

**APLIKASI AGENSIA HAYATI UNTUK MENGHAMBAT PENYAKIT
HAWAR DAUN BAKTERI DAN MENINGKATKAN PERTUMBUHAN
TANAMAN PADI (*Oryza sativa* L.)**

(Skripsi)

Oleh

**SUCI AULIA HERSAPUTRI
1914191031**



**JURUSAN PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

APLIKASI AGENSIA HAYATI UNTUK MENGHAMBAT PENYAKIT HAWAR DAUN BAKTERI DAN MENINGKATKAN PERTUMBUHAN TANAMAN PADI (*Oryza sativa* L.)

Oleh

Suci Aulia Hersaputri

Salah satu permasalahan yang mengakibatkan turunnya produksi padi adalah penyakit hawar daun bakteri yang disebabkan oleh *Xanthomonas oryzae*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh agensia hayati *Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus*, *Trichoderma* sp., *Paenibacillus polymyxa* terhadap pertumbuhan *Xanthomonas oryzae* secara *in vitro*, masa inkubasi, keparahan penyakit, serta pertumbuhan tanaman padi (tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan, panjang akar, bobot tanaman). Penelitian ini dilaksanakan pada Februari sampai Agustus 2023, yang terdiri dari pengujian secara *in vitro* dan *in planta*. Perlakuan pada uji *in vitro* disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL), yang terdiri dari 5 perlakuan dengan 4 ulangan, pada uji *in planta* juga digunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dengan 5 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua perlakuan agensia hayati secara sangat nyata menghambat pertumbuhan *X. oryzae*. Perlakuan *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* menghasilkan diameter zona penghambatan yang terbesar pada 5 HSI yaitu 24,3 mm, dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hasil uji *in planta* menunjukkan bahwa perlakuan *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* dapat memperpanjang masa inkubasi, menekan keparahan penyakit, namun tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman padi. Perlakuan *Trichoderma* sp. mampu meningkatkan tinggi tanaman, panjang akar, bobot basah akar dan bobot kering akar tanaman padi, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap parameter pengamatan lainnya. Perlakuan *P. polymyxa* mampu meningkatkan jumlah daun, jumlah anakan, bobot basah tajuk, dan bobot kering tajuk, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap parameter pengamatan lainnya.

Kata kunci : hawar daun bakteri padi, *Paenibacillus polymyxa*, *Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus*, *Trichoderma* sp., *Xanthomonas oryzae*.

**APLIKASI AGENSIA HAYATI UNTUK MENGHAMBAT PENYAKIT
HAWAR DAUN BAKTERI DAN MENINGKATKAN PERTUMBUHAN
TANAMAN PADI (*Oryza sativa* L.)**

(Skripsi)

Oleh

SUCI AULIA HERSAPUTRI

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**JURUSAN PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

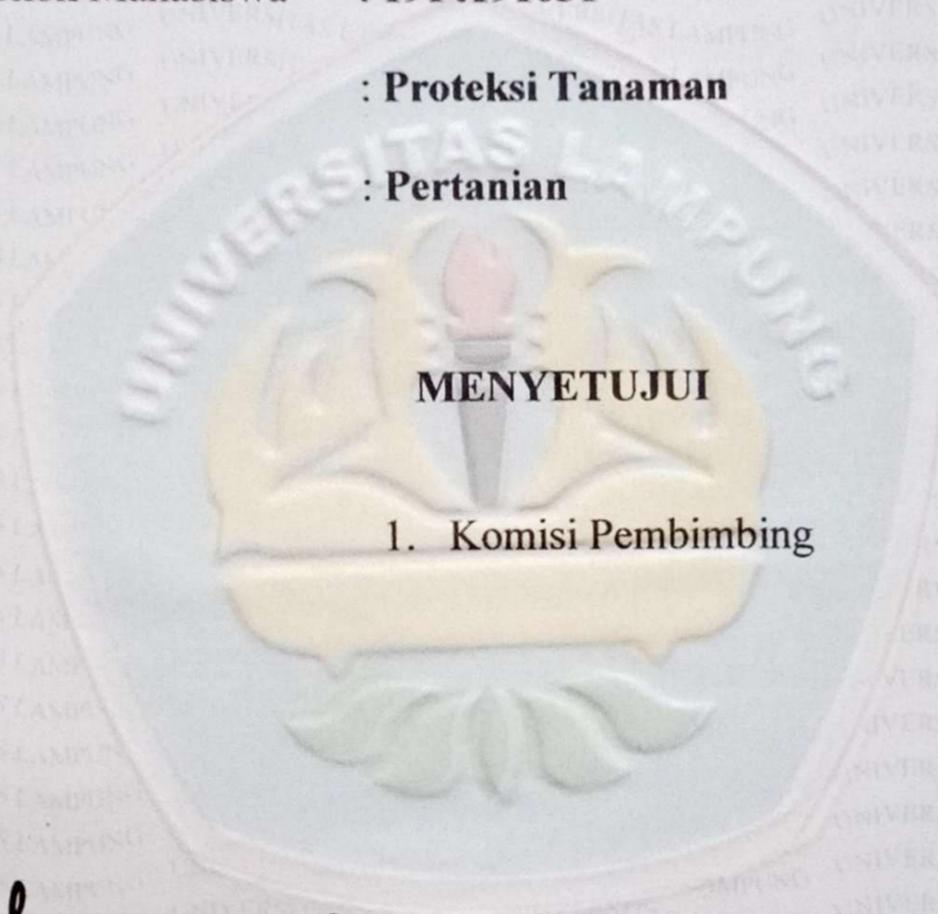
Judul Skripsi : **APLIKASI AGENSIA HAYATI UNTUK MENGHAMBAT PENYAKIT HAWAR DAUN BAKTERI DAN MENINGKATKAN PERTUMBUHAN TANAMAN PADI (*Oryza sativa* L.)**

Nama Mahasiswa : **Suci Aulia Hersaputri**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1914191031**

Jurusan : **Proteksi Tanaman**

Fakultas : **Pertanian**



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

Prof. Dr. Ir. Purnomo, M. S.
NIP. 196406131987031002

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M. Sc.**

Titik Nur Aeny
.....

Sekretaris : **Prof. Dr. Ir. Purnomo, M. S.**

Purnomo
.....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Suskandini Ratih, M.P.**

Suskandini Ratih
.....

2. Dekan Fakultas Pertanian



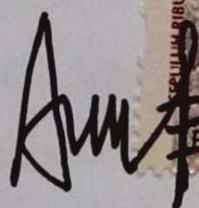
Irwan Sukri Banuwa
Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M. Si.
NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 06 Desember 2023

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul: **APLIKASI AGENSIA HAYATI UNTUK MENGHAMBAT PENYAKIT HAWAR DAUN BAKTERI DAN MENINGKATKAN PERTUMBUHAN TANAMAN PADI (*Oryza sativa* L.)** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian 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, 12 Desember 2023
Penulis,



Suci Aulia Hersaputri
NPM. 1914191031

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Baros, Kecamatan Kotaagung, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung pada tanggal 12 Mei 2001, merupakan anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Heryanto dan Ibu Sridawati. Penulis menempuh pendidikan formal pertamanya di Taman Kanak-Kanak Darma Wanita Kotaagung pada tahun 2006-2007, kemudian penulis melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 3 Kuripan Kotaagung pada tahun 2008-2013, lalu penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Kotaagung pada tahun 2013-2016. Pada tahun 2016 penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Kotaagung dan Lulus pada tahun 2019.

Pada tahun 2019 pula, penulis diterima sebagai mahasiswi Jurusan Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menempuh pendidikan di Jurusan Proteksi Tanaman, penulis aktif dalam beberapa kegiatan organisasi mahasiswa baik tingkat universitas maupun fakultas seperti Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Universitas Lampung sebagai Staff Ahli Kementerian Keuangan tahun 2019/2020, Panitia Khusus (PANSUS) Pemilihan Raya (PEMIRA) Universitas Lampung tahun 2019/2020, Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Fakultas Pertanian sebagai Staff Ahli Departemen Komunikasi dan Informasi (KOMINFO) 2021/2022, Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) sebagai anggota bidang kewirausahaan tahun 2020/2021 dan sekretaris bidang kewirausahaan tahun 2021/2022. Selain itu penulis juga pernah menjadi asisten praktikum pada mata kuliah Fisiologi Tumbuhan dan Mikrobiologi Umum.

Pada tahun 2022, penulis melaksanakan Program Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Pardawaras, Kecamatan Semaka, Kabupaten Tanggamus. Pada tahun yang sama juga penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) selama 30 hari jam kerja di Laboratorium Pengamatan Hama dan Penyakit Trimurjo, Lampung Tengah, dengan judul tugas akhir Praktik Umum (PU) yaitu “Identifikasi Serangga dan Penyakit Tanaman Padi di Lahan Petak Tetap Kampung Tempuran, Kecamatan Trimurjo, Lampung Tengah”.

Bismillahirohmanirrohim

Dengan penuh rasa syukur dan bangga, aku persembahkan karya ini kepada :

Ayah, Ibu dan Keluarga tercinta yang telah memberikan seluruh kasih sayang, doa, semangat, kesabaran, nasihat, perhatian, dan dukungan sampai saat ini

Sebagai tanda terima kasihku atas segala doa yang selalu mengiringi langkahku untuk meraih cita-cita dan semua pengorbanan yang diberikan kepada diriku selama ini

***Almamaterku tercinta
Universitas Lampung***

“Hidup adalah suatu tantangan yang harus dihadapi, perjuangan yang harus dimenangkan, kesusahan yang harus diatasi, rahasia yang harus digali dan tragedi yang harus dialami”

-Merry Riana-

“Ketika dalam sebuah perjuangan terdapat tantangan yang besar, artinya keberhasilan yang menanti juga akan lebih besar”

-Suci Aulia Hersaputri-

SANWACANA

Puji syukur selalu penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi dengan judul “**Aplikasi Agensia Hayati Untuk Menghambat Penyakit Hawar Daun Bakteri dan Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.)**”, yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian dari Universitas Lampung. Selama penyusunan dan penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M. Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Lampung.
2. Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P. selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Lampung.
3. Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M. Sc. selaku Dosen Pembimbing Pertama atas ide penelitian, bimbingan, motivasi, saran, serta kesabaran dalam memberikan bimbingannya kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Prof. Dr. Ir. Purnomo, M. S. selaku Dosen Pembimbing Kedua atas saran, motivasi dan bimbingan serta nasihat-nasihatnya dalam penyelesaian skripsi.
5. Dr. Ir. Suskandini Ratih Dirmawati, M.P. selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan kritik dan saran, serta nasihat dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Dr. Ir. Sudi Pramono, M.S. selaku Dosen Pembimbing Akademik atas waktu, bimbingan, dan motivasi selama penulis menyelesaikan pendidikan.
7. Seluruh dosen Jurusan Proteksi Tanaman, terima kasih untuk ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama menjalani studi di Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

8. Bapak Sangidun selaku kepala Laboratorium Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Gading Rejo, Lampung dan seluruh staff Laboratorium Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Pringsewu, Lampung atas bantuan, saran, motivasi dan bimbingan serta nasihat-nasihatnya dalam penyelesaian skripsi.
9. Seluruh keluarga tercintaku, Ayah Heryanto dan Ibu Sridawati, adik-adik tersayangku (Sesillia, Abelia, Kinara), Nenek, Alm. Kakek, dan A'Adit yang selalu memberikan kasih sayang, doa'a, perhatian dan dukungan dalam bentuk motivasi, serta dorongan moril dan materil yang diberikan selama ini.
10. Sahabat-sahabat terbaikku Dita Meiliana, Defi Ariza, Alfiannida Tian Salsabila, Dita Oktaviani, Safira Usmani, Carsinah, Mira Astuti, Angraini Subasari terima kasih atas segala bantuan, semangat dan suka duka selama penulis melaksanakan penelitian dan menempuh pendidikan.
11. Seluruh teman-teman Proteksi Tanaman angkatan 2019 terima kasih atas kebersamaannya selama perkuliahan.

Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, terima kasih atas semua bantuan dan dukungannya. Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat-Nya dan membalas kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dan semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 12 Desember 2023

Suci Aulia Hersaputri

3.4.4 Uji Antagonisme secara <i>In Vitro</i>	22
3.4.5 Uji <i>In Planta</i>	23
3.4.5.1 Persiapan Tanaman Padi	23
3.4.5.2 Aplikasi Perlakuan	24
3.4.5.3 Variabel Pengamatan	24
3.5 Analisis Data	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil	27
4.1.1 Isolat <i>Xanthomonas oryzae</i>	27
4.1.2 Isolat <i>Streptomyces hygroscopicus</i> subsp. <i>hygroscopicus</i>	28
4.1.3 Isolat <i>Trichoderma</i> sp	28
4.1.4 Isolat <i>Paenibacillus polymyxa</i>	29
4.1.5 Hasil Uji Antagonisme secara <i>In Vitro</i>	30
4.1.6 Hasil Uji <i>In Planta</i>	31
4.1.6.1 Masa Inkubasi	33
4.1.6.2 Keparahan Penyakit	33
4.1.6.3 Pertumbuhan Tanaman padi	34
4.2 Pembahasan	37
V. KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Penyakit hawar daun bakteri (HDB) disebabkan oleh <i>X. oryzae</i>	8
2. Eksudat bakteri <i>X. oryzae</i> yang berwarna kuning berada di permukaan bawah daun	9
3. Koloni bakteri <i>X. oryzae</i>	10
4. Spora <i>Streptomyces</i> sp.....	13
5. Koloni <i>S. hygroscopicus</i> subsp. <i>hygroscopicus</i>	14
6. Morfologi mikroskopis <i>Trichoderma</i> sp. : (1) konidiofor, (2) cabang konidiofor, (3) fialid, (4) konidia/phialospore.....	16
7. Sel bakteri <i>P. polymyxa</i>	17
8. Skema uji <i>in vitro</i> , X= campuran media PDA+suspensi <i>X.oryzae</i> , P= isolat agensia hayati/kertas cakram.....	23
9. Biakan <i>X. oryzae</i> berumur 24 jam pada media PPGA: (a) dalam tabung reaksi, (b) dalam cawan petri.....	27
10. Biakan <i>S. hygroscopicus</i> subsp. <i>hygroscopicus</i> berumur 14 hari pada media MEA: (a) permukaan atas, (b) permukaan bawah.....	28
11. Biakan <i>Trichoderma</i> sp. pada media PDA (7 hsi).....	29
12. Biakan <i>P. polymyxa</i> berumur 24 jam pada media YPA: (a) permukaan atas, (b) permukaan bawah.....	29
13. Hasil uji antagonisme secara <i>in vitro</i> (5 HSI): (a) <i>S. hygroscopicus</i> subsp. <i>hygroscopicus</i> , (b) <i>Trichoderma</i> sp. (c) <i>P. polymyxa</i> , (d) air steril (kontrol negatif), (e) bakterisida berbahan aktif Streptomisin sulfat 20% (kontrol positif).....	30
14. Hasil uji <i>in planta</i> pada perlakuan: (a) <i>S. hygroscopicus</i> subsp <i>hygroscopicus</i> , (b) <i>Trichoderma</i> sp., (c) <i>P. polymyxa</i> , (d) kontrol negatif (air steril), (e) kontrol positif (bakterisida).....	32

15. Gejala hawar daun bakteri pada tanaman padi: (a) gejala awal, (b) gejala lanjut.....	52
16. Perendaman benih padi menggunakan suspensi agensia hayati, bakterisida dan air steril.....	52
17. Inokulasi <i>X. oryzae</i> : (a) gunting yang dicelupkan ke suspensi <i>X. oryzae</i> , (b) Tanaman padi digunting menggunakan gunting yang telah dicelupkan dalam suspensi <i>X.oryzae</i>	52
18. Proses uji antagonisme secara <i>in vitro</i>	53
19. Pengamatan parameter pertumbuhan tanaman padi.....	53
20. Penambahan air pada ember tanaman padi.....	53
21. Pengukuran panjang akar tanaman padi.....	53
22. Penimbangan bobot brangkasan: (a) akar, (b) tajuk.....	54
23. Akar tanaman padi pada perlakuan: (a) <i>S. hygroscopicus</i> subsp <i>hygroscopicus</i> , (b) <i>Trichoderma</i> sp., (c) <i>P. polymyxa</i> , (d) bakterisida berbahan aktif Streptomisin sulfat 20% (e) air steril.....	54
24. Tanaman padi seluruh perlakuan.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Skor keparahan penyakit	25
2. Pengaruh agensia hayati terhadap terhadap pertumbuhan <i>X. oryzae</i> secara <i>in vitro</i>	31
3. Pengaruh agensia hayati terhadap masa inkubasi penyakit HDB tanaman padi	33
4. Keparahan penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi	34
5. Pengaruh agensia hayati terhadap tinggi tanaman padi	34
6. Pengaruh agensia hayati terhadap jumlah daun tanaman padi	35
7. Pengaruh agensia hayati terhadap jumlah anakan tanaman padi	36
8. Pengaruh agensia hayati terhadap panjang akar tanaman padi	36
9. Pengaruh agensia hayati terhadap bobot tanaman (kering dan basah)	37
10. Analisis ragam uji antagonisme secara <i>in vitro</i> 3 HSI	55
11. Uji DMRT antagonisme secara <i>in vitro</i> 3 HSI	55
12. Analisis ragam uji antagonisme secara <i>in vitro</i> 5 HSI	55
13. Uji DMRT antagonisme secara <i>in vitro</i> 5 HSI	55
14. Analisis ragam masa inkubasi	56
15. Uji DMRT masa inkubasi	56
16. Analisis ragam tinggi tanaman 1 MST	56
17. Uji DMRT tinggi tanaman 1 MST	56
18. Analisis ragam tinggi tanaman 3 MST	57
19. Uji DMRT tinggi tanaman 3 MST	57
20. Analisis ragam tinggi tanaman 5 MST	57
21. Uji DMRT tinggi tanaman 5 MST	57

22. Analisis ragam tinggi tanaman 7 MST.....	58
23. Uji DMRT tinggi tanaman 7 MST.....	58
24. Analisis ragam tinggi tanaman 9 MST.....	58
25. Uji DMRT tinggi tanaman 9 MST.....	58
26. Analisis ragam jumlah daun 1 MST.....	59
27. Uji DMRT jumlah daun 1 MST.....	59
28. Analisis ragam jumlah daun 3 MST.....	59
29. Uji DMRT jumlah daun 3 MST.....	59
30. Analisis ragam jumlah daun 5 MST.....	60
31. Uji DMRT jumlah daun 5 MST.....	60
32. Analisis ragam jumlah daun 7 MST.....	60
33. Uji DMRT jumlah daun 7 MST.....	60
34 Analisis ragam jumlah daun 9 MST.....	60
35. Uji DMRT jumlah daun 9 MST.....	61
36. Analisis ragam jumlah anakan 1 MST.....	61
37. Uji DMRT jumlah anakan 1 MST.....	61
38. Analisis ragam jumlah anakan 3 MST.....	61
39. Uji DMRT jumlah anakan 3 MST.....	62
40. Analisis ragam jumlah anakan 5 MST.....	62
41. Uji DMRT jumlah anakan 5 MST.....	62
42. Analisis ragam jumlah anakan 7 MST.....	62
43. Uji DMRT jumlah anakan 7 MST.....	63
44. Analisis ragam jumlah anakan 9 MST.....	63
45. Uji DMRT jumlah anakan 9 MST.....	63
46. Analisis ragam keparahan penyakit 2 MSI.....	63
47. Uji DMRT keparahan penyakit 2 MSI.....	64
48. Analisis ragam keparahan penyakit 4 MSI.....	64
49. Uji DMRT keparahan penyakit 4 MSI.....	64
50. Analisis ragam keparahan penyakit 6 MSI.....	64
51. Uji DMRT keparahan penyakit 6 MSI.....	65
52. Analisis ragam panjang akar.....	65
53. Uji DMRT panjang akar.....	65

54. Analisis ragam bobot basah akar	65
55. Uji DMRT bobot basah akar	66
56. Analisis ragam bobot basah tajuk	66
57. Uji DMRT bobot basah tajuk	66
58. Analisis ragam bobot kering akar	66
59. Uji DMRT bobot kering akar	67
60. Analisis ragam bobot kering tajuk	67
61. Uji DMRT bobot kering tajuk	67

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan salah satu komoditas utama yang memiliki peranan penting dalam memenuhi kebutuhan pokok karbohidrat bagi penduduk Indonesia (Suparyono *et al.*, 2004). Menurut Badan Pusat Statistik (2022), luas panen padi pada tahun 2021 mencapai sekitar 10,41 juta ha, mengalami penurunan sebanyak 245,47 ribu ha (2,30%) dibandingkan luas panen padi di tahun 2020 yang sebesar 10,66 juta ha. Produksi padi pada tahun 2021 yaitu sebesar 54,42 juta ton GKG (Gabah Kering Giling), mengalami penurunan sebanyak 233,91 ribu ton (0,43%) dibandingkan produksi padi di tahun 2020 yang sebesar 54,65 juta ton GKG. Produksi beras pada tahun 2021 untuk konsumsi pangan penduduk mencapai 31,3 juta ton, mengalami penurunan sebanyak 140,73 ribu ton (0,45%) dibandingkan produksi beras di tahun 2020 yang sebesar 31,50 juta ton. Penurunan produksi padi dan beras pada tahun 2021 diperkirakan terjadi karena penurunan luas panen seluas 245,47 ribu ha (2,30%).

Produksi padi di Indonesia mengalami penurunan disebabkan oleh beberapa faktor, salah satu diantaranya adalah gangguan hama maupun penyakit pada tanaman padi (Sandy dkk., 2019). Salah satu penyakit utama padi adalah hawar daun bakteri (HDB) yang disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas oryzae*. Penyakit HDB ini sudah dikenal menyebar hampir di sebagian besar sentra penghasil padi di dunia, termasuk Indonesia (Najeeya *et al.*, 2007). Bakteri *Xanthomonas oryzae* merusak klorofil daun sehingga dapat menurunkan kemampuan tanaman dalam melakukan proses fotosintesis. HDB sangat dikhawatirkan oleh para petani di Indonesia karena dapat merusak pertanaman padi pada semua fase pertumbuhan, mulai dari persemaian hingga menjelang panen. Kehilangan hasil padi akibat

penyakit HDB bervariasi antara 15-80%, bergantung pada stadia tanaman saat penyakit timbul, setiap kenaikan keparahan penyakit akan meningkatkan kehilangan hasil 5-7% (Sudir dkk., 2012).

Dalam mengendalikan penyakit HDB, petani masih mengandalkan penggunaan pestisida sintesis sebagai upaya utama. Pengendalian dengan menggunakan senyawa kimia bukan menjadi alternatif yang terbaik, karena sifat racun yang terdapat dalam senyawa tersebut dapat meracuni manusia, ternak, serangga penyerbuk, musuh alami, tanaman serta lingkungan yang dapat menimbulkan polusi, bahkan pemakaian dosis yang tidak tepat bisa membuat hama dan penyakit menjadi resisten. Perlu dicari alternatif pengendalian yang efektif dan aman terhadap penyebab penyakit tanaman tanpa mengandalkan pestisida. Pengendalian biologi (hayati) merupakan alternatif pengendalian yang dapat dilakukan untuk mencegah pengaruh negatif terhadap lingkungan dan sekitarnya dengan pemanfaatan cendawan dan bakteri (Tarigan dkk., 2016).

Aplikasi agensia hayati menjadi salah satu alternatif yang dikembangkan dalam rangka peningkatan produksi dan agensia hayati juga dapat memacu pertumbuhan tanaman dan mengurangi keparahan penyakit dengan mekanisme langsung atau tidak langsung melalui pengendalian penyakit (Zamzani dkk., 2014).

Pengaplikasian agensia hayati dapat dilakukan sebelum menanam padi dan cukup efektif dalam mengendalikan hawar daun bakteri di Indonesia karena agensia hayati dapat berperan sebagai antagonis terhadap patogen tanaman yang mampu memproduksi antibiotik bagi tanaman (Nurkartika dkk., 2017). Beberapa agensia hayati telah dilaporkan dapat digunakan dalam mengendalikan penyakit tanaman dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang aplikasi beberapa agensia hayati untuk mengendalikan penyakit hawar daun bakteri dan meningkatkan pertumbuhan tanaman padi.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh *Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus*, *Trichoderma* sp., *Paenibacillus polymyxa* terhadap pertumbuhan bakteri *Xanthomonas oryzae* secara *in vitro*,
2. Mengetahui pengaruh *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus*, *Trichoderma* sp., *P. polymyxa* terhadap keparahan penyakit hawar daun bakteri tanaman padi,
3. Mengetahui pengaruh *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus*, *Trichoderma* sp., *P. polymyxa* terhadap pertumbuhan tanaman padi,
4. Mengetahui pengaruh agensia hayati yang paling baik dalam mengendalikan penyakit hawar daun bakteri tanaman padi dan meningkatkan pertumbuhan tanaman padi.

1.3 Kerangka Pemikiran

Menurut Zamzani dkk. (2014), penggunaan mikroorganisme antagonis sebagai agensia hayati berpotensi tinggi dalam menghambat serangan patogen, serta mampu beradaptasi dan berkolonisasi pada perakaran tanaman. Selain itu juga dapat berfungsi sebagai PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) yang selanjutnya dapat menginduksi ketahanan tanaman inang. Pengaplikasian agensia hayati akan mengakibatkan patogen tidak dapat mencapai populasi yang cukup tinggi hingga dapat menyebabkan tingkat keparahan penyakit yang tinggi (Wahyudi dkk., 2011).

Berdasarkan hasil penelitian Sallytha dkk. (2014), Aktinomisetes memiliki sifat antagonis terhadap bakteri *Erwinia carotovora* penyebab busuk batang berlubang pada tembakau pada uji *in vitro*. 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. Salah satu genus Aktinomisetes yang sudah banyak diteliti sebagai agensia hayati adalah *Streptomyces* (Muthahanas dan Listiana, 2008). Hasil penelitian Aeny *et al.* (2018) menunjukkan bahwa Aktinomisetes isolat I 18

yang diisolasi dari rizosfer tanaman nanas dan telah diidentifikasi sebagai *Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Dickeya zaeae* penyebab penyakit busuk lunak pada nanas.

Menurut Sandy dkk. (2019), penggunaan *Trichoderma* sp. dilaporkan dapat menghambat atau mengurangi keparahan penyakit hawar daun bakteri tanaman padi, serta meningkatkan panjang akar dan tinggi pada padi. Berdasarkan penelitian Yanuar dkk. (2016), membuktikan bahwa inokulasi *Trichoderma* sp. pada akar menyebabkan peningkatan keaktifan peroksidase dan kitinase dalam daun semai mentimun. Diketahui bahwa hifa dari *Trichoderma* sp. mempenetrasi epidermis dan permukaan korteks dari akar mentimun dan tanaman merespon dengan meningkatnya aktivitas enzim peroksidase, meningkatnya enzim kitinase dan meningkatkan selulosa yang terdeposit pada dinding.

Bakteri *Paenibacillus polymyxa* sebagai bakteri penginduksi ketahanan tanaman karena bakteri *P. polymyxa* yang dapat bertahan, berasosiasi dan terus berkembang pada perakaran tanaman (Zamzani dkk., 2014). Berdasarkan penelitian Syamsiyah (2010), perlakuan pengaplikasian *P. polymyxa* secara *in vivo* menggunakan konsentrasi 5 mL/plot memberikan pengaruh terhadap intensitas penyakit hawar daun bakteri padi dibandingkan perlakuan kontrol. Waktu aplikasi agensia hayati yang lebih baik dilakukan pada waktu pagi atau sore hari, dimana bakteri dalam melaksanakan proses aktivitas dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya kelembaban dan suhu. Hal ini diduga waktu aplikasi pada pagi hari atau sore hari merupakan kondisi yang tidak optimal bagi perkembangan bakteri sehingga dapat membantu dalam proses penekanan penyebaran penyakit bakteri hawar daun bakteri padi. Pemberian konsentrasi 5 mL/plot adalah konsentrasi yang optimal dapat menekan penyebaran penyakit hawar daun bakteri padi.

1.4 Hipotesis

1. Agensia hayati *Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus*, *Trichoderma* sp., *Paenibacillus polymyxa* dapat menghambat pertumbuhan *Xanthomonas oryzae* penyebab penyakit hawar daun bakteri tanaman padi secara *in vitro*,
2. Agensia hayati *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus*, *Trichoderma* sp., *P. polymyxa* dapat menekan keparahan penyakit hawar daun bakteri tanaman padi,
3. Agensia hayati *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus*, *Trichoderma* sp., *P. polymyxa* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman padi,
4. Agensia hayati *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* menjadi agensia hayati paling baik dibandingkan dengan *Trichoderma* sp. dan *P. Polymyxa* dalam mengendalikan penyakit hawar daun bakteri tanaman padi dan pertumbuhan tanaman padi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Padi

Padi (*Oryza sativa* L.) adalah tanaman pangan yang berasal dari dua benua yaitu Asia dan Afrika Barat tropis dan subtropis. Penanaman padi sendiri sudah dimulai sejak tahun 3.000 sebelum masehi di Zhejiang, Tiongkok. Hampir setengah dari penduduk dunia terutama dari negara berkembang termasuk Indonesia sebagian besar menjadikan padi sebagai makanan pokok yang dikonsumsi untuk memenuhi kebutuhan pangannya setiap hari. Hal tersebut menjadikan tanaman padi mempunyai nilai spiritual, budaya, ekonomi, maupun politik bagi bangsa Indonesia karena dapat mempengaruhi hajat hidup banyak orang. Padi sebagai makanan pokok dapat memenuhi 56-80% kebutuhan kalori penduduk di Indonesia (Damanik dkk., 2013). Klasifikasi tanaman padi menurut Agromedia (2008) sebagai berikut :

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Sub divisi : Angiospermae
Kelas : Monocotyledoneae
Ordo : Poales
Famili : Graminae
Genus : *Oryza* Linn
Spesies : *Oryza sativa* L.

Tanaman padi termasuk golongan poaceae (*graminae*), yaitu salah satu tanaman semusim yang termasuk ke dalam golongan rumput-rumputan. Dari satu bibit dapat tumbuh anakan hingga 20 lebih anakan. Tanaman padi termasuk tanaman yang berumur pendek dan iklim yang cocok bagi tanaman padi yaitu tumbuh di cuaca yang panas dan mengandung uap air. Tanaman padi membutuhkan

curah hujan yang ideal yaitu rata-rata 200 mm/bulan. Keragaman jumlah produksi tanaman padi salah satunya dipengaruhi oleh keragaman curah hujan. Tanaman padi dapat tumbuh dengan baik pada suhu diatas 23 °C. Tinggi tempat penanaman yang baik yaitu 0-1500 mdpl. Tanaman padi membutuhkan penyinaran oleh sinar matahari minimal selama 6 jam tiap harinya. Sinar matahari diperlukan dalam proses fotosintesis tanaman padi (Tasliyah, 2012).

Salah satu varietas padi yang ada di Indonesia yaitu padi varietas Ciherang, varietas padi ini merupakan varietas unggul turunan dari IR64. Selain memiliki potensi hasil yang tinggi, bentuk gabah padi Ciherang adalah ramping panjang berwarna kuning bersih serta tekstur nasi yang pulen, menjadikan varietas ini masih diminati oleh petani dan konsumen (Kadir dkk., 2020). Umur panen padi varietas Ciherang usianya sangat pendek dan dapat dipanen pada usia 80-96 hari setelah ditanam. Di samping potensi hasil yang tinggi dan rasa yang enak, padi varietas Ciherang memiliki kekurangan, yaitu rentan terhadap beberapa hama dan penyakit. Salah satu penyakit yang rentan terhadap varietas Ciherang adalah hawar daun bakteri yang disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas oryzae*. Selain itu, padi varietas Ciherang tidak memiliki aroma yang wangi seperti padi dengan varietas Pandanwangi atau Mentikwangi. Padi varietas Ciherang hingga saat ini masih menjadi pilihan petani di Indonesia (Sudir dkk., 2012).

2.2 Penyakit Hawar Daun Bakteri Padi (HDB)

Penyakit hawar daun bakteri (HDB) merupakan salah satu penyakit yang paling merugikan pada tanaman padi. Penyakit ini disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas oryzae*. Masyarakat lebih mengenal penyakit ini dengan istilah penyakit kresek. Di Indonesia, keberadaan penyakit HDB dilaporkan sejak tahun 1950 pada tanaman padi muda di daerah Bogor dengan gejala layu. HDB dapat mengurangi hasil panen dengan tingkat yang bervariasi, tergantung pada stadium pertumbuhan tanaman yang terinfeksi, tingkat kerentanan kultivar padi dan kondisi lingkungan. Kerugian yang ditimbulkan oleh HDB di wilayah tropis lebih tinggi dibandingkan di wilayah subtropis. Pengembangan varietas unggul berdaya hasil tinggi tetapi rentan HDB seperti varietas IR64 menyebabkan penyakit ini berkembang dan

menyebarkan ke seluruh sentra produksi padi, terutama di Jawa. Besarnya penurunan hasil padi akibat penyakit HDB bervariasi bergantung pada keparahan penyakit dan stadium awal infeksi tanaman (Wahyudi dkk., 2011).

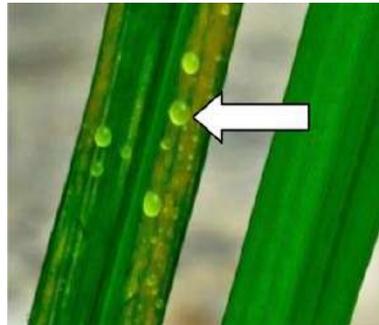
Gejala penyakit HDB dapat dibedakan menjadi dua berdasarkan usia tanaman, yaitu gejala yang terjadi pada tanaman muda dengan usia kurang dari 30 hst disebut gejala kresek. Sedangkan gejala yang ditimbulkan pada tanaman pada stadium anakan sampai pemasakan disebut hawar (*blight*). Gejala kresek sangat mirip dengan gejala sundep yang timbul akibat serangan hama penggerek batang pada tanaman fase vegetatif umur 1-4 minggu setelah tanam. Mula-mula pada tepi atau bagian daun yang luka tampak garis bercak kebasahan, kemudian berkembang meluas, berwarna hijau keabu-abuan, seluruh daun keriput, dan akhirnya layu seperti tersiram air panas. Gejala yang khas adalah penggulungan helaian daun dan warna daun menjadi hijau pucat atau ke abu-abuan (Sariasih dkk., 2020).

Pada tanaman dewasa umur lebih dari 5 minggu setelah tanam, penyakit HDB menimbulkan gejala hawar (*blight*). Gejala diawali dengan bercak kebasahan berwarna keabu-abuan pada satu atau kedua sisi daun, biasanya dimulai dari pucuk daun atau beberapa cm dari pucuk daun. Bercak ini kemudian berkembang meluas ke ujung dan pangkal daun dan melebar. Bagian daun yang terinfeksi berwarna hijau keabu-abuan dan agak menggulung, kemudian mengering dan berwarna abu-abu keputihan. Pada tanaman yang rentan, gejala ini terus berkembang hingga seluruh daun menjadi kering dan kadang-kadang sampai pelepah (Gambar 1) (Tasliyah, 2012).



Gambar 1. Penyakit hawar daun bakteri (HDB) disebabkan oleh *X. oryzae* (Sumber: Tasliyah, 2012).

Menurut Degrasi *et al.* (2010), pada pagi hari saat cuaca lembap dan berembun, eksudat bakteri *X. oryzae* sering keluar ke permukaan bercak berupa cairan berwarna kuning dan pada siang hari setelah kering menjadi bulatan kecil berwarna kuning (Gambar 2). Eksudat ini merupakan kumpulan masa bakteri yang mudah jatuh dan tersebar oleh angin dan gesekan daun. Percikan air hujan menjadi pemicu penularan yang sangat efektif. Gejala kresak maupun hawar dimulai dari tepi daun, berwarna keabu-abuan dan lama-lama daun menjadi kering. Pada varietas rentan, gejala menjadi sistemik dan mirip gejala terbakar. Bila serangan terjadi saat berbunga, proses pengisian gabah menjadi tidak sempurna, menyebabkan gabah tidak terisi penuh atau bahkan hampa. Pada kondisi seperti ini kehilangan hasil mencapai 50-70% (Suparyono dkk., 2004).



Gambar 2. Eksudat bakteri *X. oryzae* yang berwarna kuning berada di permukaan bawah daun (Sumber: Degrasi *et al.*, 2010).

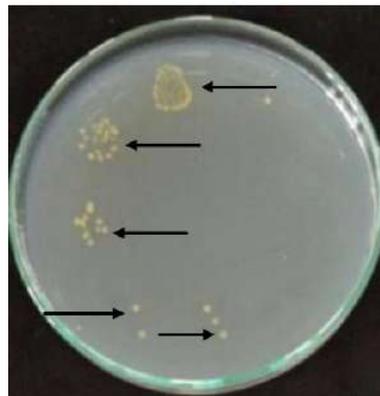
2.3 Patogen Penyebab Penyakit Hawar Daun Bakteri Padi

Patogen penyebab penyakit Hawar Daun Bakteri (HDB) disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas oryzae*. Bakteri ini dapat menginfeksi tanaman melalui jaringan tanaman, kemudian masuk ke dalam jaringan tanaman melalui luka, hidatoda, stomata atau benih yang terkontaminasi. Bakteri ini juga dapat menginfeksi tanaman dengan cara merusak klorofil daun, sehingga kemampuan tanaman untuk berfotosintesis berkurang. Penyebaran bakteri ini bisa pada wilayah persawahan melalui perantara air irigasi yang berdekatan. *X. oryzae* menyerang tanaman padi pada semua fase pertumbuhan mulai dari fase persemaian sampai menjelang panen dan menginfeksi tanaman padi pada bagian daun, melalui luka daun atau lubang alami berupa stomata dan merusak klorofil daun. Kondisi ini

menyebabkan kemampuan tanaman dalam berfotosintesis menurun. Apabila penularan penyakit terjadi pada fase generatif, maka proses pengisian gabah kurang sempurna (Ochiai *et al.*, 2005).

Bakteri *X. oryzae* merupakan bakteri yang tergolong gram negatif, berbentuk batang, memiliki ujung bulat, sel tunggal memiliki panjang 2,0-7,0 μm , lebar 0,4-0,7 μm . Sel bergerak dengan menggunakan flagella tunggal yang berada di ujung sel (*monotrichous*). Pada media padat sel *X. oryzae* berbentuk cembung, bulat, berlendir dan berwarna kuning karena menghasilkan pigmen xanthomonadin (Gambar 3). Bakteri *X. oryzae* salah satu bakteri aerob obligat yakni bakteri yang memerlukan oksigen untuk pertumbuhannya dan tidak membentuk spora. Suhu optimal untuk tumbuh 25-30°C (Sariasih dkk., 2020). Adapun klasifikasi dari bakteri *X. oryzae* adalah sebagai berikut (Sariasih dkk., 2020) :

Kingdom : Bacteria
Filum : Proteobacteria
Kelas : Gammaproteobacteria
Ordo : Xanthomonadales
Famili : Xanthomonadaceae
Genus : *Xanthomonas*
Spesies : *Xanthomonas oryzae*



Gambar 3. Koloni bakteri *X. oryzae* (Sumber: Sariasih dkk., 2020).

Menurut Suparyono dkk. (2004), bakteri *X. oryzae* juga dapat berkembang biak di dalam epitema dan menyerang jaringan pembuluh. Pada tanaman padi yang masih muda (fase vegetatif), bakteri *X. oryzae* dapat berkembang dalam jaringan

parenkim tanpa menimbulkan gejala. Namun kebanyakan patogen ini masuk melalui luka mekanis yang sering terjadi pada daun dan akar. Serangan *X. oryzae* pada tanaman diawali dengan masuknya sel bakteri dalam jaringan tanaman, baik melalui pori-pori, stomata atau lewat celah dan retakan akibat pertumbuhan tanaman, misalnya akibat munculnya akar. Ketika sudah berada di tanaman, *X. oryzae* akan memperbanyak diri dan menyerang jaringan vaskular tanaman. Selanjutnya keluar cairan yang mengandung masa bakteri pada bagian luar tanaman atau permukaan daun melalui lesi/luka. Cairan masa bakteri tersebut akan terlihat menyerupai embun susu dan lesi akan berubah menjadi kuning keputihan dan daun mengering atau berwarna abu-abu (Degrasi *et al.*, 2010).

Bakteri *X. oryzae* dapat bertahan hidup dalam tanah, jerami tanaman terinfeksi, sisa-sisa tanaman, gabah (benih) dan gulma. Bakteri *X. oryzae* dapat bertahan di tanah selama 1-3 bulan, bergantung pada kelembapan dan kemasaman tanah. Jerami sisa tanaman yang terinfeksi dan tanaman inang selain padi dapat menjadi sumber penularan penyakit dari musim ke musim. Bakteri ini juga dapat bertahan dalam biji sampai beberapa saat, sehingga penularan dapat terjadi melalui benih. Pada varietas rentan, terutama pada saat cuaca lembap dan pemupukan N dosis tinggi tanpa diimbangi oleh pupuk K, penyakit hawar daun bakteri berkembang sangat cepat (Sa`adah dkk., 2013).

2.4 Agensia Hayati

Penggunaan agensia hayati dalam mengendalikan penyakit tanaman sangat dianjurkan. Hal ini berkaitan dengan keunggulan-keunggulan agensia hayati jika dibandingkan dengan pestisida kimia. Biopestisida dan biofungisida sebagai cara alternatif pengendalian yang lebih aman dalam mengendalikan penyakit HDB. Agensia hayati adalah jasad renik (mikroorganisme) yang menghambat kegiatan patogen penyebab penyakit pada tumbuhan. Pada dasarnya terdapat tiga mekanisme antagonis yaitu hiperparasitisme (terjadi apabila organisme antagonis memparasit organisme parasit (patogen tumbuhan)), kemudian kompetisi ruang dan hara (terjadi persaingan dalam mendapatkan ruang hidup dan hara, seperti karbohidrat, Nitrogen, ZPT dan vitamin), selanjutnya antibiosis (terjadi

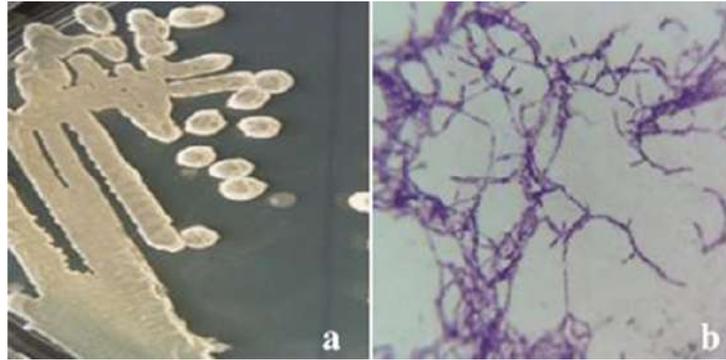
penghambatan atau penghancuran suatu organisme oleh senyawa metabolik yang diproduksi oleh organisme lain) (Zamzani dkk., 2014). Beberapa agensia hayati yang dilaporkan dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman antara lain adalah Aktinomisetes, *Trichoderma* sp., *Paenibacillus polymyxa*.

2.4.1 Aktinomisetes

Aktinomisetes adalah bakteri gram positif yang tumbuh sebagai filamen sel yang bercabang dan hidup dari berbagai bahan organik yang membusuk. Aktinomisetes dapat ditemukan dalam bentuk spora atau bentuk vegetatif dalam berbagai habitat seperti tanah, lingkungan perairan, serasah, kompos dan sisa makanan (Sallytha dkk., 2014). Menurut Agustiansyah dkk. (2013), Aktinomisetes merupakan bentuk peralihan antara bakteri dan cendawan. Aktinomisetes secara umum hampir menyerupai cendawan karena mempunyai ciri yaitu miselium mempunyai karakter percabangan yang luas, seperti umumnya cendawan, Aktinomisetes membentuk miselium udara serta konidia dan pertumbuhan Aktinomisetes pada kultur cair jarang menghasilkan kekeruhan seperti umumnya bakteri uniseluler, tetapi membentuk pelet-pelet seperti cendawan.

Miselium Aktinomisetes berkembang dalam lapisan bawah dan tumbuh menjulang seperti antena yang disebut miselium aerial (Gambar 4). Pada lempeng media agar, Aktinomisetes dapat dibedakan dengan mudah dari bakteri.

Aktinomisetes termasuk mikroorganisme prokaryot yang memiliki kandungan guanin dan sitosin yang tinggi dalam DNA nya, dengan menghasilkan metabolik yang beragam (Sektiono dkk., 2016). Keragaman metabolik famili Aktinomisetes diakibatkan oleh sejumlah besar genomnya, yang memiliki ratusan faktor transkripsi yang mengendalikan ekspresi gen, sehingga memungkinkan mereka merespon terhadap kebutuhan spesifik (Muthahanas dan Listiana, 2008).



Gambar 4. Karakteristik bakteri *Streptomyces* sp.: a. makroskopis, b. mikroskopis (Sumber: Herrera *et al.*, 2022).

Aktinomisetes dikenal sebagai kelompok bakteri penghasil antibiotik maupun zat anti fungi seperti streptomycin, aureomisin, oleandomisin, spiramycin dan eritromisin (Sallytha dkk., 2014). Genus terbesar dalam aktinomisetes yang dapat menghasilkan antibiotik adalah *Streptomyces*. *Streptomyces* merupakan penghasil antibiotik utama yang banyak dimanfaatkan dalam industri farmasi. Hal tersebut karena *Streptomyces* mampu menghasilkan sekitar 7.600 senyawa metabolit sekunder sebagai antibiotik yang kuat (Valli *et al.*, 2012).

Aktinomisetes, terutama dari kelompok *Streptomyces* sp. merupakan salah satu agensia hayati yang terbukti mampu menghambat patogen tanaman dan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Widyanti dan Giyanto, 2013). Mekanisme daya hambat aktinomisetes ini disebabkan oleh adanya senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh aktinomisetes. *Streptomyces* memiliki kemampuan pembentukan hifa atau filamen, sehingga sekilas tampak seperti cendawan dan bersifat selayaknya prokariota lainnya karena tidak memiliki membran pada inti selnya (Nurjasmii dkk., 2019). Menurut Susilowati dkk. (2007), klasifikasi *Streptomyces hygrosopicus* adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Actinomycetota
Class	: Actinomycetes
Ordo	: Streptomycetales
Family	: Streptomycetaceae
Genus	: <i>Streptomyces</i>
Spesies	: <i>Streptomyces hygrosopicus</i>



Gambar 5. Koloni *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* (Sumber: Aeny *et al.*, 2018).

S. hygroscopicus telah dilaporkan mampu memproduksi senyawa metabolit sekunder seperti antibiotik. Karakteristik tersebut menyebabkan *S. hygroscopicus* menarik untuk dijadikan kandidat sebagai agensia pengendali biologis terhadap tanaman yang terserang patogen (Susilowati dkk., 2007). Muthahanas dan Listiana (2008), melaporkan bahwa keberadaan *S. hygroscopicus* pada rizosfer tanaman memiliki peranan penting dalam menjaga tanaman tersebut dari serangan patogen baik cendawan maupun bakteri. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa *S. hygroscopicus* menunjukkan aktivitas anti bakteri yang signifikan terhadap perkembangan bakteri gram positif seperti *Bacillus cereus* dan bakteri gram negatif seperti *Xanthomonas* sp.

2.4.2 *Trichoderma* sp.

Trichoderma sp. merupakan salah satu spesies cendawan yang ada di rizosfer yang mampu melindungi tanaman dari patogen dan meningkatkan kesuburan pertumbuhan tanaman sehingga dapat digolongkan sebagai biofertilizer dengan menguraikan fosfat dari Al, Fe dan Mn, serta mampu memacu pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman dengan meningkatkan jumlah polong dan jumlah biji (Tasliyah, 2012). *Trichoderma* sp. menjadi cendawan yang mudah diisolasi dan dibiakkan, mikroparasitismenya luas dan dapat tumbuh dengan cepat pada berbagai substrat, serta dapat menghasilkan antibiotik dan enzim sehingga

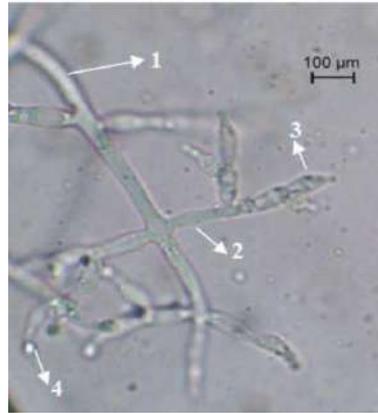
dapat digunakan sebagai salah satu agensia pengendali hayati (pestisida hayati) yang mampu menekan patogen tanaman yang menyebabkan kerusakan dan kehilangan hasil pada tanaman budidaya (Nurkartika dkk., 2017).

Trichoderma sp. mempunyai mekanisme biokontrol seperti menginduksi ketahanan tanaman dalam mengendalikan suatu penyakit (Damanik dkk., 2013). Menurut Sandy dkk. (2019), karakter kecepatan pertumbuhan yang tinggi pada *Trichoderma* sp. merupakan salah satu faktor penting yang menentukan potensi sebagai penginduksi ketahanan tanaman. Keberadaan cendawan *Trichoderma* sp. di dalam tanah dipengaruhi oleh faktor fisika dan kimia tanah seperti tekstur, struktur, suhu, kadar air tanah, bahan organik dan pH. Kelembaban tanah optimal untuk pertumbuhan cendawan yaitu 70%, pH 3 hingga 7 dan pada suhu 25-30°C. Pada umumnya, cendawan *Trichoderma* sp. dapat berada di tanah yang subur dan di tempat tanah yang tanamannya terlihat sehat serta di sekitar perakaran bambu atau perakaran putri malu (Elita dkk., 2021). Menurut Elita dkk. (2021), klasifikasi *Trichoderma* sp. adalah sebagai berikut :

Kingdom : Fungi
 Divisi : Ascomycota
 Kelas : Sordariomycetes
 Ordo : Hypocreales
 Famili : Hypocreaceae
 Genus : *Trichoderma*
 Spesies : *Trichoderma* sp.

Menurut Gusnawaty dkk. (2014), cendawan *Trichoderma* sp. mempunyai ciri morfologi koloni berwarna hijau muda sampai hijau tua, hifa bersekat, berukuran (1,5-12 µm) dan percabangan hifa membentuk sudut siku pada cabang utama. Konidium berbentuk bulat, agak bulat sampai bulat telur pendek, berukuran (2,8-3,2) x (2,5-2,8) µm, dan berdinding halus (Gambar 6). Berdasarkan penelitian Tarigan dkk. (2016), membuktikan bahwa inokulasi *Trichoderma* sp. pada akar menyebabkan peningkatan keaktifan peroksidase dan kitinase dalam daun semai mentimun. Diketahui bahwa hifa dari *Trichoderma* sp. mempenetrasi epidermis

dan permukaan korteks dari akar mentimun dan tanaman merespon dengan meningkatnya aktivitas enzim peroksidase, meningkatnya enzim kitinase dan meningkatkan selulosa yang terdeposit pada dinding.



Gambar 6. Morfologi mikroskopis *Trichoderma* sp.: (1) konidiofor, (2) cabang konidiofor, (3) fialid, (4) konidia/phialospore (Sumber: Suanda, 2019).

2.4.3 *Paenibacillus polymyxa*

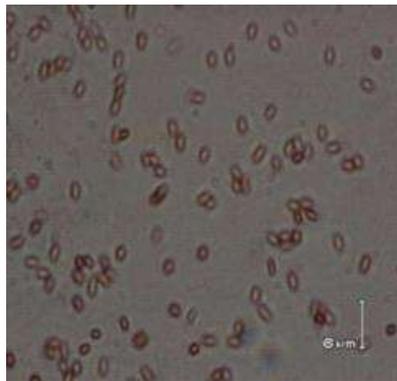
P. polymyxa merupakan bakteri yang memiliki berbagai manfaat, termasuk fiksasi nitrogen, peningkatan pertumbuhan tanaman, solubilisasi fosfor tanah dan produksi exopolysakarida, enzim hidrolitik, antibiotik, sitokinin (Syamsiah, 2010). Menurut Irwansyah dkk. (2019), antibiotik yang dihasilkan *P. polymyxa* lebih efektif mengendalikan bakteri patogen tanaman. Bakteri ini dapat digunakan untuk mengendalikan beberapa jenis penyakit baik pada tanaman pangan dan hortikultura. *P. polymyxa* juga merupakan bakteri non patogen yang menguntungkan di bidang kesehatan dan lingkungan. Bakteri ini mampu mengikat nitrogen, biofilms dari bakteri ini menunjukkan produksi eksopolisakarida pada akar tanaman yang dapat melindungi dari patogen.

Bakteri *P. polymyxa* sebagai bakteri antagonis yang secara morfologi dapat dikenal dari bentuk elevasi cembung dengan warna coklat susu keruh. *P. polymyxa* tampak berbentuk batang dengan jelas. Bakteri ini dapat ditemukan

pada lingkungan ekstrem seperti tanah asam. Lendir yang dihasilkan pada koloni merupakan salah satu cara agar dapat bertahan terhadap kondisi lingkungan melalui pembentukan biofilm (Frediansyah dan Sudiana, 2013).

Klasifikasi ilmiah *Paenibacillus polymyxa* adalah sebagai berikut (Frediansyah dan Sudiana, 2013) :

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Firmicutes
Kelas	: Bacilli
Ordo	: Bacillales
Genus	: <i>Paenibacillus</i>
Spesies	: <i>Paenibacillus polymyxa</i>



Gambar 7. Sel bakteri *P. polymyxa* (Sumber: Frediansyah dan Sudiana, 2013).

Bentuk bakteri *P. polymyxa* adalah berbentuk batang lurus sampai agak sedikit membengkok dengan ukuran $0,5-0,9 \times 1,5-4 \mu\text{m}$ dan mempunyai segmen berwarna dengan bentuk yang tidak menentu atau granular (Gambar 7). Agensia hayati *P. polymyxa* yang dieksplorasi dari tanaman padi awalnya diduga mempunyai pengaruh buruk, bahkan berperan sebagai bakteri patogen pada beberapa jenis sayuran (tomat, cabe rawit, sawi, terong dan mentimun). Akan tetapi, setelah diuji dengan cara inokulasi buatan suntik, siram dan semprot ternyata tidak mengakibatkan penyakit pada tanaman. Hal ini telah membuktikan bahwa jenis bakteri ini bukan kelompok bakteri patogen (Zamzani dkk., 2014).

Menurut Komariah dan Eva (2016), aplikasi agensia hayati *P. polymyxa* mampu menekan intensitas penyakit hawar daun bakteri yang disebabkan oleh *X. oryzae*. Bakteri *P. polymyxa* mampu menghambat dan menekan penyebaran intensitas penyakit kresek.

2.5 Bakterisida Sintetik

Bakterisida sintetik adalah salah satu jenis pestisida yang bahan aktifnya berupa campuran bahan-bahan kimia yang dapat digunakan untuk mengendalikan bakteri penyebab penyakit pada tanaman. Beberapa jenis bakterisida dengan berbagai bahan aktif sudah banyak dipasarkan untuk digunakan oleh petani dalam mengendalikan penyakit pada tanaman padi yang disebabkan oleh bakteri. Salah satu bahan aktif bakterisida yang diketahui dapat digunakan untuk mengendalikan patogen tanaman adalah streptomisin sulfat 20%. Pada awalnya bahan aktif ini dilaporkan sebagai mikrobiosida, kemudian bakterisida ini juga dilaporkan dapat menghambat patogen yang menyerang tanaman padi khususnya patogen hawar daun bakteri (Degrasi *et al.*, 2010).

Berdasarkan penelitian Damanik dkk. (2013), aplikasi bakterisida berbahan aktif streptomisin sulfat 20% dengan konsentrasi 1,0 g/L dan 1,5 g/L terbukti efektif menekan keparahan penyakit hawar daun bakteri. Tingkat konsentrasi 1,0 g/L dan 1,5 g/L dapat menekan tingkat keparahan penyakit lebih baik dari tingkat konsentrasi 0,5 g/L, namun tingkat konsentrasi 1,5 g/L ternyata tidak berbeda pengaruhnya dari tingkat konsentrasi 1,0 g/L. Oleh karena itu, di dalam aplikasinya akan lebih efektif dan efisien jika menggunakan bakterisida berbahan aktif streptomisin sulfat 20% dengan konsentrasi 1,0 g/L, karena dengan konsentrasi yang lebih tinggi (1,5 g/L) akan menyebabkan biaya pengeluaran yang lebih mahal, karena membutuhkan bahan kimia yang lebih banyak.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai Agustus 2023 di Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan dan Laboratorium Bioteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Lampung dan Laboratorium Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Gading Rejo, Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *laminar air flow*, autoklaf, mikroskop majemuk, erlenmeyer, *microwave*, timbangan elektrik, shaker, *roraty mixer*, tabung reaksi, rak tabung reaksi, cawan petri, gelas beaker, gelas ukur, bunsen, mikropipet, tip mikro, jarum ose, spatula, kaca preparat, *cover glass*, bor gabus, nampan plastik, penggaris, gunting, *sprayer*, ember plastik, kamera *handphone* dan alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat bakteri *Xanthomonas oryzae* koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung, isolat Aktinomisetes GGF4-i18 (*Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus*) koleksi Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Lampung, isolat *Trichoderma* sp. dan *Paenibacillus polymyxa* koleksi Laboratorium Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Gading Rejo, bibit padi varietas Ciherang, media PPGA (*Potato Peptone Glucose Agar*), media YPA (*Yeast Potato Agar*), media MEA (*Malt Extract Agar*), media PDA (*Potato Dextrose Agar*), air steril, alkohol 70%,

aluminium foil, plastik wrap, tisu, spiritus, kapas, plastik tahan panas, label, kertas saring, tanah, pupuk kandang, dan bakterisida sintetik (berbahan aktif Streptomisin sulfat 20%).

3.3 Pengujian Penelitian

Penelitian ini terdiri atas dua percobaan yaitu uji antagonisme secara *in vitro* yang dilakukan di laboratorium dan uji *in planta* yang dilakukan di rumah kaca.

3.3.1 Uji Antagonisme secara *In Vitro*

Pengujian antagonisme secara *in vitro* dilakukan untuk mengetahui pengaruh agensia hayati terhadap pertumbuhan bakteri *Xanthomonas oryzae*. Perlakuan dalam percobaan ini disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan setiap perlakuan di ulang sebanyak 4 kali, sehingga terdapat 20 satuan percobaan. Perlakuan terdiri dari:

1. *Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* (P1),
2. *Trichoderma* sp. (P2),
3. *Paenibacillus polymyxa* (P3),
4. Kontrol negatif (air steril) (K1),
5. Kontrol positif (bakterisida berbahan aktif Streptomisin sulfat 20%) (K2).

3.3.2 Uji *In Planta*

Pengujian *in planta* dilakukan untuk mengetahui pengaruh agensia hayati terhadap masa inkubasi dan keparahan penyakit serta pertumbuhan tanaman. Perlakuan dalam percobaan ini disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan setiap perlakuan di ulang sebanyak 5 kali, sehingga terdapat 25 satuan percobaan. Perlakuan terdiri dari:

1. *Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* dengan konsentrasi 5 mL/tanaman (P1),
2. *Trichoderma* sp. dengan konsentrasi 5 mL/tanaman (P2),
3. *Paenibacillus polymyxa* dengan konsentrasi 5 mL/tanaman (P3),
4. Kontrol negatif (air steril) dengan konsentrasi 5 mL/tanaman (K1),

5. Kontrol positif (bakterisida berbahan aktif Streptomisin sulfat 20%) dengan konsentrasi 5 mL/tanaman (K2).

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian terdiri dari persiapan (sterilisasi alat dan bahan, perbanyakan isolat agensia hayati (*Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus*, *Trichoderma* sp., *Paenibacillus polymyxa*), perbanyakan isolat patogen *Xanthomonas oryzae*, dan uji antagonisme secara *in vitro* dan *in planta*).

3.4.1 Sterilisasi Alat dan Bahan

Alat dan bahan dibersihkan atau dicuci terlebih dahulu, lalu dibungkus dengan kertas dan dimasukkan dalam plastik tahan panas. Selanjutnya alat-alat tersebut sterilisasi dalam autoklaf dengan suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15-20 menit untuk menghindari terjadinya kontaminasi.

3.4.2 Perbanyakan Isolat Agensia Hayati (*Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus*, *Trichoderma* sp., *Paenibacillus polymyxa*)

Agensia hayati yang digunakan yaitu isolat *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* berasal dari koleksi Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan FP Unila, sedangkan isolat *Trichoderma* sp. dan *Paenibacillus polymyxa* diperoleh dari koleksi Laboratorium Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Gading Rejo. Sebelum isolat agensia hayati diperbanyak, masing-masing isolat terlebih dahulu diremajakan menggunakan media. MEA (*Malt Extract Agar*) untuk isolat *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus*, PDA (*Potato Dextrose Agar*) untuk isolat *Trichoderma* sp., dan YPA (*Yeast Potato Agar*) untuk isolat *P. polymyxa*. Perbanyakan masing-masing isolat dilakukan dengan cara mengambil dan memindahkan sebanyak satu ose isolat murni dan digoreskan pada media cawan petri. Selanjutnya media cawan yang telah berisi isolat diinkubasi pada suhu ruangan selama 14 hari untuk *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus*, 7 hari untuk *Trichoderma* sp. dan 24 jam untuk *P. polymyxa*.

3.4.3 Perbanyak Isolat Patogen *Xanthomonas oryzae*

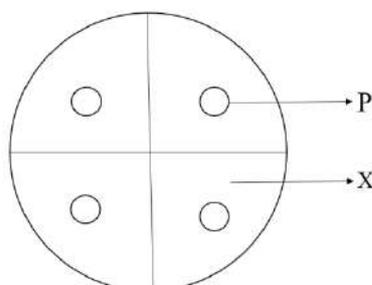
Isolat *X. oryzae* koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian FP UNILA diperbanyak pada media PPGA (*Potato Peptone Glucose Agar*) dengan cara mengambil satu ose isolat *X. oryzae* dari kultur stok. Selanjutnya ose tersebut digoreskan pada media PPGA dalam tabung reaksi menggunakan metode penggoresan secara aseptik dan diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam.

3.4.4 Uji Antagonisme secara *In Vitro*

Uji antagonisme dilakukan untuk mengetahui kemampuan agensia hayati dalam menghambat pertumbuhan patogen *X. oryzae*. Uji antagonisme secara *in vitro* menggunakan metode difusi agar yang dilakukan pada cawan petri berukuran 9 cm. Mula-mula dibuat suspensi *X. oryzae* yaitu dengan cara menambahkan 2 ose biakan murni *X. oryzae* berumur 24 jam dan ditambahkan air steril 10 mL dalam tabung reaksi. Kemudian suspensi stok tersebut diencerkan untuk mendapatkan suspensi dengan kerapatan 10^7 cfu/mL. Setelah itu, suspensi tersebut dihomogenkan menggunakan *rotary mixer*, kemudian dimasukkan ke dalam 100 mL media PDA yang masih cair dan digoyangkan agar tercampur rata. Kemudian media tersebut dituangkan ke cawan petri sebanyak ± 20 mL per cawan dan dibiarkan memadat. Setelah itu, biakan murni masing-masing agensia hayati (*S. hygrosopicus* subsp. *hygrosopicus*, *Trichoderma* sp., *P. polymyxa*) diambil menggunakan bor gabus berdiameter 0,5 cm dan pada setiap cawan petri diletakkan 4 potongan agensia hayati (Gambar 8).

Untuk kontrol positif digunakan potongan kertas cakram steril berdiameter 5 mm yang dicelupkan ke dalam larutan bakterisida berbahan aktif Streptomisin sulfat 20% (0,001 g dan air steril 1 mL) sampai jenuh. Sedangkan kontrol negatif berupa kertas cakram steril berdiameter 5 mm yang sudah dicelupkan ke dalam air steril sampai jenuh, kemudian ditiriskan. Reaksi positif uji *in vitro* ditunjukkan dengan terbentuknya zona hambat (zona bening) di sekitar koloni agensia hayati. Pengamatan dan pengukuran diameter zona bening dilakukan setiap hari selama 5 hari untuk mengetahui terbentuk atau tidaknya zona bening di sekitar koloni agensia hayati. Daya hambat terhadap bakteri *X. oryzae* ditentukan berdasarkan

ukuran diameter zona hambat yang terbentuk di sekitar koloni agensia hayati. Diameter zona hambat diukur dari dua arah yang berbeda kemudian dirataratakan.



Gambar 8. Skema uji *in vitro*, X= campuran media PDA+suspensi *X.oryzae*, P= isolat agensia hayati/kertas cakram.

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

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

3.4.5 Uji *In Planta*

3.4.5.1 Persiapan Tanaman Padi

Benih padi yang akan digunakan dicuci terlebih dahulu menggunakan alkohol 70%, kemudian direndam dengan air steril selama 24 jam. Selanjutnya benih padi dipilih yang bernas dan direndam dalam suspensi pada masing-masing agensia hayati selama 24 jam. Setelah dilakukan perendaman, benih padi tersebut disemai pada media pembibitan dalam nampan sampai benih padi tersebut berumur ± 15 hari atau jumlah daunnya ± 5 helai. Setelah umur bibit padi mencapai target, bibit padi dipindahtanamkan ke dalam ember-ember plastik yang berdiameter 30 cm yang berisi campuran tanah dan pupuk kandang steril dengan perbandingan 1:1.

Suspensi agensia hayati dibuat dengan cara menambahkan 10 mL air steril pada biakan murni agensia hayati dalam cawan petri, yaitu *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* (berumur 14 hari), *Trichoderma* sp. (berumur 7 hari), *P. polymyxa* (berumur 24 jam), kemudian dikerok menggunakan *dryglasky*. Selanjutnya dilakukan pengenceran bertingkat (kerapatan 10^7 cfu/mL). Setelah itu, cairan masing-masing agensia hayati tersebut dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan air steril sebanyak 90 mL, lalu dihomogenkan menggunakan *shaker* selama 24 jam, kemudian suspensi masing-masing agensia hayati dituang ke dalam botol sprayer sebanyak 5 mL setiap perlakuan agensia hayati. Untuk perlakuan kontrol positif menggunakan bakterisida berbahan aktif Streptomisin sulfat 20% dengan konsentrasi 1 g/L.

3.4.5.2 Aplikasi Perlakuan

Inokulasi buatan *X. oryzae* dilakukan pada tanaman padi yang berumur 30 hari. Inokulasi dilakukan dengan cara memotong ujung daun (*leaf clipping method*) pada setiap rumpun dengan menggunakan gunting yang sudah dicelupkan suspensi *X. oryzae* (kerapatan 10^7 cfu/mL) (Khaeruni dkk., 2014). Setelah muncul gejala penyakit hawar daun bakteri, perlakuan percobaan diaplikasikan sebanyak 3 kali yang dilakukan setiap 2 minggu sekali, sampai tanaman menjelang fase generatif. Pengaplikasian dilakukan dengan cara menyemprotkan suspensi agensia hayati dan perlakuan kontrol sebanyak 5 mL/tanaman sampai membasahi semua bagian daun.

3.4.5.3 Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan yang diamati pada uji *in planta* adalah masa inkubasi, keparahan penyakit, serta pertumbuhan tanaman padi yang terdiri dari tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan, panjang akar, bobot tanaman (kering dan basah).

a. Masa Inkubasi

Masa inkubasi adalah waktu yang diperlukan patogen sejak infeksi sampai dengan munculnya gejala pertama kali pada tanaman padi setelah diinokulasi dengan *X. oryzae*. Gejala pertama berupa bercak nekrotik pada permukaan daun yang digunting. Pengamatan periode masa inkubasi dilakukan setiap hari mulai 1 hari setelah inokulasi sampai munculnya gejala pada daun yang telah diinokulasi oleh patogen.

b. Keparahan Penyakit Hawar Daun Bakteri Tanaman Padi

Penghitungan keparahan penyakit hawar daun bakteri tanaman padi dilakukan dengan mengamati gejala pada daun yang diinokulasi isolat bakteri *X. oryzae* yang kemudian dihitung dengan rumus berikut (Ginting, 2013) :

$$KP = \frac{\sum n_i \times v_i}{(Z \times N)} \times 100\%$$

Keterangan :

KP : Keparahan penyakit (%)

n_i : Jumlah tanaman dengan skor ke-i

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

Z : Jumlah tanaman yang diamati

N : Skor tertinggi pada pengamatan yang dilakukan

Tabel 1. Skor keparahan penyakit

Skor	Kategori	Tingkat Serangan
0	Tidak ada gejala	Tanaman sehat
1	Luas gejala $\geq 10\%$ 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 atau tanaman mati	Sangat parah

Sumber: Ginting (2013).

c. Pertumbuhan Tanaman Padi

Pengamatan pertumbuhan tanaman meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan, panjang akar, bobot tanaman (kering dan basah) dilakukan sejak 7 hari setelah tanam (hst) dan dilanjutkan setiap minggu sampai memasuki fase vegetatif.

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

3.5 Analisis Data

Data hasil pengamatan yang diperoleh selanjutnya diuji homogenitasnya menggunakan uji *Bartlett*. Keaditifitasan atau keselarasan data diuji menggunakan uji *Tukey*. Kemudian jika asumsi terpenuhi, maka data dianalisis dengan analisis ragam (ANOVA). Perbedaan nilai tengah perlakuan diuji dengan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf 5%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Agensia hayati *Streptomyces hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus*, *Trichoderma* sp., *Paenibacillus polymyxa* dapat menghambat pertumbuhan *Xanthomonas oryzae* penyebab penyakit hawar daun bakteri tanaman padi secara *in vitro*. Penghambatan tertinggi terdapat pada perlakuan *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* yaitu dengan diameter zona hambat sebesar 16,4 mm pada 5 hari setelah inokulasi.
2. Perlakuan *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* menghasilkan keparahan penyakit HDB paling rendah yaitu sebesar 35% pada 6 minggu setelah inokulasi dibandingkan dengan perlakuan lainnya.
3. Perlakuan *Trichoderma* sp. berpengaruh paling baik terhadap pertumbuhan tanaman (dapat meningkatkan tinggi tanaman, panjang akar, bobot basah dan bobot kering akar tanaman padi), sedangkan perlakuan *P. polymyxa* hanya dapat meningkatkan jumlah daun, jumlah anakan, bobot basah dan bobot kering tajuk.
4. Agensia hayati *S. hygroscopicus* subsp. *hygroscopicus* menjadi perlakuan agensia hayati yang paling baik dalam menghambat pertumbuhan bakteri *X. oryzae* secara *in vitro*, menghambat keparahan penyakit hawar daun bakteri, dan memperpanjang masa inkubasi, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman padi.

5.2 Saran

Disarankan untuk dilakukan penelitian lanjutan menggunakan kombinasi agensia hayati untuk meningkatkan ketahanan tanaman padi terhadap penyakit hawar daun bakteri dan sekaligus meningkatkan pertumbuhan tanaman padi.

DAFTAR PUSTAKA

- 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 zea* pineapple soft rot in Lampung, Indonesia. *Biodiversitas*. 19(6): 2052-2058.
- Agromedia. 2008. *Panduan Lengkap Budidaya Tanaman Padi*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Agustiansyah, Ilyas, Satria, S., dan Muhammad, M. 2013. Perlakuan benih dengan agen hayati dan pemupukan P untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman hasil dan mutu benih padi increase plant growth, yield, and quality of rice seed. *Jurnal Agro Indonesia*. 41(2): 98-104.
- Ambarwati, Soegihardjo, C. J., dan Sembiring, L. 2010. Isolasi dan identifikasi *Streptomyces* dari rizosfer jagung (*Zea mays* L.). yang berpotensi sebagai penghasil antibiotika. *Jurnal Biota*. 15(1): 1-7.
- Ambarwati dan Gama, T.A. 2009. Isolasi actinomycetes dari tanah sawah sebagai penghasil antibiotik. *Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi*. 10(2): 101-111.
- Badan Pusat Statistik [BPS]. 2022. *Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia (Angka Tetap)*. No. 21/03/Th. XXV. 1 Maret 2022.
- Damanik, S., Mukhtar, I. P., dan Yuswani, P. 2013. Uji efikasi hayati terhadap penyakit hawar daun bakteri (*Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*) pada beberapa varietas padi sawah (*Oryza sativa*). *Agroekoteknologi*. 1(4): 2-11.
- Degrasi, G., Devescovi, G., Bigirimana, J., and Venturi. 2010. *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* XKK.12 contains and Aroqy chorismate mutase that is involved in rice virulence. *Journal Phytopathology*. 100(7): 262-270.

- Elita, N., Erlinda, R., Harmailis, dan Susila, E. 2021. Pengaruh aplikasi *Trichoderma* spp. *Indigenous* terhadap hasil padi varietas junjuang menggunakan system of rice intensification. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 45(1): 78-89.
- Frediansyah, A. dan Sudiana, M. 2013. Potensi *Paenibacillus polymyxa* sebagai pemacu pertumbuhan tanaman pada ekosistem gambut tropis. *Widyariset*. 16(2): 201-209.
- Ginting, C. 2013. *Ilmu Penyakit Tumbuhan: Konsep dan Aplikasi*. Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Gusnawaty, M., Taufik, dan Herman. 2014. Efektifitas *Trichoderma indigenus* Sulawesi Tenggara sebagai biofungisida terhadap *Colletotrichum* sp. secara *in-vitro*. *Jurnal Agroteknos*. 4(1): 38-43.
- Herrera, V. F. D., Sanchez, L. M., and Cuautle, C. 2022. Novel bio-fertilizer based on nitrogen-fixing bacterium immobilized in a hydrotalcite alginate composite material. *Environmental Science and Pollution Research*. 29(1): 32220-32226.
- Irwansyah, A., Dirmawati, S. R., Nurdin, M., dan Ginting, C. 2019. Pengaruh bakteri *Pseudomonas fluorescens* dan *Paenibacillus polymyxa* terhadap intensitas penyakit hawar upih serta pertumbuhan tanaman jagung hibrida P27. *Jurnal Agrotek Tropika*. 7(1): 211-216.
- Kadir, T. S., Hanarida, I., Utami, D.W., Koerniati, S., Ambarwati, A. D., Apriana, A., dan Sisharmini, A. 2020. Evaluasi ketahanan populasi haploid ganda silangan IR64 dan *Oryza rufipogon* terhadap hawar daun bakteri pada stadia bibit. *Buletin Plasma Nutfah*. 15(1): 13-18.
- 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.
- Ki-Hyeong, R. 2003. Purification and identification of an antifungal agent from *Streptomyces* sp. KH-614 antagonistic to rice blast fungus, *Pyricularia oryzae*. *Journal Microbiology and Biotechnology*. 13(6): 984-988.
- Komariah dan Eva, L. 2016. Pertumbuhan, hasil dan toleransi genotip padi terhadap penyakit hawar daun (bacterial leaf blight) pada aplikasi dosis *Paenibacillus polymyxa* berbeda. *Jurnal Ilmiah Pertanian PASPALUM*. 4 (1): 2088-5113.

- 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.
- Muthahanas, I. dan Listiana, E. 2008. Skrining *Streptomyces* sp. isolat Lombok sebagai pengendali hayati beberapa fungi patogen tanaman. *Journal Crop Agr*. 1(2): 130-136.
- Najeeya, M., Abdul, R., and Muhammad, 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.
- Nellawati, A. C., 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. *Jurnal Metamorfosa*. 3(1): 1-7.
- Nurjasmi, R., Suryani, dan Carta. 2019. Penghambatan *actinomycetes* asal limbah kulit bawang merah terhadap *Sclerotium rolfsii* secara *in vitro*. *Jurnal Ilmiah Respati*. 10(1): 14-19.
- Nurjasmi, R. dan Suryani. 2020. Uji antagonis *Actinomycetes* terhadap patogen *Colletotrichum capsici* penyebab penyakit antraknisa pada buah cabai rawit. *Jurnal Ilmiah Respati*. 11(1): 7-11.
- Nurkartika, R., Ilyas, S.A. dan Machmud, M. 2017. Aplikasi agens hayati untuk mengendalikan hawar daun bakteri pada produksi benih padi. *Biological Agents Applications*. 45(3): 235-242.
- Ochiai, H. Y., Inoue, M., Takeya, A., Sasaki, and Kaku. 2005. Genone sequence of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* suggest contribution of large numbers of effector genes and insertion squances to its race diversity. *Journal Agric*. 39(1): 275-287.
- Sa`adah, I. R., Supriyanta, dan Subejo. 2013. Keragaman warna gabah dan warna beras varietas lokal padi beras hitam (*Oryza sativa* L.) yang dibudidayakan oleh petani Kabupaten Sleman, Bantul, dan Magelang. *Vegetalika*. 2(3): 13-20.
- Sallytha, A. A. M., Addy, H.S., dan Mihardjo, P. A. 2014. Pertanian penghambatan aktinomisetes terhadap *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* secara *in vitro*. *Berkala Ilmiah Pertanian*. 1(4): 70-72.

- Sandy, G., Ratih, S., Suharjo, R. dan Akin, H. N. 2019. Pengaruh *Trichoderma* sp. sebagai agen peningkatan ketahanan tanaman padi terhadap penyakit hawar daun. *Jurnal Agrotek Tropika*. 7(3): 423-430.
- Sariasih, S., Widiyanti, F. dan Widiawati, W. 2020. Metode penyimpanan bakteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* penyebab penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi. *Glycerol*. 2(1): 1-7.
- 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.
- Sektiono, A.W., Kajariyah, dan Djauhari. 2016. Uji antagonisme actinomycetes rhizosfer dan endofit akar tanaman cabai (*Capsicum frutescens* L.) terhadap jamur *Colletotrichum capsici* (Syd.) Bult Et Bisby. *Jurnal HPT*. 4(1): 2338-4342.
- Siregar, A.N., S. Ilyas, D. Fardiaz, E. Murniati, dan E. Wiyono. 2007. Penggunaan agens biocontrol *Bacillus polymyxa* dan *Trichoderma harzianum* untuk meningkatkan mutu benih cabai dan pengendalian penyakit antraknosa. *Jurnal Penyuluhan Pertanian*. 2(2): 105-114.
- Suanda, W. 2019. Karakterisasi morfologis *Trichoderma* sp. isolate JB dan daya hambatnya terhadap jamur *Fusarium* sp. penyebab penyakit layu dan jamur akar putih pada beberapa tanaman. *Jurnal Widya Biologi*. 10(2): 99-112.
- Sudir, B., Nuryanto, dan Kadir, T. S. 2012. Epidemiologi, patotipe, dan strategi pengendalian penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi. *Iptek Tanaman Pangan*. 7(2): 34-41.
- Suparyono, Sudir, and Suprihanto. 2004. Pathotype profile of *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*, isolates from the rice ecosystem in Java. *Indonesian Journal of Agricultural Science*. 5(2): 63-69.
- Susilowati, D.N., Hastuti, dan Yuniarti. 2007. Isolasi dan karakterisasi Aktinomisetes penghasil antibakteri enteropatogen *Escherichia coli* K1.1, *Pseudomonas pseudomallei* 02 05, dan *Listeria monocytogenes*. *Jurnal Agrobiogen*. 3(1): 15-23.
- Syamsiah, M. 2010. Efektifitas aplikasi *Paenibacillus polymyxa* dalam pengendalian penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi varietas mekongga. *Journal of Agrosience*. 5(1): 1979-4681.

- Tarigan, R., Barus, S., dan Hutabarat, R. C. 2016. Potensi jamur *Trichoderma* spp. untuk mengendalikan jamur patogen tanah (layu bakteri dan layu fusarium) pada tanaman kentang. *Journal of Chemical Information and Modeling*. 53(9): 1689-1699.
- Tasliah. 2012. Gen ketahanan tanaman padi terhadap bakteri hawar daun (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*). *Litbang Pertanian*. 31(3): 103-112.
- Valli, S., Suvathi, S.S., Aysha, O.S., Nirmala, P., Vinoth, K.P., and Reena, A. 2012. Antimicrobial potential of Actinomycetes species isolated from marine environment. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2(6): 46-47.
- Wahyudi A. T., Meliah, dan Nawangsih. 2011. Bakteri penyebab hawar daun bakteri pada padi isolasi, karakterisasi dan telaah mutagenesis dengan transponon. *Makara Sains*. 15(1): 89-96.
- Wahyuni, S. H. 2018. Potensi *Trichoderma viride* dalam menekan serangan *Sclerotium Rolfsii* pada tanaman kedelai (*Glycine Max* L.). *Jurnal Agrotek Lestari*. 5(1): 51-57.
- 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.
- Widyanti, N. dan Giyanto. 2013. Kemampuan aktinomisetes menghambat pertumbuhan *Sclerotium rolfsii* dan pembiakannya pada medium serbuk gergaji. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 9(1): 7-14.
- Yanuar, A., Nurcahyanti, S. D. dan Addy, H. S. 2016. Potensi agens hayati dalam menekan perkembangan penyakit hawar daun bakteri (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) pada padi. *Jurnal Agrotek Tropika*. 5(2): 70-76.
- Yuriyah, S., Utami, D.W., dan Hanarida, I. 2013. Uji ketahanan galur-galur harapan padi terhadap penyakit hawar daun bakteri (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) ras III, IV, dan VIII. *Buletin Plasma Nutfah*. 19(2):5 3-60.
- Zamzani, A., Satriyas, I. M., dan Machmud. 2014. Perlakuan agens hayati untuk mengendalikan hawar daun bakteri dan meningkatkan produksi benih padi sehat. *Jurnal Agron Indonesia*. 42(1): 1-8.