* isolat Margodadi.

Keterjadian Penyakit Bulai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi isolat *Trichoderma* spp. cenderung menghambat keterjadian penyakit bulai (Tabel 4).

Tabel 4. Keterjadian penyakit bulai pada beberapa perlakuan *Trichoderma* spp.

Perlakuan	Keterjadian penyakit bulai (%)	
	28 hsi	35 hsi
Tanpa isolat <i>Trichoderma</i> sp. (T0)	54.17 (2,79) a	54.17 (2,79) a
<i>Trichoderma</i> sp. Isolat Sukoharjo (SH)	12,50 (1,89) abc	12,50 (1,89) abc
<i>T. asperellum</i> isolat Gedong Tataan (GT)	20.83 (1,83) abc	20.83 (1,83) abc
<i>Trichoderma</i> sp. Isolat Hajimena (HA)	4.17 (1,36) abc	4.17 (1,36) abc
<i>T. asperellum</i> isolat Margodadi (MA)	8.33 (1,63) abc	8.33 (1,63) abc
<i>Trichoderma</i> sp. Isolat Tegineneng (TG)	12.50 (1,72) abc	12.50 (1,72) abc
<i>T. asperellum</i> isolat Gunung Sugih (GS)	37.50 (2,33) ab	37.50 (2,33) ab
BNT	0,97	0,97

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5% (α 0,05). Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan *Trichoderma* spp. Sampai dengan 21 hari setelah inokulasi tidak berpengaruh nyata terhadap keterjadian penyakit bulai. Tetapi pengaruh tersebut belum tampak nyata pada pengamatan 28 hari setelah inokulasi dan 35 hari setelah inokulasi. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa semua perlakuan *Trichoderma* spp. belum dapat menekan keterjadian penyakit bulai.

Keparahan Penyakit Bulai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semuaperlakuan dengan *Trichoderma* spp. dapat menghambat keparahan penyakit bulai pada 28 dan 35 hari setelah inokulasi (Tabel 5).

Tabel 5. Keparahan penyakit bulai pada perlakuan *Trichoderma* spp.

Perlakuan	Keparahan penyakit bulai (%)	
	28 hsi	35 hsi
Tanpa isolat <i>Trichoderma</i> sp. (T0)	36.97 (2,57) a	48.31 (2,48) a
<i>T. asperellum</i> Isolat Sukoharjo (SH)	7.91 (1,74) ab	10.01 (1,81) ab
<i>T. asperellum</i> isolat Gedong Tataan (GT)	12.25 (1,67) ab	17.07 (1,77) b
<i>Trichoderma</i> sp. Isolat Hajimena (HA)	2.12 (1,29) ab	3.42 (1,34) b
<i>T. asperellum</i> isolat Margodadi (MA)	10.86 (1,58) ab	14.67 (1,66) b
<i>T. asperellum</i> . Isolat Tegineneng (TG)	7.49 (1,59) ab	10.49 (1,67) b
<i>T. asperellum</i> isolat Gunung Sugih (GS)	12.77 (1,85) ab	17.83 (1,99) ab
BNT	0,80	0,91

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5% (α 0,05). Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keparahan penyakit bulai pada tanaman jagung dengan perlakuan *Trichoderma* spp. lebih rendah dibandingkan dengan tanpa perlakuan *Trichoderma* spp. hasil analisis ragam pada umur 7; 14; 21; dan 28 hari setelah inokulasi, belum menunjukkan pengaruh perlakuan terhadap keparahan penyakit bulai. Namun, pada umur 35 hari setelah inokulasi hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan *Trichoderma* spp. dapat menekan keparahan penyakit bulai, kecuali isolat Sukoharja dan Gunung Sugih.

Bobot Kering Berangkasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perlakuan isolat *Trichoderma* spp. Yang dapat meningkatkan bobot kering berangkasan tanaman jagung (Tabel 6).

Tabel 6. Bobot kering berangkasan tanaman jagung pada perlakuan *Trichoderma*

Perlakuan	Berat kering berangkasan (g)
Tanpa isolat <i>Trichoderma</i> sp. (T0)	23,04 (4,83) b
<i>Trichoderma</i> sp. Isolat Sukoharjo (SH)	24,61 (5,00) b
<i>T. asperellum</i> isolat Gedong Tataan (GT)	23,72 (4,92) b
<i>Trichoderma</i> sp. Isolat Hajimena (HA)	31,51 (5,65) a
<i>T. asperellum</i> isolat Margodadi (MA)	25,14 (5,05) b
<i>Trichoderma</i> sp. Isolat Tegineneng (TG)	22,77 (4,82) b
<i>T. asperellum</i> isolat Gunung Sugih (GS)	24,78 (5,03) b
BNT	0,47

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5% (α 0,05). Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan *Trichoderma* spp. hanya berpengaruh nyata pada bobot kering berangkasan tajuk. Sedangkan bobot kering akar tidak berpengaruh nyata. Hasil uji lanjut terhadap bobot kering berangkasan tajuk menunjukkan bahwa perlakuan yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung yaitu perlakuan dengan aplikasi *T. asperellum* isolat Hajimena (HA).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan *Trichoderma* spp. dapat mengendalikan penyakit bulai. Hal ini dapat dilihat dari masa inkubasi yang lebih lama, keterjadian penyakit, dan keparahan penyakit yang lebih rendah dibandingkan dengan kontrol. Namun, berdasarkan bobot kering berangkasan tanaman dapat diketahui bahwa hanya perlakuan isolat Hajimena (HA) yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung.

Tanaman jagung yang diaplikasikan *Trichoderma* spp. mempunyai masa inkubasi yang lebih lama jika dibandingkan dengan tanaman kontrol (Tabel 3). Lebih lamanya masa inkubasi tersebut diduga karena terjadi peningkatan ketahanan tanaman jagung terhadap penyakit bulai. Peningkatan ketahanan tersebut didukung

berdasarkan keterjadian penyakit dan keparahan penyakit (Tabel 4 dan 5). Peningkatan ketahanan tanaman diduga disebabkan karena *Trichoderma* spp.

mampu memperkuat sistem perakaran, menguraikan bahan-bahan organik disekitar rizosfer sehingga meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman. Menurut Arman *et al.* (2013) dalam Sasmita (2015), induksi ketahanan tanaman dapat dilihat dari terhambatnya proses penetrasi patogen ke dalam jaringan tanaman sehingga tanaman lebih tahan terhadap serangan patogen. Selain itu, gejala munculnya serangan patogen menjadi lebih lama. *Trichoderma* spp. dinyatakan dapat menginduksi ketahanan tanaman melalui mekanisme peningkatan enzim-enzim. Menurut Harman (2000), salah satu reaksi ketahanan yang ditimbulkan oleh *Trichoderma* spp. adalah peningkatan enzim kitinase di dalam jaringan tanaman. Dengan meningkatnya enzim tersebut diduga tanaman akan dapat melindungi dirinya dari serangan jamur patogen. Menurut Wang *et al.* (2005) dalam Pudjihartati *et al.* (2006), Enzim kitinase dapat berfungsi sebagai protein anti cendawan. Hal ini karena enzim tersebut dapat menghidrolisis ikatan β -1,4 antar subunit *N*-asetilglukosamina (NacGlc) pada polimer kitin sehingga dapat menghambat pertumbuhan hifa cendawan.

Berdasarkan pengamatan masa inkubasi, keterjadian penyakit, dan keparahan penyakit (Tabel 3, 4, dan 5) dapat diketahui bahwa sebagian besar isolat *Trichoderma* spp. Hasil eksplorasi dapat mengendalikan penyakit bulai termasuk *T. asperellum* isolat Kecamatan Gunung Sugih (GS) (keparahan penyakit). Namun jika dibandingkan dengan isolat lainnya, *T. asperellum* isolat Hajimena lebih baik dalam mengendalikan penyakit bulai. Hal ini diduga karena *T. asperellum* isolat Hajimena mempunyai pertumbuhan yang baik jika dilihat dari pertumbuhan koloni jamur pada media PSA. Hal tersebut sejalan dengan pendapat Winarsih dan Baon (1999) dalam Widyanti (2018) yang menyatakan bahwa semakin besar daya kecambah *Trichoderma* sp., maka akan semakin besar pula peluang *Trichoderma* sp. dalam menghambat pertumbuhan patogen.

Tabel memperlihatkan bahwa perlakuan *T. asperellum* isolat Hajimena dapat meningkatkan bobot kering berangkasan paling tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Hal ini disebabkan karena *T. asperellum* isolat Hajimena tersebut memiliki kemampuan lebih baik menekan keterjadian dan keparahan penyakit bulai serta dapat memperpanjang masa inkubasi. Apabila tanaman sehat dengan pertumbuhan normal maka bobot tanamanpun akan lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang sakit. Menurut Yudha *et al.* (2016) bahwa peningkatan bobot segar tanaman diduga berkaitan dengan kemampuan *Trichoderma* sp. dalam menghasilkan hormon pertumbuhan. Hal ini sejalan dengan pendapat Cornejo *et al.* (2009) yang menyatakan bahwa *Trichoderma* sp. mempunyai kemampuan untuk menghasilkan auksin diantaranya yaitu IAA. Hormon tersebut dapat meningkatkan pertumbuhan akar lateral, memperbanyak tunas, dan meningkatkan biomasa dari tunas pada tanaman arabidopsis.

4.4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa semua isolat *Trichoderma* spp. yang diuji mampu menekan keterjadian dan keparahan penyakit bulai, namun hanya isolat Hajimena yang dapat meningkatkan pertumbuhan.

V. PENGARUH APLIKASI *Trichoderma* spp. DAN FUNGISIDA NABATI ZINGIBACEAE TERHADAP PERKEMBANGAN PENYAKIT BULAI JAGUNG

5.1 Pendahuluan

Jagung merupakan tanaman penting di dunia, termasuk Indonesia. Jagung dikonsumsi sebagai makanan, pakan dan penggunaan lainnya. Kebutuhan jagung sebagai bahan pangan dan pakan terus meningkat dari tahun ke tahun. Data tahun 2013 menunjukkan konsumsi jagung melebihi produksi (Informasi Ketahanan Pangan Asean, 2013). Untuk meningkatkan produksi jagung banyak upaya yang telah dilakukan, salah satunya adalah penggunaan benih hibrida. Petani profesional menggunakan benih hibrida karena mereka sadar akan lebih banyak keuntungan yang diperoleh. Namun, harga jagung hibrida lebih mahal dibandingkan benih lokal untuk petani subsisten. Banyak petani subsisten masih menggunakan benih lokal dalam menanam jagung atau menggunakan benih dari panen benih hibrida, tanpa perlindungan terhadap penyakit bulai. Hal ini dapat menyebabkan ledakan penyakit bulai, salah satu penyakit terpenting dalam produksi jagung.

Penyakit bulai merupakan penyakit serius di daerah produksi jagung. Tingkat keparahan penyakit bervariasi di antara negara-negara penghasil jagung, tergantung pada varietas yang ditanam. Penyakit bulai yang berat dapat menyebabkan kerugian total pada varietas yang rentan (Gambar 7). Di Indonesia, kerugian penyakit bulai juga bervariasi dari provinsi penghasil jagung. Pada tahun 1996, penyakit ini menyebabkan 100% kehilangan hasil di Provinsi Lampung (Subandi *et al.*, 1996).



Gambar 7. Gejala berat bulai jagung padavarietas rentan

Selama ini pengendalian penyakit bulai dilakukan secara terpadu dengan menggunakan varietas tahan dan fungisida sintetis. Petani mengkombinasikan varietas tahan dengan metalaksil yang diaplikasikan sebagai pembalut benih. Namun diketahui bahwa metalaksil menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Senyawa kimia, termasuk metalaksil, telah digunakan untuk mengendalikan penyakit tanaman, dengan efek samping negatif. Metalaksil mengancam kehidupan mikroorganisme yang menguntungkan seperti jamur mikoriza di rizosfer jagung (Scheck, 1982). Kelemahan lain dari metalaksil adalah fungisida menyebabkan patogen jamur menjadi resisten terhadap fungisida (Erwin, 1983; Bains dan Dhaliwal, 1994; Tjamos *et al.*, 1992). Fungisida telah digunakan lebih dari 50 tahun. Hasil banyak penelitian menyatakan bahwa penggunaan metalaksil dalam waktu lama dapat menginduksi adanya varian jamur yang resisten. Ketika jamur resisten hadir di lapangan, efektivitas metalaksil terhadap patogen terus menurun dari waktu ke waktu. Katan dan Bashi (1981) dan Bains dan Dhaliwal (1994) menyatakan bahwa penggunaan metalaksil yang lama dapat menginduksi adanya varian jamur yang resisten terhadap penyakit tersebut. Baru-baru ini, beberapa laporan menyatakan bahwa efektivitas metalaksil menurun. Menurut Isakeit dan Juster (2005) metalaksil sudah tidak efektif lagi terhadap penyakit bulai yang disebabkan oleh *Peronosclerospora sorghi*. Beberapa ledakan bulai diduga disebabkan oleh adanya varian jamur resisten *P. sorghi*, *P. maydis* dan *P. philippinensis*. Varian

dapat beradaptasi dengan metalaksil dengan baik. Pada inangnya, jamur telah berevolusi menjadi ras baru dengan virulensi yang lebih tinggi (Perumal *et al.*, 2008). Dengan demikian banyak upaya yang harus dilakukan untuk mendapatkan alternatif pengendalian baru yang bebas dari masalah varian yang resisten terhadap fungisida sintesis.

Pengendalian hayati menjadi solusi dalam pengendalian terpadu. Penggunaan mikroorganisme yang melindungi tanaman bebas risiko terhadap lingkungan. *Trichoderma* merupakan salah satu agen hayati yang populer digunakan dalam pengelolaan penyakit tanaman (Benites *et al.*, 2004). Ada banyak laporan tentang potensi *Trichoderma* untuk mengelola penyakit tanaman yang disebabkan oleh *ascomycetous*, *deuteromycetous*, *basidiomycetous*, yang terutama patogen tular tanah tetapi juga patogen tular udara (Monte, 2001). Hanya ada studi yang sangat terbatas telah dilakukan pada patogen tular benih seperti *Peronosclerospora* spp. dengan menggunakan *Trichoderma* (Sadoma *et al.*, 2011). *Trichoderma* merupakan antagonis terhadap banyak jamur patogen, berperan sebagai agen biokontrol. Mekanisme biokontrol terdiri dari mikoparasitisme, produksi toksin, pesaing ruang dan sumber daya. *Trichoderma* mengambil bagian dalam pertumbuhan tanaman sebagai jamur pemacu pertumbuhan tanaman. Jamur ini juga dikenal sebagai penginduksi sistem pertahanan tanaman. Beberapa peneliti menunjukkan bahwa penggunaan *Trichoderma* secara sistemik menginduksi sistem pertahanan tanaman. Djonovic, dkk. (2007) melaporkan identifikasi, pemurnian, dan karakterisasi elisitor yang disekresikan oleh *T. virens*, protein kecil yang disebut Sm1 (protein kecil 1), yang menginduksi resistensi sistemik pada jagung. Jamur seperti *Trichoderma* dapat merangsang pertumbuhan tanaman dengan menekan penyakit tanaman (Van Wees *et al.*, 2008). *Trichoderma* dapat membentuk asosiasi endofit dan berinteraksi dengan mikroba lain di rizosfer, sehingga mempengaruhi perlindungan penyakit, pertumbuhan tanaman, dan hasil. Prasetyo (2009) menunjukkan bahwa aplikasi *Trichoderma* sp. Isolat 14 dapat menurunkan kejadian penyakit bulai jagung pada kultivar Pasifik 105. Mekanisme fenomen ini dapat terjadi melalui induksi resistensi sistemik atau pemacu pertumbuhan yang dilakukan oleh isolat *Trichoderma*.

Ekstrak tanaman telah dilaporkan efektif melawan patogen tanaman dan disebut sebagai fungisida botani. Dalam konteks manajemen penyakit dalam pertanian, ekstrak tanaman paling cocok untuk yang segar digunakan. Tanaman memiliki kemampuan untuk mensintesis metabolit sekunder aromatik, seperti fenol, asam fenolik, kuinon, flavon, flavonoid, flavonol, tanin dan kumarin sebagai bahan aktif melawan patogen tanaman (Cowan, 1999). *Allicin* secara efektif mengendalikan *Alternaria* spp. Pada wortel, hawar daun *Phytophthora* tomat dan hawar umbi kentang serta Magnaporthe pada padi dan penyakit bulai Arabidopsis thaliana (Slusarenko, 2008). Sekarsari (2013) melaporkan bahwa ekstrak serai wangi menurunkan kejadian penyakit bulai jagung.

Komponen utama serai wangi adalah sitronelal dan geraniol sebagai bahan aktif terhadap mikroba. Banyak tanaman dari famili Zingiberaceae juga menghasilkan bahan aktif terhadap jamur, potensinya belum diuji untuk penyakit bulai jagung. Penelitian ini merupakan upaya mengintegrasikan pemanfaatan *Trichoderma* dan ekstrak tumbuhan dari famili Zingiberaceae untuk mengelola penyakit bulai jagung. Aplikasi *Trichoderma* pada rizosfer diharapkan dapat mendorong pertumbuhan dan ketahanan terhadap penyakit bulai. Aplikasi ekstrak tanaman pada pucuk akan melindungi titik tumbuh jagung secara langsung dari patogen penyakit bulai. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh aplikasi kombinasi isolat *Trichoderma* dengan fungisida nabati dari Zingiberaceae terhadap penyakit bulai

5.2 Metode Penelitian

Rancangan percobaan. Percobaan disusun secara faktorial dalam rancangan acak kelompok lengkap dengan tiga ulangan. Perlakuan adalah kombinasi isolat *Trichoderma* yaitutanpa *Trichoderma* (T0), *T. asperellum* isolat Lampung Timur (T1), dan *T. harzianum* isolat Klinik Tanaman Unila (T2), tanpa ekstrak Zingiberaceae (F0), dengan ekstrak Zingiberaceae yaitu jahe (F1), kunyit (F2), laos (F3), kencur (F4), temu putih (F5), dan temu hitam (F6). Kombinasi perlakuan adalah T0F0, T1F1, T1F2, T1F3, T1F4, T1F5, T1F6, T2F1, T2F2, T2F3, T2F4,

T2F5, dan T2F6. Variabel yang diteliti adalah keterjadian penyakit, masa inkubasi, tinggi tanaman, dan bobot kering. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan anova dan selisih rerata diuji menggunakan uji LSD pada taraf signifikan 5%.

Pembuatan isolat *Trichoderma*. Isolat *T. asperellum* diperoleh dari koleksi Klinik Tanaman Unila yaitu isolat Lampung Timur (NTF) dan *T. asperellum* isolat Klinik Tanaman Unila (KTU). Kultur *Trichoderma* berumur tujuh hari pada media PSA dipanen sporanya dan disuspensikan dalam air steril untuk mendapatkan suspensi spora $2,4 \times 10^6$ per mL.

Persiapan ekstrak tumbuhan. Umbi Zingiberaceae sebanyak 200 g dipotong kecil-kecil, dipanaskan dalam oven pada suhu 50°C selama 36 jam. Setiap umbi kering digiling dan diayak untuk mendapatkan serbuk halus. *Alliquot* dibuat dengan mengencerkan 10 g serbuk dalam 100 mL *aquadest* steril, dan disaring dengan kain saring (Sekarsari *et al.*, 2013). Filtrat disentrifugasi 3000 rpm selama 10 menit dan pelet dibuang. Titik tumbuh diaplikasi fungisida nabati 1 mL per tanaman.

Persiapan Inokulum Bulai. Konidia *P. maydis* diperoleh dari lapangan di Tegineneng, Kabupaten Pesawaran. Inokulum diambil pada pukul 01.00 pagi. Daun yang sakit di permukaan bawah disemprot dengan air, digosok dengan spatula, dan dikumpulkan dalam *beaker glass*. Suspensi dihomogenkan dengan *rotary mixer*. Densitas konidia diukur menggunakan hemasitometer (Ayu *et al.*, 2013), hingga diperoleh kerapatan spora 10^5 per mL.

Aplikasi isolat *Trichoderma* dan Inokulasi *P. maydis*. Benih jagung P27 (Dupont) ditanam dalam polibag berisi 5 kg tanah steril dan kotoran kambing (2:1). Setiap unit percobaan terdiri dari tiga polibag. Dalam setiap polibag ditanam dua benih secara terpisah. Setiap unit percobaan berisi enam tanaman. Suspensi *Trichoderma* ($2,4 \times 10^6$) sebanyak 10 mL diaplikasikan di sekitar pangkal batang tanaman jagung pada 5 hari setelah tanam. Dua belas hari setelah tanam, pada pukul 02.00-03.00 WIB, 1 mL suspensi konidia ($4,8 \times 10^5$) *P. maydis* diinokulasikan pada daerah titik tumbuh tanaman jagung.

Pengamatan. Pengamatan dilakukan setiap hari selama empat minggu setelah tanam. Variabel yang diteliti adalah kejadian penyakit, masa inkubasi, tinggi tanaman, dan berat bahan kering tanaman jagung (tajuk dan akar). Kejadian penyakit bulai dihitung dengan rumus sebagai berikut.

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

Keterangan :

DI : keterjadian penyakit (%)

n : jumlah tanaman bergejala

N : jumlah seluruh tanaman diamati

5.3 Hasil dan Pembahasan

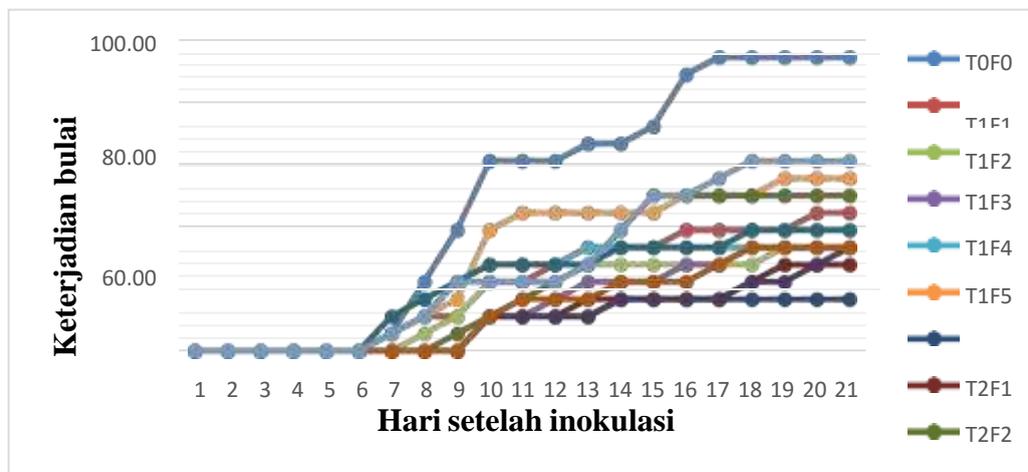
Keterjadian Penyakit. Hasil percobaan menunjukkan bahwa semua kombinasi isolat *T. asperellum*. dan ekstrak Zingiberacea secara nilai dapat menekan penyakit bulai, namun ternyata yang dapat menekan secara nyata penyakit bulai hanya T1F6. *T. asperellum* dikombinasikan dengan ekstrak tumbuhan dapat menurunkan kejadian penyakit bulai jagung karena beberapa alasan. Ekstrak temu hitam dapat menekan jamur telah lama diketahui. Ekstrak tumbuhan yang digunakan dalam percobaan ini diperoleh dari famili Zingiberaceae. Tumbuhan dalam famili ini menghasilkan zat-zat yang memiliki kemampuan menekan terhadap mikroba seperti patogen tumbuhan. Kunyit (*Curcuma longa* Linn.) dan Jahe (*Zingiber officinale* Rosc.) mengandung bahan aktif yang dapat menonaktifkan *Phytophthora infestans*, *Fusarium solani*, dan *Pyricularia oryzae* (Bandara *et al.*, 1989). Suprpto dan Khalimi (2009) melaporkan bahwa *A. Galanga* dapat mengendalikan busuk batang vanili. Kedua, *Trichoderma* spp. telah dilaporkan diterapkan di tanah dapat menginduksi resistensi sistemik pada tanaman (Hermosa *et al.*, 2012). Prasetyo (2009) menunjukkan bahwa aplikasi 14 isolat dapat menurunkan kejadian penyakit bulai jagung pada kultivar Pasifik 105. Aplikasi *T. hamatum* Uom 13 pada millet pir meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit bulai (Siddaiah *et al.*, 2017).

Tabel 7. Pengaruh kombinasi *T. harzianum* dan *T. asperellum* dengan ekstrak Zingiberaceae pada beberapa variabel

Perlakuan	Variabel yang diamati			
	Keterjadian Penyakit (%)	Masa Inkubasi (Hari)	Tinggi tanaman (cm)	Berat kering brangkasan (g)
T0F0	69.44 (2.78) a	12.28 (2.02) b	57.4 (2.85) d	9.1 (3.01) c
T1F1	44.45 (2.62) a	18.67 (2.21) b	97.5 (3.22) abc	17,5 (4,24) ab
T1F2	33.33 (2.48) a	23.83 (2.33) b	93.0 (3,19) abc	18.3 (4.31) ab
T1F3	33.33 (2.48) a	24.39 (2.34) b	93.1 (3.19) abc	18.9 (4.38) ab
T1F4	33.33 (2.48) a	23.11 (2.31) b	94.4 (3.20) abc	13.5 (3.70) bc
T1F5	55.53 (2.79) a	19.44 (2.22) b	87.3 (3.14) c	17,4 (4,18) ab
T1F6	6.67 (1.61) b	26.89 (2.39) ab	92.3 (3.18) bc	14.1 (3.81) abc
T2F1	27.77 (2.12) ab	25.50 (2.36) ab	94.7 (3.20) abc	14.8 (3.92) abc
T2F2	50.00 (2.74) a	21.28 (2.25) b	91.5 (3.17) bc	21.2 (4.65) ab
T2F3	33.33 (2.48) a	25.11 (2.35) ab	104.2 (3.28) a	22.3 (4.68) a
T2F4	38.89 (2.54) a	92.39 (2.84) a	98.5 (3.23) ab	18.9 (4.38) ab
T2F5	33.33 (2.48) a	24.44 (2.34) b	99.1 (3.24) ab	18.7 (4.37) ab
T2F6	61.11 (2.86) a	22,04 (2.29) b	88.9 (3.15) bc	20.0 (4.50) ab
BNT 5%	20.88	0,49	0,09	0,95

Keterangan: Angka dalam kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama tidak secara nyata berbeda menurut uji BNT $\alpha=5\%$. T= *Trichoderma*, T0= Tanpa *Trichoderma*, T1= *T. asperellum* isolate Lampung Timur, T2= *T. harzianum* isolat Klinik Tanaman Unila (KTU). F= Ekstrak *Zingiberaceae*, F0= Tanpa ekstrak *Zingiberaceae*, F1= jahe, F2= kunyit, F3= laos, F4= kencur, F5= temu putih, dan F6= ekstrak temu hitam. Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Semua kombinasi *T. asperellum* dengan ekstrak zingiberaceae dapat meningkatkan tinggi tanaman. Peningkatan terbaik terjadi pada kombinasi antara *T. asperellum* isolat KTU dengan ekstrak kencur (T2F3). Semua kombinasi *T. asperellum* dengan ekstrak *Zingiberaceae* yang diuji juga dapat meningkatkan bobot kering brangkasan kecuali T1F6 dan T2F1. Peningkatan pertumbuhan terjadi karena terjadinya penurunan penyakit. Disamping itu telah banyak dilaporkan bahwa *T. asperellum* dapat meningkatkan pertumbuhan melalui induksi (Vargas *et al*, 2009). Peningkatan pertumbuhan terbaik terjadi pada kombinasi *T. asperelum* isolat KTU dengan kencur. Perkembangan bulai jagung pada berbagai perlakuan disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Perkembangan bulai jagung pada berbagai perlakuan. T= *Trichoderma*, T0= Tanpa *Trichoderma*, T1= *T. asperellum* isolat Lampung Timur (NTF), T2= *T. Harzianum* isolat Klinik Tanaman Unila (KTU). F= Ekstrak Zingiberaceae , F0= Tanpa Zingiberaceae , F1= jahe, F2= kunyit, F3= laos, F4= kencur, F5= temu putih, dan F6=Ekstrak temu hitam.

T. asperellum Isolat Lampung Timur (NTF) dan *T. harzianum* isolat Klinik Tanaman Unila (KTU) dengan ekstrak Zingiberaceae dapat menurunkan kejadian penyakit setidaknya karena dua alasan. Ekstrak Zingiberaceae berpengaruh langsung terhadap melemahnya inokulum patogen. Ekstrak dapat menunda proses infeksi. *Trichoderma* dapat menginduksi resistensi pada tanaman jagung. Telah dilaporkan bahwa aplikasi *Trichoderma* menginduksi tanaman untuk menghasilkan kitinase dan glukonase yang mampu memecah dinding sel patogen. Bibit millet yang diberi perlakuan *T. hamatum* merespons infeksi bulai dengan lignifikasi tinggi dan deposisi *callose* (Siddaiah *et al.*, 2017). Aplikasi *T. hamatum* secara signifikan meningkatkan aktivitas *glukanase* peroksidase, fenilalanin amonialiase, dan polifenol oksidase dibandingkan dengan kontrol yang tidak diaplikasi (Siddaiah *et al.*, 2017). Aplikasi *T. asperellum* pada tanaman tomat dapat menekan dua patogen sekaligus, yaitu *Fusarium oxysporum* dan *Botrytis cinerea* (Tellez *et al.*, 2019). Perlakuan awal *T. asperellum* membuat kelayuan tanaman berkurang. Penurunan kelayuan berkaitan dengan penurunan *reactive oxygen species (ROS)*. Menurut Oszako *et al.* (2020), *T. asperellum* dapat menekan penyakit embun tepung pada tanaman *oak* dan meningkatkan aktivitas fotosintesis sampai tiga tahun setelah

aplikasi. Disamping itu *Trichoderma* juga dikenal sebagai PGPF, yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, sehingga tanaman lebih sehat.

Masa Inkubasi Bulai. Semua kombinasi antara isolat *Trichoderma* dan ekstrak tumbuhan nilainya dapat meningkatkan masa inkubasi atau memperlambat perkembangan penyakit bulai, sekalipun demikian yang nyata secara statistik hanya T2F4. Penundaan masa inkubasi tersebut diduga karena adanya jamur *Trichoderma*. Menurut Donzelli *et al.* (2001) *Trichoderma* sp. dikenal sebagai jamur yang dapat menghasilkan 1,3- β glukanase. Enzim ini dapat mendegradasi dan menghidrolisis dinding sel miselium jamur patogen tanaman selama proses mikoparasit, sehingga berperan dalam mekanisme pertahanan melawan patogen. Hal ini diperkuat oleh Prabowo *et al.* (2006) penundaan masa inkubasi terjadi karena persaingan antara patogen dengan antagonis, sehingga menyebabkan patogen membutuhkan waktu lebih lama untuk menginfeksi tanaman, karena sistem perakaran didominasi antagonis. Selain itu ekstrak tanaman yang digunakan mengandung bahan aktif yang dapat menghambat dan merusak sel mikroorganisme.

Tinggi Tanaman dan Bobot Kering Brangkas. Semua perlakuan yang diteliti meningkatkan tinggi tanaman secara nyata dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan T2F3 paling efektif untuk meningkatkan tinggi tanaman dan dan berat kering brangkas. Pada tinggi tanaman diikuti oleh T2F4 dan T2F5, lalu T2F2, T2F6. Sedangkan pada peubah berat kering brangkas diikuti oleh T1F1, T2F2, T1F3, T1F5, T2F2, T2F4, T2F5 dan T2F6

Semua perlakuan yang diteliti meningkatkan bobot kering tanaman jagung secara nyata dibandingkan dengan kontrol, kecuali T1F4, T1F6, dan T2F1. Laos (F4) lebih cook dikombinasikan dengan T2 dan tidak efektif dibandingkan dengan T1. Kombinasi *Trichoderma* dan ekstrak tumbuhan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui dua tindakan. Pertama, ekstrak tanaman dapat secara langsung menonaktifkan inokulum patogen dan menjaga tanaman jagung tetap tumbuh dengan baik. Kedua, *Trichoderma* spp memiliki efek menguntungkan pada pertumbuhan tanaman. Studi lebih lanjut menunjukkan bahwa *Trichoderma*

meningkatkan pertumbuhan akar dan hasil tanaman, proliferasi akar sekunder, dan bobot segar bibit dan luas daun (Harman, 2000). Kolonisasi rizosfer jagung oleh *T. virens* juga menginduksi laju fotosintesis yang lebih tinggi dan peningkatan sistemik dalam penyerapan CO₂ di daun (Vargas *et al.*, 2009). *Trichoderma* juga dapat meningkatkan pertahanan tanaman millet terhadap penyakit bulai (Siddaiah *et al.*, 2017).

5.4 Kesimpulan

Aplikasi kombinasi *T. Asperellum* isolat NTF dan fungisida nabati temu hitam mampu menekan keterjadian penyakit bulai. *T. asperellum* isolat NTF paling baik dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman bila dikombinasikan dengan kencur.

VI. PENGARUH APLIKASI *Trichoderma asperellum*, MIKORIZA, KUNYIT DAN SIRIH HIJAU TERHADAP PERKEMBANGAN PENYAKIT BULAI JAGUNG

6.1 Pendahuluan

Jagung merupakan salah satu sumber karbohidrat terpenting di dunia. Jagung memiliki peran penting dalam memenuhi permintaan pasar nasional dan internasional untuk pangan setelah beras dan gandum (Tanklevska *et al.*, 2020). Permintaan pasar jagung dari tahun ke tahun terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, peningkatan kesejahteraan masyarakat, berkembangnya usaha peternakan, dan kemajuan industri pangan. Jagung banyak digunakan oleh industri makanan, minuman, kimia, dan farmasi (Ranum *et al.*, 2014).

Berdasarkan komposisi kimia dan kandungan nutrisinya, jagung memiliki prospek sebagai bahan pangan dan bahan baku industri (Jabran *et al.*, 2007; Ranum *et al.*, 2014; Shah *et al.*, 2016; Kazerooni *et al.*, 2019). Penggunaan jagung sebagai bahan baku industri memberikan nilai tambah bagi jagung. Jagung digunakan sebagai bahan baku industri pakan dan pangan serta bahan pangan pokok di beberapa daerah di Indonesia (Bantacut *et al.*, 2015). Biji jagung dapat diolah menjadi tepungjagung, nasi jagung, dan makanan ringan. Jagung juga dapat diolah menjadi minyak goreng, margarin, dan makanan formula. Produksi jagung dalam negeri di Indonesia belum mampu mengimbangi pertumbuhan permintaan hingga tahun 2015 (Bantacut *et al.*, 2015).

Menurut Badan Pusat Statistik (2016), produksi jagung pipilan kering di Lampung, Indonesia mengalami fluktuasi produksi dari tahun 2010-2015, yaitu 2.126.571 ton, 1.817.906 ton, 1.760.275 ton, 1.760.278 ton, 1.719.386 ton dan 1.502.800 ton. Salah satu faktor utama yang menyebabkan penurunan produksi jagung adalah penyakit bulai yang disebabkan oleh *Peronosclerospora* spp.

Tiga spesies *Peronosclerospora* dilaporkan sebagai penyebab penyakit bulai jagung di Indonesia, yaitu *P. maydis*, *P. philippinensis*, dan *P. sorghi* (Muis *et al.*, 2013; Rustiani *et al.*, 2015; Muis *et al.*, 2016). *P. maydis* (syn. *P. australiensis*) merupakan penyebab penyakit bulai di beberapa daerah produksi jagung di Lampung (Suharjo *et al.*, 2020). Kehilangan produksi pada jagung yang terinfeksi patogen ini mencapai 80%-100% karena ketidakmampuan menghasilkan kernel (Soenartiningih dan Talanca, 2010).

Fungisida metalaksil menjadi pilihan utama petani untuk mengendalikan penyakit bulai hingga saat ini. Namun penggunaan metalaksil secara terus menerus dalam jangka panjang telah memicu terjadinya resistensi terhadap patogen (Gisi dan Sierotzki, 2008; Burhanuddin, 2009). Oleh karena itu, perlu dicari metode alternatif lain untuk pengendalian penyakit tersebut, seperti aplikasi agens hayati yaitu *Trichoderma* (Puyam *et al.*, 2016; Sood *et al.*, 2020; Ginting *et al.*, 2020) dan jamur mikoriza (Akhtar *et al.* dan Siddiqui 2008; Tahat *et al.*, 2010; Cameron *et al.*, 2013; Pérez-de-Luque *et al.*, 2017), dan fungisida botani, seperti kunyit (Ginting, 2006; Rahman *et al.*, 2016; Mamarabadi dkk. 2018) dan sirih (Nalina dan Rahim 2006; Rahman *et al.*, 2016). Penggunaan dari agen hayati dan fungisida nabati juga aman bagi konsumen dan lingkungan. Agen hayati dan fungisida nabati mudah terdegradasi dan tidak meninggalkan residu kimia pada produk pertanian (Yoon *et al.*, 2013; Nega, 2014; Bardin *et al.*, 2015; Zaker, 2016). Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh agens hayati dan fungisida botani serta kombinasinya terhadap penyakit bulai jagung. Fungisida nabati dan agensia hayati diharapkan memiliki efek sinergis dalam menekan penyakit bulai.

6.2 Metode Penelitian

Persiapan bahan tanaman dan media tanam. Penelitian ini menggunakan benih jagung varietas P27 (Dupont Indonesia). Bibit ditanam dalam 36 polibag plastik (35cm x 40 cm), masing-masing polibag berisi 10 bibit. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman dan penyiangan. Media tanam adalah tanah yang diambil dari sekitar Laboratorium Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Media tanam (tanah) disterilkan dengan cara dikukus selama 2 jam. 10 kg tanah yang telah disterilkan dimasukkan ke dalam polybag.

Persiapan agen hayati. Dua agens hayati yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu *T. asperellum* dan konsorsium tiga genera *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF), yaitu *Entrophospora* sp., *Gigaspora* sp., dan *Glomus* sp. Diformulasi dalam bentuk bubuk, dibeli dari Laboratorium Perkebunan Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Kepadatan spora AMF adalah 100 spora/g. Isolat *T. asperellum* merupakan koleksi dari Klinik Tanaman Unila. *T. asperellum* dibiakkan pada cawan petri steril yang berisi 10 mL *Potato Dextrose Agar* (PDA). PDA terdiri dari 200g kentang, 20g *Dextrose*, 20 g Agar, dan 1000mL air suling. Konidia *T. asperellum* berumur 7 hari dipanen dengan 10 mL akuades steril dan diambil secara perlahan menggunakan spatula drigalski. Suspensi konidia dipindahkan ke Erlenmeyer 100 mL dan diencerkan hingga kepadatan 10^5 konidia/mL.

Pembuatan fungisida botani. Rimpang kunyit dan daun sirih ditimbang masing-masing 500 g, dibersihkan dengan air steril, dipotong kecil-kecil, dan dikeringanginkan. Selanjutnya sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 50 °C selama 36 jam. Setelah kering, sampel digiling menggunakan pestel menjadi serbuk halus (600 *mess*). Fungisida nabati dibuat dengan cara melarutkan 10 g serbuk halus ke dalam 100 mL akuades steril dan disaring menggunakan kertas saring (Whatman no. 42). Suspensi disentrifugasi selama 10 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Supernatan dikumpulkan untuk digunakan lebih lanjut (Ayu *et al.*, 2013).

Isolasi *Peronosclerospora* sp. *Peronosclerospora* yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan dari tanaman jagung bergejala yang diambil dari ladang jagung yang terletak di Natar, Lampung Selatan. Pemanenan konidia dilakukan pada pukul 03.00 WIB dari daun yang terinfeksi menggunakan sikat kecil (no. 2). Sikat dibasahi sebelum digunakan dengan mencelupkannya ke dalam 20 mL air suling steril dalam mangkuk plastik (volume 400 mL, diameter tutup 11 cm). Sikat yang berisi konidia direndam dalam 20 mL air suling yang sebelumnya digunakan untuk membasahi sikat. Pemanenan konidia dilanjutkan sampai air dalam cawan petri sangat keruh karena kepadatan konidia yang tinggi. Suspensi konidia dipindahkan ke dalam gelas ukur yang berisi 500 mL air suling steril. Suspensi konidia dibawa ke laboratorium, dan kepadatan konidia ditentukan.

Inokulasi *Peronosclerospora* sp. dan aplikasi fungisida botani. Aplikasi fungisida nabati dan inokulasi patogen dilakukan menurut metode Singh *et al.*, (2012) yang dimodifikasi. Suspensi konidia *Peronosclerospora* (10^5 konidia/mL) dicampur dengan suspensi fungisida botani (1:9) dan dibiarkan selama 1 jam. Inokulasi dilakukan dengan meneteskan 1 mL campuran suspensi konidia dan fungisida nabati ke pucuk jagung pada pukul 4-5 pagi, pada hari yang sama dengan pengambilan konidia. Sebagai perlakuan kontrol, tanaman diinokulasi dengan suspensi konidia (volume yang sama dan kepadatan konidia yang sama) tanpa menggunakan agen kontrol biologis dan fungisida botani. Inokulasi dilakukan dua kali pada umur 7 dan 10 hari setelah tanam.

Aplikasi agens hayati. Sepuluh mL suspensi konidia *T. asperellum* (10^6 konidia/mL) dituangkan ke dalam setiap lubang tanam. Satu g bubuk AMF diaplikasikan untuk setiap tanaman (Manila dan Nelson, 2014). Kepadatan spora serbuk AMF adalah 100 spora/g.

Observasi dan pengumpulan data. Pengamatan dilakukan setiap hari selama empat minggu. Variabel yang diamati adalah kejadian penyakit, keparahan penyakit, masa inkubasi, dan bobot kering pucuk. Kejadian bulai diamati pada pagi hari dan berdasarkan gejala klorosis pada daun jagung. Kejadian penyakit

(DI) dihitung dengan membagi jumlah tanaman terinfeksi (n) dengan total tanaman yang diamati (N). Masa inkubasi adalah waktu yang diperlukan untuk munculnya gejala penyakit yang dihitung dari saat inokulasi patogen bulai sampai timbulnya gejala. Tingkat keparahan penyakit diperkirakan pada skala berdasarkan gejala (Tabel 8).

Tabel 8. Skor dan kisaran gejala penyakit bulai jagung

Kategori skor	Gejala bulai
0	Tanpa gejala
1	<10% area total daun terinfeksi
2	10-25% area total daun terinfeksi
3	25-50% area total daun terinfeksi
4	>50% area total daun terinfeksi

Indeks keparahan penyakit (DSI) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

[n] = jumlah daun terinfeksi dengan skor tertentu

[v] = kategori skor dari gejala

[N] = jumlah daun yang diamati

[Z] = adalah skor tertinggi yang digunakan.

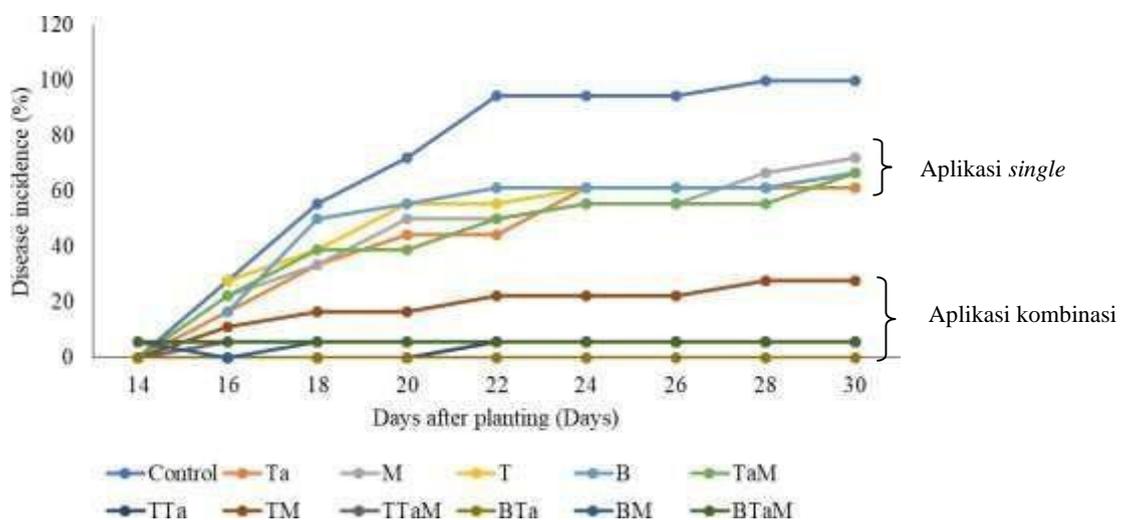
Di akhir pengamatan, tanaman jagung dikeluarkan dari media tanam kemudian dibersihkan dari kotoran yang menempel. Tunas dipotong-potong, dimasukkan ke dalam amplop, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 80 °C selama 5 hari hingabobot tetap.

6.3 Hasil dan Pembahasan

Dua agen pengendalian hayati (*T. asperellum* dan AMF) dan dua fungisida botani (ekstrak kunyit dan ekstrak sirih) dievaluasi kemampuannya untuk menekan

perkembangan penyakit bulai pada jagung. Agen kontrol biologis dan fungisida botani ini diterapkan dalam aplikasi individu atau kombinasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua perlakuan baik aplikasi tunggal maupun kombinasi mampu menekan kejadian penyakit bulai jagung dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Gejala pada kelompok perlakuan lebih rendah dibandingkan kontrol (Gambar 10). Aplikasi individu *T. asperellum* (Ta), Jamur Mikoriza Arbuskular (AMF) (M), kunyit (T), atau sirih (B) secara signifikan mengurangi kejadian penyakit dibandingkan dengan kontrol (C). Namun, masa inkubasi dan keparahan penyakit pada perlakuan tersebut tidak berbeda nyata dengan tanaman kontrol. Perlakuan ekstrak AMF (AM), kunyit, atau sirih menghasilkan bobot kering brangkas yang nyata lebih tinggi dibandingkan kontrol. Sedangkan berat kering tajuk tanaman jagung pada perlakuan *T. asperellum* tidak berbeda nyata dengan tanaman kontrol. Kombinasi perlakuan fungisida nabati dan agens hayati memiliki efek sinergis dalam menekan perkembangan penyakit dan meningkatkan kinerja tanaman dibandingkan dengan perlakuan individual. Efek perlakuan konsisten dari awal sampai akhir pengamatan (Gambar 9).



Gambar 9. Perkembangan keterjadian bulai jagung (%) pada berbagai perlakuan aplikasi. *T. asperellum* + AMF (TaM), Kunyit + *T. asperellum* (Tta), Kunyit + AMF (TM), Kunyit + *T. asperellum* + AMF (TTaM), sirih + *T. asperellum* (Bta), sirih + AMF (BM), sirih + *T. asperellum* + AMF (BtaM) mengurangi keterjadian penyakit secara signifikan dibandingkan kontrol (C).

Semua perlakuan secara nyata menurunkan keparahan penyakit, masa inkubasi lebih lama, dan bobotkering pucuk lebih tinggi dibandingkan kontrol, kecuali perlakuan *T. asperellum* + Mikoriza (TaM). Tingkat keparahan penyakit, masa inkubasi, dan berat kering pucuk kelompok perlakuan *T. Asperellum* + Mikoriza (TaM) tidak berbeda nyata dengan kontrol (Tabel 9). Aplikasi kombinasi sirih + *T. asperellum* (Bta) menghasilkan aktivitas penghambatan terbaik untuk menekan perkembangan penyakit bulai jagung dan kemampuan untuk meningkatkan berat kering tanaman (Tabel 9).

Tabel 9. Rata-rata kejadian penyakit bulai, masa inkubasi, dan berat kering pucuk jagung pada perlakuan kombinasi *T. asperellum*, Fungi Mikoriza Arbuskular (AMF), danfungisida nabati

Perlakuan	Keterjadian Penyakit bulai (%)	Indeks keparahan penyakit (%)*	Periode inkubasi (hari)*	Berat kering tanaman (g)*
C (Kontrol)	100 (3.24) d	97,20 (3.22) a	5,33 (1.71) cd	14,60 (2.08) d
Ta	61,11 (2.89) cd	66,70 (2.94) a	7,00 (1.80) bcd	20,73 (2.23) dc
M	66,67 (2.91) bc	59,70 (2.84) a	6,00 (1.73) bcd	41,97 (2.57) bc
TaM	55,56 (2.82) cd	79,20 (3.07) a	5,00 (1.68) d	24,07 (2.32) dc
T	66,67 (2.94) abc	58,30 (2.83) a	5,33 (1.71) cd	45,80 (2.65) abc
TTa	5,56 (1.45) abc	5,60 (1.45) bc	14,47 (2.06) ab	41,0 (2.64) abc
TM	27,78 (2.07) bc	22,20 (2.00) b	14,00 (2.03) abc	33,97 (2.52) bc
TTaM	5,56 (1.45) ab	5,60 (1.45) bc	18,70 (2.15) a	54,00 (2.81) ab
B	61,11 (2.89) bcd	73,60 (3.02) a	6,33 (1,76) bcd	28,60 (2.40) bcd
BTa	0,00 (1.10) a	0,00 (1.10) c	25,00 (2,36) a	77,20 (3.04) a
BM	5,56 (1.45) bc	5,60 (1.45) bc	19,30 (2,19) a	36,77 (2.55) bc
BTaM	5,56 (1.45) ab	5,60 (1.45) bc	18,30 (2,22) a	50,93 (2.74) ab
BNT	0,42	0,75	12,06	39,16

Keterangan: *Angka pada kolom yang sama diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Ta: *T. asperellum*, M: Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), T: ekstrak kunyit, B: ekstrak sirih, TaM: *T. asperellum* + AMF, Tta: Kunyit + *T. asperellum*, TM: kunyit + AMF, TtaM: kunyit + *T. asperellum* + AMF, Bta: sirih + *T. asperellum*, BM: sirih + AMF, BTaM: sirih + *T. asperellum* + AMF, C: Kontrol. Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Semua kombinasi agen hayati dan fungisida botani menekan perkembangan penyakit bulai jagung. *T. asperellum* menginduksi tanaman agar tahan terhadap berbagai penyakit (Silva *et al.*, 2011; Herrera-Téllez *et al.*, 2019, Ramírez-Olier *et al.*, 2019; Sood *et al.*, 2020). Ini termasuk ketahanan terhadap penyakit bulai pada jagung (Ginting *et al.*, 2020). *Trichoderma* menghasilkan berbagai senyawa yang menginduksi ketahanan tanaman secara lokal dan sistemik terhadap penyakit tanaman. Hal ini juga menginduksi ketahanan tanaman untuk bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan.

Selain itu, *Trichoderma* dapat mendorong pertumbuhan tanaman dengan memproduksi fitohormon (Shafawati dan Siddiquee, 2013; Mukherjee *et al.*, 2013; Błaszczuk *et al.*, 2014; Singh *et al.*, 2002; Sood *et al.*, 2020). *Trichoderma* sp. menghasilkan *Indole Acetic Acid* (IAA) sebagai hormon pertumbuhan (Yudha *et al.*, 2016; Contreras-Cornejo *et al.*, 2009) yang meningkatkan pertumbuhan akar lateral, memperbanyak tajuk dan meningkatkan biomassa tajuk (Contreras-Cornejo *et al.*, 2009; Haryuni, 2013).

Aplikasi AMF mempengaruhi pertumbuhan dan kesehatan tanaman karena penyerapan nutrisi lebih efisien karena hifa menjembatani kesenjangan antara akar dan bioma tanah (Whipps, 2004; Tahat *et al.*, 2010). Mikoriza meningkatkan serapan nitrogen (N), kalium (K), dan fosfat (P) (Azcón and Barea, 1996; Kabirun, 2002; Hasanudin, 2003; Musfal 2010), dan meningkatkan penyerapan Cu dan Zn (Liu *et al.*, 2000; Watts- Williams *et al.*, 2015; Diagne *et al.*, 2020). Parapasan dan Gusta (2014) melaporkan bahwa jamur mikoriza yang diaplikasikan pada biji kopi mengembangkan hifa untuk menginfeksi akar tanaman. Hifa meningkatkan penyerapan nutrisi untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang maksimal (Azcón and Barea 1996; Tahat *et al.*, 2010). Mikoriza meningkatkan kesehatan tanaman dan mengaktifkan mekanisme pertahanan tanaman terhadap patogen (Azcón and Barea, 1996; Whipps, 2004; Tahat *et al.*, 2010; Kamal *et al.*, 2015; Diagne *et al.*, 2020).

Fungisida botani membunuh patogen jamur karena senyawa antijamurnya. Seskuiterepen, minyak keton esensial, kunyit, dan artumeron dalam kunyit memiliki aktivitas biologis sebagai antibakteri, antioksidan, dan antihepatotoksik (Mallmann *et al.*, 2017; Amalraj *et al.*, 2017). Kunyit memiliki aktivitas antijamur terhadap beberapa jenis jamur patogen tanaman, antara lain *Fusarium udum*, *Colletotrichum falcatum* Went, *Fusarium moniliforme* J. Sheld (Singh *et al.*, 2002), *Xanthomonas axonopodis* pv. *Manihotis* (Kuhn *et al.*, 2006) dan *Alternaria solani* (Balbi-Peña *et al.*, 2006). Metabolit sekunder pada kunyit menghambat pertumbuhan miselium jamur (Hu *et al.*, 2017)

Ekstrak daun sirih memiliki aktivitas antijamur dan antibakteri (Hertiana dan Purwati 2002; Nguyen *et al.*, 2020), menurunkan pertumbuhan dan pembentukan konidia jamur (Nalina dan Rahim 2006). Senyawa kimia dalam minyak atsiri daun sirih antara lain *chavicol*, *chavibetol* (fenol sirih), *allylprocatechol* (*hydroxychavicol*), *allylpyrocatechol-mono*, *diacetate*, *carvacrol*, *eugenol*, *p.cymene*, *cineole*, *caryole*, *cadeneophyl*, *esragol*, *terpenes*, *sesquiterpene*, *phenyl propane*, tannin, diastase, karoten, tiamin, riboflavin, asam nikotinat, vitamin C, gula, pati dan asam amino (Hertiana dan Purwati 2002; Nguyen *et al.*, 2020). *Chavikol* merupakan komponen pewangi pada sirih dan memiliki sifat antibakteri dengan aktivitas antibakteri lima kali lebih kuat dari fenol biasa. Aktivitas antijamur disumbang oleh senyawa kimia *isoeugenol*, *limonene*, dan *caryophyllene* (Hertiana dan Purwati 2002). *T. asperellum* dan ekstrak daun sirih (Bta) merupakan kombinasi perlakuan terbaik dalam menghambat penyakit bulai jagung. Perlakuan Bta meningkatkan bobot kering tajuk. Perlakuan Bta dapat direkomendasikan untuk mengendalikan penyakit bulai jagung.

6.4 Kesimpulan

Aplikasi tunggal *T. Asperellum* dan sirih belum dapat menekan bulai, tetapi aplikasi tunggal mikoriza dan kunyiti mampu menekan keterjadian penyakit dan keparahan penyakit bulai. Aplikasi *T. asperellum* yang dikombinasikan dengan fungisida nabati mempunyai kemampuan dalam menekan keterjadian penyakit dan keparahan

penyakit bulai. Kombinasi *T. asperellum* + fungisida nabati serta *T. asperellum* + mikoriza (kombinasi *double*) dan *T. asperellum* + fungisida nabati + mikoriza (kombinasi *triple*) menunjukkan kemampuan yang lebih baik dibandingkan dengan aplikasi tunggal (*T. asperellum* saja atau fungisida nabati saja atau mikoriza saja). Aplikasi kombinasi *double* menunjukkan kemampuan yang sama dengan kombinasi *triple*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi *T. asperellum* memiliki efek sinergis ketika diaplikasikan bersama dengan fungisida nabati. Aplikasi *T. asperellum* dan mikoriza secara serta bersama-sama tidak dapat menekan penyakit bulai dan tidak dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung.

VII. PEMBAHASAN UMUM

Trichoderma merupakan genus penting dalam budidaya tanaman, sebagai antagonis yang efektif melawan patogen. *T. asperellum* telah diketahui memiliki kemampuan dalam menekan perkembangan banyak penyakit tanaman. Dalam penelitian ini dapat dibuktikan bahwa secara konsisten *T. asperellum* dapat menekan perkembangan penyakit bulai pada tanaman jagung secara nyata dan konsisten. Hal ini sesuai dengan banyak laporan sebelumnya, bahwa *T. asperellum* dapat menekan banyak penyakit tanaman. *T. asperellum* terbukti dapat menginduksi ketahanan tanaman tomat melawan penyakit virus CMV-Y (Elsharkawy *et al.*, 2013) dan *Botrytis cinerea* (Herrera-Telez *et al.*, 2019). *T. asperellum* juga telah dilaporkan dapat menginduksi ketahanan tanaman *Quercus robur* melawan embuntepung (Oszako *et al.*, 2021). *Phytophthora nicotianae* pada tomat dilaporkan dapat dikendalikan dengan *T. asperellum* (Spada *et al.*, 2020).

T. asperellum dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung. Hal ini juga sesuai dengan banyak penelitian sebelumnya. *T. asperellum* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui peningkatan pertumbuhan akar yang lebih baik. Peningkatan pertumbuhan dapat terjadi dalam penyediaan hara yang lebih baik karena kehadiran *T. asperellum*. Singh *et al.* (2016) melaporkan bahwa *T. asperellum* dapat meningkatkan pertumbuhan kacang *pea*. Tanaman jagung dapat meningkat pertumbuhannya bila diaplikasi *T. asperellum* (Karuppiah *et al.*, 2019; Lopez-Coria *et al.*, 2016).

Aplikasi *T. asperellum* dapat bersinergis dengan aplikasi fungisida nabati. Dari hasil penelitian 4 dan 5 dapat diketahui bahwa *T. asperellum* dapat lebih efektif bila dikombinasikan dengan fungisida nabati yang sesuai. Hal ini karena adanya

sinergisme dalam mekanisme kerja antara *T. asperellum* dengan fungisida nabati yang sesuai. Telah diketahui bahwa *T. asperellum* dapat memproduksi metabolit sekunder salah satunya senyawa 6PP (Degani *et al.*, 2021; Vinale *et al.*, 2014). Senyawa 6PP dikenal sebagai senyawa antibiotik yang dapat menekan perkecambahan spora jamur (Khan *et al.*, 2020). Senyawa ini telah diketahui dapat didistribusikan sampai jarak yang jauh diduga sampai di daerah titik tumbuh. Sirih mengandung senyawa antijamur seperti kavikol dan hidroksikavikol, kemungkinan senyawa ini dapat sinergis dengan senyawa 6PP, sehingga perkecambahan *P. maydis* dapat tertekan dan gejala bulai tidak muncul.

Aplikasi *T. asperellum* dengan AMF (TaM) tidak dapat memberikan nilai tambah pada variabel keterjadian bahkan pada variabel keparahan tidak berbeda nyatadengan kontrol. Kenyataan ini sesuai dengan yang dilaporkan oleh Tchameni *et al.*(2011). Hal ini diduga disebabkan karena terjadi kompetisi antara *T. asperellum* dan AMF dalam pendudukan daerah perakaran, sehingga efek sinergis tidak nampak. Pada penelitian ini, aplikasi *Trichoderma* dan AMF dilakukan dalam waktu yang relatif bersamaan. Diduga kuat bahwa *T. asperellum* juga bersifat mikoparasit terhadap AMF. Kemungkinan kalao mikoriza diaplikasikan terlebih dahulu sampai kondisinya mantab, kemungkinan efek sinergisme akan kelihatan.

VIII. KESIMPULAN DAN SARAN UMUM

8.1 Kesimpulan

1. Sebanyak 10 isolat *Trichoderma* dengan kode NTF, GR, GS, GT, MA, POL, KTU, SH, TGN dan LT masuk ke dalam kelompok jamur *T. asperellum*, sedangkan 1 isolat (HA) tidak masuk ke dalam spesies *Trichoderma* yang telah diketahui dan diduga sebagai spesies baru dari *Trichoderma*.
2. Aplikasi tunggal *T. asperellum*, fungisida nabati dan mikoriza mampu menekan keterjadian penyakit dan keparahan penyakit bulai
3. Kombinasi *T. asperellum* + fungisida nabati serta *T. asperellum* + mikoriza (kombinasi *double*) mampu menekan keterjadian penyakit dan keparahan penyakit bulai yang lebih baik daripada aplikasi tunggal.
4. *T. asperellum* + fungisida nabati + mikoriza (kombinasi *triple*) mampu menekan keterjadian penyakit dan keparahan penyakit bulai yang lebih baik daripada aplikasi tunggal, setara dengan aplikasi *double*.

8.2 Saran

1. Perlu dilakukan investigasi lebih lanjut terhadap isolat HA untuk memastikan identitas spesiesnya.
2. Perlu dilakukan pengujian lapangan untuk memastikan kemampuan kombinasi *Trichoderma* + fungisida nabati dan atau mikoriza untuk mengendalikan penyakit bulai jagung.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfizar, Marlina, dan F. Susanti. 2013. Kemampuan Antagonis *Trichoderma* sp Terhadap Beberapa Jamur Patogen *In Vitro*. *Jurnal Floratek*. 8(1):45-51.
- Akhtar, M. S., dan Z. A. Siddiqui. 2008. Arbuscular mycorrhizal fungi as potential bioprotectants against plant pathogens. *In: Siddiqui ZA, Akhtar MS, Futai K (eds.) Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry*. Springer, New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8770-7_3.
- Ali, I., F. G. Khan, K. A. Suri, B. D. Gupta, S. K. Satti, P. Dutt, F. Afrin, G. N. Qazi, and I. A. Khan. 2010. *In vitro* antifungal activity of hydroxychavicol isolated from *Piper betle* L. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*. 9:7. <http://www.ann-clinmicrob.com/content/9/1/7>
- Ali, I., N. K. Satti, P. Dutt, R. Prasad, and I. A. Khan. 2016. Hydroxychavicol: A Phytochemical targeting cutaneous fungal infections. *Scientific Reports*. 6:37867. <https://doi.org/10.1038/srep37867>.
- Amalraj, A., A. Pius, and S. Gopi. 2017. Biological activities of curcuminoids, other biomolecules from turmeric and their derivatives. *Journal Tradit Complement Med*. 7 (2): 205-233. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.05.005>.
- Anugrah, F. M., dan F. Widiyanti. 2018. Pengaruh Fungisida Berbahan Aktif Metalaksil, Fenamidone, dan Dimetomorf Terhadap Konidia *Peronosclerospora* spp. Isolat Klaten. *Jurnal Penelitian Saintek*. 23(1): 28- 29.
- ASEAN Food Security Information System (AFSIS). 2013. *Statistics*. <http://www.afsisnc.org/statistics/>.
- Azcón, A. C., and J. M. Barea. 1996. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens-an overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza*. 6: 457-464. <https://doi.org/10.1007/s005720050147>.

- Badan Pusat Statistika (BPS). 2016. *Produksi Jagung Menurut Provinsi (ton), 1993-2015*. <https://www.bps.go.id>.
- Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura (BPTPH). 2011. *Laporan UPTD Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura*. Provinsi Lampung.
- Bains, S. S., and D. S. Dhaliwal. 1994. Downy mildew of mays. Pages: 212-234. In: US. Singh, UN. Mukhopadhyay, J. Kumar, and HS Chaube (eds.). *Plant Diseases of international Importance*. Vol 1: Diseases of cereal and pulses. Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ CABI. 2004. Crop protection compendium. 2004 edition.
- Balai Besar Peramalan Organisasi Pengganggu Tumbuhan (BBPOPT). 2017. *Laporan Tahunan BBPOPT 2017*. Karantina Pertanian. Karawang.
- Balbi, P. M. I., A. Becker, J. R. Stangarlin, G. Franzener, M. C. Lopes, and E. K. R. F. Schwan. 2006. Control of *Alternaria solani* in tomato by *Curcuma longa* extracts and curcumin-I in vitro evaluation. *Fitopatol Bras.* 31(3): 310-314. <https://doi.org/10.1590/S010041582006000400012>.
- Bantacut, T., M. T. Akbar, and Y. R. Firdaus. 2015. Corn development for food security, industry and economy. *Pangan.* 24(2): 135-148. <https://doi.org/10.33964/jp.v24i2.29>.
- Bardin, M., S. Ajouz, M. Comby, F. M. Lopez, B. Graillot, M. Siegwart, and P. C. Nicot. 2015. Is the efficacy of biological control against plant disease likely to be more durable than that of chemical pesticides?. *Front Plant Sci.* 6: 566. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00566>.
- Begum, N., C. Qin, M. A. Ahanger, S. Raza, M. I. Khan, M. Ashraf, N. Ahmed and L. Zhang. 2019. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation implication in abiotic stress tolerance. *Frontier in Plant Science.* 10: 1068.
- Benites, T., A. M. Rincon, M. C. Limon, and A. C. Codon. 2004. Biocontrol mechanism of *Trichoderma* strains. *International Microbiol.* 7: 249-260
- Błaszczuk, L., M. Siwulski, K. Sobieralski, J. Lisiecka, and M. Jedryczka. 2014. *Trichoderma* spp.-application and prospects for use in organic farming and industry. *Journal Plant Protection Research.* 54(4): 309-317. <https://doi.org/10.2478/jppr-2014-0047>.

- Burhanudin. 2009. Fungisida Metalaksil Tidak Efektif Menekan Penyakit Bulai (*Peronosclerospora maydis*) di Kalimantan Barat dan Alternatif Pengendaliannya. *Prosiding Seminar Nasional*.
- Burhanuddin. 2011. Identifikasi cendawan penyebab penyakit bulai pada tanaman jagung di Jawa Timur dan pulau Madura. *Suara Perlindungan Tanaman*. 1(1): 21-26.
- Burhanuddin. 2013. *Pengaruh Penyimpanan dan Frekuensi Inokulasi Suspensi Konidia Peronosclerospora Philipines Terhadap Infeksi Penyakit Bulai Pada Jagung*. Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Burhanudin. 2013. *Uji efektivitas fungisida saromil 35SD (b.a. Metalaksil) terhadap penyakit bulai (Peronosclerospora philippinensis) pada tanaman jagung*. Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian.
- Cameron, D. D., A. L. Neal, W. S. C. M. Van, and J. Ton. 2013. Mycorrhiza induced resistance: more than the sum of its parts?. *Trends Plant Sci*. 18(10): 539-545. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.06.004>.
- Chen, C., L. Long, F. Zhang, Q. Chen, C. Chen, X. Yu, Q. Liu, J. Bao, and Z. Long. 2018. Antifungal activity, main active components and mechanism of *Curcuma longa* extract against *Fusarium graminearum*. *PloS ONE*. 13(3): e0194284. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194284>.
- Contreras, C. H. A., R. L. Macías, P. C. Cortés, and B. J. López. 2009. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in arabidopsis. *Plant Physiol*. 149: 1579-1592. <https://doi.org/10.1104/pp.108.130369>.
- Cornejo, H. A. C., P. C. C. Rodriguez, and J. L. Bucio. 2009. *Trichoderma virens* plant beneficial fungus, Enhances Biomass Productio and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in arabidopsiss. *Plant Physiology*. 14(9): 1579-1592.
- Cowan, M. M.. 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*. 12: 564-582.
- Deising, H. B., S. Reimann, and S. F. Pascholati. 2008. Mechanisms and Significance of Fungicide Resistance. *Braz Journal Microbiol*. 39(2): 286-295.

- Degani, O., S. Khatib, P. Becher, A. Gordani, and R. Harris. 2021. *Trichoderma asperellum* Secreted 6-Pentyl- α -Pyrone to Control *Magnaportheopsis maydis*, the Maize Late Wilt Disease Agent. *Biology*. 10: 897. <https://doi.org/10.3390/biology10090897>.
- Diagne, N., M. Ngom, P. I. Djighlay, D. Fall, V. Hoher, and Svistoonoff. 2020. Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and performance: importance in biotic and abiotic stressed regulation. *Diversity*. 12(10): 370. <https://doi.org/10.3390/d12100370>.
- Djonovic, S., M. J. Pozo, L. J. Dangott, C. R. Howell, and C. M. Kenerley. 2007. Sm1, a proteinaceous elicitor secreted by the biocontrol fungus *Trichoderma virens* induces plant defense responses and systemic resistance. *Molecular Plant Microbe Interaction*. 19: 838–853.
- Donzelli, B. G., M. Lorito, F. Scala, and G. E. Harman. 2001. Cloning, sequence and structure of a gene encoding an antifungal glucan 1,3- α glucosidase from *Trichoderma atroviride* (*T. herzianum*). *Gene*. 27(7): 199-208.
- Elfina, Y., M. Ali, dan L. Aryanti. 2015. Uji beberapa konsentrasi ekstrak tepung daun sirih hutan (*Piper aduncum* L.) untuk mengendalikan penyakit antraknosa pada buah cabai merah pasca panen. *SAGU*. 14(2): 18-27.
- Elsharkawy, M. M., M. Shimizu, H. Takahashi, K. Ozaki, and M. Hyakumachi. 2013. Induction of Systemic Resistance against Cucumber mosaic virus in *Arabidopsis thaliana* by *Trichoderma asperellum* SKT-1. *The Plant Pathology Journal*. 29(2): 193-200. <http://doi.org/10.5423/PPJ.SI.07.2012.0117>.
- Erwin, D. C. 1983. Variability Within and Among Species of *Phytophthora*. In: Erwin DC, Bartnicki-Garcia S, and Tsao PH (Eds.) *Phytophthora Its Biology, Taxonomy, Ecology, and Pathology*. pp. 149-165. St. Paul. Minnesota.
- Ginting, C. 2006. Germination of *Hemileia vastatrix* uredospores on crude water extracts of zinger and turmeric rhizome and clove and Piper betle leaves. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 6(1): 3240. <http://doi.org/10.23960/j.hptt.1652-58>.
- Ginting, C. 2013. *Ilmu Penyakit Tumbuhan Konsep dan Aplikasi*. Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Lampung.

- Ginting, C., J. Prasetyo, S. R. Dirmawati, Ivayani, P. B. Timotiwu, T. Maryono, Widyastuti, D. I. R. Chafiska, A. Asyifa, E. Setyowati, and A. H. Z. Pasaribu. 2020. Identification of maize downey mildew pathogen in Lampung. *Annual Research and Review in Biology*. 35(7): 23-35. <http://doi.org/10.9734/ARRB/2020/v35i730244>.
- Gisi, U., and H. Sierotzki. 2008. Fungicides mode of action and resistance in downymildews. *Europe Jurnal Plant Pathology*. 122:157-167. <http://doi.org/10.1007/9781-4020-8973-212>.
- Goicoechea, N. 2020. Mycorrhizal Fungi as Bioprotectors of Crops Against Verticillium Wilt A Hypothetical Scenario Under Changing Environmental Conditions. *Plants*. 9: 1468.
- Gunaeni, N., A. W. Wulandari, dan A. Hudayya. 2015. Pengaruh bahan ekstrak tanaman terhadap pathogenesis related protein dan asam salisilat dalam menginduksi resistensi tanaman cabai merah terhadap virus kuning keriting. *Jurnal Hortikultura*. 25(2): 160-170.
- Guzman, P., T. M. D. Porras, M. V. Olmedo, E. A. Herrea. 2019. *Trichoderma* species versatile plant symbionts. *Phytopathology*. 109: 6-16.
- Hadiwiyono. 1999. *Jamur akar gada (Plasmodiophora brassicae Wor.): uji toleransi inang dan pengendaliannya secara hayati dengan Trichoderma*. Pp. 365–371 Dalam: Soedarmono T, Arwiyanto T, Donowidjojo S, Djatmiko HA, Utami DS, Prihatiningsih N, Pramono E, Manan A & Mugiastuti E, Penyunting. Prosiding Kongres Nasional XV dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia, Purwokerto, 16-18 September 1999.
- Hu, Y., J. Zhang, W. Kong, G. Zhao, and M. Yang. 2017. Mechanisms of antifungal and anti-aflatoxigenic properties of essential oil derived from turmeric (*Curcuma longa* L.) on *Aspergillus flavus*. *Food Chem*. 220: 1-8. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.179>.
- Isakeit, T., and J. Jaster. 2005. Texas has a new pathotype of *Peronosclerospora sorghi*, the cause of sorghum downymildew. *Plant Disease*. 89: 529.
- Jabran, K., Z. Ata, and M. Farooq. 2007. *Maize: cereal with variety of uses*. <https://www.dawn.com/news/236949/maize-cereal-with-a-variety-of-uses>.
- Jacott, C. N., Murray, J.D., and Ridout, C.J. 2017. Disease Resistance, Growth Responses and Perspectives for Crop Breeding. *Agronomy* 7 (75); <https://doi.org/10.3390/agronomy7040075>.

- Kabirun, S. 2002. Padi gogo response to arbuscular mycorrhizal fungi inoculation and phosphate fertilization in entisol. *Jurnal Ilmu Tanah & Lingkungan*. 3(2): 45-96.
- Kamal, R., Y. S. Gusain, I. P. Sharma, S. Sharma, and A. K. Sharma. 2015. Impact of arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus intraradices*, *Streptomyces* and *Pseudomonas* spp. strain on finger millet (*Eleusine coracana* L.) cv Korchara under water deficit condition. *African Journal of Biotechnology*. 14(48): 3219-3227. <https://doi.org/10.5897/AJB2015.14479>.
- Karrupiah, V., M. Vallikkanu, T. Ling, and J. Chen. 2019. Simultaneous and sequential based co-fermentations of *Trichoderma asperellum* GDFS1009 and *Bacillus amyloliquefaciens* 1841: a strategy to enhance the gene expression and metabolites to improve the bio-control and plant growth promoting activity. *Microbial Cell Factories*. 18: 185. <https://doi.org/doi.org/10.1186/s12934-019-1233-7>.
- Katan, T., and E. Bashi. 1981. Resistance to metalaxyl in isolates of *Pseudoperonospora cubensis*. the downy mildew pathogen of cucurbits. *Plant Disease*. 65: 798-800.
- Kazerooni, E. G., A. Sharif, H. Nawaz, R. Rehman, and S. Nisar. 2019. Maize (Corn)-A Useful Source of human nutrition and health: a critical review. *Intl J Chem Biochem Sci*. 15: 35-41.
- Khan, R. A. A., S. Najee, S. Hussain, B. Xie, and Y. Lie. 2020. Bioactive Secondary Metabolites from *Trichoderma* spp. against Phytopathogenic Fungi. *Microorganisms* 8,817. <https://doi.org/10.33908060817>
- Kuhn, O. J., R. L. Portz, J. R. Stangarlin, M. Del Águila, K. R. F. Schwan-Estrada, and G. Franzener. 2006. Effect of aqueous extract from turmeric (*Curcuma longa*) on *Xanthomonas axonopodis* pv. manihotis. *Semina: Ciênc Agrár*. 27 (1): <https://doi.org/13.10.5433/1679-0359.2006v27n1p13>
- Lamdant, N., S. Shalaby, T. Ziv, C. M. Kenerley, and B. A. Horwitz. 2015. Secretome of *Trichoderma* Interacting With Maize Roots: Role in Induced Systemic Resistance. *Molecular Cellular Proteomic*. 14: 1054-1063.
- Lee, W. and D. G. Lee. 2014. An antifungal mechanism of curcumin lies in membrane-targeted action within *Candida albicans*. *International Union of Biochemistry and Molecular Biology*. 66 (11): 780-785. <https://doi.org/10.1002/iub.1326>

- Liu, A., C. Hamel, R. I. Hamilton, B. L. Ma, D. L. Smith. 2000. Acquisition of Cu, Zn, Mn and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. *Mycorrhiza*. 9: 331-336.
<https://doi.org/10.1007/s005720050277>.
- Lopez-Coria, M., L. Hernandez-Mendoza, and N. S. Sanches. 2016. *Trichoderma asperellum* induces maize seedling growth by activating the plasma membrane H⁺ ATPase. *Molecular. Plant Microbe Interact.* 29(10): 797-806.
- Lukman, R., A. Afifudin, dan T. Lubberstedth. 2013. Unraveling the Genetic Diversity of Maize Downy Mildew in Indonesia. *Jurnal Plant Pathologi Microbiol.* 4: 162. <https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000162>
- Mamarabadi, M., A. Tanhaeian, and Y. Ramezany. 2018. Antifungal activity of recombinant thanathin in comparison with two plant extracts and a chemical mixture to control fungal plant pathogens. *AMB Express.* 8: 180. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0710-4>.
- Manila, S., Nelson, R. 2014. Biochemical changes induced in tomato as a result of arbuscular mycorrhizal fungal colonization and tomato wilt pathogen Infection. *Asian Jurnal Plant Science Research.* 4 (1): 62-68.
- McGrath, M. T., 2004. *What are fungicides.* The plant health instructor.
- Moghadamtousi, S. Z., H. A. Kadir, P. Hassandarvish, H. Tajik, S. Abubakar. And K. A. Zandi. 2014. Review on Antibacterial, Antiviral, and Antifungal Activity of Curcumin. *Biomed Research International.* Special issue: 186864. <https://doi.org/10.1155/2014/186864>
- Monte, E. 2001. Understanding *Trichoderma*: between biotechnology and microbial ecology. *International Microbiology* 4:1-4.
- Muis, A., M. B. Pabendon, N. Nonci, and W. B. Waskito. 2013. *Genetic Variability of Downy Mildew Pathogens Based on SSR Marker Analysis.* Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 32: 139-147.
- Muis, A., N. Nonci, N., and M. B. Pabendon. 2016. Geographical distribution of *Peronosclerospora* spp., the causal organism of maize downy mildew, in Indonesia. *AAB Bioflux.* 8(3): 143-155.

- Mukherjee, P. K., B. A. Horwitz, A. Herrera-Estrella, M. Schmoll, and C. Kenerley. 2013. *Trichoderma* research in the genome era. *Annual Review of Phytopathology*. 51: 105–129. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto082712-102353>.
- Musfal. 2010. Potential of mycorrhiza arbuscular fungus to increase corn crop yield. *Jurnal Litbang Pertanian*. 29(4): 154-158. <https://doi.org/10.25181/jppt.v14i3.161>.
- Nalina, T. dan Z. H. A. Rahim. A. 2006. Effect of *Piper betle* L. leaf extract on the virulence activity of *Streptococcus mutans*-An in vitro study. *Pak J Biologi Science*. 9 (8): 1470-1475. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2006.1470.1475>.
- Nayaka, N.M.D.M.W., M. M. Vernandes, M. M. V. Sasadara, D. Arymbhi, D. A. Sanjaya, P. E. S. K. Yuda, N. L. K. A. A. Dewi, Cahyaningsih, E., dan Hartati, R. 2021. *Piper betle* (L): Recent Review of Antibacterial and Antifungal Properties, Safety Profiles, and Commercial Applications. *Molecules* 2021(26): 2321. <https://doi.org/10.3390/molecules26082321>.
- Nega, A. 2014. Review on concepts in biological control of plant pathogens. *Jurnal Biologi Health*. 4 (27): 33-54.
- Nguyen, L.T.T., T. T. Nguyen, H. N. Nguyen, and Q. T. P. Bui. 2020. Simultaneous determination of active compounds in *Piper betle* Linn. leaf extract and effect of extracting solvents on bioactivity. *English Repository*. 2 (10): 1-8. <https://doi.org/10.1002/eng2.12246>.
- Oza, K., B. K. Jain. and B. Maitreya. 2021. Antifungal Activity of Turmeric (*Curcuma longa*) Rhizome against Different Fungi. *Indian Journal of Natural Sciences*. 11: 29014-29017.
- Oszako, T., D. Voitka, M. Stocki, N. Stocka, J. A. Nowakowska, A. Linkiewicz, T. Hsiang, L. Belbahri, D. Berezovska, and T. Malewski. 2021. *Trichoderma asperellum* efficiently protects *Quercus robur* leaves against *Erysiphe alphitoides*. *European Jurnal Plant Pathology* 159:295–308. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-02162-y>
- Pakki, S. dan R. Jaenudin. 2018. The effectiveness combination of resistance varieties and metalaksyl fungicide in controlling downy mildew disease (*Peronosclerospora maydis*) in maize plant. *Jurnal HPT Tropika*. 19(1): 42 – 51. <https://doi.org/10.23960/j.hppt.11942-51>

- Parapasan, Y., dan A. R. Gusta. 2014. Waktu dan cara aplikasi cendawan mikoriza arbuskular (CMA) pada pertumbuhan bibit tanaman kopi. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 13 (3): 203-208.
- Pawar, S., V. Kalyankar, B. Dhamangaonkar, S. Dagade, S. Waghmode, and A. Cukkemane. 2017. Biochemical profiling of antifungal activity of betel leaf (*Piper betle* L.) extract and its significance in traditional medicine. *Journal of Advance Research in Biotechnology*. 2(1): 4. <http://doi.org/10.15226/2475-4714/2/1/00116>.
- Pérez-de-Luque, A., S. Tille, I. Johnson, D. Pascual-Pardo, J. Ton, and D.D. Cameron. 2017. The interactive effects of arbuscular mycorrhiza and plant growth-promoting rhizobacteria synergistically enhance host plant defenses against pathogens. *Science Repository*. 7: 16409. <http://doi.org/10.1038/s41598017-16697-4>.
- Perumal, R., P. Nimmakayala, S. R. Erattaimuthu, E. G. No, U. Reddy, K. Prom, and C. W. W. 2008. Simple sequence repeat markers useful for sorghum downy mildew (*Peronosclerospora sorghi*) and related species. *BMC Genetica*. 9, 1-14. <http://doi.org/10.1186/1471-2156-9-77>.
- Prabowo, A. K. E., N. Prihatiningsih, dan L. Soesanto. 2006. Potensi *Trichoderma harzianum* dalam mengendalikan sembilan isolat *Fusarium oxysporum* Schlecht.f.sp. zingiberi Trujillo pada kencur. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 8(2): 76-84.
- Prasetyo, J. 2009. Recent Development in *Eco-friendly* Integrated Diseases Management for Various Crops. Pages:111-125 in *Proceeding of the 3rd International meeting for the Development of IPM in Asia and Africa*.
- Pudjihartati, E., Siswanto, I. Satriyas, dan Sudarsono. 2006. Aktivitas enzim kitinase pada kacang tanah yang sehat dan yang terinfeksi *Sclerotium rolfsii*. *Hayati*. 2 (13) : 73- 78.
- Puyam, A. 2016. Advent of *Trichoderma* as a bio-control agent-A review. *Jurnal Application National Science*. 8 (2): 1100-1109.
- Rahman, S., S. K. Biswas, N. C. Barman, and T. Ferdous. 2016. Plant extract as selective pesticide for integrated pest management. *Biotec Research Jurnal* 2 (1): 6-10.

- Ramírez-Olier, J., J. Trujillo-Salazar, V. Osorio-Echeverri, M. M. Jaramillo-Ciro, L. Botero. 2019. In vitro antagonism of *Trichoderma asperellum* against *Colletotrichum gloeosporioides*, *Curvularia lunata*, and *Fusarium oxysporum*. *Revista UIS Ingenierias*. 18 (2): 159-166. <http://doi.org/10.18273/revuin.v18n2-2019015>.
- Ranum, P., R. J. P. Pena, and C. M. N. Garcia. 2014. Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of New York Academy Sciences*. 1312: 105-112. <http://doi.org/10.1111/nyas.12396>.
- Rashid, Z., P. H. Zaidi, M. T. Vinayan, S. S. Sharma, and T. S. Setty. 2013. Downy mildew resistance in maize (*Zea mays L.*) across *Peronosclerospora* species in lowland tropical Asia. *Crop protection*. 43: 183-191.
- Rustiani, U. S., M. S. Sinaga, S. H. Hidayat, and S. Wiyono. 2015. Tiga spesies *Peronosclerospora* penyebab penyakit bulai jagung di Indonesia. *Berita Biologi*. 14: 29-37. <http://doi.org/10.14203/beritabiologi.v14i1.1860>.
- Sadoma, M. T., M. M. El-Moghazy, and S. M. El-Sayed. 2011. Biological control downy mildew diseases of maize caused by *Peronosclerospora sorghi* using certain biocontrol agents alone or in combination. *Journal of Agriculture Research Kafer El-Sheikh Univ*. 37(1).
- Saravanakumar, K., Y. Q. Li, C. J. Yu, Q. Q. Wang, M. Wang, J. N. Sun, J. X. Gao, and J. Chen. 2017. Effect of *Trichoderma harzianum* on maize rhizosphere microbiome and biocontrol of *Fusarium* stalk rot. *Scientific Reports*. 7: 1771.
- Schenck, N. C. 1982. *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. The American Phytopathological Society. USA.
- Sekarsari, R. A., J. Prasetyo, and T. Maryono. 2013. Effect of several botanical fungicides on downy mildew in sweet corn (*Zea mays saccharata*). *Journal of Tropical Agrotech*. 1(10): 98-101.
- Semangun, H. 2004. *Penyakit-Penyakit Tanaman Pangan di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Seyfferth, C., and K. Tsuda. 2014. Salicylic Acid Signal Transduction: The Initiation of Biosynthesis, Perception and Transcriptional Reprogramming. *Frontiers in Plant Science*. 5: 1–10.

- Shafawati, S. N., and S. Siddiquee. 2013. Composting of oil palm fibres and *Trichodermaspp.* as the biological control agent: A review. *Int Biodeterior Biodegr.* 85: 243-253. <http://doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.08.005>.
- Shah, T. R., K. Prasad, and P. Kumar. 2016. Maize a potential source of human nutrition and health: A review. *Cogent Food Agriculture.* 2(1): 1-9. <http://doi.org/10.1080/23311932.2016.1166995>.
- Siddaiah, C. N., N. R. Satyanarayana, V. Mudili, V. K. Gupta, S. Gurunathan, S. Rangappa, S. S. Huntrike, and R. K. Srivastava. 2017. Elicitation of resistance and associated defense responses in *Trichoderma hamatum* induced protection against pearl millet downy mildew pathogen. *Scientific Reports.* 7: 43991. <http://doi.org/10.1038/srep43991>.
- Silva, F., S. Ferreira, A. Duarte, D. I. Mendonça, F. C. Domingues. 2011. Antifungal activity of *Coriandrum sativum* essential oil, its mode of action against *Candida* species and potential synergism with amphotericin B. *Phytomedicine.* 19(1): 42-47. <http://doi.org/10.1016/j.phymed.2011.06.033>.
- Singh, R., B. K. Singh, R. S. Upadhyay, B. Rai, and L. S. Youn. 2002. Biological control of Fusarium wilt disease of pigeon pea. *Plant Pathology Journal.* 18(5): 279-283. <http://doi.org/I410-ECN-0101-2009-481-017566509>.
- Singh, V., R. S. Upadhyay, B. K. Sarma, and H. B. Singh. 2016. Seed bio-priming with *Trichoderma asperellum* effectively modulate plant growth promotion in pea. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology.* 9(3): 361-365. <http://doi.org/10.5958/2230-732X.2016.00047.4>.
- Slusarenko, A. J., A. Patel, and D. Portz. 2008. Control of plant diseases by natural products: Allicin from garlic as a case study. *European Journal of Plant Pathology.* 121, 313-322. <http://doi.org/10.1007/s10658-007-9232-7>.
- Soenartingsih dan A. Talanca. 2010. The spread of downy mildew (*Peronosclerospora maydis*) in corn in Kediri district In: Saenong S, Daud D, Amin N (eds). *Prosiding Seminar Ilmiah Dan Pertemuan Tahunan XX PEI-PFI Komda Sulsel. Balai Penelitian Tanaman Serealia Maros.* Maros.
- Song, Y., D. Chen, K. Lu, Z. Sun, and R. Seng. 2015. Enhanced tomato disease resistance primed by arbuscular mycorrhizal fungus. *Frontier in Plant Science.* 6: 786.

- Sood, M., D. Kapoor, V. Kumar, M. S. S. Sheteiwiy, M. Ramakrishnan, M. Landi, F. Araniti, and A. Sharma. 2020. *Trichoderma*: The "Secrets" of a multitaled biocontrol agent. *Plants*. 9(6): 1-25. <http://doi.org/10.3390/plants9060762>.
- Spada, L. F., C. Stracquadano, M. Riolo, A. Pane, and S. O. Cacciola. 2020. *Trichoderma* Counteracts the Challenge of *Phytophthora nicotianae* Infections on Tomato by Modulating Plant Defense Mechanisms and the Expression of Crinkler, Necrosis-Inducing *Phytophthora* Protein 1, and Cellulose-Binding Elicitor Lectin Pathogenic Effectors. *Frontier Plant Science*. 11: 1-16.
- Suharjo, R., I. G. Swibawa, J. Prasetyo, Y. Fitriana, Y. Danaatmadja, A. Budiawan, S. Roerts, N. Noorhajati, M. Ahmad, and M. Thines. 2020. *Peronosclerospora australiensis* is a synonym of *P. maydis*, which is widespread on Sumatra, and distinct from the most prevalent java maize downy mildew pathogen. *Mycological Progress*. 19(11): 1309-1315. <http://doi.org/10.1007/s11557-020-01628-x>.
- Subandi, M., S. Sudjadi, and D. Pasaribu. 1996. *Laporan hasil pemantauan penyakitbulai dan benih pada pertanaman jagung hibrida*.
- Suprpta, D. N., and K. Khalimi. 2009. Efficacy of Plant Extract Formulations to Suppress Stem Rot Disease on Vanilla Seedlings. *Journal Issaas*. 15(2): 34-41.
- Syahri dan T. Thamrin. 2011. *Potensi Pemanfaatan Cendawan Trichoderma spp. Sebagai Agens Pengendali Penyakit Tanaman di Lahan Rawa Lebak*. <http://hamsyahri.blogspot.com/2011/01/Trichoderma-spp.html>.
- Tahat, M. M., K. Sijam, and R. Othman. 2010. Mycorrhizal fungi as biocontrol agent. *Plant Pathology Journal*. 9(4): 198-207.
- Talanca, A. H. 2010. *Status Cendawan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) Pada Tanaman*. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Sulawesi Selatan.
- Talanca, A. H. 2011. *Reaksi Beberapa Varietas Jagung Hibrida terhadap Penyakit Bulai*. Balai Penelitian tanaman Serealia.
- Tanklevska, N., V. Petrenko, A. Karnaushenko, and K. Melnykova. 2020. World corn market: analysis, trends and prospects of its deep processing. *Agric Resour Econ*. 6(3): 96-111. <http://doi.org/10.22004/ag.econ.305555>.

- Taribuka, J., S. Christanti, S. M. Widyastuti, and A. Wibowo. 2016. Ekplorasi dan identifikasi *Trichoderma* endofitik pada pisang. *Jurnal HPT Tropika*. 16(2) : 115-123.
- Thompson, J. D., D. G. Higgins, and T. J. Gibson. 1994. CLUSTALW: *Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice*. *Nucleic Acids Research*. 22:4673-460.
- Tjamos, E. C., G. C. Papavizas, and R. J. Cook. 1992. *Biological Control of Plant Diseases Progress and challenges for the future*. Plenum Press. New York.
- Ulhaq, M. A., dan R. Masnilah. 2019. Pengaruh Penggunaan Beberapa Varietas dan Aplikasi *Pseudomonas fluorescens* untuk Mengendalikan Penyakit Bulai (*Peronosclerospora maydis*) pada Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Pengendalian Hayati*. 2(1):1-9. <https://doi.org/10.19184/jph.v2i1.17131>.
- Van, W. S. C. M., D. E. S. Van, and C. M. J. Pieterse. 2008. Plant immune responses triggered by beneficial microbes. *Current Opinion in Plant Biology*. 11: 443-448.
- Vargas, A., Mandawe, J. C., and Kenerley, C. M. 2009. Plant-Derived Sucrose Is a Key Element in the Symbiotic Association between *Trichoderma virens* and Maize Plants. *Plant Physiology*. 151(2): 792-808.
- Vinale, F., Sivasithamparan, K., Emilio, L., GHSIalberti, E. L., Sheridan, L., Woo, S. L., Nigro, M., Marra, R., Lombardi, N., Pascale, A., Ruocco, M., Lanzuise, S., Manganiello, G., and Lorito, M. 2014. *Trichoderma* Secondary Metabolites Active on Plants and Fungal Pathogens. *The Open Mycology Journal*. 8:(Suppl-1, M5) 127-139.
- Walter, D. S., Ratsep, J., and Havis, N. D. 2013. Controlling crop diseases using induced resistance: challenges for the future. *Journal of Experimental Botany*. 64(5): 1263-80. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert026>.
- Wakman, W., Pakki, S., dan Kontong, S. 2007. Evaluasi ketahanan varietas/galur jagung terhadap penyakit bulai. *Laporan Tahunan Kelompok Peneliti Hama dan Penyakit*. Balitsereal, Maros. p.121.
- Watts-Williams, S. J., Smith, F. A., McLaughlin, M. J., Patti, A.F., and Cavagnaro, T.R. 2015. How important is the mycorrhizal pathway for plant Zn uptake. *Plant Soil*. 390(1): 157-166. <http://doi.org/10.1007/s11104-0142374-4>.

Whipps, J. M. 2004. Prospects and limitations for mycorrhizas in biocontrol of root pathogens. *Canadian Journal Botnica*. 82: 1198-1227. <http://doi.org/10.1139/b04-082>.

White, T. J., T. Bruns, S. Lee, and J. W. Taylor. 1990. *Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics*. Pp. 315-322 In: *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*, eds. Innis, M.

A., D. H. Gelfand, J. J. Sninsky, and T. J. White. *Academic Press, Inc.*, New York.

Yudha, M. K., Soesanto, L., dan Mugiastuti, E. 2016. Pemanfaatan empat isolat *Trichoderma* sp. untuk mengendalikan penyakit akar gada pada tanaman caisin. *Jurnal Kultivasi*. 15 (3): 143-15.

LAMPIRAN

Tabel 9. Data asli masa inkubasi penyakit bulai jagung

Perlakuan	Kelompok			
	1	2	3	4
T0	28	25	23	26
T1	35	31	33	32
T2	22	35	33	35
T3	35	35	35	32
T4	35	32	35	35
T5	35	29	32	35
T6	28	27	35	25

Tabel 10. Data transformasi masa inkubasi penyakit bulai jagung

Perlakuan	Kelompok			
	1	2	3	4
T0	5,34	5,05	4,85	5,15
T1	5,96	5,61	5,79	5,70
T2	4,74	5,96	5,79	5,96
T3	5,96	5,96	5,96	5,70
T4	5,96	5,70	5,96	5,96
T5	5,96	5,43	5,70	5,96
T6	5,34	5,24	5,96	5,05

Tabel 11. Uji homogenitas data masa inkubasi penyakit bulai jagung

Perlakuan	I	II	III	IV	Total	(n-1)	Rerata (y)	$\sum(y_i - \bar{y})^2$	S ²	Log S ²	(n-1) Log S ²	1/(n-1)	1/ $\sum 1/(n-1)$
T0	5,34	5,05	4,85	5,15	20,38	6	5,10	0,13	0,04	-1,38	-8,27	0,17	
T1	5,96	5,61	5,79	5,70	23,06	6	5,76	0,07	0,02	-1,66	-9,98	0,17	
T2	4,74	5,96	5,79	5,96	22,45	6	5,61	1,03	0,34	-0,47	-2,80	0,17	
T3	5,96	5,96	5,96	5,70	23,58	6	5,89	0,05	0,02	-1,78	-10,69	0,17	
T4	5,96	5,70	5,96	5,96	23,58	6	5,89	0,05	0,02	-1,78	-10,69	0,17	
T5	5,96	5,43	5,70	5,96	23,05	6	5,76	0,19	0,06	-1,20	-7,19	0,17	
T6	5,34	5,24	5,96	5,05	21,59	6	5,40	0,46	0,15	-0,81	-4,87	0,17	
Total	39,25	38,95	40,00	39,47	157,68	42		1,97			-42,42	1,17	0,86
Poling						7			21,35	1,33	55,83		

S ² gab=	0,09	LOG S2	-1,03
B=	-43,19	B	0,66
Xhitung=	-1,77	KK	5,77
Xtabel=	12,59		
Kesimpulan	HOMOGEN		

Tabel 12. Analisis ragam data masa inkubasi penyakit bulai jagung

SK	db	JK	KT	F hitung	F Tabel
Perlakuan	6	1,18	5,10	0,81	2,66
Kelompok	3	0,15	20,61	3,26	3,16
Galat	18	2,85	6,32		
Total	27	4,02			

Tabel 13. Uji BNT data masa inkubasi penyakit bulai jagung

Perlakuan	Masa inkubasi penyakit bulai (hari)
T0	25,5 (5,10) c
T1	22,75 (5,76) ab
T2	31,25 (5,61) ab
T3	34,25 (5,89) a
T4	34,25 (5,89) a
T5	32,75 (5,76) ab
T6	28,75 (5,40) bc
BNT 5%	0,48

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5% (α 0,05). Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Tabel 14. Data asli keterjadian penyakit bulai jagung 28 HSI

Perlakuan	Kelompok			
	1	2	3	4
T0	33,33	66,66	66,66	50
T1	0	16,66	16,66	16,66
T2	66,66	0	16,66	0
T3	0	0	0	16,66
T4	16,66	16,66	0	0
T5	0	33,33	16,66	0
T6	33,33	50	0	66,66

Tabel 15. Data transformasi keterjadian penyakit bulai jagung 28 HSI

Perlakuan	Kelompok			
	1	2	3	4
T0	2,51	2,95	2,95	2,76
T1	1,10	2,15	2,15	2,15
T2	2,95	1,10	2,15	1,10
T3	1,10	1,10	1,10	2,15
T4	2,15	2,15	1,10	1,10
T5	1,10	2,51	2,15	1,10
T6	2,51	2,76	1,10	2,95

Tabel 16. Uji homogenitas data keterjadian penyakit jagung 28 HSI

Perlakuan	I	II	III	IV	Total	(n-1)	Rerata (y)	$\sum(y_i - \bar{y})^2$	S ²	Log S ²	(n-1) Log S ²	1/(n-1)	1/ $\sum 1/(n-1)$
T0	2,51	2,95	2,95	2,76	11,17	6	2,79	0,13	0,04	-1,37	-8,22	0,17	
T1	1,10	2,15	2,15	2,15	7,56	6	1,89	0,84	0,28	-0,55	-3,33	0,17	
T2	2,95	1,10	2,15	1,10	7,30	6	1,83	2,43	0,81	-0,09	-0,55	0,17	
T3	1,10	1,10	1,10	2,15	5,45	6	1,36	0,84	0,28	-0,55	-3,33	0,17	
T4	2,15	2,15	1,10	1,10	6,51	6	1,63	1,12	0,37	-0,43	-2,58	0,17	
T5	1,10	2,51	2,15	1,10	6,87	6	1,72	1,59	0,53	-0,28	-1,65	0,17	
T6	2,51	2,76	1,10	2,95	9,32	6	2,33	2,12	0,71	-0,15	-0,91	0,17	
Total	13,43	14,73	12,71	13,31		42		9,05			-18,01	1,17	0,86
Poling						7			4,64	0,67	28,00		

S ² gab=	0,43	LOG S2	-0,37
B=	-15,36	B	3,02
Xhitung=	6,10	KK	34,09
Xtabel=	12,59		
Kesimpulan	HOMOGEN		

Tabel 17. Analisis ragam data keterjadian penyakit bulai jagung 28 HSI

SK	db	JK	KT	F hitung	F Tabel
Perlakuan	6	3,14	1,91	1,21	2,66
Kelompok	3	0,5	5,55	3,51	3,16
Galat	18	11,41	1,58		
Total	27	14,55			

Tabel 18. Uji BNT data keterjadian penyakit bulai jagung 28 HSI

Perlakuan	Keterjadian penyakit 28 HSI
T0	54.17 (2,79) a
T1	12,50 (1,89) abc
T2	20.83 (1,83) abc
T3	4.17 (1,36) abc
T4	8.33 (1,63) abc
T5	12.50 (1,72) abc
T6	37.50 (2,33) ab
BNT 5%	0,97

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5% (α 0,05). Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Tabel 19. Data asli keparahan penyakit bulai jagung 28 HSI

Perlakuan	Kelompok			
	I	II	III	IV
T0	26,09	37,74	42,15	41,9
T1	0	11,67	10	10
T2	41,22	0	7,8	0
T3	0	0	0	8,51
T4	41,22	2,22	0	0
T5	0	19,67	10,3	0
T6	25,46	21,11	0	4,53

Tabel 20. Data transformasi keparahan penyakit bulai jagung 28 HSI

Perlakuan	Kelompok			
	I	II	III	IV
T0	2,38	2,59	2,65	2,65
T1	1,10	2,00	1,93	1,93
T2	2,64	1,10	1,84	1,10
T3	1,10	1,10	1,10	1,87
T4	2,64	1,47	1,10	1,10
T5	1,10	2,23	1,95	1,10
T6	2,37	2,27	1,10	1,66

Tabel 21. Uji homogenitas data keparahan penyakit bulai jagung 28 HSI

Perlakuan	I	II	III	IV	Total	(n-1)	Rerata (y)	$\sum (y_i - \bar{y})^2$	S ²	Log S ²	(n-1)Log S ²	1/(n-1)	1/ $\sum 1/(n-1)$
T0	2,38	2,59	2,65	2,65	10,26	6	2,57	0,05	0,02	-1,78	-10,69	0,17	
T1	1,10	2,00	1,93	1,93	6,96	6	1,74	0,55	0,18	-0,73	-4,41	0,17	
T2	2,64	1,10	1,84	1,10	6,67	6	1,67	1,62	0,54	-0,27	-1,61	0,17	
T3	1,10	1,10	1,10	1,87	5,17	6	1,29	0,45	0,15	-0,83	-4,96	0,17	
T4	2,64	1,47	1,10	1,10	6,30	6	1,58	1,60	0,53	-0,27	-1,65	0,17	
T5	1,10	2,23	1,95	1,10	6,38	6	1,59	1,02	0,34	-0,47	-2,80	0,17	
T6	2,37	2,27	1,10	1,66	7,39	6	1,85	1,04	0,35	-0,46	-2,75	0,17	
Total	13,32	12,75	11,67	11,41		42		6,33			-23,31	1,17	0,86
Poling						7			6,63	0,82	34,51		

S ² _{gab} =	0,30	LOG S ²	-0,52
B=	-21,87	B	2,11
X _{hitung} =	3,31	KK	31,25
X _{tabel} =	12,59		
Kesimpulan	HOMOGEN		

Tabel 22. Analisis ragam data keparahan penyakit bulai jagung 28 HSI

SK	db	JK	KT	F hitung	F Tabel
Perlakuan	6	2,16	2,77	1,23	2,66
Kelompok	3	0,6	4,93	2,18	3,16
Galat	18	7,95	2,26		
Total	27	10,12			

Tabel 23. Uji BNT data keparahan penyakit bulai jagung 28 HSI

Perlakuan	Keparahan penyakit 28 HSI
T0	36.97 (2,57) a
T1	7.91 (1,74) ab
T2	12.25 (1,67) ab
T3	2.12 (1,29) ab
T4	10.86 (1,58) ab
T5	7.49 (1,59) ab
T6	12.77 (1,85) ab
BNT 5%	0,80

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5% (α 0,05). Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Tabel 24. Data asli keterjadian penyakit bulai jagung 35 HSI

Perlakuan	Kelompok			
	1	2	3	4
T0	33,33	66,66	66,66	50
T1	0	16,66	16,66	16,66
T2	66,66	0	16,66	0
T3	0	0	0	16,66
T4	16,66	16,66	0	0
T5	0	33,33	16,66	0
T6	33,33	66,66	0	66,66

Tabel 27. Analisis ragam data keterjadian penyakit bulai jagung 35 HSI

SK	db	JK	KT	F hitung	F Tabel
Perlakuan	6	3,23	1,86	1,20	2,66
Kelompok	3	0,7	4,54	2,94	3,16
Galat	18	11,66	1,54		
Total	27	14,90			

Tabel 28. Uji BNT data keterjadian penyakit bulai jagung 35 HSI

Perlakuan	Keterjadian penyakit 35 HSI
T0	54.17 (2,79) a
T1	12,50 (1,89) abc
T2	20.83 (1,83) abc
T3	4.17 (1,36) abc
T4	8.33 (1,63) abc
T5	12.50 (1,72) abc
T6	37.50 (2,33) ab
BNT 5%	0,97

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5% (α 0,05). Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Tabel 29. Data asli keparahan penyakit bulai jagung 35 HSI

Perlakuan	Kelompok			
	1	2	3	4
T0	31,29	54,85	60,59	46,52
T1	0	13,75	12,22	14,07
T2	54,6	0	13,7	0
T3	0	0	0	13,7
T4	54,6	4,07	0	0
T5	0	29,14	12,82	0
T6	30,44	31,49	0	9,39

Tabel 32. Analisis ragam data keparahan penyakit bulai jagung 35 HSI

SK	db	JK	KT	F hitung	F Tabel
Perlakuan	6	2,55	2,35	1,32	2,66
Kelompok	3	0,6	4,79	2,68	3,16
Galat	18	10,09	1,78		
Total	27	12,64			

Tabel 33. Uji BNT data keparahan penyakit bulai jagung 35 HSI

Perlakuan	Keparahan penyakit 35 HSI
T0	48.31 (2,48) a
T1	10.01 (1,81) ab
T2	17.07 (1,77) b
T3	3.42 (1,34) b
T4	14.67 (1,66) b
T5	10.49 (1,67) b
T6	17.83 (1,99) ab
BNT 5%	0,91

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5% (α 0,05). Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Tabel 34. Data asli tinggi tanaman jagung 4 MST

Perlakuan	Kelompok			
	1	2	3	4
T0	94,78	105,67	97,4	119,15
T1	105,3	105	113,2	125,8
T2	97	105,17	105,17	117,68
T3	109,33	110,42	110,42	112,52
T4	107,17	112,5	119	138,57
T5	90,46	104,83	104,83	118,13
T6	114,5	88,91	88,91	95,26

Tabel 35. Data transformasi tinggi tanaman jagung 4 MST

Perlakuan	Kelompok			
	1	2	3	4
T0	9,76	10,30	9,89	10,94
T1	10,29	10,27	10,66	11,24
T2	9,87	10,28	10,28	10,87
T3	10,48	10,53	10,53	10,63
T4	10,38	10,63	10,93	11,79
T5	9,54	10,26	10,26	10,89
T6	10,72	9,46	9,46	9,79

Tabel 36. Uji homogenitas data tinggi tanaman jagung 4 MST

Perlakuan	I	II	III	IV	Total	(n-1)	Rerata (y)	$\sum(y_i-\bar{y})^2$	S ²	Log S ²	(n-1)Log S ²	1/(n-1)	1/ $\sum 1/(n-1)$
T0	9,76	10,30	9,89	10,94	40,90	6	10,22	0,84	0,28	-0,55	-3,32	0,17	
T1	10,29	10,27	10,66	11,24	42,46	6	10,61	0,62	0,21	-0,69	-4,12	0,17	
T2	9,87	10,28	10,28	10,87	41,30	6	10,33	0,51	0,17	-0,77	-4,64	0,17	
T3	10,48	10,53	10,53	10,63	42,17	6	10,54	0,01	0,00	-2,40	-14,39	0,17	
T4	10,38	10,63	10,93	11,79	43,73	6	10,93	1,14	0,38	-0,42	-2,52	0,17	
T5	9,54	10,26	10,26	10,89	40,96	6	10,24	0,92	0,31	-0,51	-3,08	0,17	
T6	10,72	9,46	9,46	9,79	39,42	6	9,86	1,08	0,36	-0,44	-2,67	0,17	
Total	71,04	71,74	72,02	76,15		42		5,11			-28,99	1,17	0,86
	Poling						7			8,21	0,91	38,41	

S ² gab=	0,24	LOG S ²	-0,61
B=	-25,77	B	1,70
Xhitung=	7,42	KK	4,74
Xtabel=	12,59		
Kesimpulan	HOMOGEN		

Tabel 37. Analisis ragam data tinggi tanaman jagung 4 MST

SK	db	JK	KT	F hitung	F Tabel
Perlakuan	6	1,62	3,70	1,30	2,66
Kelompok	3	4,0	0,75	0,26	3,16
Galat	18	6,33	2,84		
Total	27	7,95			

Tabel 38. Uji BNT data tinggi tanaman jagung 4 MST

Perlakuan	Tinggi tanaman 4 MST
T0	104.25 (10,22) ab
T1	112.32 (10,61) a
T2	106.25 (10,33) ab
T3	110.673 (10,54) ab
T4	119.31 (10,93) a
T5	104.53 (10,24) ab
T6	96.90 (9,86) ab
BNT 5%	0,72

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5% (α 0,05). Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Tabel 39. Data asli bobot kering tajuk tanaman jagung

Perlakuan	Kelompok			
	1	2	3	4
T0	21,3	25,27	29,1	16,5
T1	26,6	21,98	21	28,87
T2	23,32	23,47	24,09	24,02
T3	29,33	33,17	34,8	28,72
T4	23,17	21,33	29,1	26,95
T5	22,62	22,5	23,4	22,55
T6	26,3	23,63	24,3	24,9

Tabel 42. Analisis ragam data bobot kering tajuk tanaman jagung

SK	db	JK	KT	F hitung	F Tabel
Perlakuan	6	1,10	5,43	0,85	2,66
Kelompok	3	0,3	9,28	1,45	3,16
Galat	18	2,82	6,38		
Total	27	3,93			

Tabel 43. Uji BNT data bobot kering tajuk tanaman jagung

Perlakuan	Bobot kering tajuk (gram)
T0	23,04 (4,83) b
T1	24,61 (5,00) b
T2	23,72 (4,92) b
T3	31,51 (5,65) a
T4	25,14 (5,05) b
T5	22,77 (4,82) b
T6	24,78 (5,03) b
BNT 5%	0,47

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5% (α 0,05). Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Tabel 44. Data asli masa inkubasi penyakit bulai jagung

Perlakuan	Kelompok		
	1	2	3
T0F0	12.83	12.83	11.17
T1F1	21.33	18.5	16.17
T1F2	23.5	21.33	26.67
T1F3	21.33	26.67	25.17
T1F4	26.33	26.5	16.5
T1F5	19.67	23.17	15.5
T1F6	30	26.67	24
T2F1	23.67	22.83	30
T2F2	23.83	12.5	27.5
T2F3	28.33	26.5	20.5
T2F4	26.17	17.5	233.5
T2F5	21.83	24.67	26.83
T2F6	23.5	23.3	19.33

Tabel 45. Data transformasi masa inkubasi penyakit bulai jagung

Perlakuan	Kelompok		
	1	2	3
T0F0	2.04	2.04	1.98
T1F1	2.27	2.20	2.14
T1F2	2.32	2.27	2.39
T1F3	2.27	2.39	2.36
T1F4	2.38	2.39	2.15
T1F5	2.23	2.32	2.12
T1F6	2.45	2.39	2.33
T2F1	2.33	2.31	2.45
T2F2	2.33	2.03	2.41
T2F3	2.42	2.39	2.25
T2F4	2.38	2.18	3.97
T2F5	2.29	2.35	2.39
T2F6	2.32	2.32	2.23

Tabel 46. Uji homogenitas data masa inkubasi penyakit bulai jagung

Perlakuan	I	II	III	(n-1)	Rerata (y)	$\sum(y_i-\bar{y})^2$	S ²	LogS ²	(n-1)Log S ²	1/(n-1)	1/ $\sum 1/(n-1)$
T0F0	2.04	2.04	1.98	12.00	2.02	0.00	0.00	-2.94	-35.32	0.08	
T1F1	2.27	2.20	2.14	12.00	2.21	0.01	0.00	-2.35	-28.21	0.08	
T1F2	2.32	2.27	2.39	12.00	2.33	0.01	0.00	-2.47	-29.66	0.08	
T1F3	2.27	2.39	2.36	12.00	2.34	0.01	0.00	-2.44	-29.32	0.08	
T1F4	2.38	2.39	2.15	12.00	2.31	0.04	0.02	-1.74	-20.83	0.08	
T1F5	2.23	2.32	2.12	12.00	2.22	0.02	0.01	-2.02	-24.22	0.08	
T1F6	2.45	2.39	2.33	12.00	2.39	0.01	0.00	-2.45	-29.35	0.08	
T2F1	2.33	2.31	2.45	12.00	2.36	0.01	0.01	-2.20	-26.44	0.08	
T2F2	2.33	2.03	2.41	12.00	2.25	0.08	0.04	-1.39	-16.71	0.08	
T2F3	2.42	2.39	2.25	12.00	2.35	0.02	0.01	-2.11	-25.26	0.08	
T2F4	2.38	2.18	3.97	12.00	2.84	1.94	0.97	-0.01	-0.17	0.08	
T2F5	2.29	2.35	2.39	12.00	2.34	0.01	0.00	-2.54	-30.43	0.08	
T2F6	2.32	2.32	2.23	12.00	2.29	0.01	0.00	-2.51	-30.16	0.08	
Total				156.00		2.15			-143.33	1.08	0.92
Poling				13.00			72.67	1.86	290.37		

S ² _{gab} =	0.08	LOG S ²	-1.08
B=	-168.98	B	1.07
X _{hitung} =	-59.04	KK	12,50
X _{tabel} =	21.03		
Kesimpulan	HOMOGEN		

Tabel 47. Analisis ragam data masa inkubasi penyakit bulai jagung

SK	db	JK	KT	F hitung	F Tabel
Perlakuan	12	0.28	43.11	5.76	2.02
Kelompok	3	0.46	6.53	0.87	3.03
Galat	23	3.07	7.48		
Total	38	3.35			

Tabel 48. Uji BNT data masa inkubasi penyakit bulai jagung

Perlakuan	Masa Inkubasi (hari)
T0F0	12.28 (2.02) b
T1F1	18.67 (2.21) b
T1F2	23.83 (2.33) b
T1F3	24.39 (2.34) b
T1F4	23.11 (2.31) b
T1F5	19.44 (2.22) b
T1F6	26.89 (2.39) ab
T2F1	25.50 (2.36) ab
T2F2	21.28 (2.25) b
T2F3	25.11 (2.35) ab
T2F4	92.39 (2.84) a
T2F5	24.44 (2.34) b
T2F6	22,04 (2.29) b
BNT 5%	0,49

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5% (α 0,05). Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Tabel 49. Data asli keterjadian penyakit bulai jagung

Perlakuan	Kelompok		
	1	2	3
T0F0	100	8.33	100
T1F1	50	66.67	16.67
T1F2	33.33	50	16.67
T1F3	50	16.67	33.33
T1F4	16.67	16.67	66.67
T1F5	50	33.3	83.3
T1F6	0	16.67	3.33
T2F1	33.3	50	0
T2F2	33.33	50	66.67
T2F3	16.67	33.33	50
T2F4	16.67	66.67	33.33
T2F5	50	33.33	16.67
T2F6	33.33	83.33	66.67

Tabel 50. Data transformasi keterjadian penyakit bulai jagung 3 MSI

Perlakuan	Kelompok		
	1	2	3
T0F0	3.24	1.86	3.24
T1F1	2.76	2.95	2.15
T1F2	2.51	2.76	2.15
T1F3	2.76	2.15	2.51
T1F4	2.15	2.15	2.95
T1F5	2.76	2.51	3.11
T1F6	1.10	2.15	1.57
T2F1	2.51	2.76	1.10
T2F2	2.51	2.76	2.95
T2F3	2.15	2.51	2.76
T2F4	2.15	2.95	2.51
T2F5	2.76	2.51	2.15
T2F6	2.51	3.11	2.95

Tabel 51. Uji homogenitas data keterjadian penyakit bulai jagung 3 MSI

Perlakuan	I	II	III	(n-1)	Rerata (y)	$\sum(y_i - \bar{y})^2$	S ²	LogS ²	(n-1) Log S ²	1/ (n-1)	1/ $\sum 1/(n-1)$
T0F0	3.24	1.86	3.24	12	2.78	1.27	0.64	-0.20	-2.36	0.08	
T1F1	2.76	2.95	2.15	12	2.62	0.34	0.17	-0.77	-9.18	0.08	
T1F2	2.51	2.76	2.15	12	2.48	0.18	0.09	-1.04	-12.44	0.08	
T1F3	2.76	2.15	2.51	12	2.48	0.18	0.09	-1.04	-12.44	0.08	
T1F4	2.15	2.15	2.95	12	2.42	0.42	0.21	-0.68	-8.13	0.08	
T1F5	2.76	2.51	3.11	12	2.79	0.18	0.09	-1.05	-12.59	0.08	
T1F6	1.10	2.15	1.57	12	1.61	0.56	0.28	-0.55	-6.63	0.08	
T2F1	2.51	2.76	1.10	12	2.12	1.60	0.80	-0.10	-1.15	0.08	
T2F2	2.51	2.76	2.95	12	2.74	0.10	0.05	-1.32	-15.86	0.08	
T2F3	2.15	2.51	2.76	12	2.48	0.18	0.09	-1.04	-12.44	0.08	
T2F4	2.15	2.95	2.51	12	2.54	0.32	0.16	-0.80	-9.61	0.08	
T2F5	2.76	2.51	2.15	12	2.48	0.18	0.09	-1.04	-12.44	0.08	
T2F6	2.51	3.11	2.95	12	2.86	0.19	0.09	-1.02	-12.29	0.08	
Total				156		5.71			-44.54	1.08	0.92
Poling				13			27.30	1.44	224.04		

S ² gab=	0.22	LOG S2	-0.66
B=	-102.64	B	2.86
Xhitung=	-133.78	KK	18,82
Xtabel=	21.03		
Kesimpulan	HOMOGEN		

Tabel 52. Analisis ragam data keterjadian penyakit bulai jagung 3 MSI

SK	db	JK	KT	F hitung	F Tabel
Perlakuan	12	0.10	118.70	49.32	2.02
Kelompok	3	0.30	10.04	4.17	3.03
Galat	23	9.56	2.41		
Total	38	9.66			

Tabel 53. Uji BNT data keterjadian penyakit bulai jagung 3 MSI

Perlakuan	Keterjadian Penyakit (%)
T0F0	69.44 (2.78) a
T1F1	44.45 (2.62) a
T1F2	33.33 (2.48) a
T1F3	33.33 (2.48) a
T1F4	33.33 (2.42) a
T1F5	55.53 (2.79) a
T1F6	6.67 (1.61) b
T2F1	27.77 (2.12) ab
T2F2	50.00 (2.74) a
T2F3	33.33 (2.48) a
T2F4	38.89 (2.54) a
T2F5	33.33 (2.48) a
T2F6	61.11 (2.86) a
BNT 5%	0,79

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5% (α 0,05). Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Tabel 54. Data asli tinggi tanaman jagung 4 MST

Perlakuan	Kelompok		
	1	2	3
T0F0	56.63	56.88	58.72
T1F1	100.37	89.03	103.08
T1F2	96.57	92.35	90.17
T1F3	87.2	97.85	94.37
T1F4	93.43	96.48	93.28
T1F5	89.12	78.13	94.7
T1F6	74.6	95.63	106.78
T2F1	89.87	93.9	100.37
T2F2	79.92	99.75	94.78
T2F3	103.83	100.2	108.45
T2F4	98.27	96.85	100.42
T2F5	98.58	96.38	102.33
T2F6	89.18	79.33	98.4

Tabel 55. Data transformasi tinggi tanaman jagung 4 MST

Perlakuan	Kelompok		
	1	2	3
T0F0	2.84	2.84	2.86
T1F1	3.25	3.16	3.27
T1F2	3.22	3.18	3.17
T1F3	3.14	3.23	3.20
T1F4	3.19	3.22	3.19
T1F5	3.16	3.06	3.20
T1F6	3.03	3.21	3.30
T2F1	3.16	3.20	3.25
T2F2	3.08	3.24	3.20
T2F3	3.27	3.25	3.31
T2F4	3.23	3.22	3.25
T2F5	3.23	3.22	3.26
T2F6	3.16	3.07	3.23

Tabel 56. Uji homogenitas data tinggi tanaman jagung 4 MST

Perlakuan	I	II	III	(n-1)	Rerata (y)	$\sum(y_i-\bar{y})^2$	S ²	Log S ²	(n-1) Log S ²	1/(n-1)	1/ $\sum 1/$ (n-1)
T0F0	2.84	2.84	2.86	12	2.85	0.00	0.00	-3.76	-45.17	0.08	
T1F1	3.25	3.16	3.27	12	3.22	0.01	0.00	-2.45	-29.45	0.08	
T1F2	3.22	3.18	3.17	12	3.19	0.00	0.00	-3.16	-37.93	0.08	
T1F3	3.14	3.23	3.20	12	3.19	0.00	0.00	-2.71	-32.48	0.08	
T1F4	3.19	3.22	3.19	12	3.20	0.00	0.00	-3.68	-44.18	0.08	
T1F5	3.16	3.06	3.20	12	3.14	0.01	0.01	-2.28	-27.35	0.08	
T1F6	3.03	3.21	3.30	12	3.18	0.04	0.02	-1.73	-20.74	0.08	
T2F1	3.16	3.20	3.25	12	3.20	0.00	0.00	-2.75	-32.99	0.08	
T2F2	3.08	3.24	3.20	12	3.17	0.01	0.01	-2.13	-25.52	0.08	
T2F3	3.27	3.25	3.31	12	3.28	0.00	0.00	-3.02	-36.27	0.08	
T2F4	3.23	3.22	3.25	12	3.23	0.00	0.00	-3.71	-44.53	0.08	
T2F5	3.23	3.22	3.26	12	3.24	0.00	0.00	-3.27	-39.22	0.08	
T2F6	3.16	3.07	3.23	12	3.15	0.01	0.01	-2.19	-26.30	0.08	
Total				156		0.10			-189.22	1.08	0.92
Poling				13			1629.86	3.21	501.10		

S ² _{gab} =	0.00	LOG S ²	-2.43
B=	-379.70	B	0.05
X _{hitung} =	-438.60	KK	1,73
X _{tabel} =	21.03		
Kesimpulan	HOMOGEN		

Tabel 57. Analisis ragam data tinggi tanaman jagung 4 MST

SK	db	JK	KT	F hitung	F Tabel
Perlakuan	12	0.01	1198.86	24.82	2.02
Kelompok	3	0.10	29.93	0.62	3.03
Galat	23	0.48	48.31		
Total	38	0.49			

Tabel 58. Uji BNT data tinggi tanaman jagung 4 MST

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)
T0F0	57.41 (2.85) d
T1F1	97.49 (3.22) abc
T1F2	93.03 (3.19) abc
T1F3	93.14 (3.19) abc
T1F4	94.40 (3.20) abc
T1F5	87.32 (3.14) c
T1F6	92.34 (3.18) bc
T2F1	94.71 (3.20) abc
T2F2	91.48 (3.17) bc
T2F3	104.16 (3.28) a
T2F4	98.51 (3.23) ab
T2F5	99.10 (3.24) ab
T2F6	88.97 (3.15) bc
BNT 5%	0,09

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5% (α 0,05). Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Tabel 59. Data asli bobot kering brangkas tanaman jagung

Perlakuan	Kelompok		
	1	2	3
T0F0	16	5.733	5.68
T1F1	15.49	18.93	18.11
T1F2	14.9	16.46	23.44
T1F3	15.64	17.4	23.55
T1F4	9.74	11.44	19.2
T1F5	10.94	17.08	24.2
T1F6	16.59	11.72	14.04
T2F1	14.46	14.92	15.13
T2F2	19.75	24.61	19.25
T2F3	19.06	13.3	34.41
T2F4	12.75	20	24.23
T2F5	21.99	15.87	18.3
T2F6	23.94	14.2	21.94

Tabel 62. Analisis ragam data bobot kering brangkasan tanaman jagung

SK	db	JK	KT	F hitung	F Tabel
Perlakuan	12	0.19	62.12	45.69	2.02
Kelompok	3	8.38	0.36	0.26	3.03
Galat	23	16.92	1.36		
Total	38	17.11			

Tabel 63. Uji BNT data bobot kering brangkasan tanaman jagung

Perlakuan	Bobot kering brangkasan (gram)
T0F0	9.14 (3.01) c
T1F1	17,51 (4,24) ab
T1F2	18.27 (4.31) ab
T1F3	18.86 (4.38) ab
T1F4	13.46 (3.70) bc
T1F5	17,41 (4,18) ab
T1F6	14.12 (3.81) abc
T2F1	14.84 (3.92) abc
T2F2	21.20 (4.65) ab
T2F3	22.26 (4.68) a
T2F4	18.94 (4.38) ab
T2F5	18.72 (4.37) ab
T2F6	20.03 (4.50) ab
BNT 5%	0,95

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5% (α 0,05). Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Tabel 64. Data asli masa inkubasi penyakit bulai jagung

PERLAKUAN	I	II	III
C (KONTRL)	2.55	2.35	2.35
Ta (<i>T. asperellum</i>)	2.35	2.92	2.92
M (Mikoriza AMF)	2.35	3.08	2.12
TaM	2.35	2.55	2.12
T (Tumeric)	2.55	2.35	2.35
Tta	2.92	5.05	3.39
TM	3.08	5.05	2.92
TTaM	5.05	2.55	5.05
B (Betle)	2.35	2.92	2.55
Bta	5.05	5.05	5.05
BM	5.05	5.05	2.92
BTaM	5.05	5.05	3.35

Tabel 65. Data transformasi masa inkubasi penyakit bulai jagung

PERLAKUAN	I	II	III
C (KONTRL)	1.75	1.69	1.69
Ta (<i>T. asperellum</i>)	1.69	1.85	1.85
M (Mikoriza AMF)	1.69	1.89	1.62
TaM	1.69	1.75	1.62
T (Tumeric)	1.75	1.69	1.69
Tta	1.85	2.36	1.97
TM	1.89	2.36	1.85
TTaM	2.36	1.75	2.36
B (Betle)	1.69	1.85	1.75
Bta	2.36	2.36	2.36
BM	2.36	2.36	1.85
BTaM	2.36	2.36	1.96

Tabel 66. Uji homogenitas data masa inkubasi penyakit bulai jagung

Perlakuan	I	II	III	Total	(n-1)	Rerata (y)	$\sum(y_i-\bar{y})^2$	S ²	Log S ²	(n-1) Log S ²	1/(n-1)	1/ $\sum 1/$ (n-1)
C (KONTRL)	1.75	1.69	1.69	5.12	11	1.71	0.00	0.00	-2.95	-32.42	0.09	
Ta (<i>T. asperellum</i>)	1.69	1.85	1.85	5.39	11	1.80	0.02	0.01	-2.06	-22.69	0.09	
M (Mikoriza AMF)	1.69	1.89	1.62	5.20	11	1.73	0.04	0.02	-1.69	-18.64	0.09	
TaM	1.69	1.75	1.62	5.05	11	1.68	0.01	0.00	-2.39	-26.27	0.09	
T (Tumeric)	1.75	1.69	1.69	5.12	11	1.71	0.00	0.00	-2.95	-32.42	0.09	
Tta	1.85	2.36	1.97	6.18	11	2.06	0.14	0.07	-1.16	-12.72	0.09	
TM	1.89	2.36	1.85	6.10	11	2.03	0.16	0.08	-1.10	-12.13	0.09	
TTaM	2.36	1.75	2.36	6.46	11	2.15	0.25	0.12	-0.91	-9.98	0.09	
B (Betle)	1.69	1.85	1.75	5.28	11	1.76	0.01	0.01	-2.18	-23.94	0.09	
Bta	2.36	2.36	2.36	7.07	11	2.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	
BM	2.36	2.36	1.85	6.56	11	2.19	0.17	0.09	-1.07	-11.75	0.09	
BTaM	2.36	2.36	1.96	6.67	11	2.22	0.10	0.05	-1.29	-14.15	0.09	
Total	23.41	24.24	22.55		132		0.90			-132.43	1.09	0.92
Poling					12			146.16	2.16	285.76		

S ² gab=	0.04	LOG S ²	-1.42
B=	-188.03	B	0.45
Xhitung=	-128.02	KK	2,87
Xtabel=	19.68		
Kesimpulan	HOMOGEN		

Tabel 67. Analisis ragam data masa inkubasi penyakit bulai jagung

SK	db	JK	KT	F hitung	F Tabel
Perlakuan	11	0.49	22.54	2.43	2.26
Kelompok	2	0.47	4.23	0.45	3.44
Galat	22	2.37	9.29		
Total	35	2.86			

Tabel 68. Uji BNT data masa inkubasi penyakit bulai jagung

Perlakuan	Masa Inkubasi
C (KONTRL)	2.41 (1.71) cd
Ta (<i>T. asperellum</i>)	2.73 (1.80) bcd
M (Mikoriza AMF)	2.52 (1.73) bcd
TaM	2.34 (1.68) d
T (Tumeric)	2.41 (1.71) cd
Tta	3.79 (2.06) ab
TM	3.68 (2.03) abc
TTaM	4.22 (2.15) a
B (Betle)	2.61 (1,76) bcd
Bta	5.05 (2,36) a
BM	4.34 (2,19) a
BTaM	4.48 (2,22) a
BNT 5%	0,32

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5% (α 0,05). Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Tabel 69. Data asli keterjadian penyakit bulai 29 HST

Perlakuan	I	II	III
C (KONTROL)	10.02	10.02	10.02
Ta (<i>T. asperellum</i>)	8.2	8.2	7.11
M (Mikoriza AMF)	5.82	9.16	9.16
TaM	7.11	7.11	8.2
T (Tumeric)	8.2	7.11	9.16
TTa	0.71	0.71	4.14
TM	8.2	0.71	4.14
TTaM	0.71	4.14	0.71
B (Betle)	7.11	8.2	8.2
BTa	0.71	0.71	0.71
BM	0.71	0.71	4.14
BTaM	0.71	0.71	4.14

Tabel 70. Data transformasi keterjadian penyakit bulai 29 HST

Perlakuan	I	II	III
C (KONTROL)	3.24	3.24	3.24
Ta (<i>T. asperellum</i>)	2.95	2.95	2.76
M (Mikoriza AMF)	2.51	3.11	3.11
TaM	2.76	2.76	2.95
T (Tumeric)	2.95	2.76	3.11
TTa	1.10	1.10	2.15
TM	2.95	1.10	2.15
TTaM	1.10	2.15	1.10
B (Betle)	2.76	2.95	2.95
BTa	1.10	1.10	1.10
BM	1.10	1.10	2.15
BTaM	1.10	1.10	2.15

Tabel 71. Uji homogenitas data keterjadian penyakit bulai 29 HST

Perlakuan	I	II	III	Total	(n-1)	Rerata (y)	$\sum(y_i-\bar{y})^2$	S ²	Log S ²	(n-1) Log S ²	1/(n-1)	1/ $\sum 1/(n-1)$
C (KONTRL)	3.24	3.24	3.24	9.73	11	3.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	
Ta (<i>T. asperellum</i>)	2.95	2.95	2.76	8.66	11	2.89	0.02	0.01	-1.92	-21.07	0.09	
M (Mikoriza AMF)	2.51	3.11	3.11	8.73	11	2.91	0.24	0.12	-0.93	-10.22	0.09	
TaM	2.76	2.76	2.95	8.47	11	2.82	0.02	0.01	-1.92	-21.07	0.09	
T (Tumeric)	2.95	2.76	3.11	8.82	11	2.94	0.06	0.03	-1.51	-16.65	0.09	
Tta	1.10	1.10	2.15	4.35	11	1.45	0.74	0.37	-0.43	-4.75	0.09	
TM	2.95	1.10	2.15	6.20	11	2.07	1.72	0.86	-0.07	-0.72	0.09	
TTaM	1.10	2.15	1.10	4.35	11	1.45	0.74	0.37	-0.43	-4.75	0.09	
B (Betle)	2.76	2.95	2.95	8.66	11	2.89	0.02	0.01	-1.92	-21.07	0.09	
Bta	1.10	1.10	1.10	3.30	11	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	
BM	1.10	1.10	2.15	4.35	11	1.45	0.74	0.37	-0.43	-4.75	0.09	
BTaM	1.10	1.10	2.15	4.35	11	1.45	0.74	0.37	-0.43	-4.75	0.09	
Total	25.6234	25.422	28.9336		132		5.05			-69.01	1.09	0.92
Poling					12			26.12	1.42	187.04		

S ² gab=	0.21	LOG S2	-0.68
B=	-89.31	B	2.53
Xhitung=	-46.73	KK	20,62
Xtabel=	19.68		
Kesimpulan	HOMOGEN		

Tabel 72. Analisis ragam data keterjadian penyakit bulai 29 HST

SK	db	JK	KT	F hitung	F Tabel
Perlakuan	11	5.20	2.12	1.99	2.26
Kelompok	2	2.59	0.77	0.72	3.44
Galat	22	20.65	1.07		
Total	35	25.85			

Tabel 73. Uji BNT data keterjadian penyakit bulai 29 HST

Perlakuan	Keterjadian Penyakit 29 HST
C (KONTROL)	10.02 (3.24) d
Ta (<i>T. asperellum</i>)	7.84 (2.89) cd
M (Mikoriza AMF)	8.05 (2.91) bc
TaM	7.47 (2.82) cd
T (Tumeric)	8.16 (2.94) abc
TTa	1.85 (1.45) abc
TM	4.35 (2.07) bc
TTaM	1.85 (1.45) ab
B (Betle)	7.83 (2.89) bcd
BTa	0.71 (1.10) a
BM	1.85 (1.45) bc
BTaM	1.85 (1.45) ab
BNT 5%	0,42

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5% (α 0,05). Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Tabel 74. Data asli keparahan penyakit 31 HST

Perlakuan	I	II	III
C (KONTRL)	10.02	10.02	9.6
Ta (<i>T. asperellum</i>)	9.16	8.2	7.11
M (Mikoriza AMF)	6.16	7.1	9.6
TaM	9.16	8.2	9.38
T (Tumeric)	8.2	5.82	8.69
Tta	0.71	0.71	4.14
TM	7.11	0.71	4.14
TTaM	0.71	4.14	0.71
B (Betle)	9.16	8.2	8.45
Bta	0.71	0.71	0.71
BM	0.71	0.71	4.14
BTaM	0.71	0.71	4.14

Tabel 75. Data transformasi keparahan penyakit 31 HST

Perlakuan	I	II	III
C (KONTRL)	3.24	3.24	3.18
Ta (<i>T. asperellum</i>)	3.11	2.95	2.76
M (Mikoriza AMF)	2.58	2.76	3.18
TaM	3.11	2.95	3.14
T (Tumeric)	2.95	2.51	3.03
Tta	1.10	1.10	2.15
TM	2.76	1.10	2.15
TTaM	1.10	2.15	1.10
B (Betle)	3.11	2.95	2.99
Bta	1.10	1.10	1.10
BM	1.10	1.10	2.15
BTaM	1.10	1.10	2.15

Tabel 78. Uji BNT data keparahan penyakit bulai jagung 31 HST

Perlakuan	Keparahan Penyakit (%)
C (KONTRL)	9.88 (3.22) a
Ta (<i>T. asperellum</i>)	8.16 (2.94) a
M (Mikoriza AMF)	7.62 (2.84) a
TaM	8.91 (3.07) a
T (Tumeric)	7.57 (2.83) a
Tta	1.84 (1.45) bc
TM	3.99 (2.00) b
TTaM	1.85 (1.45) bc
B (Betle)	8.60 (3.02) a
Bta	0.71 (1.10) c
BM	1.85 (1.45) bc
BTaM	1.85 (1.45) bc
BNT 5%	0,75

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5% (α 0,05). Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi.

Tabel 79. Data asli berat kering brangkasan tanaman jagung

Perlakuan	I	II	III
C (KONTROL)	4.55	3.35	3.66
Ta (<i>T. asperellum</i>)	5.63	4.42	3.54
M (Mikoriza AMF)	8.90	3.58	6.39
TaM	5.47	5.38	3.86
T (Tumeric)	4.90	6.20	8.75
Tta	6.03	6.75	6.59
TM	5.92	6.22	5.45
TTaM	7.22	7.43	7.49
B (Betle)	6.57	4.91	4.47
Bta	9.58	9.18	7.56
BM	5.95	4.93	7.22
BTaM	7.18	5.51	8.50

Tabel 80. Data transformasi berat kering brangkasan tanaman jagung

Perlakuan	I	II	III
C (KONTRL)	2.25	1.96	2.04
Ta (<i>T. asperellum</i>)	2.48	2.22	2.01
M (Mikoriza AMF)	3.07	2.02	2.62
TaM	2.44	2.42	2.09
T (Tumeric)	2.32	2.59	3.04
Tta	2.56	2.69	2.66
TM	2.53	2.59	2.44
TTaM	2.78	2.82	2.83
B (Betle)	2.66	2.33	2.23
Bta	3.17	3.11	2.84
BM	2.54	2.33	2.78
BTaM	2.77	2.45	3.00

Tabel 81. Uji homogenitas data berat kering brangkasan tanaman jagung

Perlakuan	I	II	III	Total	(n-1)	Rerata (y)	$\sum(y_i-\bar{y})^2$	S ²	Log S ²	(n-1)Log S ²	1/ (n-1)	1/ $\sum 1/$ (n-1)
C (KONTRL)	2.25	1.96	2.04	6.25	11	2.08	0.04	0.02	0.00	0.00	0.09	
Ta (<i>T. asperellum</i>)	2.48	2.22	2.01	6.70	11	2.23	0.11	0.05	-1.26	-13.90	0.09	
M (Mikoriza AMF)	3.07	2.02	2.62	7.71	11	2.57	0.55	0.28	-0.56	-6.15	0.09	
TaM	2.44	2.42	2.09	6.96	11	2.32	0.08	0.04	-1.40	-15.38	0.09	
T (Tumeric)	2.32	2.59	3.04	7.95	11	2.65	0.26	0.13	-0.88	-9.68	0.09	
Tta	2.56	2.69	2.66	7.91	11	2.64	0.01	0.01	-2.28	-25.12	0.09	
TM	2.53	2.59	2.44	7.57	11	2.52	0.01	0.01	-2.22	-24.47	0.09	
TTaM	2.78	2.82	2.83	8.42	11	2.81	0.00	0.00	-3.19	-35.13	0.09	
B (Betle)	2.66	2.33	2.23	7.21	11	2.40	0.10	0.05	-1.29	-14.24	0.09	
Bta	3.17	3.11	2.84	9.13	11	3.04	0.06	0.03	0.00	0.00	0.09	
BM	2.54	2.33	2.78	7.65	11	2.55	0.10	0.05	-1.30	-14.28	0.09	
BTaM	2.77	2.45	3.00	8.22	11	2.74	0.15	0.08	-1.12	-12.32	0.09	
Total	31.57	29.53	30.58		132		1.49			-45.12	1.09	0.92
Poling					12			88.67	1.95	257.11		

S ² gab=	0.06	LOG S ²	-1.21
B=	-159.38	B	0.74
Xhitung=	-263.10	KK	9,79
Xtabel=	19.68		
Kesimpulan	HOMOGEN		

Tabel 82. Analisis ragam data berat kering brangkasan tanaman jagung

SK	db	JK	KT	F hitung	F Tabel
Perlakuan	11	0.57	19.42	2.81	2.26
Kelompok	2	0.69	2.90	0.42	3.44
Galat	22	3.19	6.90		
Total	35	3.75			

Tabel 83. Uji BNT data berat kering brangkasan tanaman jagung

Perlakuan	Berat kering brangkasan
C (KONTROL)	3.85 (2.08) d
Ta (<i>T. asperellum</i>)	4.53 (2.23) dc
M (Mikoriza AMF)	6.29 (2.57) bc
TaM	4.90 (2.32) dc
T (Tumeric)	6.61 (2.65) abc
Tta	6.46 (2.64) abc
TM	5.87 (2.52) bc
TTaM	7.38 (2.81) ab
B (Betle)	5.32 (2.40) bcd
Bta	8.77 (3.04) a
BM	6.03 (2.55) bc
BTaM	7.06 (2.74) ab
BNT 5%	0,42

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbedanya menurut uji BNT 5% (α 0,05). Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi dari $\sqrt{x + 0,5}$, HSI: hari setelah inokulasi