

**PENGARUH *Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* GGF4-i18
TERHADAP PERTUMBUHAN *Xanthomonas oryzae* DAN
PERKEMBANGAN PENYAKIT HAWAR DAUN BAKTERI PADA
TANAMAN PADI (*Oryza sativa* L.)**

(Skripsi)

Oleh

**HENING PUJI PANGESTU
1814191008**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENGARUH *Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* GGF4-i18 TERHADAP PERTUMBUHAN *Xanthomonas oryzae* DAN PERKEMBANGAN PENYAKIT HAWAR DAUN BAKTERI PADA TANAMAN PADI (*Oryza sativa* L.)

Oleh

Hening Puji Pangestu

Penyakit hawar daun bakteri (HDB) yang disebabkan oleh *Xanthomonas oryzae* merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman padi. Aktinomisetes dikenal sebagai salah satu agen hayati yang mampu mengendalikan beberapa macam penyakit tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh salah satu kelompok aktinomisetes, yaitu *Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus*, dalam menghambat pertumbuhan *in vitro* *X. oryzae* dan intensitas penyakit HDB. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai Oktober 2022. Penelitian ini terdiri dari dua percobaan, yaitu pengujian daya hambat *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* terhadap *X. oryzae* secara *in vitro* dan pengujian kemampuan *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* dalam menekan penyakit HDB padi secara *in planta*. Perlakuan pada uji *in vitro* disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL), yang terdiri dari 3 perlakuan yaitu kontrol, *chloramphenicol*, dan *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* isolat GGF4-i18 yang diulang sebanyak 4 kali. Perlakuan pada uji *in planta* disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan yaitu aplikasi suspensi aktinomisetes volume 5 ml, 10 ml, 15ml/tanaman, bakterisida (2,5 g/L) dan air steril dengan 4 ulangan. Hasil uji antagonisme secara *in vitro* menunjukkan bahwa perlakuan isolat GGF4-i18 mampu menghambat pertumbuhan *X. oryzae*. Hasil uji secara *in planta* menunjukkan bahwa perlakuan aplikasi aktinomisetes berpengaruh nyata terhadap masa inkubasi dan keparahan penyakit HDB, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap keterjadian penyakit HDB. Aplikasi suspensi aktinomisetes juga berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan, bobot basah dan kering tajuk, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap perakaran tanaman padi.

Kata Kunci: aktinomisetes, antagonis, *Xanthomonas oryzae*.

**PENGARUH *Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* GGF4-i18
TERHADAP PERTUMBUHAN *Xanthomonas oryzae* DAN
PERKEMBANGAN PENYAKIT HAWAR DAUN BAKTERI PADA
TANAMAN PADI (*Oryza sativa* L.)**

Oleh

HENING PUJI PANGESTU

Skripsi

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

pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **PENGARUH *Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* GGF4-i18 TERHADAP PERTUMBUHAN *Xanthomonas oryzae* DAN PERKEMBANGAN PENYAKIT HAWAR DAUN BAKTERI PADA TANAMAN PADI (*Oryza sativa* L.)**

Nama Mahasiswa : **Hening Puji Pangestu**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1814191008

Program Studi : Proteksi Tanaman

Fakultas : Pertanian



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc.
NIP 196201071986032001

Dr. Ir. Sudi Pramono, M.S.
NIP 196012121986031009

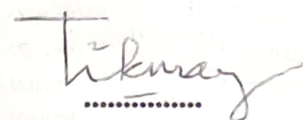
2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

Yuyun Fitriana, S.P., M.P., Ph.D.
NIP 198108152008122001

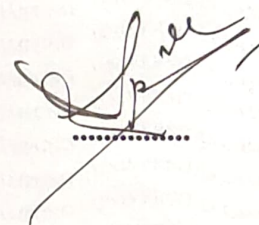
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Pembimbing Utama : **Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc.**



Anggota Pembimbing : **Dr. Ir. Sudi Pramono, M.S.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si

NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 13 April 2023

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul Pengaruh *Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* GGF4-i18 terhadap Pertumbuhan *Xanthomonas oryzae* dan Perkembangan Penyakit Hawar Daun Bakteri pada Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 25 Mei 2023

Penulis



Hening Puji Pangestu
NPM 1814191008

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Taman Negeri, Kecamatan Way Bungur, Kabupaten Lampung Timur pada tanggal 22 November 1999. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, pasangan Bapak Solikin dan Ibu Misriyah. Penulis telah menyelesaikan pendidikan pertama pada tahun 2006 di TK Aisyiyah Bustanul Athfal Taman Negeri, kemudian menempuh pendidikan formal tingkat dasar di SDN 2 Taman Negeri yang telah diselesaikan pada tahun 2012, pendidikan tingkat pertama di SMPN 1 Way Bungur, Kabupaten Lampung Timur yang diselesaikan pada tahun 2015, dan pendidikan tingkat atas di SMAN 1 Purbolinggo, Kabupaten Lampung Timur yang diselesaikan pada tahun 2018. Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti organisasi internal kampus yaitu Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) sebagai anggota Bidang Seminar dan Diskusi periode 2019/2020 dan anggota Bidang Pengembangan Minat dan Bakat periode 2020/2021. Penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Nematologi Tumbuhan pada tahun 2021 dan Mikrobiologi Umum pada tahun 2022. Penulis juga pernah mengikuti program Merdeka Belajar APSITA (Asosiasi Program Studi Proteksi Tanaman Indonesia) di Universitas Sriwijaya dan Universitas Hassanudin pada tahun 2021. Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Taman Negeri, Way Bungur, Lampung Timur pada periode I tahun 2021 dan Praktik Umum di Kebun Percobaan Taman Bogo, Purbolinggo, Lampung Timur pada Agustus 2021.

PERSEMBAHAN

*Teruntuk keluargaku tercinta
Bapak "Solikin' dan Ibu "Misriyah"
Adik-adikku "Priya Dinho Pangestu" dan "Sabria Aurum Pangestu"*

*Dengan penuh rasa syukur kupersembahkan karya kecil ini
sebagai salah satu wujud kesungguhanku
dan ungkapan terima kasihku untuk kedua orang tuaku tercinta
atas limpahan doa, cinta, dan kasih sayang yang tiada hentinya*

*Serta
Almamater tercinta*

Universitas Lampung

MOTTO

*“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(Q.S Al-Baqarah : 286)*

*“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”
(Q.S Al-Insyirah : 6)*

*“Sukses tidak datang dari apa yang diberikan oleh orang lain, tapi datang dari keyakinan dan kerja keras kita sendiri”
(Mario Teguh)*

*“Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat Allah melainkan orang-orang yang kufur”
(Q.S Yusuf : 87)*

*“Kejarlah cita-citamu, bulatkan tekadmu, ikuti kata hatimu, don't fight the feeling”
(EXO)*

SANWACANA

Puji syukur ke hadirat Allah *Subhanahu wa Ta'ala* yang telah menganugerahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh *Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* GGF4-i18 terhadap Pertumbuhan *Xanthomonas oryzae* dan Perkembangan Penyakit Hawar Daun Bakteri pada Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.)”**. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat utama tercapainya gelar Sajana Pertanian di Universitas Lampung. Selama penelitian dan penyusunan skripsi ini tentu tidak lepas dari arahan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang ikut berperan baik dalam memberikan motivasi dan doa sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Ucapan terima kasih penulis diberikan kepada beberapa pihak sebagai berikut.

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Yuyun Fitriana, S.P., M.P., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc., selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan ide, pengarahan, bimbingan, dan masukan selama penelitian dan penyusunan skripsi serta atas izinnya untuk menggunakan isolat aktinomisetes GGF4-i18 (*Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus*) dalam penelitian ini.
4. Dr. Ir. Sudi Pramono, M.S., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan arahan, bimbingan, motivasi, saran, nasihat, masukan serta perhatian selama penulis menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi.

5. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr., selaku pembahas yang telah memberikan nasihat, evaluasi, masukan, dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
6. Prof. Dr. Ir. Hamim Sudarsono, M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing penulis dari awal sampai akhir perkuliahan.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang sudah yang telah mendidik, memberikan dedikasi, dan motivasi selama perkuliahan.
8. Kedua orang tua, Bapak Solikin dan Ibu Misriyah yang selalu memberikan banyak kasih sayang, nasihat, semangat, dukungan, saran, masukan, serta doa yang tak pernah putus sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan baik dan dapat menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung.
9. Adik-adikku tersayang, Priya Dinho Pangestu dan Sabria Aurum Pangestu, yang tak pernah lelah mendoakan dan selalu memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi.
10. Sahabat-sahabatku dan rekan-rekan yang setia membantu penulis dalam melakukan penelitian, yang selalu menjadi penyemangat, memberikan begitu banyak pengalaman berharga, yang selalu menguatkan, memberikan motivasi, doa, dan dukungan.

Semoga Allah SWT memberikan balasan atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis, semoga skripsi ini bermanfaat.

Bandar Lampung, 25 Mei 2023

Penulis



Hening Puji Pangestu

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
1.4 Hipotesis.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tanaman padi	6
2.2 Penyakit Hawar Daun Bakteri (<i>Xanthomonas oryzae</i>)	7
2.3 Aktinomisetes.....	9
III. BAHAN DAN METODE	14
3.1 Waktu dan Tempat	14
3.2 Bahan dan Alat.....	14
3.2 Metode Penelitian.....	15
3.4 Pelaksanaan Penelitian	15
3.5 Analisis Data	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Hasil Penelitian	23
4.1.1 Isolat aktinomisetes GGF4-i18	24
4.1.2 Isolat <i>Xanthomonas oryzae</i>	24
4.1.3 Uji patogenitas	24
4.1.4 Hasil uji antagonisme secara <i>in vitro</i>	24

4.1.5 Hasil uji antagonisme secara <i>in planta</i>	24
4.2 Pembahasan	32
V. SIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Simpulan	36
5.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Skor penyakit	21
2. Pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i>	26
3. Rerata pengaruh aplikasi aktinomisetes terhadap masa inkubasi penyakit HDB tanaman padi	27
4. Keterjadian penyakit HDB tanaman padi pada pengujian secara <i>in planta</i>	27
5. Keparahan penyakit HDB tanaman padi pada pengujian secara <i>in planta</i>	28
6. Rerata tinggi tanaman padi pada pengujian <i>in planta</i>	29
7. Rerata jumlah daun tanaman padi pada pengujian <i>in planta</i>	29
8. Rerata 6 parameter agronomis pada pengujian <i>in planta</i>	32
9. Pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat (mm) pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 1 hsi	45
10. Uji homogenitas (uji Bartlett) pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 1 hsi	45
11. Analisis ragam pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 1 hsi	45
12. Uji DMRT pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 1 hsi	45
13. Pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat (mm) pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 2 hsi	46

14. Uji homogenitas (uji Bartlett) pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 2 hsi	46
15. Analisis ragam pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 2 hsi.....	46
16. Uji DMRT pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 2 hsi.....	46
17. Pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat (mm) pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 3 hsi	47
18. Uji homogenitas (uji Bartlett) pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 3 hsi	47
19. Analisis ragam pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 3 hsi.....	47
20. Uji DMRT pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 3 hsi	47
21. Pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat (mm) pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 4 hsi.....	48
22. Uji homogenitas (uji Bartlett) pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 4 hsi	48
23. Analisis ragam pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 4 hsi.....	48
24. Uji DMRT pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 4 hsi	48
25. Pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat (mm) pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 5 hsi.....	49
26. Uji homogenitas (uji Bartlett) pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 5 hsi	49
27. Analisis ragam pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 5 hsi.....	49
28. Uji DMRT pengaruh aktinomisetes terhadap diameter zona hambat pada uji antagonisme secara <i>in vitro</i> pada 5 hsi	49
29. Data masa inkubasi penyakit HDB tanaman padi (hsi)	50
30. Uji homogenitas (uji Bartlett) masa inkubasi penyakit HDB tanaman padi	50
31. Analisis ragam masa inkubasi penyakit HDB tanaman padi	50

32. Uji DMRT masa inkubasi penyakit HDB tanaman padi.....	51
33. Data keterjadian penyakit HDB tanaman padi (%) 1 msi.....	51
34. Uji homogenitas (uji Bartlett) keterjadian penyakit HDB tanaman padi 1 msi.....	51
35. Analisis ragam keterjadian penyakit HDB tanaman padi 1 msi	52
36. Data keterjadian penyakit HDB tanaman padi (%) 3 msi.....	52
37. Data transformasi keterjadian penyakit HDB tanaman padi (%) 3 msi.....	52
38. Uji homogenitas (uji Bartlett) keterjadian penyakit HDB tanaman padi 3 msi.....	53
39. Analisis ragam keterjadian penyakit HDB tanaman padi 3 msi	53
40. Data keterjadian penyakit HDB tanaman padi (%) 5 msi.....	53
41. Data transformasi keterjadian penyakit HDB tanaman padi (%) 5 msi.....	54
42. Uji homogenitas (uji Bartlett) keterjadian penyakit HDB tanaman padi 5 msi.....	54
43. Analisis ragam keterjadian penyakit HDB tanaman padi 5 msi	54
44. Data keparahan penyakit HDB tanaman padi (%) 1 msi	55
45. Uji homogenitas (uji Bartlett) keparahan penyakit HDB tanaman padi 1 msi.....	55
46. Analisis ragam keparahan penyakit HDB tanaman padi 1 msi.....	55
47. Uji DMRT keparahan penyakit HDB tanaman padi 1 msi	56
48. Data keparahan penyakit HDB tanaman padi (%) 3 msi	56
49. Uji homogenitas (uji Bartlett) keparahan penyakit HDB tanaman padi 3 msi.....	56
50. Analisis ragam keparahan penyakit HDB tanaman padi 3 msi.....	57
51. Uji DMRT keparahan penyakit HDB tanaman padi 3 msi	57
52. Data keparahan penyakit HDB tanaman padi (%) 5 msi	57
53. Uji homogenitas (uji Bartlett) keparahan penyakit HDB tanaman padi 5 msi.....	58

54. Analisis ragam keparahan penyakit HDB tanaman padi 5 msi.....	58
55. Uji DMRT keparahan penyakit HDB tanaman padi 5 msi	58
56. Data tinggi tanaman padi (cm) 1 mst	59
57. Uji homogenitas (uji Bartlett) data tinggi tanaman padi 1 mst.....	59
58. Analisis ragam tinggi tanaman padi 1 mst	59
59. Data tinggi tanaman padi (cm) 3 mst	60
60. Uji homogenitas (uji Bartlett) data tinggi tanaman padi 3 mst.....	60
61. Analisis ragam tinggi tanaman padi 3 mst	60
62. Data tinggi tanaman padi (cm) 5 mst	61
63. Uji homogenitas (uji Bartlett) data tinggi tanaman padi 5 mst.....	61
64. Analisis ragam tinggi tanaman padi 5 mst	61
65. Uji DMRT tinggi tanaman padi 5 mst	62
66. Data tinggi tanaman padi (cm) 7 mst	62
67. Uji homogenitas (uji Bartlett) data tinggi tanaman padi 7 mst.....	62
68. Analisis ragam tinggi tanaman padi 7 mst	63
69. Uji DMRT tinggi tanaman padi 7 mst	63
70. Data jumlah daun tanaman padi (helai) 1 mst.....	63
71. Uji homogenitas (uji Bartlett) data jumlah daun padi 1 mst	64
72. Analisis ragam jumlah daun padi 1 mst	64
73. Data jumlah daun tanaman padi (helai) 3 mst.....	64
74. Uji homogenitas (uji Bartlett) data jumlah daun padi 3 mst	65
75. Analisis ragam jumlah daun padi 3 mst	65
76. Uji DMRT jumlah daun padi 3 mst	65
77. Data jumlah daun tanaman padi (helai) 5 mst.....	66
78. Uji homogenitas (uji Bartlett) data jumlah daun padi 5 mst	66
79. Analisis ragam jumlah daun padi 5 mst	66

80. Uji DMRT jumlah daun padi 5 mst	67
81. Data jumlah daun tanaman padi (helai) 7 mst.....	67
82. Uji homogenitas (uji Bartlett) data jumlah daun padi 7 mst.....	67
83. Analisis ragam jumlah daun padi 7 mst.....	68
84. Uji DMRT jumlah daun padi 7 mst	68
85. Data jumlah anakan tanaman padi	68
86. Uji homogenitas (uji Bartlett) jumlah anakan tanaman padi	69
87. Analisis ragam jumlah anakan tanaman padi.....	69
88. Uji DMRT jumlah anakan tanaman padi	69
89. Data panjang akar (cm) tanaman padi.....	70
90. Uji homogenitas (uji Bartlett) panjang akar tanaman padi	70
91. Analisis ragam panjang akar tanaman padi.....	70
92. Data bobot basah akar (g) tanaman padi	71
93. Uji homogenitas (uji Bartlett) bobot basah akar tanaman padi.....	71
94. Analisis ragam panjang akar tanaman padi.....	71
95. Data bobot basah tajuk (g) tanaman padi.....	72
96. Uji homogenitas (uji Bartlett) bobot basah tajuk tanaman padi	72
97. Analisis ragam bobot basah tajuk tanaman padi	72
98. Uji DMRT bobot basah tajuk tanaman padi	73
99. Data bobot kering akar (g) tanaman padi.....	73
100. Uji homogenitas (uji Bartlett) bobot kering akar tanaman padi	73
101 Analisis ragam bobot kering akar tanaman padi.....	74
102. Data bobot kering tajuk (g) tanaman padi.....	74
103. Uji homogenitas (uji Bartlett) bobot kering tajuk tanaman padi	74
104. Analisis ragam bobot kering tajuk tanaman padi.....	75
105. Uji DMRT bobot kering tajuk tanaman padi	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Gejala hawar daun bakteri pada tanaman padi: (a) gejala hawar daun bakteri pada fase vegetatif; dan (b) gejala hawar daun bakteri pada fase generatif (Nino-Liu <i>et al.</i> , 2006)	8
2. Gejala hawar daun bakteri pada helai daun padi (Yanuar, 2016)	8
3. Koloni aktinomisetes berumur 7 hari setelah inokulasi (Aeny <i>et al.</i> , 2018)	10
4. Skema peletakan isolat aktinomisetes dalam cawan petri berisi campuran media PPGA dan <i>X.oryzae</i>	18
5. Pengukuran diameter zona hambat (Sari dan Sumadewi, 2019)	18
6. Koloni aktinomisetes pada media MEA yang diinkubasi selama 14 hari pada suhu ruang: (a) permukaan atas; dan (b) permukaan bawah	23
7. Biakan bakteri <i>X. oryzae</i> pada media PPGA yang diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang: (a) isolat pada media agar miring; dan (b) koloni pada media cawan	24
8. Hasil uji patogenesisitas	24
9. Hasil uji antagonisme secara <i>in vitro</i>	25
10. Penampilan akar tanaman padi.....	30
11. Diagram penyakit HDB untuk keperluan skoring.....	76
12. Penampilan tanaman padi umur 7 mst pada perlakuan kontrol	77
13. Penampilan tanaman padi umur 7 mst pada perlakuan bakterisida	77
14. Penampilan tanaman padi umur 7 mst pada perlakuan suspensi aktinomisetes volume 5 ml/tanaman.....	77
15. Penampilan tanaman padi umur 7 mst pada perlakuan suspensi aktinomisetes volume 10 ml/tanaman.....	78

16. Penampilan tanaman padi umur 7 mst pada perlakuan suspensi aktinomisetes volume 15 ml/tanaman.....	78
17. Pengaruh aplikasi aktinomisetes terhadap tanaman padi.....	78

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan komoditas pangan penghasil beras yang berperan penting dalam penyediaan pangan di Indonesia. Berdasarkan data BPS tahun 2022, luas panen padi pada 2021 sebesar 10,41 juta ha, tetapi kemudian mengalami penurunan sebanyak 245,47 ribu ha atau 2,30% dibandingkan tahun 2020 yaitu sebesar 10,66 juta ha. Untuk memenuhi kebutuhan pangan yang terus meningkat dari waktu ke waktu, maka perlu upaya yang terus-menerus, dalam meningkatkan produksi padi guna menjamin pasokan beras tetap terjaga.

Sampai saat ini, produktivitas tanaman padi di Indonesia masih rendah yaitu 5,3 ton/ha, masih jauh dari potensi optimalnya yaitu 8-10 ton/ha. Pada 2021 di beberapa wilayah penghasil padi terjadi penurunan produksi yang cukup besar diantaranya di Sumatera Selatan, Lampung, dan Jawa Timur (BPS, 2022).

Serangan hama dan patogen menjadi salah satu penyebab utama penurunan produksi padi. Berbagai macam spesies organisme pengganggu tanaman (OPT) dilaporkan menyerang tanaman padi (Nellawati dkk., 2016). Salah satu penyakit pada tanaman padi yang dapat menurunkan produksi padi adalah penyakit hawar daun bakteri (HDB) yang disebabkan oleh *Xanthomonas oryzae*. Penyakit ini sudah dikenal menyebar hampir di sebagian besar sentra penghasil padi di dunia, termasuk Indonesia (Nino-Liu *et al.*, 2006).

Bakteri *X. oryzae* dapat menginfeksi tanaman padi pada semua fase pertumbuhan. Infeksi ringan menyebabkan penurunan hasil 10-12%, sedangkan infeksi berat mencapai 50% yang mengakibatkan menurunnya produksi padi secara

signifikan (Najeeya *et al.*, 2007). Gejala penyakit HDB yang disebabkan oleh *X. oryzae* yaitu dimulai dari tepi daun padi yang terinfeksi nampak noda seperti garis-garis basah, kemudian daun berubah warna menjadi putih kekuning-kuningan, lama kelamaan melebar menyebabkan daun mengering (Sudir dan Kadir, 2012).

Upaya pengendalian penyakit HDB perlu dilakukan untuk mengoptimalkan produktivitas tanaman padi. Umumnya pengendalian yang dilakukan oleh petani secara kimiawi menggunakan bakterisida karena dianggap lebih praktis, mudah di dapat dan memberikan efek yang cepat. Menurut Zuraidah (2011), penggunaan senyawa kimia untuk mengendalikan penyakit tanaman dapat menyebabkan resistensi terhadap bakteri, meninggalkan residu berbahaya, dan lingkungan menjadi tercemar. Disamping itu juga penggunaan pestisida kimiawi menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan manusia. Alternatif pengendalian untuk mengurangi penggunaan senyawa kimia yaitu dengan memanfaatkan agensia hayati.

Beberapa penelitian tentang pemanfaatan agensia hayati telah dilakukan untuk mengendalikan penyakit HDB, salah satunya melalui pemanfaatan aktinomisetes sebagai agen pengendali hayati yang lebih ramah lingkungan dan tidak berbahaya bagi konsumen. Suwandi (1993) melaporkan bahwa aktinomisetes memiliki potensi sebagai agensia hayati. Aktinomisetes merupakan kelompok bakteri Gram Positif yang diketahui menghasilkan senyawa-senyawa bioaktif berperan sebagai antibakteri, antifungi, antikanker dan antitumor (Lestari dkk., 2019).

Aktinomisetes mampu menghambat pertumbuhan patogen *Dickeya* sp. pada nanas secara *in vitro* (Aeny *et al.*, 2018), *Collectrotichum capsici* pada cabai rawit secara *in planta* (Nurjasmu dan Suryani, 2020), dan *Fusarium oxysporum* pada bawang merah secara *in vitro* dan *in planta* (Rahmiyati dkk., 2021).

Adanya potensi aktinomisetes sebagai agensia pengendali hayati patogen tanaman, mendorong upaya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui potensinya terhadap patogen lain pada tanaman inang lain. Belum banyak diketahui bagaimana potensi aktinomisetes sebagai agen pengendalian penyakit HDB pada tanaman padi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui

pengaruh salah satu aktinomisetes, yaitu *Streptomyces hygrosopicus* subsp. *hygrosopicus* dalam menghambat pertumbuhan *X. oryzae* penyebab penyakit HDB pada tanaman padi secara *in vitro* dan *in planta*.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui kemampuan *Streptomyces hygrosopicus* subsp. *hygrosopicus* isolat GGF4-i18 dalam menghambat pertumbuhan *X. oryzae* secara *in vitro*.
2. Mengetahui pengaruh aplikasi *S. hygrosopicus* subsp. *hygrosopicus* isolat GGF4-i18 terhadap intensitas penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi di rumah kaca.
3. Mengetahui pengaruh aplikasi *S. hygrosopicus* subsp. *hygrosopicus* isolat GGF4-i18 terhadap pertumbuhan tanaman padi.

1.3 Kerangka Pemikiran

Upaya pengendalian penyakit HDB yang dilakukan oleh petani selama ini lebih memilih menggunakan pestisida kimia karena mudah didapat, ekonomis, cepat dan praktis. Zuraidah (2011) melaporkan bahwa pengaplikasian senyawa kimia sebagai pupuk, pestisida maupun antibiotik dalam mengendalikan penyakit tanaman yang dilakukan secara berlebihan dan terus-menerus dapat menimbulkan berbagai dampak negatif seperti terjadinya resistensi terhadap bakteri, menimbulkan residu berbahaya, dan mencemari lingkungan.

Pengendalian hayati adalah suatu upaya untuk mengurangi efek samping yang ditimbulkan dari penggunaan senyawa kimia, karena bersifat ramah lingkungan. Alternatif pengendalian yang potensial dan ramah lingkungan yaitu dengan memanfaatkan mikroba antagonis sebagai agensia hayati. Salah satu agensia hayati yang digunakan untuk mengendalikan penyakit tanaman adalah aktinomisetes. Menurut Sektiono dkk. (2016), aktinomisetes merupakan bakteri Gram Positif yang mampu membentuk spora tahan di dalam tanah dan salah satu

kelompok bakteri yang berpotensi sebagai mikroba antagonis karena kemampuannya menghasilkan senyawa bioaktif.

Berdasarkan hasil penelitian Sallytha dkk. (2014), aktinomisetes memiliki sifat antagonis terhadap *Erwinia carotovora* penyebab busuk batang berlubang pada tembakau. Hal tersebut ditunjukkan dengan terbentuknya zona hambatan yang beragam, diduga karena adanya perbedaan daya antagonisme dan produksi antibiotik setiap isolat aktinomisetes yang mampu menghambat pertumbuhan patogen. Kemampuan aktinomisetes dalam menghambat bakteri maupun jamur karena aktivitas enzim kitinase dan β -1,3-glukanase atau antibiotik yang dihasilkan (Minas *et al.*, 2001). Menurut Jawetz dkk. (1996), mekanisme kerja antibiotik terhadap sel bakteri diantaranya menghambat sintesis protein, asam nukleat, mendegradasi dinding sel, merubah permeabilitas sel target dan menghambat aktivitas enzim yang berperan dalam pertumbuhan bakteri.

Selain sebagai agensia hayati, aktinomisetes terutama dari kelompok *Streptomyces* dilaporkan sebagai mikroorganisme yang terlibat dalam meningkatkan kesuburan tanah (Uno dkk., 2012), dan meningkatkan pertumbuhan tanaman yaitu sebagai *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB) (Tamreihao *et al.*, 2016) dengan memproduksi auksin *indole acetic acid* (IAA), giberelin dan sitokinin (Harikrishnan *et al.*, 2014). *Indole acetic acid* (IAA) merupakan hormon yang berperan dalam menstimulasi pertumbuhan tanaman seperti pemanjangan sel, pembesaran sel, diferensiasi jaringan dan respons terhadap cahaya (Abd-Alla *et al.*, 2013). Menurut Wicaksono dkk. (2016), giberelin dan sitokinin merupakan hormon yang berperan dalam merangsang pemanjangan dan pembesaran sel, meningkatkan indeks luas daun, meningkatkan jumlah anakan dan terlibat dalam banyak proses fisiologi pada tanaman inang yang diproduksi oleh PGPB.

1.4 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah di utarakan, maka hipotesis yang diajukan pada penelitian ini yaitu :

1. *Streptomyces hygrosopicus* subsp. *hygrosopicus* isolat GGF4-i18 dapat menghambat pertumbuhan *X. oryzae* secara *in vitro*.
2. *S. hygrosopicus* subsp. *hygrosopicus* isolat GGF4-i18 dapat menekan intensitas penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi di rumah kaca.
3. *S. hygrosopicus* subsp. *hygrosopicus* isolat GGF4-i18 dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman padi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman padi

Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) merupakan komoditas penghasil beras yang bernilai ekonomi tinggi dan memiliki peluang untuk terus ditingkatkan, karena sebagian besar penduduk dunia terutama di Indonesia mengkonsumsi beras setiap harinya sebagai makanan pokok untuk memenuhi kebutuhan kalori dan nutrisi bagi tubuh (Sudarma, 2013). Menurut United States Departement of Agriculture (USDA) (2022), tanaman padi diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Tracheobionta
Superdivisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Liliopsida
Subkelas : Commelinidae
Ordo : Cyperales
Famili : Poaceae
Genus : *Oryza* L
Spesies : *Oryza sativa* L.

Padi merupakan tanaman serealialia dari golongan rumput-rumputan yang ditanam secara luas di daerah tropis maupun subtropis. Tanaman padi yang ditemukan di alam memiliki ribuan varietas yang dikenal oleh manusia. Padi merupakan tanaman semusim yang dapat dibudidayakan pada lahan sawah (padi sawah), ladang (gogo), dan rawa (Utama, 2015).

Morfologi tanaman padi terdiri atas akar, batang, daun, bunga dan buah. Akar tanaman padi termasuk dalam sistem perakaran serabut. Batang tanaman padi berbentuk silindris, agak pipih atau bersegi, berlubang atau masif, batang beruas-ruas dengan pembatas berupa buku-buku yang setiap buku selalu masif dan membesar, berbentuk herba, serta tidak berambut. Batang berwarna hijau tua, saat memasuki fase generatif berubah menjadi kuning. Tinggi tanaman padi yang biasa dibudidayakan sekitar 100 cm (Utama, 2015).

Daun tanaman padi memanjang seperti pita, tulang daun sejajar, tumbuh beselangseling kanan dan kiri pada tiap buku. Daun padi terdiri atas helaian daun, pelepah daun, telinga daun dan lidah daun (Kartasapoetra, 2008). Menurut Utama (2015), panjang helai daun bervariasi, biasanya sekitar 100-150 cm. Daun padi berwarna hijau tua dan saat memasuki masa panen, warna daun akan berubah menjadi kuning.

Bunga padi mempunyai perhiasan bunga (bunga telanjang), berkelamin dua (memiliki benang sari dan putik), dengan bakal buah berada di atas. Terdapat satu atau lebih benang sari dan satu bakal buah, dua tangkai putik, dan kepala putik berbentuk malai. Buah padi merupakan bakal buah berbiji satu, sedangkan butir-butir padi yang belum dikelupas disebut dengan gabah karena tertutup oleh *lemma* dan *palea*. Gabah muncul setelah terjadi pembuahan dan penyerbukan (Utama, 2015).

2.2 Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Xanthomonas oryzae*)

Penyakit hawar daun bakteri (HDB) pertama kali dilaporkan oleh Reitsman dan Schure pada tahun 1950 (Semangun, 1991). HDB merupakan penyakit penting pada budidaya tanaman padi yang disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Khaeruni dkk., 2014). Nino-Liu *et al.* (2006) menjelaskan bahwa HDB merupakan penyakit pembuluh yang menginfeksi secara sistemik, menyerang dari fase persemaian hingga panen dan menghasilkan luka di sepanjang pembuluh pada tanaman padi (Gambar 1). Gejala biasanya muncul 1-2 setelah padi dipindah dari persemaian, daun yang sakit ditandai dengan perubahan

warna yaitu hijau keabu-abuan, daun mengering, helaian daun melengkung, serta diikuti dengan melipatnya helaian daun di sepanjang ibu tulang daunnya seperti terlihat pada Gambar 2. Menurut Semangun (1991), keterjadian penyakit akan meningkat seiring dengan pertumbuhan tanaman dan mencapai puncaknya pada fase berbunga.



Gambar 1. Gejala hawar daun bakteri pada tanaman padi. a) Gejala hawar daun bakteri pada fase vegetatif; b) Gejala hawar daun bakteri pada fase generatif (Nino-Liu *et al.*, 2006).



Gambar 2. Gejala hawar daun bakteri pada helaian daun padi (Yanuar, 2016).

Bakteri *X. oryzae* termasuk dalam kelas Gammaproteobacteria, ordo Danthomonadales, famili Xanthomonadaceae dan genus *Xanthomonas* (Sudarma, 2013). *X. oryzae* merupakan kelompok bakteri Gram Negatif (G-), mempunyai flagellum di ujung, bersifat patogen pada tanaman (Schaad, 2001), aerob obligat,

optimal pada suhu 25-30 °C, katalase positif, tidak dapat mereduksi nitrat dan sedikit memproduksi asam dari karbohidrat (Nino-Liu *et al.*, 2006) serta memproduksi polisakarida ekstraseluler (EPS) yang berfungsi untuk melindungi dari kekeringan dan membantu penyebaran melalui angin dan air hujan (Ou, 1985). *X. oryzae* berbentuk batang berukuran 1,1-2.0 x 0.4-0.6 µm (Sudarma, 2013). Sel bakteri diselubungi oleh kapsul lendir. Koloni berbentuk sirkuler, tidak membentuk spora, cembung, berwarna putih hingga kuning seperti jerami, melingkar dan permukaannya halus (Gnanamanickam, 2009).

Tanaman padi yang terinfeksi bakteri dapat terjadi melalui penyebaran inokulum yang terdapat dalam berbagai sumber seperti tunggul, benih yang tidak sehat, air, gulma, jerami, dan sisa-sisa tanaman yang sakit. Hal tersebut juga menjadi faktor keberlangsungan siklus penyakit. Bakteri akan masuk melalui stomata dan luka-luka pada daun (hidatoda), selanjutnya bakteri memperbanyak diri di dalam tanaman dan memasuki tulang daun. Bakteri yang memasuki akar dapat menghambat jaringan pengangkut dan mengakibatkan kelayuan pada tanaman. Pada kemunculan bercak daun pertama, masa bakteri berupa cairan keluar pada permukaan daun melalui luka dan selanjutnya akan menyebar melalui angin, air hujan, dan air irigasi (Harahap dan Tjahjono, 2004).

2.3 Aktinomisetes

Aktinomisetes merupakan kelompok bakteri Gram Positif, heterotrof, bersifat aerob dan banyak ditemukan di alam. Aktinomisetes dikatakan sebagai mikroorganisme mirip jamur karena mempunyai hifa bercabang dengan membentuk miselium dan konidianya tumbuh menegak (Sutedjo dkk., 1991). Koloni aktinomisetes yang tumbuh di permukaan media biasanya memiliki konsistensi keras, nampak kasar, cembung, pertumbuhannya lambat, melekat erat pada permukaan media (Rao, 1994), berwarna putih dan baunya seperti ragi (Aminnullah dkk., 2020). Menurut Prasad (2017), aktinomisetes termasuk bakteri karena berdasarkan ciri morfologinya yang lebih mendekati morfologi bakteri, yaitu dapat dilihat dari ukuran sel, spora, serta miseliumnya yang memiliki

nukleolus. Selain itu, pada dinding aktinomisetes tidak mengandung komponen penyusun sel jamur seperti kitin dan selulosa, akan tetapi komponen penyusunnya berupa asam muramat, polimer gula, gula amino, dan beberapa asam amino seperti yang dimiliki oleh bakteri gram positif lainnya.

Aktinomisetes dibedakan menjadi dua kelompok yaitu *Streptomyces* dan *rare-actinomycetes* (Kurtboke, 2001). *Streptomyces* merupakan genus terbesar dimana spesiesnya berjumlah lebih dari 500. *Rare-actinomycetes* merupakan istilah untuk menyebut genus selain *Streptomyces*. *Rare-actinomycetes* terdiri dari 201 genus, relatif lebih sulit untuk diisolasi, dan pertumbuhannya lebih lambat dibandingkan dengan *Streptomyces*. Aktinomisetes isolat GGF4-i18 yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat yang diisolasi dari rizosfer pertanaman nanas di Lampung (Gambar 3) dan telah diidentifikasi sebagai *Streptomyces hygrosopicus* subsp. *hygrosopicus* (Aeny *et al.*, 2018).



Gambar 3. Koloni aktinomisetes isolat GGF4-i18 berumur 7 hari setelah inokulasi (Aeny *et al.*, 2018).

Secara morfologi, koloni *Streptomyces* spp. membentuk miselium udara dan memiliki rantai spora membentuk seperti kait, spiral, atau heliks (Miyadoh, 1997). *Streptomyces hygrosopicus* subsp. *hygrosopicus* termasuk dalam kingdom Bakteria, filum Actinobacteria, kelas Actinomycetes, ordo Actinomycetales, famili Streptomycetaceae, genus *Streptomyces*, dan spesies *Streptomyces hygrosopicus* (NCBI, 2023).

Aktinomisetes merupakan mikroorganisme tanah dan terdistribusi sangat luas di alam (Babalola *et al.*, 2009). Aktinomisetes hidup sebagai mikroorganisme saprofit pada tanah dan seresah serta aktif menguraikan bahan organik, sehingga dapat menyuburkan tanah dan menyediakan unsur hara bagi tanaman (Takizawa *et al.*, 1993). Aktinomisetes telah diisolasi dari berbagai jenis tanah, seperti tanah berumput, perakaran tanaman (rizosfer), tanah hutan, gua, gurun, sabana, daerah bekas letusan gunung berapi, pertambangan, serta lingkungan perairan seperti lumpur, rawa dan laut (Adegboye and Babalola, 2012). Menurut Alexander (1977), keberadaan aktinomisetes ditandai dengan bau yang khas seperti tanah lembab, bau tersebut merupakan hasil metabolisme dari aktinomisetes. Beberapa faktor yang memengaruhi populasi aktinomisetes di alam diantaranya kandungan bahan organik, keasaman tanah (pH), kelembapan, suhu, aerasi, musim, dan lain-lain (Suwandi, 1989).

Aktinomisetes selain berperan penting dalam mendekomposisi bahan organik di tanah, juga membantu fiksasi nitrogen, sebagai agen pengendali hayati, sumber nutrisi bagi tanaman, pemeliharaan struktur tanah (Adegboye and Babalola, 2012), sebagai pelarut fosfat, dan pemacu pertumbuhan tanaman serta mampu menekan jumlah etilen berlebihan pada tanaman (Harikrishnan *et al.*, 2014). Aktinomisetes sangat berpotensi karena memiliki nilai ekonomi tinggi, diantaranya sebagai penghasil antibiotik, antibakteri, antijamur, antivirus, agen antikanker, enzim, dan immunosupresan (Lima *et al.*, 2017). Menurut Alcamo (1996), sekitar 70% antibiotik yang ditemukan berasal dari aktinomisetes. Sebagian besar aktinomisetes telah dilaporkan sebagai produsen antibiotik, terutama genus *Streptomyces* (Al-Momani *et al.*, 1999, Saadoun *et al.*, 1999, Kumar *et al.*, 2011). Fitri *et al.* (2019) mengemukakan bahwa metabolit sekunder yang dihasilkan dari *Streptomyces hygrocopicus* subsp. *hygrocopicus* mengandung senyawa eponemycin yang memiliki aktivitas antitumor dan antibiotik. Hasil penelitian Alfahri (2021), menunjukkan bahwa uji fitokimia *Streptomyces* sp. strain i18 terdapat kandungan saponin, triterpenoid dan anthraquinon glikosida. Menurut Setyaningrum *et al.* (2021), senyawa saponin mampu menghambat pertumbuhan patogen.

Mekanisme antibiosis yang dimiliki aktinomisetes dapat melindungi tanaman dari serangan patogen dan dapat melindungi akar (Cao *et al.*, 2004). Mekanisme lain dari aktinomisetes yaitu dapat mengeluarkan enzim kitinase yang dapat mendegradasi dinding sel dan plasma dari patogen (Yurnaliza, 2008). Terdapat lima kelompok antibiotik yang diproduksi oleh aktinomisetes yaitu tetrasiklin, kloramfenikol, makrolida, linkomisin, dan aminoglikosida (Ambarwati dan Gama, 2009). Efek yang dihasilkan antibiotik diantaranya sebagai antibakteri, antijamur, antitumor, antiprotozoa, dan antivirus (Waturangi *et al.*, 2016).

Pemanfaatan aktinomisetes sebagai agens pengendali hayati untuk mengendalikan patogen tanaman saat ini telah diterapkan. Jeffrey (2008) melaporkan bahwa aktinomisetes yang diisolasi dari tanah berperan antagonis pada jamur serta bakteri patogen. Sehubungan dengan pengelolaan patogen tanaman, peranan aktinomisetes sangat berpotensi sebagai agen biokontrol dan telah banyak diteliti, diantaranya penggunaan *Streptomyces* sp. yang berpotensi sebagai agen antagonis *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* penyebab layu fusarium tanaman kubis (Pratama, 2018), *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (= *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*), dan *Burkholderia cepacia*, bakteri penyebab busuk bawang merah (Abdallah *et al.*, 2013) serta *Erwinia carotovora* sp. *carotovora* penyebab penyakit busuk lunak umbi kentang (Doolotkeldieva *et al.*, 2018).

Hasil penelitian Miranda dkk. (2022) menunjukkan bahwa *Streptomyces* sp. strain i18 mampu menghambat pertumbuhan patogen *Erwinia* sp., *Fusarium* sp. dan *Aspergillus* sp., hal ini ditunjukkan dengan adanya aktivitas zona hambat di sekitar koloni isolat i18 dan dikategorikan memiliki aktivitas daya hambat yang kuat. Diketahui juga dari penelitian Shen *et al.* (2016), bahwa pengaplikasian pupuk bioorganik yang mengandung *Streptomyces hygrosopicus* B04 secara nyata dapat menurunkan jumlah jamur patogen di tanah rizosfer sebesar 82,43%, dan kepadatan aktinomisetes meningkat secara signifikan, sehingga berpotensi dalam menekan penyakit busuk akar pada tanaman stroberi. Selain itu, penelitian Xua *et al.* (2019), menyatakan *S. hygrosopicus* memiliki aktivitas antagonisme terhadap pertumbuhan dan perkembangan jamur *Magnaporthe oryzae* penyebab penyakit

blast pada tanaman padi. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh *S. hygroscopicus* dapat mendegradasi dinding sel, merusak membran plasma dan mengganggu fungsi mitokondria sehingga tidak mampu mempertahankan pertumbuhan jamur patogen.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian dan Rumah Kaca Laboratorium Lapangan Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian berlangsung mulai bulan Mei sampai dengan Oktober 2022.

3.2 Bahan dan Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu autoklaf, *Laminar Air Flow* (LAF), *microwave*, *rotary mixer*, *shaker*, pipet mikro dan tipnya, timbangan listrik, cawan Petri, gelas Beaker, Erlenmeyer, tabung reaksi, rak tabung reaksi, gelas ukur, bunsen, jarum ose, bor gabus, spatula, gunting, *sprayer*, penggaris, nampan plastik, karet, ember plastik, kamera, dan alat-alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan adalah isolat aktinomisetes strain GGF4-i18 (*Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus*), isolat bakteri *Xanthomonas oryzae* dari koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, media *potato peptone glucose agar* (PPGA), media *malt extract agar* (MEA), benih padi, alkohol 70%, air steril, spiritus, antibiotik *chloramphenicol*, bakterisida (2,5 g/L), *plastic wrap*, *aluminium foil*, kapas, tisu, kertas saring, plastik tahan panas, akuades, media tanam steril (campuran tanah dan pupuk kandang).

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua percobaan, yaitu pengujian daya hambat *S. hygrosopicus* subsp. *hygrosopicus* terhadap *X. oryzae* secara *in vitro* dan pengujian kemampuan *S. hygrosopicus* subsp. *hygrosopicus* dalam menekan penyakit HDB padi. Perlakuan pada uji secara *in vitro* disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL), yang terdiri dari 3 perlakuan yaitu air steril (kontrol), *chloramphenicol*, dan isolat aktinomisetes strain GGF4-i18 yang diulang sebanyak 4 kali, sehingga diperoleh 12 satuan percobaan.

Perlakuan pada uji secara *in planta* disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan, sehingga diperoleh 20 satuan percobaan.

Perlakuan terdiri atas :

- 1) Air steril/kontrol (K0)
- 2) Aplikasi bakterisida (2,5 g/L) (K1)
- 3) Aplikasi aktinomisetes dengan volume 5 ml/tanaman (A1)
- 4) Aplikasi aktinomisetes dengan volume 10 ml/tanaman (A2)
- 5) Aplikasi aktinomisetes dengan volume 15 ml/tanaman (A3).

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pembuatan media *malt extract agar* (MEA)

Media ekstrak malt digunakan untuk medium pertumbuhan aktinomisetes. Bahan yang digunakan untuk pembuatan media ini yaitu 10 g bubuk malt, 4 g bubuk yeast, 4 g bubuk dextrose, 20 g agar batang, dan 1000 ml akuades. Semua bahan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer, kemudian ditutup menggunakan *aluminium foil*. Selanjutnya Erlenmeyer yang berisi media dimasukkan ke dalam plastik tahan panas dan diautoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm. Setelah itu, media dikeluarkan dari dalam autoklaf, ditunggu sampai agak dingin dan dituang ke dalam cawan petri secara steril di dalam LAF.

3.4.2 Pembuatan media *potato peptone glucose agar* (PPGA)

Media PPGA digunakan untuk medium pertumbuhan *X. oryzae*. Media PPGA dibuat dengan mencampurkan ekstrak kentang dengan *peptone*, *glucose*, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, NaCl , KH_2PO_4 , dan agar ke dalam aquades. Ekstrak kentang disiapkan dengan cara mengupas dan memotong kentang sebanyak 200 g, kemudian direbus dengan aquades sebanyak 1000 ml sampai mendidih. Selanjutnya ekstrak hasil rebusan disaring dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer yang berisi 5 g *peptone*, 5 g *glucose*, 3 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 3 g NaCl , 0.5 g KH_2PO_4 , dan 20 g agar, kemudian diaduk sampai homogen menggunakan spatula. Setelah homogen, Erlenmeyer ditutup dengan *aluminium foil*, lalu dimasukkan ke dalam plastik tahan panas dan di autoklaf selama 10 menit pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm. Setelah itu, media dikeluarkan dari dalam autoklaf, ditunggu sampai agak dingin dan dituang ke dalam tabung reaksi secara aseptik di dalam LAF, media dimiringkan sampai membeku.

3.4.3 Perbanyak isolat aktinomisetes GGF4-i18

Isolat aktinomisetes yang digunakan diperoleh dari koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Isolat diremajakan pada media MEA. Pada peremajaan, isolat aktinomisetes diambil sebanyak satu ose kemudian digoreskan secara zigzag pada permukaan media MEA padat dalam cawan Petri secara aseptik. Selanjutnya media yang telah berisi isolat diinkubasi pada suhu ruang selama 14 hari.

3.4.4 Perbanyak isolat bakteri *Xanthomonas oryzae*

Isolat *X. oryzae* yang digunakan diperoleh dari koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Sebelum dilakukan pengujian isolat *X. oryzae* harus diremajakan 1 hari sebelumnya pada media *potato peptone glucose agar* (PPGA). Isolat *X. oryzae* diremajakan pada media PPGA dalam tabung reaksi yang dimiringkan menggunakan metode penggoresan secara aseptik.

3.4.5 Uji patogenitas

Uji patogenitas dilakukan untuk memastikan bahwa bakteri hasil isolasi benar sebagai patogen yang menyebabkan penyakit HDB pada tanaman padi. Untuk uji patogenitas digunakan bibit padi berumur 14 hari. Suspensi bakteri dibuat dengan cara memasukkan 10 ml air steril ke dalam tabung reaksi, kemudian dua ose isolat bakteri *X. oryzae* diambil lalu dihomogenkan menggunakan *rotary mixer*.

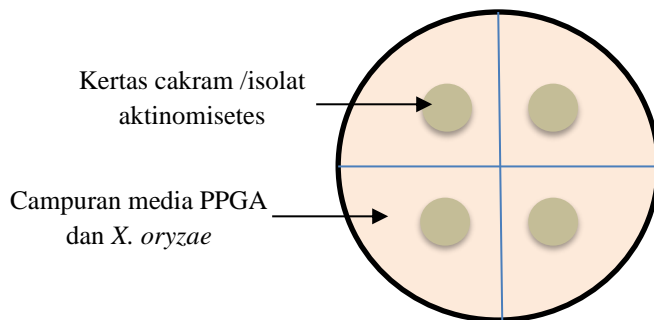
Inokulasi dilakukan dengan cara menggunting ujung daun padi dengan gunting yang terlebih dahulu dicelupkan ke dalam suspensi bakteri *X. oryzae* selama ± 10 detik. Pengamatan gejala penyakit dilakukan pada setiap hari sampai munculnya gejala. Uji patogenitas dinyatakan positif apabila bakteri yang diinokulasikan menyebabkan timbulnya gejala penyakit pada daun padi dan dinyatakan negatif jika bakteri yang diinokulasikan tidak timbul gejala penyakit pada daun padi.

3.4.6 Uji antagonis secara *in vitro*

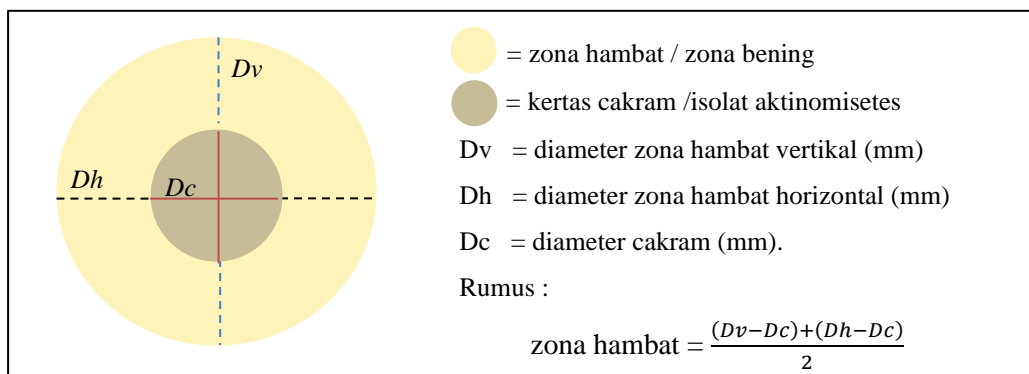
Uji antagonis dilakukan untuk mengetahui kemampuan aktinomisetes dalam menghambat pertumbuhan *X. oryzae*. Uji antagonis dilakukan dengan menggunakan metode *agar diffusion* (Barakate *et al.*, 2002). Mula-mula dibuat larutan stok suspensi *X. oryzae*, dengan cara menambahkan 2 ose biakan *X. oryzae* berumur 24 jam ke dalam air steril 5 ml dalam tabung reaksi. Selanjutnya campuran tersebut dihomogenkan menggunakan *rotary mixer* dan dimasukkan ke dalam 100 ml media PPGA yang masih cair (suhu ± 40 °C), dan digoyang supaya tercampur-rata. Setelah itu, media tersebut dituangkan ke cawan petri sebanyak ± 20 ml per cawan dan dibiarkan memadat.

Untuk pengujian *in vitro* ini, koloni aktinomisetes berumur 14 hari yang ditumbuhkan pada media MEA diambil menggunakan bor gabus berdiameter 5 mm dan diletakkan di atas permukaan media PPGA yang telah dicampur dengan suspensi bakteri *X. oryzae*. Pada setiap cawan petri diletakkan 4 potongan aktinomisetes (Gambar 4). Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Pada perlakuan kontrol positif, kertas cakram (*paper disc*) berdiameter 5 mm yang sudah disterilkan dicelupkan ke dalam larutan campuran antibiotik

(*chloramphenicol* 0,001 g) dan air steril 1 ml, sedangkan kontrol negatif berupa kertas cakram berdiameter 5 mm yang sudah dicelupkan ke dalam air steril sebanyak 1 ml sampai jenuh, kemudian ditiriskan. Reaksi positif ditunjukkan dengan terbentuknya zona hambatan (zona bening) disekitar koloni aktinomisetes ataupun kertas cakram. Pengamatan dan pengukuran diameter zona bening (Gambar 5) dilakukan setiap hari selama 5 hari.



Gambar 4. Skema peletakan isolat aktinomisetes dan kertas cakram dalam cawan petri berisi campuran media PPGA dan *X. oryzae*



Gambar 5. Pengukuran diameter zona hambatan (Sari dan Sumadewi, 2019).

Menurut Davis dan Stout (1971) dalam Sari dan Sumadewi (2019), nilai yang didapatkan dari hasil perhitungan tersebut dimasukkan ke dalam kriteria klasifikasi untuk aktivitas penghambatan berdasarkan diameter zona hambatan sebagai berikut :

1. Zona hambatan >20 mm : daya hambatan sangat kuat
2. Zona hambatan 11-20 mm : daya hambatan kuat
3. Zona hambatan 5-10 mm : daya hambatan sedang
4. Zona hambatan <5 mm : daya hambatan lemah.

3.4.7 Uji antagonisme secara *in planta*

Pada pengujian *in planta*, benih padi yang akan disemai dicuci menggunakan alkohol 70%, kemudian direndam dengan air steril selama 24 jam. Selanjutnya benih padi dipilih yang bernas dan direndam dalam suspensi aktinomisetes selama 5 menit. Benih padi kemudian disemai pada media pembibitan dalam nampan sampai berumur ± 15 hari. Setelah itu, bibit padi dipindahtanamkan ke dalam ember-ember plastik yang berisi campuran tanah dan pupuk kandang yang sudah disterilkan dengan perbandingan 1:1.

Suspensi aktinomisetes dibuat dengan cara menambahkan 10 ml air steril pada kultur murni aktinomisetes dalam cawan petri (berumur 14 hari), kemudian koloni aktinomisetes dikeruk menggunakan *dryglasky glass*. Cairan aktinomisetes (suspensi) tersebut dituangkan ke dalam tabung reaksi, lalu di *shaker* selama 24 jam. Selanjutnya, suspensi aktinomisetes dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan ditambahkan air steril sampai 100 ml, setelah itu suspensi aktinomisetes di tuang ke dalam botol sprayer sesuai dengan ukuran volume setiap perlakuan.

Inokulasi buatan *X. oryzae* dilakukan pada tanaman padi yang berumur 25 hari. Teknik inokulasi dilakukan dengan cara memotong ujung daun (*leaf clipping method*) pada 5 helai daun tiap rumpun menggunakan gunting yang sudah dicelupkan dalam suspensi *X. oryzae*. Aplikasi perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali, yang dilakukan setiap 2 minggu sekali, dengan cara menyemprotkan suspensi aktinomisetes menggunakan botol sprayer dengan volume 5 ml, 10 ml, 15ml/tanaman, bakterisida (2,5 g/L) dan kontrol dengan menyemprotkan air steril sampai menutupi semua bagian daun.

Pengamatan awal dilakukan setiap hari sampai munculnya gejala pertama kemudian dilanjutkan pengamatan setiap 7 hari untuk mengetahui perkembangan gejala penyakit untuk menghitung keterjadian penyakit dan keparahan penyakit. Selain itu, pengamatan juga dilakukan terhadap parameter agronomis yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan, panjang akar, bobot basah akar, bobot basah tajuk, bobot kering akar dan bobot kering tajuk.

3.4.7.1 Masa Inkubasi

Masa inkubasi adalah waktu sejak inokulasi sampai dengan munculnya gejala penyakit HDB untuk pertama kalinya. Gejala yang muncul berupa daun berwarna hijau kelabu kemudian menguning, lalu helaian daunnya melengkung yang selanjutnya diikuti ibu tulang daunnya.

3.4.7.2 Keterjadian Penyakit

Keterjadian penyakit dihitung menggunakan rumus Ginting dan Aeny (2022) :

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

Keterangan :

Kt : Keterjadian penyakit (%)

n : Jumlah tanaman yang menunjukkan gejala.

N : Jumlah keseluruhan tanaman yang diamati.

3.4.7.3 Keparahan Penyakit

Keparahan penyakit dihitung menggunakan rumus Ginting dan Aeny (2022).

$$Kp = \frac{\sum(nv)}{ZN} \times 100\%$$

Keterangan :

Kp : Keparahan penyakit (%)

n : Jumlah tanaman dengan skor ke-i

v : Skor suatu kategori gejala dari i = 0, 1, 2, 3, 4

Z : Skor tertinggi pada pengamatan yang dilakukan

N : Jumlah tanaman yang diamati.

Nilai kategori serangan (skor) untuk mengukur keparahan penyakit hawar daun bakteri didasarkan pada gejala penyakit yang muncul, skor keparahan penyakit dapat ditentukan dengan melihat diagram penyakit HDB pada Gambar 11.

Skor penyakit yang digunakan berdasarkan Ginting dan Aeny (2022) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Skor penyakit

Skor	Kategori	Tingkat serangan
0	Tidak ada gejala	Tanaman sehat
1	Luas gejala $\leq 10\%$ per tanaman	Ringan
2	Luas gejala $> 10-25\%$ per tanaman	Agak parah
3	Luas gejala $> 25-50\%$ per tanaman	Parah
4	Luas gejala $> 50\%$ per tanaman sampai tanaman mati	Sangat parah

Sumber : Ginting dan Aeny (2022).

3.4.8 Uji Pengaruh Aktinomisetes terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan tanaman padi setelah perlakuan dengan aktinomisetes. Parameter pertumbuhan tanaman yang diamati meliputi :

- 1) Tinggi tanaman (cm) : tinggi tanaman diukur dari pangkal batang sampai ujung daun terpanjang.
- 2) Jumlah daun (helai) : jumlah daun yang dihitung meliputi semua daun yang terbentuk sempurna.
- 3) Jumlah anakan : jumlah anakan tanaman padi dihitung dengan cara menghitung anakan yang tumbuh dari batang padi utama.
- 4) Panjang akar (cm) : panjang akar tanaman padi diukur dengan cara mengukur akar tanaman terpanjang mulai dari pangkal akar sampai ujung akar.
- 5) Bobot brangkasan (g) : bobot brangkasan ditimbang setelah tanaman dipanen, dengan cara menimbang bobot basah dan bobot kering brangkasan (g) tanaman tiap perlakuan. Bobot basah (g) ditimbang sesaat setelah tanaman dicabut dan dibersihkan dari sisa-sisa tanah sedangkan bobot kering ditimbang setelah brangkasan dikeringkan dalam oven selama 72 jam.

3.5 Analisis Data

Data hasil pengamatan yang diperoleh diuji homogenitasnya dengan uji Bartlett sedangkan aditifitas data diuji dengan uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi maka data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA). Apabila hasil yang diperoleh berbeda nyata antar perlakuan maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (uji jarak berganda) pada taraf 5% ($\alpha=0,05$).

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* efektif dalam menghambat pertumbuhan *Xanthomonas oryzae* secara *in vitro*.
2. Aplikasi *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* pada tanaman padi dapat memperpanjang masa inkubasi dan menekan persentase keparahan penyakit hawar daun bakteri, namun tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap keterjadian penyakit hawar daun bakteri.
3. Aplikasi *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* pada tanaman padi mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan, bobot basah tajuk dan bobot kering tajuk, namun tidak memberikan pengaruh nyata terhadap panjang akar, bobot basah akar dan kering akar tanaman padi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan penulis menyarankan untuk :

1. Perlu dilakukan pencarian terhadap tingkat konsentrasi optimal aktinomisetes dalam menekan perkembangan gejala serangan *X. oryzae* penyebab penyakit HDB di lapangan.
2. Perlu dilakukan pencarian dan pengembangan teknik aplikasi aktinomisetes di lapangan untuk dapat memberikan hasil dalam menekan penyakit tanaman yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdallah, M.E., Haroun, S.A., Gomah, A.A., El-Naggar, N.E., and Badr, H.H. 2013. Application of actinomycetes as biocontrol agents in the management of onion bacterial rot diseases. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 46(15): 1797-1808.
- Abd-Alla, M.H., El-Sayed, and Rasmey, M. 2013. Indole-3-acetic acid (IAA) production by *Streptomyces atrovirens* isolated from rhizospheric soil in egypt. *Journal of Biology and Earth Sciences*. 3(2): 182-193.
- Adegboye, M.F. and Babalola, O.O. 2012. Taxonomy and ecology of antibiotic producing actinomycetes. *African Journal of Agricultural Research*. 7(15): 2255-2261.
- Aeny, T.N., Prasetyo, J., Suharjo, R., Dirmawati, S.R., Efri, and Niswati, A. 2018. Short communication: Isolation and identification of actinomycetes potential as the antagonist of *Dickeya zae* pineapple soft rot in Lampung, Indonesia. *Biodiversitas*. 19(6): 2052-2058.
- Alcamo, I.E. 1996. *Laboratory Fundamentals of Microbiology*. Farmingdale: Addison Wesley publishing company. Ontario, Sidney.
- Alexander, M. 1977. *Introduction to Soil Microbiology*. 2nd Edition. John Wiley and Sons. New York.
- Alfahri, F.D. 2021. Potensi Ekstrak *Streptomyces* sp. Strain i18 sebagai Antibiotik terhadap Bakteri *Escherichia coli*. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Al-Momani, F., Saadoun, I., and Malkawi, H.I. 1999. *Streptomyces* species from Jordan soils with in vitro inhibitory activity against *Agrobacterium tumefaciens* Ab 136 pti 854. *African Plant Protection*. 5(2): 129-130.
- Ambarwati dan Gama, T.A. 2009. Isolasi actinomycetes dari tanah sawah sebagai penghasil antibiotik. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*. 10(2): 101-111.
- Aminnullah, R., Bahar, M., Muktamiroh, H., dan Sandra, O. 2020. Efektivitas isolat actinomycetes dari tanah Kebun Raya Bogor sebagai antifungi terhadap pertumbuhan *Candida albicans* secara *in vitro*. *Bioeduscience*. 4(1): 90-96.

- Miranda, M., Lestari, M.D., Setiawati, U.N., Setyaningrum, E., Nukmal, N., Arifyianto, A., dan Aeny, T.N. 2022. Uji daya hambat pertumbuhan mikroba patogen oleh *Streptomyces* sp. strain i18 sebagai agen biokontrol. *Bioeksperimen*. 8(2): 88-96.
- Babalola, O.O., Kirby, B.M, Le Roes-Hill, M., Cook, A.E, Cary, S.C, Burton, S.G, and Cowan, D.A. 2009. Phylogenetic analysis of actinobacterial populations associated with Antarctic dry valley mineral soils. *Environ Microbiology*. 11: 566-576.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2022. *Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia (Angka Tetap)*. No. 21/03/Th. XXV. <https://www.bps.go.id>. Diakses pada 1 Maret 2022.
- Barakate, M., Ouhdouch, Y., Oufdou, K., and Beaulieu, C. 2002. Characterization of rhizospheric soil Streptomyces from Moroccan habitats and their antimicrobial activities. *World Journal Microbiology Biotechnology*. 18(1): 49-54.
- Cao, L., Qiu, Z., Dai, X., Tan, H., Lin, Y., and Zhou, S. 2004. Isolation of endophytic actinomycetes from roots and leaves of banana (*Musa acuminata*) planta and their activities against *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*. *World Journal Microbiol Biotech*. 20: 381-385.
- Davis, W.W. and Stout, T.R.. 1971. Disc plate methods of microbiological antibiotic assay. *Microbiology*. 22: 659-665.
- Doolotkeldieva, T., Saykal, B., and Ayzat, S. 2018. Biological control of *Erwinia carotovora* ssp. *carotovora* Streptomyces species. *Advances in Microbiology*. 6(2): 104-113.
- Fitri, L.E., Alkarimah, A., Cahyono, A.W., Lady, W.N., Endharti, A.T., and Nugraha, R.Y.B. 2019. Effect of Metabolite Extract of *Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* on *Plasmodium falciparum* 3D7 *in vitro*. *Iran Journal Parasitol*. 14(3): 444-452.
- Gnanamanickam, S.S. 2009. *Biological Control of Rice Disease*. Springer. Dallas (US).
- Ginting, C. dan Aeny, T.N. 2022. *Ilmu Penyakit Tumbuhan: Konsep dan Aplikasi*. Penerbit Ali Imron. Bandar Lampung.
- Harahap, I.S. dan Tjahjono, B. 2004. *Pengendalian Hama dan Penyakit Padi*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Harikrishnan, H., Shanmugaiyah, V., and Balasubramanian, N. 2014. Optimization for production of *indole acetic acid* (IAA) by *plant growth promoting Streptomyces* sp. VSMGT1014 isolated from rice rhizosphere. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 3(8): 158-171.

- Hidayah, N. dan Yulianti, T. 2015. Uji Antagonisme *Bacillus cereus* terhadap *Rhizoctonia solani* dan *Sclerotium rolfsii*. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*. 7(1): 1-8.
- Indriani, N.P., Mansyur, Susilawati, I., dan Islami, R.Z. 2011. Peningkatan produktivitas tanaman pakan melalui pemberian fungi mikoriza arbuskular (FMA). *Pastura*. 1(1): 27-30.
- Jawetz, E., Melnick, J., Adelberg, E, Brooks, G.F, dan Nugroho, E. 1996. *Mikrobiologi Kedokteran*. Penerbit Buku Kedokteran. Jakarta.
- Jeffrey, L.S.H. 2008. Isolation, characterization and identification of actinomycetes from agriculture soils at Semongok, Sarawak. *African Journal of Biotechnology*. 7(20): 3697-3702.
- Kartasapoetra. 2008. *Klimatologi Pengaruh Iklim terhadap Tanah dan Tanaman*. Sinar Grafika Offset. Jakarta.
- Khaeruni, A., Asrianti, dan Rahman, A. 2014. Efektivitas limbah cair pertanian sebagai media perbanyakan dan formulasi *Bacillus subtilis* sebagai agens hayati patogen tanaman. *Agroteknos*. 3(3): 144-151.
- Kumar, V., Bharti, A., Gusain, O., and Bisht, G.S. 2011. Scanning electron microscopy of *Streptomyces* without use of any chemical fixatives. *Scanning*. 33(6): 446-449.
- Kurtboke, I. 2001. *Selective Isolation of Rare Actinomycetes*. Queensland. Australia.
- Kusumawati, D.E. dan Istiqomah. 2020. Potensi agensia hayati dalam menekan laju serangan penyakit blas (*Pyricularia Oryzae*) pada tanaman padi. *Journal Viabel Pertanian*. 14(2): 1-13.
- Lestari, S., Mukarlina, dan Kurniatuhadi, R. 2019. Identifikasi dan deteksi aktivitas daya hambat bakteri actinomycetes yang diisolasi dari tanah gambut di Desa Tajok Kayong Kalimantan Barat. *Protobiont*. 8(1): 13-19.
- Lima, S.M., Melo, J.G., Militao, G.C., Lima, G.M., do Carmo, A.L.M., Aquiar, J.S., Araujo, R.M., Braz-Filho, R., Marchand, P., Araujo, J.M., and Silva, T.G. 2017. Characterization of the biochemical, physiological, and medicinal properties of *Streptomyces hygrosopicus* ACTMS-9H isolated from the Amazon Brazil. *Applied Microbiology Biotechnology*. 101: 711-723.
- Madigan, M.T., Martiko, J.M., and Parker, J. 2003. *Biology of Microorganisms*. Tenth Edition. Pearson Education, Inc. USA.
- Minas, W., Bailey, J.E., and Duetz, W. 2001. *Streptomyces* in micro-cultures: Growth, production of secondary metabolites, and storage and retrieval in the 96-well format. *Kluwer Academic Publishers*. Zurich.
- Miyadoh, S. 1997. *Atlas of Actinomycetes*. Asakura publishing Co Ltd. Japan.

- Najeeya, M., Abdul, R. and Muhammad, A.A. 2007. Isolation and characterization of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* isolates from North West Frontier Province (NWFP) Pakistan. *Sarhad Journal Agriculture*. 23(3): 743-746.
- National Center for Biotechnology Bioinformation (NCBI). 2023. *NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/>. Diakses pada 2 Maret 2023.
- Nellawati, N.L.C.A., Kawuri, R., dan Arpiwi, N.L. 2016. Uji daya hambat *Streptomyces Roseoflavus* AL2 terhadap *Xanthomonas* sp. penyebab penyakit hawar daun bakteri (HDB) pada tanaman padi (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Metamorfosa*. 3(1): 1-7.
- Nino-Liu, D.O., Ronald, P.C., and Bogdanove, A.J. 2006. *Xanthomonas oryzae* pathovars: model pathogens of a model crop. *Molecular Plant Pathology*. 7:303-324.
- Nurjasmii, R. dan Suryani, S. 2020. Uji Antagonis actinomycetes terhadap patogen *Colletotrichum capsici* penyebab penyakit antraknosa pada buah cabai rawit. *Jurnal Ilmiah Respati*. 11(1): 1-12.
- Oskay, M., Tamer AÜ., and Azeri, C. 2004. Antibacterial activity of some actinomycetes isolated from farming soils of Turkey. *African Journal of Biotechnology*. 3(9): 441-446.
- Ou, S.H. 1985. *Rice Disease*. Commonwealth Agricultural Bureaux. Kew, Inggris.
- Prasad, M.B. 2017. Isolasi Actinomycetes dari Rhizosfer Tumbuhan Kumis Kucing (*Orthosiphon stamineus*) sebagai Penghasil Antibakteri. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Pratama, F.B. 2018. Potensi Antagonisme Actinomycetes dari Rhizosfer Tanaman Kubis terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* Penyebab Layu Fusarium pada Tanaman Kubis (*Brassica oleracea*). *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Purnomo, E., Mukarlina, dan Rahmawati. 2017. Uji antagonis bakteri *Streptomyces* spp. terhadap jamur *Phytophthora palmivora* BBK01 penyebab busuk buah pada tanaman kakao. *Protobiont*. 6(3): 1-7.
- Raharini, A.O., Kawuri, R., dan Khalimi, K. 2012. Penggunaan *Streptomyces* sp. sebagai biokontrol penyakit layu pada tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.) yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f.sp *capsica*. *Jurnal Agrotrop*. 2(2): 151-159.
- Rahmiyati, M., Hartanto, S., dan Sulastiningsih, N.W.H. 2021. Pengaruh aplikasi actinomycetes terhadap serangan *Fusarium oxysporum* Schlecht. f.sp. *cepae* (Hanz.) synd. et hans. penyebab penyakit layu pada bawang merah (*Allium*

- ascalonicum* L. var. *Mentes*). *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*. 9(1): 248-260.
- Rao, N.S.S. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Edisi II. UI Press. Jakarta.
- Saadoun, I., Al-Momani, F., and Elbetieha, A. 1999. Genetic determinants of active antibiotic-producing soil *Streptomyces*. *New Microbiologica*. 22(3): 233-239.
- Sallytha, A.A.M., Addy, H.S., dan Mihardjo, P.A. 2014. Pertanian penghambatan actinomycetes terhadap *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* secara *in vitro*. *Berkala Ilmiah Pertanian*. 1(4): 70-72.
- Saragih, F.J. 2009. Pengaruh Media Tanam dan Pemberian *Mikoriza Vesikula Arbuskula* (MVA) terhadap Pertumbuhan Stump Mata Tidur Karet (*Havea brasiliensis* Muell.Arg.) *Skripsi*. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Sari, N.K.Y. dan Sumadewi, N.L.U. 2019. Potensi ekstrak daun akasia (*Acacia auriculiformis*) sebagai antifungi pada *Candida albicans* dan identifikasi golongan senyawanya. *Journal of Biological Sciences*. 6(2): 143-147.
- Schaad, N.W. 2001. Initial Identification of Common Genera. In: Schaad, N.W, Jones JB, Chun, W (eds) *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria*. APS Press. St. Paul.
- Sektiono, A.W., Kajariyah, S.N., dan Djauhari, S. 2016. Uji antagonisme Actinomycetes rhizosfer dan endofit akar tanaman cabai (*Capsicum frutescens* L.) terhadap jamur *Colletotrichum capsici* (Syd.) Bult et Bisby. *Jurnal Hama Penyakit Tumbuhan*. 4(1): 17-23.
- Semangun, H. 1991. *Penyakit-Penyakit Penting Tanaman Hortikultura di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Setyaningrum, E., Arifiyanto, A., Nukmal, N., Nuraeni, T., Putri, M.H., Ni'mah, S.W. 2021. In vitro test for inhibition of *Plasmodium falciparum* 3D7 Parasites using *Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* strain i18, isolated from a Pineapple Farm in Lampung. *Journal of Pure Applied Microbiology*. 6967.
- Shen, T., Wang, C., Yang, H., Deng, Z., Wang, S., Shen, B., and Shen Q. 2016. Identification, solid-state fermentation and biocontrol effects of *Streptomyces hygroscopicus* B04 on strawberry root rot. *Applied Soil Ecology*. 103: 36-43.
- Shimizu, M. 2011. *Bacteria in Agrobiolgy: Plant Growth Responses*. Springer Berlin Heidelberg. Gifu City.
- Sopialena. 2018. *Pengendalian Hayati dengan Memberdayakan Potensi Mikroba*. Mulawarman University Press. Samarinda.
- Sreevidya, M., Gopalakrishnan, S., Kudapa, H., and Varshney, R.K. 2016. Exploring plant growth-promotion actinomycetes from vermicompost and

- rhizosphere soil for yield enhancement in chickpea. *Brazilian Journal of Microbiology*. 47(1): 85-95.
- Sudarma, I.M. 2013. *Penyakit Tanaman Padi (Oryza sativa L.)*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Sudir, B.N. dan Kadir, T.S. 2012. Epidemiologi, patotipe, dan strategi pengendalian penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi. *IPTEK Tanaman Pangan*. 7(2): 79-87.
- Suryadi, Y. 2009. Efektifitas *Pseudomonas fluorescens* terhadap penyakit layu bakteri (*Ralstonia Solanacearum*) pada tanaman kacang tanah. *Jurnal HPT Tropika*. 9(2): 174-180.
- Sutedjo, M., Kartasapoetra, A.G., dan Sastroatmodjo, S. 1991. *Mikrobiologi Tanah*. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- Suwandi, U. 1989. Mikroorganisme penghasil antibiotik. *Cermin Dunia Kedokteran*. 58: 37-40.
- Suwandi, U. 1993. Skrining mikroorganisme penghasil antibiotika. *Cermin Dunia Kedokteran*. 89(48): 46-48.
- Takizawa, M., Colwel, R.R., and Hill, R.T. 1993. Isolation and diversity of actinomycetes in the Chesapeake bay. *Journal Applied Environmental Microbial*. 59: 997-1002.
- Tamreihao, K., Ningthoujam, D.S., Nimaichand, S., Singh, E.S., Reena, P., Singh, S.H., and Nongthomba, U. 2016. Biocontrol and plant growth promoting activities of a *Streptomyces corchorusii* strain UCR3-16 and preparation of powder formulation for application as biofertilizer agents for rice plant. *Microbiological Research*. 192: 260-270.
- Tjitrosoepomo, G. 2004. *Taksonomi Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Triny, S.K. 2011. *Penyakit Hawar Daun Bakteri dalam Tonggak Kemajuan Teknologi Produksi Tanaman Pangan*. Paket dan Komponen Teknologi Produksi Padi. Bogor.
- United States Departement of Agriculture (USDA). 2022. *Classification for Kingdom Plantae Down to Genus Oryza L.* <https://plants.usda.gov/home/classification/54966>. Diakses 20 Maret 2022.
- Uno, W.D., Retnowati, Y., dan Kandowangko, N. 2012. *Biodiversitas Actinomycetes pada Kawasan Mangrove Desa Bulalo Kecamatan Kwandang dan Uji Potensi sebagai Penghasil Antibiotika*. Laporan Penelitian I-Mhere. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo.
- Utama, M.Z.H. 2015. *Budidaya Padi pada Lahan Marjinal*. Andi Offset. Yogyakarta.

- Waturangi, D.E., Rahayu, B.S., Lalu, K.Y., Michael, and Mulyono, N. 2016. Characterization of bioactive compound from actinomycetes for antibiofilm activity against Gram-Negative and Gram-Positive bacteria. *Malaysian Journal of Microbiology*. 12(4): 291-299.
- Wicaksono, F.Y., Nurmala, T, Irwan, A.W., dan Putri A.S.U. 2016. Pengaruh pemberian gibberellin dan sitokinin pada konsentrasi yang berbeda terhadap pertumbuhan dan hasil gandum (*Triticum aestivum* L.) di dataran medium Jatinangor. *Jurnal Kultivasi*. 15(1): 52-58.
- Xua, T., Caoa, L., Zenga, J., Francob, C.M.M., Yangc, Y., Huc, X., Liua, Y., Wang, X., Gaoa, Y., Bua, Z., Shid, L., Zhoue, G., Zhouf, Q., Liua, X., and Zhu, Y. The antifungal action mode of the rice endophyte *Streptomyces hygroscopicus* OsiSh-2 as a potential biocontrol agent against the rice blast pathogen. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 160: 58-69.
- Yanuar, A. 2016. Potensi Agens Hayati dalam Menekan Perkembangan Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) pada Padi. *Skripsi*. Universitas Jember. Jember.
- Yurnaliza. 2008. *Senyawa Khitin dan Kajian Aktivitas Enzim Mikrobial Pendegradasinya*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Zuraidah. 2011. Potensi Beberapa Bakteri Penghambat Pertumbuhan *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* Penyebab Penyakit Hawar Daun Bakteri pada Tanaman Padi. *Tesis*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Zou, L.F., Wang, X.P., Xiang, Y., Zhang, B., Li, Y.R., Xiao, Y.L., Wang, J.S., Walmsley, A.R., and Chen, G.Y. 2006. Elucidation of the hrp clusters of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* that control the hypersensitive response in nonhost tobacco and pathogenicity in susceptible host rice. *Applied Environ Microbiology*. 72: 6212-6224.