

**EFIKASI *Pseudomonas aeruginosa* DAN TUMPANG SARI DENGAN
CABAI UNTUK MENCEGAH PERKEMBANGAN PATOGEN PENYEBAB
PENYAKIT LAYU FUSARIUM PADA BAWANG MERAH**

(Skripsi)

Oleh

M. Ihsan Fridamarefa B.



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**EFIKASI *Pseudomonas aeruginosa* DAN TUMPANG SARI DENGAN
CABAI UNTUK MENCEGAH PERKEMBANGAN PATOGEN PENYEBAB
PENYAKIT LAYU FUSARIUM PADA BAWANG MERAH**

Oleh

M. Ihsan Tridamarefa B.

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

Pada

Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

EFIKASI *Pseudomonas aeruginosa* DAN TUMPANG SARI DENGAN CABAI UNTUK MENCEGAH PERKEMBANGAN PATOGEN PENYEBAB PENYAKIT LAYU FUSARIUM PADA BAWANG MERAH

Oleh

MUHAMMAD IHSAN TRIDAMAREFA BAYUPUTRA

Produktivitas bawang merah di Indonesia khususnya di Lampung cenderung turun, di antaranya disebabkan penyakit layu fusarium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari aplikasi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan sistem tanam tumpang sari dalam terhadap penyakit layu fusarium pada tanaman bawang merah. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian dan Laboratorium Lapang Terpadu Universitas Lampung. Penelitian berlangsung pada Agustus hingga November 2022. Perlakuan penelitian ini adalah (1) tanpa aplikasi *P. aeruginosa* + monokultur (kontrol), (2) tanpa aplikasi *P. aeruginosa* + tumpang sari, (3) aplikasi *P. aeruginosa* 1×10^7 CFU ml⁻¹ dengan cara merendam bibit + monokultur, (4) aplikasi *P. aeruginosa* 1×10^7 CFU ml⁻¹ dengan cara merendam bibit + tumpang sari, (5) aplikasi *P. aeruginosa* 1×10^7 CFU ml⁻¹ perendaman bibit dan pengocoran dua kali pada tanaman bawang merah + monokultur, dan (6) aplikasi *P. aeruginosa* 1×10^7 CFU ml⁻¹ perendaman bibit dan pengocoran dua kali pada tanaman bawang merah + tumpang sari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi *Pseudomonas aeruginosa*, tumpang sari, maupun interaksi antara *Pseudomonas aeruginosa* dan tumpang sari tidak berpengaruh nyata terhadap masa inkubasi, keterjadian penyakit, keparahan penyakit, tinggi tanaman, bobot basah umbi dan tanaman, dan bobot umbi kering dan brangkasan.

Kata Kunci: Bawang merah, Bakteri antagonis, Fusarium, *Pseudomonas aeruginosa*, Tumpang sari

Judul Skripsi

: EFIKASI *Pseudomonas aeruginosa* DAN TUMPANG SARI DENGAN CABAI UNTUK MENCEGAH PERKEMBANGAN PATOGEN PENYEBAB PENYAKIT LAYU FUSARIUM PADA TANAMAN BAWANG MERAH

Nama Mahasiswa

: Muhammad Ihsan Tridamarefa Bayuputra

Nomor Pokok Mahasiswa

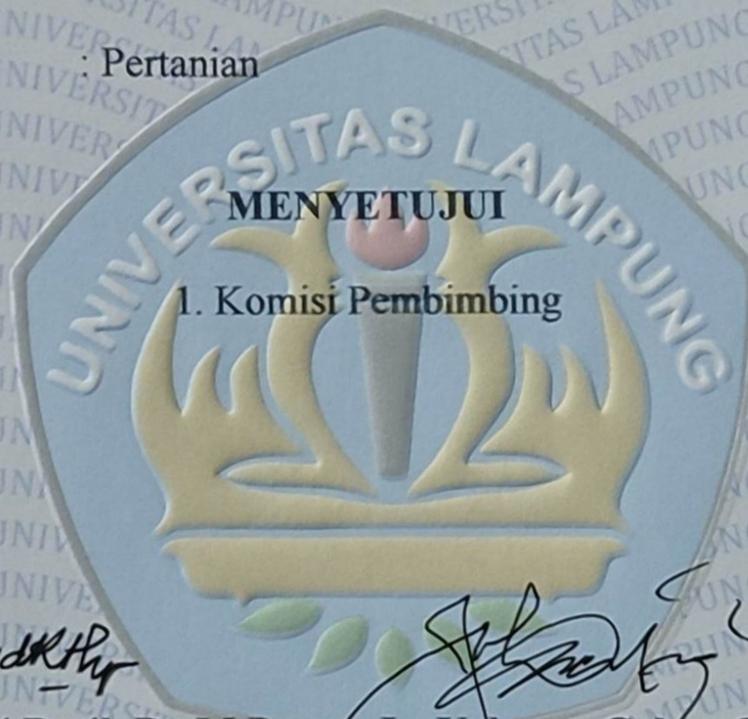
: 1714121030

Jurusan

: Agroteknologi

Fakultas

: Pertanian



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Suskandini Ratih D., M.P.
NIP 196105021987072001

Ir. Yohanes Cahya Ginting, M.P.
NIP 195912211986031001

2. Ketua Jurusan Agroteknologi

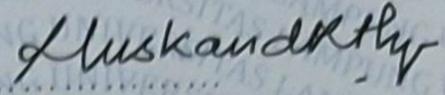
Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.
NIP 196305081988112001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

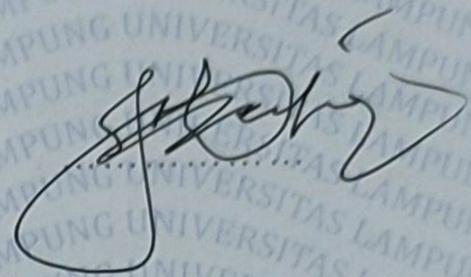
Ketua

: **Dr. Ir. Suskandini Ratih D., M.P.**



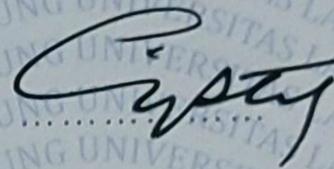
Sekretaris

: **Ir. Yohanes Cahya Ginting, M.P.**



Anggota

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



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. H. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 15 Januari 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“EFIKASI *Pseudomonas aeruginosa* DAN TUMPANG SARI CABAI DENGAN CABAI UNTUK MENCEGAH PERKEMBANGAN PATOGEN PENYEBAB PENYAKIT LAYU FUSARIUM PADA BAWANG MERAH”** 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 di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 15 Februari 2024



Muhammad Ihsan Tridamarefa B.
1714121030

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Jakarta Pusat, DKI Jakarta pada tanggal 7 Oktober 1999. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Rismuhammad Tohbayu dan Ibu Prima Ariyani Yulianti. Penulis telah menyelesaikan pendidikan TK di TK Al-Muttaqin tahun 2005, SD di SD YASPEN Tugu Ibu 1 Depok tahun 2011, SMP di SMPN 4 Depok tahun 2014, SMA di SMA Sejahtera 1 Depok tahun 2017, dan pada tahun yang sama penulis diterima sebagai mahasiswa di Universitas Lampung dengan Program studi Agroteknologi melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Metro, Kecamatan Metro Pusat, Kota Metro pada periode I tahun 2021 dan Praktik Umum (PU) di Prima Flora Nursery, Bandar Lampung pada tahun 2020. Selama menempuh pendidikan penulis pernah menjadi asisten responsi mata kuliah Bahasa Inggris.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam beberapa kegiatan organisasi mahasiswa di tingkat fakultas yaitu di Persatuan Mahasiswa Agroteknologi (PERMA AGT) sebagai anggota bidang pengkaderan tahun 2018-2019.

Dengan segala doa dan pujian kepada ALLAH SWT dan dengan
rahmat-Nya

Kupersembahkan karya kecil ini sebagai tanda terimakasih

Kepada:

Ibu, Bapak, dan kakak tersayang atas doa, dukungan dan segala kasih
sayang yang tiada hentinya

Sahabat, kerabat, dan teman-teman yang selalu menolong dan
mensupport penulis disetiap kondisi

Serta Almamater yang kubanggakan
Universitas Lampung

Semoga karya ini dapat bermanfaat

“Pesimis melihat kesulitan dalam setiap kesempatan, tapi optimis melihat kesempatan dalam setiap kesulitan.”

(Ali Bin Abi Thalib)

“Menyerah berarti mengakui bahwa kamu lelah. Tetapi untuk beristirahat dan mencoba lagi adalah tanda sebuah tekad.”

“Karena Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

(Q.S Al Insyirah: 5-6)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, kemudahan, dan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi yang berjudul “**EFIKASI *Pseudomonas aeruginosa* DAN TUMPANG SARI CABAI DENGAN CABAI UNTUK MENCEGAH PERKEMBANGAN PATOGEN PENYEBAB PENYAKIT LAYU FUSARIUM PADA BAWANG MERAH**” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Pertanian di Universitas Lampung.

Dengan penuh rasa syukur pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian;
2. Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M. Sc., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi;
3. Dr. Ir. Suskandini Ratih D., M.P., selaku pembimbing satu yang telah memberi nasihat, masukan, arahan, saran, kritik, gagasan, dan bimbingannya dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai;
4. Ir. Yohannes Cahya Ginting, M.P., selaku pembimbing dua yang telah memberi nasihat, masukan, arahan, saran, kritik, gagasan, dan bimbingannya dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai;
5. Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc., selaku pembahas yang senantiasa memberikan pengarahan kritik dan nasihat kepada penulis;
6. Ir. Nur Yasin, M. Si., selaku dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan bimbingan, saran, dan motivasi selama penulis menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung;

7. Semua dosen Jurusan Agroteknologi, terima kasih untuk ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama menjalani studi di Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
8. Ibu (Almh) Prima Ariyani Yuliati yang sudah meninggal ditengah proses penyusunan skripsi. Semoga beliau bangga dengan apa yang telah ditempuh oleh penulis dengan segala dukungan dan doa sampai akhir hayatnya;
9. Bapak Rismuhammad Tohbayu yang telah memberikan dukungan doa, kasih sayang dan support serta motivasi sehingga penulis mampu menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung;
10. Kakak terkasih Prilla Rahmanissa Bayuputri, Dimastya Baskara Bayuputra, dan Indra Djati Qadri yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis selama menyusun penulisan skripsi;
11. Yunita Kartika Sari selaku kekasih yang telah setia dan tulus mendukung penulis untuk berjuang dalam penyusunan skripsi ini hingga tuntas;
12. Om Ferizal dan Tante Susi yang telah memberikan dukungan, doa, semangat, dan tempat untuk singgah selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Lampung hingga selesai;
13. Sahabat-sahabat terkasih Arvianto Rizky Prahatama, Muhammad Ichsan Baskoro, dan Al Abrar Pratomo yang telah memberikan support dan motivasi dalam suka dan duka selama proses perkuliahan sampai terselesaikannya skripsi ini;
14. Teman-teman JONO, Fefran Kristian Sitorus, Muhammad Fajar Ismail Nasution, Hari Kurniawan, Jefri Fernando Purba, Aditya Dwi Pratama, Allan Victoryzah Arief, Qiyamudin Ahmas Sayaf, Antika Sari, Vega Nurmalita Sari yang memberikan dukungan, support yang positif untuk penulis selama proses perkuliahan sampai terselesainya skripsi ini;
15. Seluruh teman-teman Agroteknologi angkatan 2017 yang telah bersama-sama berjuang sejak awal perkuliahan;
16. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu namanya, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi;

Terima kasih sedalam-dalamnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini, semoga Tuhan membalas dengan kasih karunia yang lebih baik, dan semoga skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung,
Penulis,

M. Ihsan Tridamarefa B.

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Kerangka Pemikiran.....	4
1.4 Hipotesis	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Tanaman Bawang Merah	9
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Tanaman Bawang Merah	9
2.1.2 Syarat Tumbuh Tanaman Bawang Merah	10
2.2 Penyakit Layu Fusarium pada Bawang Merah	11
2.3 Patogen Penyebab Penyakit Layu Fusarium (<i>F. oxysporium</i> <i>f. sp cepae</i>)	14
2.4 Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	15
2.5 Sistem Tanam Tumpang Sari.....	17
2.6 Tanaman Cabai	17
2.6.1 Botani dan Morfologi Tanaman Cabai	17
2.6.2 Syarat Tumbuh Tanaman Cabai	19
III. BAHAN DAN METODE	20
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan.....	20
3.3 Metode Penelitian	20
3.4 Analisis Data	22
3.5 Pelaksanaan Penelitian	23
3.5.1 Persiapan Bahan Tanam	23
3.5.2 Perbanyak Patogen dan Bakteri <i>P. aeruginosa</i>	23

3.5.3 Pengolahan Lahan.....	24
3.5.4 Inokulasi Patogen <i>F. oxysporum</i>	24
3.5.5 Aplikasi Perlakuan Bakteri <i>P. aeruginosa</i>	24
3.5.6 Penanaman.....	25
3.5.7 Pemeliharaan	25
3.5.8 Panen dan pascapanen	25
3.6 Variabel Pengamatan	26
3.6.1 Masa Inkubasi.....	26
3.6.2 Keterjadian Penyakit.....	26
3.6.3 Keparahan Penyakit.....	26
3.6.4 Tinggi Tanaman.....	27
3.6.5 Bobot Segar Umbi dan Tanaman.....	27
3.6.6 Bobot Kering Umbi dan Berangkasan Rumpun	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Hasil Penelitian	29
4.1.1 Masa Inkubasi.....	30
4.1.2 Keterjadian Penyakit.....	31
4.1.3 Keparahan Penyakit.....	31
4.1.4 Tinggi Tanaman.....	32
4.1.5 Bobot Basah Tanaman dan Umbi.....	33
4.1.6 Bobot Kering Umbi dan Berangkasan Rumpun	34
4.2 Pembahasan.....	35
V. SIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Simpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Skor keparahan penyakit.....	27
2. Rekapitulasi analisis ragam perlakuan aplikasi <i>Pseudomonas aeruginosa</i> dan Tumpang sari terhadap pertumbuhan tanaman bawang merah.....	29
3. Hasil pengamatan variabel tinggi tanaman bawang merah 6 MST	47
4. Uji homogenitas ragam variabel tinggi tanaman bawang merah 6 MST	48
5. Analisis ragam variabel tinggi tanaman bawang merah 6 MST.....	49
6. Hasil pengamatan variabel hari muncul gejala.....	49
7. Uji homogenitas variabel hari muncul gejala	50
8. Analisis ragam variabel hari muncul gejala.....	50
9. Hasil pengamatan variabel keterjadian penyakit	50
10. Uji homogenitas variabel keterjadian penyakit	51
11. Analisis ragam variabel keterjadian penyakit.....	51
12. Hasil pengamatan variabel keparahan penyakit	52
13. Uji homogenitas variabel keparahan penyakit.....	52
14. Analisis ragam variabel keparahan penyakit penyakit	53
15. Hasil pengamatan variabel bobot basah tanaman bawang merah	53
16. Uji homogenitas variabel bobot basah tanaman bawang merah.....	54
17. Analisis ragam variabel bobot basah tanaman bawang merah	54
18. Hasil pengamatan variabel bobot basah umbi bawang merah.....	55
19. Uji homogenitas variabel bobot basah umbi bawang merah	55

20.	Analisis ragam variabel bobot basah umbi bawang merah	56
21.	Hasil pengamatan variabel bobot kering tanaman bawang merah	56
22.	Uji homogenitas variabel bobot kering tanaman bawang merah.....	57
23.	Analisis ragam variabel bobot kering tanaman bawang merah	57
24.	Hasil pengamatan variabel bobot kering umbi bawang merah.....	57
25.	Uji homogenitas variabel bobot kering umbi bawang merah.....	58
26.	Analisis ragam variabel bobot kering umbi bawang merah	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema Kerangka Pemikiran	7
2. Tanaman bawang merah yang terserang layu fusarium	13
3. Tata Letak Satuan Percobaan.....	22
4. Diagram masa inkubasi jamur <i>F. oxysporium f. sp cepae</i> pada tanaman bawang merah.....	30
5. Diagram Keterjadian Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman Bawang Merah.....	31
6. Diagram Keparahan Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman Bawang Merah.....	32
7. Diagram tinggi tanaman bawang merah diinokulasi <i>F. oxysporium f.sp cepae</i>	33
8. Diagram bobot basah umbi dan tanaman bawang merah (g/petak).....	34
9. Diagram Bobot Kering Umbi dan Berangkasan Rumpun Tanaman Bawang Merah.....	35
10. Peta pola tanam monokultur	47
11. Peta pola tanam tumpang sari	47

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) memiliki prospek pengembangan dengan pasar yang cukup tinggi sebagai salah satu komoditas hortikultura dengan harga yang sangat fluktuatif sehingga pemerintah perlu menjaga kestabilan ketersediaan bawang merah tersebut karena dapat menyebabkan inflasi. Masyarakat Indonesia mengklasifikasikan bawang merah sebagai bumbu utama dalam setiap masakan, oleh karena itu seiring bertambahnya jumlah penduduk, maka permintaan untuk bawang merah juga akan terus meningkat. Bawang merah digunakan sebagai salah satu bumbu utama sebagian besar masakan dan olahan bawang merah dapat menjadi pelengkap berbagai makanan.

Bawang merah termasuk ke dalam tanaman sayuran bawang bawang yang berfungsi sebagai bumbu penyedap makanan serta bahan obat tradisional. Bawang merah bahkan dapat menjadi obat tradisional, menurut the National Nutrient Database, bawang merah memiliki kandungan karbohidrat, gula, asam lemak, protein dan mineral lainnya yang dibutuhkan oleh tubuh manusia (Waluyo dan Sinaga, 2015).

Menurut Badan Pusat Statistika (2020), produktivitas bawang merah di Provinsi Lampung selalu fluktuatif dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2019. Pada tahun 2015, produksi bawang merah sebesar 10,19 ton. Pada tahun 2016 turun hingga 8,88 ton. Kemudian pada tahun 2017 terus turun hingga 7,81 ton, lalu kembali turun pada tahun 2018 sampai dengan 7,65 ton, walaupun pada tahun 2019 terjadi peningkatan hingga 7,72. Produktivitas bawang merah di Indonesia terkhusus di Lampung cenderung menurun. Seiring dengan fluktuatifnya produksi bawang

merah, harga bawang merah pun menjadi fluktuatif. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) khususnya penyakit tanaman.

Kendala utama dalam budidaya bawang merah merupakan serangan OPT yaitu hama dan patogen. Penyakit yang sering menjadi masalah pada bawang merah adalah layu fusarium yang disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum*. Menurut para petani, penyakit layu telah menimbulkan kerusakan dan menurunkan hasil umbi hingga 50% (Wiyatiningsih dkk., 2009). Hal ini tentu sangat merugikan petani, sehingga penyakit layu fusarium perlu dikendalikan dengan efektif agar produktivitas bawang merah tidak terus menurun dan dapat mengimbangi permintaan pasar yang terus meningkat.

Petani umumnya masih menggunakan fungisida kimiawi untuk mengendalikan penyakit layu fusarium. Fungisida kimiawi atau sintetik masih sering digunakan dengan alasan lebih efektif, akan tetapi penggunaan fungisida kimiawi yang berlebihan dapat merusak lingkungan. Oleh karena itu, saat ini diperlukan pengendalian penyakit yang aman, dan ramah lingkungan. Alternatif pengendalian yang ramah lingkungan dan mudah diaplikasikan dapat dilakukan dengan memanfaatkan mikroorganisme sebagai agen biokontrol, misalnya rhizobakteri. Pemanfaatan rhizobakteria juga secara nyata mampu memacu pertumbuhan bibit padi (Maulina dkk., 2015) dan meningkatkan hasil tanaman padi (Suprpta dkk., 2014). Rhizobakteri pelarut fosfat dikatakan dapat meningkatkan ketahanan sistemik tanaman dengan memacu sel akar untuk menghasilkan senyawa yang mampu menghambat pertumbuhan patogen (Hanuddin dkk., 2008).

Petani umumnya masih menggunakan pola tanam monokultur atau satu jenis tanaman di waktu yang bersamaan. Pola tanam monokultur yaitu menanam hanya satu jenis tanaman dalam area yang luas, menciptakan kondisi yang mendukung perkembangan patogen. Faktor-faktor seperti ketersediaan banyak tanaman inang yang sama, keragaman genetik yang rendah, dan kepadatan tanaman yang tinggi membuat patogen lebih mudah menyebar dan berkembang biak. Sebagai akibatnya, pola tanam monokultur seringkali dianggap berkontribusi pada epidemi

penyakit yang dapat merugikan hasil pertanian (Sutarman, 2017). Oleh karena itu perlu dilakukan pengendalian penyakit layu fusarium menggunakan pola tanam tumpang sari.

Tumpang sari adalah usaha untuk mengoptimalkan penggunaan lahan pertanian yang ada dengan menanam dua atau lebih jenis tanaman dalam satu lahan. Tanaman tersebut harus memiliki ruang yang cukup untuk memaksimalkan kerjasama dan meminimalkan kompetisi (Lorina dkk., 2015). Tumpang sari secara umum akan lebih menguntungkan dibandingkan dengan sistem monokultur. Hal ini dapat dilihat dari keberagaman jenis yang dihasilkan, lahan yang digunakan relatif lebih sedikit, dan meminimalisir kegagalan (Turmudi, 2002).

Tanaman semusim dapat dilakukan sistem tumpang sari dengan tanaman semusim lainnya yang saling menguntungkan. Dengan pola tanam ini akan memberikan hasil yang besar dalam satu waktu panen. Tanaman yang dapat dilakukan sistem tumpang sari dengan nilai jual yang sama-sama tinggi adalah bawang merah dan cabai merah. Bawang merah dapat ditanam di antara barisan tanaman cabai merah (Baharuddin dan Sutriana, 2019).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui apakah perlakuan aplikasi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dapat menekan intensitas penyakit layu fusarium pada tanaman bawang merah;
2. Untuk mengetahui apakah perlakuan pola tanam tumpang sari dengan cabai dapat menekan intensitas penyakit layu fusarium pada tanaman bawang merah; dan
3. Untuk mengetahui apakah terdapat interaksi perlakuan aplikasi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan pola tanam tumpang sari dengan cabai dalam menekan intensitas penyakit layu fusarium pada tanaman bawang merah.

1.3 Kerangka Pemikiran

Bawang merah merupakan salah satu tanaman yang menjadi inang jamur *Fusarium oxysporum*. Jamur ini merupakan patogen yang menyebabkan penyakit layu dan pertumbuhan umbi yang terhambat sehingga hasil yang didapatkan menjadi lebih kecil dibandingkan dengan tanaman yang sehat. Sampai saat ini, pengendalian dari penyakit ini masih menggunakan pestisida kimiawi yang tentunya akan menyebabkan kualitas dari panen dan lingkungan juga akan terpengaruh. Akhirnya, pengendalian dari penyakit ini disarankan untuk menggunakan pengendalian secara biologis dan kultur teknis, yaitu dengan penggunaan agensia pengendali hayati dan juga sistem tumpang sari.

Fusarium oxysporum merupakan patogen tanaman tular tanah (*soilborne*) yang menyebabkan penyakit layu dan memiliki kisaran inang yang luas (Hartati dkk, 2016). Menurut Semangun (2004), jamur *Fusarium* memiliki banyak inang termasuk tanaman bawang merah, cabai dan tomat. Dengan banyaknya inang jamur *Fusarium oxysporum*, maka perlu diketahui apakah dengan tumpang sari menggunakan tanaman yang menjadi inang bagi jamur *F. oxysporium* f.sp *cepae* dapat menekan penyebarannya pada tanaman utama.

Suatu forma spesialis tertentu misalnya cepacia menggambarkan afinitas kuat terhadap kelompok tanaman bawang bawangan. *Fusarium oxysporum* secara umum dapat menyerang tanaman lain. Namun apabila telah ditunjukkan adanya forma spesialis berarti terdapat kompatibilitas genetik yang memungkinkan jamur patogen beradaptasi untuk menginfeksi jenis tanaman tertentu dan tidak menyerang tanaman lain. Dengan kata lain, forma spesialis memberikan petunjuk spesifik terhadap tanaman yang kemungkinan besar akan diserang, dalam kondisi tertentu, masih ada potensi bahwa spesies *Fusarium oxysporum* dapat menunjukkan keragaman atau adaptasi yang memungkinkannya menyerang tanaman lain, apalagi tanaman famili lain, misalnya bawang merah dan cabai.

Penanaman tunggal dengan jenis tanaman yang sama atau monokultur memiliki risiko tinggi terhadap epidemi penyakit tanaman karena hanya ada satu jenis tanaman yang ditanam dalam area yang luas. Ketika patogen menyerang tanaman

ini, akan ada banyak tanaman inang yang tersedia dan lingkungan yang sangat cocok untuk perkembangan patogen tersebut. Selain itu, pola tanam monokultur juga memiliki sedikit variasi genetik di antara tanaman yang ditanam, dan tanaman-tanaman ini ditempatkan sangat dekat satu sama lain, yang akan mempercepat penyebaran penyakit. Ketika tanaman memiliki genetik yang serupa, mereka juga memiliki tingkat ketahanan yang serupa terhadap patogen tertentu, sehingga jika satu tanaman rentan terhadap patogen tersebut, seluruh populasi tanaman akan rentan.

Model tumpang sari tanaman hortikultura akan meningkatkan keanekaragaman dan stabilitas ekosistem pertanian, meningkatkan pendapatan petani, mengurangi erosi tanah, dan mengurangi investasi hama dan penyakit tanaman. Tumpang sari akan meningkatkan keseimbangan ekologi; peningkatan pemanfaatan sumber daya; peningkatan kualitas dan kuantitas produk; dan mengurangi kerusakan tanaman oleh hama, penyakit dan gulma tanaman. Pola tanam tumpang sari juga memiliki kelemahan yaitu terjadinya kompetisi antara tanaman di atas maupun di bawah tanah. Pemilihan komoditas yang memiliki fisiologi dan morfologi yang berbeda akan menjadi hal penting pada tumpang sari (Ouma and Jeruto, 2010 ; Mousavi dan Eskandari, 2011).

Sistem tanam tumpang sari merupakan cara yang dilakukan untuk mengendalikan penyebaran penyakit layu *fusarium*. Sistem tumpang sari yang dilakukan diharapkan dapat menghalangi dan menyulitkan bagi spora *F. oxysporum* dalam menemukan habitat inang karena dominan tanaman yang berbeda. Penyebaran spora akan berlangsung cepat pada tanaman inang yang sama (Ratnasari, 2019).

Menurut Semangun (2004), jamur *Fusarium* memiliki banyak inang termasuk tanaman bawang merah dan cabai. Tanaman bawang merah dan cabai juga memiliki morfologi yang berbeda. Tinggi bawang merah lebih rendah dibandingkan cabai, perakaran bawang merah lebih dangkal, dan umur panen lebih cepat dibandingkan cabai. Selain morfologi tanaman, populasi tanaman pada pola tanam tumpang sari akan mempengaruhi persaingan antara tanaman.

Populasi tanaman ditentukan oleh jarak tanam yang digunakan baik pada tanaman utama maupun tanaman sela.

Pseudomonas merupakan salah satu bakteri yang digunakan dalam pengendalian penyakit tanaman. Bakteri ini mampu menghasilkan senyawa metabolit sekunder seperti antibiotik, HCN dan kompetisi pemanfaatan Fe (III) melalui produksi siderofor yang dapat menekan pertumbuhan patogen secara alami, disamping itu juga menghasilkan asam-asam organik seperti asam oksalat (Premono, 1994).

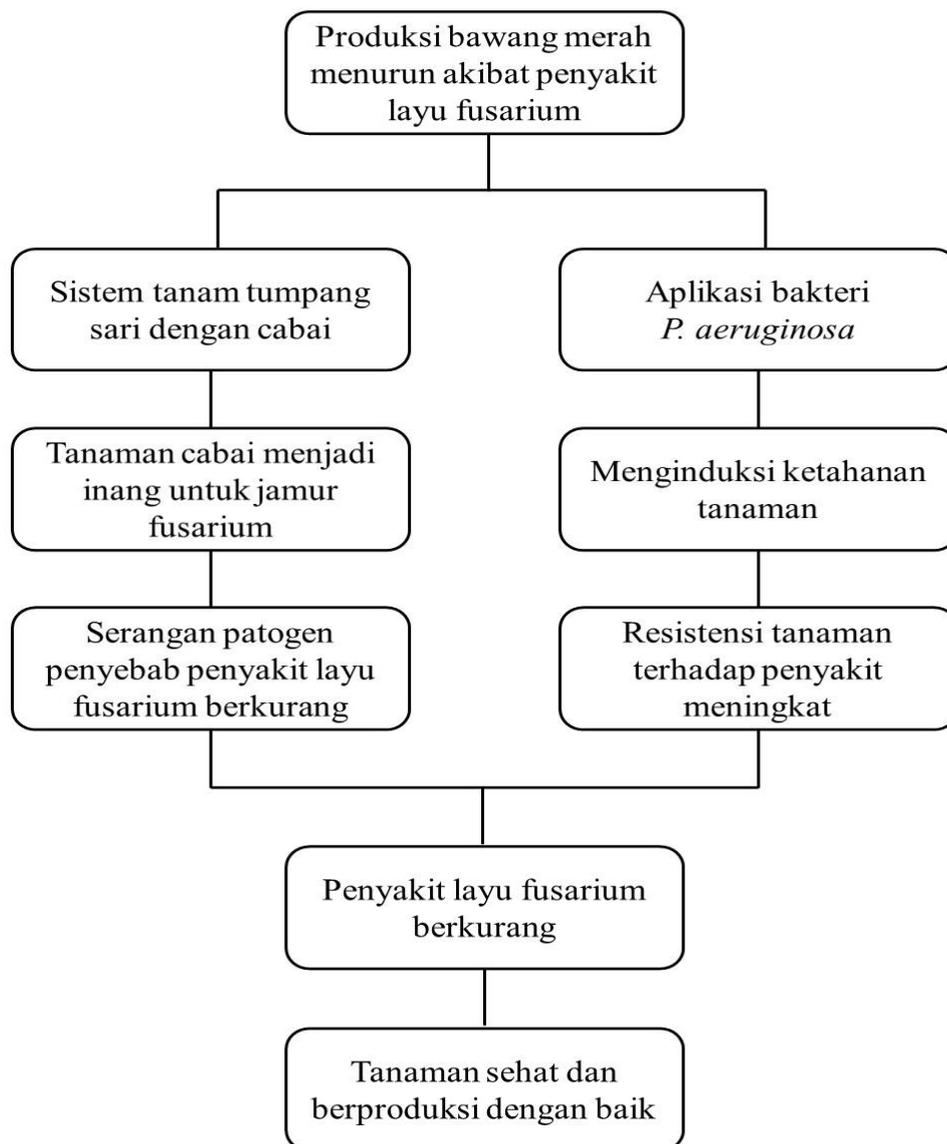
Spesies *Pseudomonas* juga dilaporkan menginduksi resistensi sistemik pada tanaman terhadap patogen yang menyerang (De Meyer et al., 1999).

Pseudomonas aeruginosa secara signifikan meningkatkan potensi supresi terhadap *M. phaseolina* dan *F. solani* dan *R. solani* (Mansoor et al., 2007).

Bakteri *Pseudomonas* juga menghasilkan antibiotik seperti phenazines, pyrolnitrin, pyocyanin dan phloroglucionol dan enzim ekstraseluler serta asam pseudomonat (Soesanto dkk., 2008). Bakteri *Pseudomonas* juga dapat menekan perkembangan penyakit tanaman dengan persaingan dan nutrisi (unsur karbon), merangsang pertumbuhan tanaman dan menginduksi ketahanan tanaman. Satu agensia biokontrol kemungkinan memiliki lebih dari satu mekanisme (Supramana dkk, 2008).

Enzim ekstraseluler yang dihasilkan bakteri ini diantaranya adalah kitinase, protease, dan selulase. Enzim kitinase dapat mendegradasi dinding sel patogen yang terdiri dari kitin seperti dinding sel jamur, nematoda dan serangga. Enzim protease yang dihasilkan oleh bakteri ini selain berperan dalam mendegradasi dinding sel patogen, protease dapat digunakan oleh bakteri tersebut untuk melakukan penetrasi secara aktif ke dalam jaringan tanaman.

Dengan demikian diduga bahwa dengan pemberian bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan pola tanam tumpang sari dapat menekan perkembangan patogen penyebab penyakit layu fusarium pada tanaman bawang merah. Dari landasan teori tersebut dapat disusun skema kerangka pemikiran seperti di bawah ini (Gambar 1).



Gambar 1. Skema Kerangka Pemikiran.

1.4 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang dikemukakan, dapat diajukan hipotesis sebagai berikut :

1. Perlakuan aplikasi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dapat menurunkan intensitas penyakit layu fusarium pada tanaman bawang merah.
2. Perlakuan pola tanam tumpang sari dengan cabai dapat menurunkan intensitas serangan patogen penyebab penyakit layu fusarium pada tanaman bawang merah.

3. Interaksi perlakuan aplikasi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan pola tanam tumpang sari dengan cabai dapat intensitas serangan patogen penyebab penyakit layu fusarium pada tanaman bawang merah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Bawang Merah

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Tanaman Bawang Merah

Klasifikasi tanaman bawang merah menurut Rahayu dkk. (2004), adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Angiospermae
Ordo	: Liliales
Famili	: Liliaceae
Genus	: Allium
Spesies	: <i>Allium ascalonicum</i> L.

Tanaman bawang merah termasuk tanaman berumbi atau spermatophyta, memiliki biji tunggal dan memiliki ciri akar serabut. Umumnya, bawang merah di dataran rendah memiliki umur hingga 60–80 hari setelah tanam (hst), Sedangkan untuk bawang merah yang ditanam di dataran tinggi memiliki umur yang lebih lama yaitu 90–110 hst (Firmansyah dan Anto, 2013).

Bawang merah memiliki daun berbentuk silinder kecil yang memanjang berwarna hijau. Pada bagian ujung daun berbentuk runcing (Fajjriyah, 2017). Menurut Suparman (2007), akar bawang merah adalah serabut pendek yang berada pada pangkal umbi dan perakarannya tidak terlalu dalam. Bawang merah memiliki umbi yang berlapis-lapis, dan dengan suhu dan faktor kesuburan lainnya, lapisan-

lapisan tersebut akan membentuk umbi baru yang saling berdekatan yang dinamakan umbi samping.

Bawang merah memiliki bunga yang akan tumbuh pada bagian batangnya. Bunga ini berbentuk seperti payung dengan jumlah kelopak 5–6 kelopak berwarna putih. Benang sari bunga bawang merah berwarna hijau atau kekuning-kuningan. Penyerbukan bunga bawang merah dapat dilakukan sendiri maupun dengan bantuan serangga (Fajjriyah, 2017).

Tanaman bawang merah memiliki 2 fase tumbuh, yaitu fase vegetatif dan fase generatif. Fase vegetatif bawang merah terjadi pada umur 11–35 hari setelah tanam (HST) dan fase generatif terjadi pada saat tanaman berumur 36 hari setelah tanam (HST). Pada fase generatif terdapat 2 fase pertumbuhan umbi, yaitu fase pembentukan umbi (36-50 HST) dan fase pematangan umbi (51 – 56 HST).

2.1.2 Syarat Tumbuh Tanaman Bawang Merah

Tanaman bawang merah dapat tumbuh pada ketinggian 0-1000 mdpl, namun ketinggian optimum pertumbuhan dan perkembangan bawang merah terdapat pada ketinggian 0–450 mdpl. Bawang merah membutuhkan penyinaran cahaya matahari maksimal (minimal 70% penyinaran) atau penyinaran lebih 12 jam dan kelembaban nisbi 50–70%. Sehingga tanaman bawang merah menjadi peka terhadap curah hujan dan intensitas hujan yang tinggi, serta cuaca berkabut (Wibowo, 2007).

Bawang merah tidak tahan terhadap genangan air, karena perakaran bawang merah akan rusak dan mudah busuk, sehingga tanaman ini cocok di daerah yang beriklim kering (Firmansyah dkk., 2013). Menurut Wibowo (2007), bawang merah dapat tumbuh baik di lingkungan dengan curah hujan 300–2.500 mm/tahun dan suhunya 25–32° C. Jenis tanah yang dianjurkan untuk budidaya bawang merah adalah regosol, grumosol, latosol, dan aluvial, dengan pH 5,5–7.

Bawang merah dapat tumbuh dengan baik pada tanah berstruktur remah, tekstur sedang sampai liat, drainase dan aerasi yang baik, mengandung bahan organik

yang cukup, dengan pH tanah 5,6–6,5. Jenis tanah yang dianjurkan adalah regosol, grumusol, latosol, dan alluvial. Namun, jenis tanah yang paling cocok adalah tanah alluvial atau kombinasinya dengan Glei-Humus atau latosol. Bawang merah tidak tahan dengan genangan air maka tanah dengan kelembaban cukup dan tidak menggenang sangat baik untuk pertumbuhan bawang merah.

2.2 Penyakit Layu Fusarium pada Bawang Merah

Layu fusarium merupakan salah satu penyakit penting yang menginfeksi bawang merah. Penyakit layu fusarium disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* (Bektas and Kusek, 2019). Namun di beberapa negara dilaporkan bahwa layu fusarium juga disebabkan oleh *Fusarium* dari spesies lain seperti *F. solani*, *F. proliferatum*, dan dua spesies lainnya yang kurang dikenal yaitu *F. oxysporium* f.sp *cepae* dan *F. anthophilium* (Kalman *et al.*, 2020).

Menurut Semangun (2001), *F. oxysporium* f.sp *cepae* dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Fungi
Divisio	: Ascomycota
Sub Divisio	: Pezizomycotina
Kelas	: Sordariomycetes
Ordo	: Hypocreales
Family	: Hypocreaceae
Genus	: <i>Fusarium</i>
Spesies	: <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp <i>cepae</i>

Menurut Kalman *et al.* (2020) dalam laporan terbaru menyebutkan bahwa *Fusarium* lain yang dikonfirmasi menyebabkan layu fusarium di pertanaman bawang merah terbanyak adalah *F. solani* dan *proliferatum* serta beberapa spesies lainnya.

Menurut Coleman (2016), klasifikasi *Fusarium solani* adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Fungi
Divisi	: Ascomycota

Kelas : Sordariomycetes
Ordo : Hypocreales
Family : Nectriaceae
Genus : *Fusarium*
Species : *Fusarium solani*

Menurut Sun *et al.* (2018), *F. proliferatum* diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Fungi
Divisi : Ascomycota
Kelas : Sordariomycetes
Ordo : Hypocreales
Family : Nectriaceae
Genus : *Fusarium*
Species : *Fusarium proliferatum*

Menurut Nirenberg and O'Dannel (1998), klasifikasi *F. oxysporium f.sp cepae* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Fungi
Divisi : Ascomycota
Kelas : Sordariomycetes
Ordo : Hypocreales
Family : Nectriaceae
Genus : *Fusarium*
Species : *F. oxysporium f.sp cepae*

Menurut Wiyatiningsih (2007) gejala awal pada penyakit layu fusarium adalah batang semu dan daun yang tumbuh lebih panjang serta meliuk dengan warna daun hijau pucat. Selain itu, penyakit layu fusarium juga menyebabkan bawang merah mudah tercabut karena perakaran yang membusuk (Gambar 2).



Gambar 2. Tanaman bawang merah yang terserang layu fusarium.

F. oxysporum merupakan spesies jamur dari genus *Fusarium* yang tersebar luas di tanah dan semua zona iklim seluruh dunia. Jamur ini berasosiasi dengan keanekaragaman tumbuhan yang luas dan menyebabkan penyakit tanaman yang parah pada tanaman (Summerell, 2019). *F. oxysporum* dapat menginfeksi bawang pada semua stadia pertumbuhan tanaman karena benih tanaman yang lembab, busuk akar pada tanaman tua dapat menyebabkan kematian tanaman dan busuk pada pangkal umbi dapat menyebabkan kerusakan pada area pertanaman dan penyimpanan (Abawi and Lorbeer, 1972).

Menurut Ma *et al.* (2013), awalnya *F.oxysporum* menembus akar tanpa menimbulkan gejala kemudian hifa jamur akan membuat koloni di jaringan pembuluh dan menyebabkan tanaman nekrosis, klorosis dan kemudian layu. Jamur *F.oxysporum* menghasilkan tiga macam toksin yang menyerang pembuluh xylem, yaitu asam fusaric, asam *dehydrofusaric* dan *lycomarasm*. Toksin-toksin tersebut akan mengubah permeabilitas dari membran plasma pada tanaman inang sehingga menyebabkan yang terinfeksi menjadi lebih cepat kehilangan air (Nugraheni, 2010).

F. oxysporum memiliki 3 alat reproduksi, yaitu mikrokonidia yang terdiri dari 1–2 sel, makrokonidia yang didalamnya terdapat 3–5 septa serta klamidospora yang merupakan pembengkakan hifa. Mikrokonidia merupakan konidia dengan 1–2 sel dan paling banyak dihasilkan disetiap lingkungan bahkan ketika jamur berada di pembuluh inang. Makrokonidia berbentuk melengkung panjang dengan ujung yang mengecil dan didalamnya terdapat 1–3 sekat, sedangkan klamidospora

memiliki dinding yang tebal yang dihasilkan di bagian ujung miselium tua atau di dalam makrokonidia. Menurut Bektas and Kusek (2019), mikrokonidia berukuran $2.5\text{--}15\ \mu\text{m} \times 2\text{--}3\ \mu\text{m}$ dan makrokonidia $15\text{--}20\ \mu\text{m} \times 2.5\text{--}3\ \mu\text{m}$.

2.3 Patogen Penyebab Penyakit Layu Fusarium (*F. oxysporium* f. sp. *cepae*)

Menurut Alexopoulos and Mims (1979), *F. oxysporum* penyebab penyakit layu fusarium dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Mycetae
Divisio	: Amastigomycota
Sub Divisi	: Deuteromycotina
Kelas	: Sordariomycetes
Sub Kelas	: Hyphomycetidae
Ordo	: Moniliales
Family	: Tuberculariaceae
Genus	: <i>Fusarium</i>
Spesies	: <i>Fusarium oxysporum</i> .

Koloni *F. oxysporum* pada media *Oatmeal Agar* dan *Potato Dextrose Agar* (25°C) mencapai diameter 3,5–5,0 cm. Miselia seperti kapas, kemudian menjadi seperti beludru, berwarna putih atau salem dan biasanya agak keunguan yang tampak lebih kuat dekat permukaan medium. Sporodokhia terbentuk hanya pada beberapa strain. Koloni berwarna kekuningan hingga keunguan. Konidiofor dapat bercabang dan membawa monofialid. Mikrokonidia bersepta 0 hingga 2, terbentuk lateral pada fialid yang sederhana, atau terbentuk pada fialid yang terdapat pada konidiofor bercabang pendek, umumnya terdapat dalam jumlah banyak, terdiri dari aneka bentuk dan ukuran, berbentuk avoid-elips sampai silindris, lurus atau sedikit membengkok, dan berukuran $(5,0\text{--}12,0) \times (2,2\text{--}3,5)\ \mu\text{m}$ (Gandjar dkk., 2000).

Makrokonidia jarang terdapat pada beberapa strain, terbentuk pada fialid yang terdapat pada konidiofor bercabang atau dalam sporodokhia, bersepta 3–5, berbentuk fusiform, sedikit membengkok, meruncing pada kedua ujungnya dengan sel kaki berbentuk pediselata, umumnya bersepta 3, dan berukuran (20

27–46 (50) x 3,0–4,5 (5) μm . Klamidospora terdapat dalam hifa atau dalam konidia, berwarna hialin, ber dinding halus atau agak kasar, berbentuk semi bulat dengan diameter 5,0–15 μm , terletak terminal atau interkalar, dan berpasangan atau tunggal (Gandjar dkk., 2000).

Tanaman bawang merah yang terinfeksi oleh *F. oxysporium* akan mengalami gejala seperti, pada bagian daun akan menguning dan cenderung terpelintir (terputar). Tanaman sangat mudah tercabut karena pertumbuhan akar terganggu bahkan membusuk. Pada dasar umbi terlihat jamur yang berwarna keputih-putihan sedangkan apabila umbi lapis dipotong membujur terlihat adanya pembusukan berawal dari dasar umbi meluas ke atas maupun ke samping. Gejala layu tersebut akan nampak pada tanaman bawang yang berumur 20 hst (Miftahurrohma dan Wahyuni, 2022).

2.4 Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

Akhir-akhir ini bakteri yang banyak mendapat perhatian untuk pengendalian penyakit tanaman adalah bakteri pengkolonisasi akar (*rhizobakteri*) salah satunya adalah *P. aeruginosa*. Beberapa sifat yang dimiliki bakteri tersebut antara lain kemampuan mendominasi akar dan cepat berkembang biak. Menurut Soesanto dkk. (2008) bakteri *Pseudomonas* merupakan kelompok kemoorganotrofik aerob, mempunyai kemampuan denitrifikasi, berupa gram negatif, bersel tunggal, berbentuk lurus atau bengkok. *Pseudomonas aeruginosa* berbentuk batang dengan ukuran sekitar 0,6 x 2 μm , bakteri ini terlihat sebagai bakteri tunggal, berpasangan dan terkadang membentuk rantai yang pendek. *Pseudomonas aeruginosa* termasuk bakteri gram negatif dan mudah tumbuh pada berbagai media pembiakan karena kebutuhan nutrisinya sangat sederhana (Rahmadani, 2015).

Menurut Rahmadani (2015), klasifikasi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* adalah sebagai berikut:

Divisi	: Bacteria
Phylum	: Proteobacteria
Kelas	: Gamma Proteobacteria
Ordo	: Pseudomonadales

Family : Pseudomonadaceae
Genus : *Pseudomonas*
Species : *Pseudomonas aeruginosa*

Menurut Soesanto dkk. (2008) bakteri *Pseudomonas* hanya membutuhkan nutrisi yang sederhana untuk pertumbuhannya serta hidup pada kisaran pH netral dan suhu mesofilik. Namun beberapa bakteri kelompok ini dapat pula dijumpai bertahan hidup pada kondisi suhu, pH serta faktor-faktor fisik dan kimia yang ekstrim. Berdasarkan kemampuannya dalam berfluoresensi, bakteri *Pseudomonas* dikelompokkan menjadi dua yaitu bakteri *Pseudomonas fluorescens* dan *non fluorescens*.

Enzim ekstraseluler yang dihasilkan bakteri endofit diantaranya adalah kitinase, protease, dan selulase. Enzim kitinase merupakan enzim penting yang dihasilkan bakteri antagonis untuk mengendalikan patogen tular tanah, karena enzim ini dapat mendegradasi dinding sel patogen yang terdiri dari kitin seperti dinding sel jamur, nematoda dan serangga. Enzim protease yang dihasilkan oleh bakteri endofit selain berperan dalam mendegradasi dinding sel patogen, protease dapat digunakan oleh bakteri tersebut untuk melakukan penetrasi secara aktif ke dalam jaringan tanaman. Kemampuan yang tinggi dalam mengkoloni akar karena tingkat pertumbuhan yang tinggi, pergerakannya secara kemotaksis terutama terhadap eksudat akar yang menyediakan unsur nutrisi seperti C, N dan Fe (Soesanto dkk., 2008).

Menurut Howel dan Stipanovic (1980) dalam Soesanto dkk. (2011) pemberian *P. fluorescens* harus tepat konsentrasinya. Konsentrasi suspensi *P. fluorescens* pada kisaran $1,25 \times 10^5$ hingga 10^9 CFU ml⁻¹ dapat mencegah penularan jamur *Phythium ultimum* pada tanaman kapas. Bakteri *P. fluorescens* dapat mengendalikan penyakit daun kuning keriting pada tanaman cabai dengan penekanan perkembangan penyakit sampai 75% (Trisno dkk., 2013). *P. fluorescens* mempunyai kemampuan meningkatkan ketahanan tanaman bawang merah terhadap penyakit layu fusarium.

2.5 Sistem Tanam Tumpang Sari

Sistem tumpang sari dapat meningkatkan produktivitas lahan pertanian jika jenis-jenis yang dikombinasikan dalam sistem ini membentuk interaksi yang menguntungkan. 9 Sistem tanam tumpang sari mempunyai banyak keuntungan yang tidak dimiliki pada pola tanam monokultur. Beberapa keuntungan pada pola tumpang sari antara lain: 1) akan terjadi peningkatan efisiensi (tenaga kerja, pemanfaatan lahan maupun penyerapan sinar matahari), 2) populasi tanaman dapat diatur sesuai yang dikehendaki, 3) dalam satu areal diperoleh produksi lebih dari satu komoditas, 4) tetap mempunyai peluang mendapatkan hasil manakala satu jenis tanaman yang diusahakan gagal, dan 5) kombinasi beberapa jenis tanaman dapat menciptakan stabilitas biologis sehingga dapat menekan serangan hama dan penyakit serta mempertahankan kelestarian sumber daya lahan dalam hal ini kesuburan tanah (Handayani, 2011).

2.6 Tanaman Cabai

2.6.1 Botani dan Morfologi Tanaman Cabai

Tanaman cabai merupakan tanaman perdu yang berasal dari famili terung-terungan. Famili ini memiliki 90 genus dan 2.000 spesies yang terdiri dari tumbuhan herba, semak, dan tumbuhan kerdil lainnya. Tanaman cabai tergolong kedalam tumbuhan tropis (Setiadi, 2006).

Tanaman cabai tumbuh di permukaan tanah dengan tinggi kurang dari 1,5 m dan tergolong kedalam tanaman semusim yang berumur pendek. Umumnya, tanaman cabai dapat ditanam di semua musim, namun pada musim kemarau produksinya lebih tinggi dibandingkan dengan musim penghujan (Tim Bina Karya Tani, 2008).

Tanaman cabai merah juga memiliki daya adaptasi yang tinggi sehingga dapat tumbuh dan berkembang biak di dataran rendah maupun dataran tinggi. Hal ini menyebabkan tanaman cabai banyak dijumpai di berbagai wilayah yang ada di Indonesia.

Menurut Yulianti (2012), klasifikasi tanaman cabai adalah sebagai berikut :

Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Subkelas : Asteridea
Ordo : Solanales
Family : Solanaceae
Genus : *Capsicum*
Spesies : *Capsicum annum* L.

Tanaman cabai merah terdiri dari bagian akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji. Akar adalah tempat masuknya unsur hara dan air dari tanah ke tanaman serta sebagai penunjang berdirinya tanaman. Akar tanaman cabai merupakan akar tunggang yang terdiri dari akar utama dan akar lateral. Akar utama merupakan tempat tumbuh akar lateral sedangkan akar lateral menghasilkan serabut akar yang dapat menembus tanah hingga 50 cm dan melebar hingga 45 cm. Secara morfologi, akar tersusun dari rambut akar, batang akar, ujung akar, dan tudung akar. Dan secara anatomi, akar tersusun dari epidermis, korteks, endodermis, dan silinder pusat (Tim Bina Karya Tani, 2008).

Batang tanaman cabai termasuk dalam tanaman perdu (tidak berkayu) berbentuk bulat dan agak persegi dengan posisi cenderung tegak. Batang cabai memiliki percabangan ketika batang utama tumbuh hingga ketinggian tertentu (Ripangi, 2012). Menurut Rustandi (2013), batang yang telah tua pada bagian yang paling bawah akan berubah menjadi warna coklat seperti kayu akibat pengerasan jaringan parenkim. Batang berfungsi sebagai organ lintasan air dan mineral dari akar ke daun dan lintasan zat hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tanaman.

Daun merupakan tempat tanaman berespirasi, transpirasi dan berfotosintesis. Daun terdiri dari bagian lamina (helai daun), petioulus (tangkai daun). Secara anatomi, daun terdiri dari epidermis, jaringan palisade, jaringan bunga karang, dan

berkas pembuluh angkut. Umumnya, daun cabai berwarna hijau cerah dan saat menua berubah menjadi lebih gelap. Permukaan daun ada yang halus dan ada pula yang berkerut. Daun umumnya berbentuk bulat telur, lonjong, dan oval dengan ujung yang runcing. Daun cabai biasanya berukuran panjang 3–11 cm dengan lebar 1–5 cm (Tijtrosoepomo, 2005).

Bunga cabai berbentuk bintang karena berasal dari kelas Asteridae. Biasanya, bunga tumbuh di ketiak daun baik tunggal maupun bergerombol satu tandan terdapat 2–3 bunga saja. Bunga cabai termasuk kedalam bunga sempurna, yaitu dalam satu tanaman terdapat bunga jantan dan bunga betina. Bunga cabai berwarna putih dan ungu. Diameter bunga berkisar antara 5–20 mm. Satu kuntum bunga terdapat kelopak daun, helai mahkota, bakal buah, kepala putik, tangkai putik, dan benang sari. Tanaman akan berbunga ketika berumur 45–60 hst (Kusandrian dan Muharam, 2005).

Buah cabai berbentuk silindris dengan bagian ujung yang mengecil. Panjang dan besar buah cabai bervariasi tergantung jebisnya. Buah yang masih muda umumnya berwarna hijau dan ketika tua buah berubah warna menjadi kuning hingga merah. Biji cabai berbentuk bulat pipih menyerupai ginjal berwarna kuning kecoklatan dengan diameter 1–3 mm dan tebal sekitar 0,21–1 mm (Ripangi, 2012).

2.6.2 Syarat Tumbuh Tanaman Cabai

Tanaman cabai merupakan tanaman dengan daya adaptasi yang luas, dapat ditanam di dataran rendah maupun dataran tinggi hingga ketinggian mencapai 1400 m di atas permukaan laut. Namun, pertumbuhan tanaman cabai di dataran tinggi lebih lambat dibandingkan di dataran rendah. Suhu yang paling optimal untuk pertumbuhan adalah 25–27° C pada siang hari dan pada malam hari 18–20° C. Tanah yang ideal untuk pertanaman cabai adalah tanah yang gembur, remah, mengandung bahan organik dan unsur hara yang cukup untuk pertumbuhan tanaman. PH yang optimal adalah 6–7 dengan kelembaban sekitar 24–30° C (Andoko, 2013).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian dan Laboratorium Lapang Terpadu Universitas Lampung. Penelitian berlangsung pada Agustus – November 2022.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri, autoklaf, mikroskop, *Laminar Air Flow* (LAF), magnetic stirer, erlenmeyer 250ml, bunsen, jarum ose, pinset, bor gabus, cangkul, kertas label, alat tulis, timbangan, dan kamera. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, jamur *F. oxysporium f.sp cepae*, alkohol 70%, pupuk kandang, akuades, media NA, media PDA, pupuk pelengkap NPK, benih bawang merah varietas Bima Brebes, dan benih cabai varietas Maruti.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian di lapangan untuk mengetahui pengaruh tumpang sari dan agensia hayati menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial yang terdiri dari dua faktor yaitu :

Faktor 1 : Pemberian Bakteri *P. aeruginosa*

1. Tanpa Aplikasi *P. aeruginosa* (H₀)
2. Aplikasi suspensi bakteri *P. aeruginosa* konsentrasi (H₁)

1×10^7 CFU ml⁻¹ dengan cara merendamkan bibit bawang merah.

3. Aplikasi suspensi bakteri *P. aeruginosa* konsentrasi

1×10^7 CFU ml⁻¹ dengan cara perendaman bibit dan pengocoran (H₂) dua kali pada tanaman bawang merah.

Faktor 2 : Cara tanam

1. Tanpa Tumpang sari (monokultur) (T₀)
2. Tumpang sari (T₁)

Dengan perlakuan tersebut, diperoleh 6 kombinasi perlakuan sebagai berikut :

H₀T₀ = tanpa aplikasi *P. aeruginosa* + monokultur (kontrol)

H₀T₁ = tanpa aplikasi *P. aeruginosa* + tumpang sari

H₁T₀ = diaplikasikan *P. aeruginosa* konsentrasi 1×10^7 CFU ml⁻¹ dengan cara merendam bibit + monokultur

H₁T₁ = diaplikasikan *P. aeruginosa* konsentrasi 1×10^7 CFU ml⁻¹ dengan cara merendam bibit + tumpang sari

H₂T₀ = diaplikasikan *P. aeruginosa* konsentrasi 1×10^7 CFU ml⁻¹ perendaman bibit dan pengocoran dua kali pada tanaman bawang merah + monokultur

H₂T₁ = diaplikasikan *P. aeruginosa* konsentrasi 1×10^7 CFU ml⁻¹ perendaman bibit dan pengocoran dua kali pada tanaman bawang merah + tumpang sari

Seluruh perlakuan diulang sebanyak 4 kali sehingga terdapat 24 petak satuan percobaan (Gambar 3).

K1	K2	K3	K4
H_0T_1 Ulangan 1	H_0T_0 Ulangan 2	H_1T_0 Ulangan 3	H_1T_0 Ulangan 4
H_2T_1 Ulangan 1	H_0T_1 Ulangan 2	H_0T_0 Ulangan 3	H_2T_1 Ulangan 4
H_0T_0 Ulangan 1	H_1T_1 Ulangan 2	H_2T_0 Ulangan 3	H_0T_1 Ulangan 4
H_2T_0 Ulangan 1	H_2T_1 Ulangan 2	H_0T_1 Ulangan 3	H_2T_0 Ulangan 4
H_1T_0 Ulangan 1	H_2T_0 Ulangan 2	H_1T_1 Ulangan 3	H_1T_1 Ulangan 4
H_1T_1 Ulangan 1	H_1T_0 Ulangan 2	H_2T_1 Ulangan 3	H_0T_0 Ulangan 4

Gambar 3. Tata Letak Satuan Percobaan

3.4 Analisis Data

Homogenitas ragam dari masing-masing peubah yang diamati diuji dengan menggunakan uji Bartlett dan adifitas data diuji menggunakan uji Tukey. Jika data yang diuji sudah sesuai kemudian data akan dianalisis dengan analisis ragam yang dilanjutkan dengan menggunakan Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf nyata 5%.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Persiapan Bahan Tanam

Bibit bawang merah yang digunakan adalah umbi bawang merah varietas Bima Brebes dan bibit cabai merah varietas Maruti. Untuk penanaman umbi bawang merah dilakukan tahapan bagian atas umbi dipotong sekitar $\frac{1}{4}$ bagian menggunakan pisau yang telah disterilkan. Pemotongan dilakukan di bagian ujung umbi dengan tujuan merangsang tunas dan mempercepat pertumbuhan tanaman serta merangsang pertumbuhan umbi samping serta mendorong terbentuknya anakan (Wibowo, 2005). Pemotongan umbi sebelum ditanam juga bertujuan untuk menyamakan kecepatan tumbuh tanaman atau masa dormansi. Benih cabai disemai terlebih dahulu selama 15 hari sebelum ditanam.

3.5.2 Perbanyak Patogen dan Bakteri *P. aeruginosa*

Perbanyak isolat patogen dilakukan dengan media *Potato Dextrose Agar* (PDA). Isolat *F. oxysporum* berasal dari Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Perbanyak isolat *F. oxysporum* pada media PDA dilakukan dengan cara pemurnian dengan cara mengambil isolat dari media tumbuh awal lalu ditumbuhkan pada media baru. Selanjutnya dilakukan pemanenan isolat *F. oxysporum* 7 hari setelah isolasi. Kemudian dibuat suspensi *F. oxysporum* dengan menggosok biakkan jamur dengan jarum ose dan di pindahkan ke botol dan ditambahkan 10 ml aquades. Setelah dilakukan pemanenan selanjutnya dihitung kerapatan sporanya menggunakan *haemocytometer* sebelum digunakan.

Perbanyak isolat bakteri *P. aeruginosa* dilakukan dengan media *Nutrient Agar* (NA). Isolat *P. aeruginosa* merupakan isolat yang diperoleh dengan mengisolasi isolat *P. aeruginosa* dari Laboratorium Bioteknologi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Isolat *P. aeruginosa* yang sudah diperbanyak pada media *Nutrient Agar* (NA), selanjutnya dipanen 3 hari setelah perbanyak. Pemanenan dilakukan dengan cara menuangkan aquades sebanyak 10 ml kedalam

cawan yang berisi biakan *P. aeruginosa* dan dikerok menggunakan L Glass hingga seluruh biakan larut dengan aquades. Biakan yang diperoleh dari masing-masing cawan selanjutnya dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan dihomogenkan menggunakan magnetik stirer.

3.5.3 Pengolahan Lahan

Pengolahan lahan dilakukan dengan membuat petakan lahan. Luas lahan yang digunakan adalah 6 m x 10 m. Pembentukan petakan lahan terlebih dahulu dilakukan penggemburan tanah menggunakan cangkul sehingga diperoleh tanah yang gembur serta bersih dari sisa-sisa gulma. Selanjutnya dibuat guludan dengan ukuran 1 m x 1 m dan tinggi bedengan 15 cm. Jarak antar guludan 25 cm dan jarak antar ulangan adalah 25 cm. Kemudian diberi campuran pupuk kandang sapi sebanyak 5 kg/guludan lalu diaduk secara merata pada guludan tanah, kemudian didiamkan selama 2 minggu sebelum ditanam.

3.5.4 Inokulasi Patogen *F. oxysporum f.sp.cepae*

Inokulasi jamur patogen *F. oxysporum f.sp.cepae* dilakukan dengan cara mengaplikasikan suspensi patogen *F. oxysporum f.sp.cepae* pada lubang tanam dengan kerapatan 10^7 konidium ml^{-1} .

3.5.5 Aplikasi Perlakuan Bakteri *P. aeruginosa*

Aplikasi bakteri *P. aeruginosa* dilakukan dengan cara bibit direndam dalam suspensi bakteri *P. aeruginosa* dengan konsentrasi 1×10^7 CFU / ml selama 30 menit, lalu dikeringanginkan selama ± 2 jam. Kemudian bibit yang telah direndam ditanam dalam lubang tanam yang telah diaplikasikan suspensi patogen *F. acutum*. Hal ini juga dijelaskan oleh Edisaputra (2005) bahwa perlindungan melalui bibit merupakan cara yang lebih efektif dalam menekan intensitas penyakit.

Aplikasi yang kedua dilakukan dengan cara pengocoran. Bibit tanaman bawang yang telah ditanam akan dilakukan pengendalian kembali dengan cara mengocorkan beberapa suspensi bakteri *P. aeruginosa* konsentrasi 1×10^7 CFU ml^{-1} . Aplikasi pengocoran ini dilakukan sebanyak dua kali yaitu pada saat 21 dan 35 hari setelah tanam (hst).

3.5.6 Penanaman

Penanaman dilakukan dengan membuat lubang tanam dengan jarak 20 x 30 cm untuk tanaman bawang merah dan 40 x 30 cm untuk tanaman cabai. Lubang tanam yang telah dibuat ditanami umbi bawang merah hingga seluruh umbi terbenam (kedalaman $\pm 2-3$ cm). Setiap lubang tanam berisi 1 umbi bawang merah, sehingga dalam satu petak percobaan terdapat 8 populasi tanaman bawang merah untuk system monokultur (Gambar 10), sedangkan 8 populasi bawang merah dan 3 tanaman cabai untuk sistem tumpang sari (Gambar 11). Penanaman benih cabai disemai terlebih dahulu kemudian dipindah tanam di petak percobaan sesuai perlakuan.

3.5.7 Pemeliharaan

Pemeliharaan dilakukan dengan cara melakukan penyiraman dan penyiangan gulma. Penyiraman dilakukan 2 kali sehari pada umur 1–30 hari setelah tanam (hst) dan 1 kali sehari pada umur 31–60 hst. Penyiangan gulma dilakukan dengan mencabuti gulma yang tumbuh di petak percobaan. Penyiraman dilakukan setiap hari yang bertujuan agar kebutuhan air tercukupi. Penyiangan dilakukan untuk mengurangi kompetisi dari gulma yang mengganggu perakaran tanaman bawang maupun cabai. Penyiangan dilakukan seminggu sekali menyesuaikan dengan kondisi lapang.

3.5.8 Panen dan pascapanen

Panen bawang merah dilakukan secara bersamaan pada umur 70 hari setelah tanam (hst). Kemudian buah cabai dipanen pada umur 11 minggu setelah tanam,

dengan frekuensi panen seminggu sekali hingga umur 18 minggu setelah tanam. Setelah dipanen umbi bawang ditimbang dan dihitung kemudian dicatat pada setiap variabel pengamatan.

3.6 Variabel Pengamatan

3.6.1 Masa Inkubasi

Hari munculnya gejala penyakit layu diamati dengan cara mengamati awal munculnya gejala penyakit layu setiap hari mulai dari inokulasi hingga tanaman tampak bergejala. Indikasi gejala yang tampak yaitu terdapat daun yang menguning dan cenderung terpelintir. Pengamatan dilakukan terhadap masing-masing tanaman, kemudian data diratakan.

3.6.2 Keterjadian Penyakit

Keterjadian penyakit diamati setiap minggu sejak munculnya gejala sampai menjelang panen. Berdasarkan sifat penyakit yang sistemik maka keterjadian penyakit dihitung dengan rumus (Korlina dan Baswarsiati, 1995):

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

Keterangan : Pt : Intensitas penyakit (100%)

n : Jumlah tanaman yang terinfeksi atau bergejala

N : Jumlah total tanaman yang diamati

3.6.3 Keparahan Penyakit

Keparahan penyakit didefinisikan sebagai persentase luasnya jaringan tanaman yang terserang patogen dari total luas yang diamati. Menurut Ginting (2013), untuk mengukur keparahan penyakit tanaman dapat menggunakan alat bantu berupa skor atau skala penyakit. Skala penyakit yang sering dipakai adalah skala penyakit yang terdiri dari lima kategori sebagai berikut:

Tabel 1. Skor keparahan penyakit

Skor	Deskripsi	Keterangan
0	Tidak terdapat infeksi	Tanaman sehat
1	Serangan ringan, bila kerusakan <10% per tanaman	Ringan
2	Serangan sedang, bila kerusakan 10-25% per tanaman	Agak parah
3	Serangan agak berat, bila kerusakan 26-50% per tanaman	Parah
4	Serangan berat, bila kerusakan > 50% per tanaman	Sangat parah

Setelah skor tanaman diketahui, maka keparahan penyakit dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Ginting, 2013):

$$PP = \frac{\sum(nixvi)}{NxV} \times 100\%$$

Keterangan

PP= Keparahen penyakit (%)

n_i = Jumlah tanaman yang terserang ke-i

N = Jumlah tanaman yang diamati

v_i = Skor ke-i setiap kategori serangan ke-i

V = Nilai skor tertinggi

3.6.4 Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman diukur setiap minggu setelah tanam hingga tanaman dipanen. Tinggi tanaman diukur mulai dari atas permukaan tanah hingga ujung daun tanaman tertinggi.

3.6.5 Bobot Segar Umbi dan Tanaman

Penimbangan bobot basah umbi dan tanaman dilakukan sesaat setelah panen sehingga umbi dan tanaman masih dalam keadaan segar. Bobot umbi segar

dinyatakan dalam satuan gram (g) dengan cara menimbang bagian umbi yang telah dibersihkan dari akar dan daun. Sedangkan untuk bobot tanaman segar dinyatakan dalam satuan gram (g) yang dihitung dengan cara menimbang seluruh bagian tanaman bawang merah.

3.6.6 Bobot Kering Umbi dan Berangkasan Rumpun

Penimbangan bobot kering umbi dan berangkasan rumpun dilakukan setelah umbi dan tanaman bawang merah dikeringanginkan selama tujuh hari dan tidak terkena sinar matahari secara langsung. Bobot umbi kering dinyatakan dalam satuan gram (g) dengan cara menimbang bagian umbi bawang merah yang telah dibersihkan dari akar dan daun. Sedangkan untuk bobot berangkasan sisa rumpun kering dinyatakan dalam satuan gram (g) yang dihitung dengan cara menimbang berangkasan sisa rumpun bawang merah.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perlakuan aplikasi *Pseudomonas aeruginosa* tidak berpengaruh nyata terhadap variabel masa inkubasi, keterjadian penyakit, keparahan penyakit, tinggi tanaman, bobot basah umbi dan tanaman, dan bobot umbi kering dan brangkasan.
2. Perlakuan tumpang sari bawang merah dan cabai merah tidak berpengaruh nyata terhadap variabel masa inkubasi, keterjadian penyakit, keparahan penyakit, tinggi tanaman, bobot basah umbi dan tanaman, dan bobot kering umbi dan brangkasan.
3. Interaksi perlakuan *Pseudomonas aeruginosa* dan tumpang sari bawang merah dan cabai merah tidak berpengaruh nyata terhadap variabel masa inkubasi, keterjadian penyakit, keparahan penyakit, tinggi tanaman, bobot basah umbi dan tanaman, dan bobot kering umbi dan brangkasan.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan kombinasi tumpang sari dan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dengan kerapatan bakteri dan jumlah aplikasi yang tepat dan efisien untuk menekan perkembangan patogen penyebab penyakit layu fusarium pada bawang merah dan dilakukan identifikasi apakah bakteri *Pseudomonas aeruginosa* masih hidup atau tidak.

DAFTAR PUSTAKA

- Abawi, G.S. dan Lorbeer, J.W. 1972. Several aspects of the ecology and pathology of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*. *Phytopathologi*. 62(1): 870-876.
- Alexopoulos, C.J. dan Mims, C.W. 1979. *Introductory Mycology*. Champman and Hall. London. 613 hlm.
- Andoko, A. 2013. *Budidaya Cabai merah Secara Vertikultur Organik*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Aprilia, A.D. dan Aini, L.Q. 2022. Pengujian konsorsium bakteri antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) di Kecamatan Dampit, Kabupaten Malang. *Jurnal HPT* 10 (1): 29-38.
- Asmaliyah, A. dan Tati, R. 2015. Pengaruh pengaturan jarak tanam terhadap perkembangan serangan hama dan penyakit kedelai. *Jurnal Penelitian Tanaman*. 11(3): 41-50.
- Badan Pusat Statistik dan Dirjen Hortikultura. 2020. *Luas Panen, Produksi dan Produktivitas Bawang Merah*. Diakses dari <http://www.bps.go.id> tanggal 27 November 2020.
- Baharuddin, R. dan Sutriana, S. 2019. Pertumbuhan dan produksi tanaman tumpang sari cabai dengan bawang merah melalui pengaturan jarak tanam dan pemupukan npk pada tanah gambut. *Jurnal Dinamika Pertanian Edisi Khusus* (3) : 73-80.
- Bektas, I. and Kusek, M. 2019. Phylogenetic and morphological characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* the causal agent of basal rot on onion isolated from Turkey. *Fresenius Environmental Buletin*. 28(3): 1733-1742.
- Budzikiewicz, H. 2001. Siderophoreantibiotic conjugates used as trojan horses against *Pseudomonas aeruginosa*. *Current Topics in Medicinal Chemistry*. 1: 73-80.
- Coleman, J. 2016. The *Fusarium solani* species complex: ubiquitous pathogen of agricultural importance. *Molecular Plant Pathology*. 17(2): 146-158.

- De Meyer, G., K. Capiou, K. Audenaert, A. Buchala, J.P. Mettraux and M. Hofte. 1999. Nanogram amounts of salicylic acid produced by the rhizobacterium *Pseudomonas aeruginosa* 7NSK2 activate the systemic acquired resistance pathway in bean. *Molecular Plant Microbe Interaction*, 2: 450-458.
- Edisaputra, E.K. 2005. Pengendalian penyakit layu (*Fusarium oxysporum*) pada tanaman bawang merah dengan cendawan antagonis dan bahan organik. *Thesis*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Elita. 2010. Pengaruh saat tanam jagung dalam tumpang sari tanaman jagung (*Zea mays* L.) dan brokoli (*Brassica oleracea* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(3): 87-92.
- Fajjriyah N. 2017. *Kiat Sukses Budidaya Bawang Merah*. Bio Genesis. Yogyakarta. 176 hlm.
- Firmansyah, M.A. dan Anto, A. 2013. *Teknologi Budidaya Bawang Merah Lahan Marjinal di Luar Musim*. Kantor Perwakilan Bank Indonesia. Palangkaraya. 36 hlm.
- Gandjar, I., Robert A.S., Karin V.D., Ariyanti O., dan Iman S. 2000. *Pengenalan kapang Tropik Umum*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta. 150 hlm.
- Ginting, C. 2013. *Ilmu Penyakit Tumbuhan Konsep dan Aplikasi*. Penerbit Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Lampung
- Haerudin. 2001. Nitrate and phosphate pollution in surface water of nwaja creek, port harcourt, niger delta, nigeria, international journal of geology. *Agriculture and Environmental Sciences*. 3(5): 14-20.
- Handayani. 2011. *Pengaruh Model Tumpang Sari terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Gandum dan Tembakau*. Badan Penelitian Dan Perkembangan Provinsi Jawa Tengah. Semarang, Jawa Tengah.
- Hanuddin, E. S., S. Mihardja dan I. Sanusie. 2008. *Mikroba Antagonis Agen Pengendali Penyakit Tanaman*. Balai Penelitian Tanaman Hias, Cianjur.
- Hartati, S., Rustiani, S. U., Puspasari, T.L., dan Kurniawan, W. 2016. Kompatibilitas vegetatif *Fusarium oxysporum* dari beberapa tanaman inang. *Jurnal Agrikultura*. Vol. 27(3):132-139.
- Hotim., Salamiah dan Rusmayadi, G. 2020. Uji efektivitas *Pseudomonas fluorescens* dan khamir dalam menghambat penyakit busuk umbi serta memacu pertumbuhan tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum*). *EnviroScienteeae*. Vol. 16(1): 49-61.
- Inayati dan Eriyanto. 2017. *Identifikasi Penyakit Utama Kedelai dan Cara Pengendaliannya*. Balai Penelitian Tanaman Kacang dan Umbi. Malang.

- Kalman, B., Abraham, D., and Graph, S. 2020. *Isolation and Identification of Fusarium spp., The Causal Agents of Onion (Allium cepa) Basal Rot in Northeastern Israel*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). Switzerland.
- Korlina, E. dan Baswarsiati. 1995. Uji ketahanan beberapa kultivar bawang merah terhadap penyakit layu. *Prosiding Kongres Nasional XIII dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia*. Mataram. Hlm. 535 – 539.
- Kusandrian dan A. Muharam. 2005. *Produksi Benih Cabai*. Balai Penelitian tanaman Sayuran. Bandung.
- Lorina, M. D. P., Sitawati, dan Wicaksono, K.P. 2015. studi sistem tumpang sari brokoli (*Brassia oleracea L.*) dan bawang prei (*Allium porrum L.*) pada berbagai jarak tanam. *Jurnal Produksi Tanaman*. Vol. 3 (7): 564-573
- Ma, L.J., Geiser, D.M., Proctor, R.H., Rooney, A.P., O'Donnell, K., Traill, F., Gardiner, D.M., Manners, J.M., and Kazan, K. 2013. *Fusarium Pathogenomics*. *Annu. Rev. Microbiol.* 67(1): 399-416.
- Mansoor, F., Sultana V., dan Ehteshamul-Haque S. 2007. Enhancement of biocontrol potential of *Pseudomonas aeruginosa* and *paecilomyces lilacinus* against root Rot of mungbean by a medicinal plant *Launaea nudicaulis L.* *Pakistan Journal of Botany*. 39(6): 2113-2119.
- Maulina, I, Khalimi K., Wiry, G.N.A.S., Suprpta D.N. 2015. Potensi rizobakteria yang diisolasi dari rizosfir tanaman gramineae nonpadi untuk memacu pertumbuhan bibit padi. *Journal of Agriculture Biotechnology and Bioscience*, 4(1): 1-8.
- Mousavi and Eskandari. 2011. A general overview on intercropping and its advantages in sustainable agriculture. *Jurnal of Applde Environmental and Biological Sciences*. 1(11): 12-17.
- Nirenberg and O'Donnel. 1998. *Fusarium oxysporum f. sp cepae-Encyclopedia of Life*. Rerivied 18 November 2020.
- Nugraheni, S. E. 2010. Karakterisasi biologi isolat-isolat *Fusarium sp* pada tanaman cabai merah (*Capsicum annum L.*) asal Boyolali. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Premono, E. M. 1994. *Jasad Renik Pelarut Fosfat, Pengaruh terhadap P Tanah dan Efisiensi Pemupukan P Tanaman Tebu*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rahayu, Estu dan Berlian, N.V.A. 2004. *Bawang Merah*. Penebar Swadaya. Depok. 94 hlm.
- Rahmadani, F. 2015. *Uji Aktivitas Antibakteri dari Ekstrak Etanol 96% Kulit Batang Kayu Jawa (Lannea coromandelica) terhadap Bakteri*

Staphylococcus aureus, *Escherichia coli*, *Helicobacter pylori*, *Pseudomonas aeruginosa*. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta : Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan. Jakarta.

- Ratnasari, A. 2019. Ketahanan beberapa genotype sorgum terhadap penyakit antraknosa pada dua sistem pola tanam berbeda. *Jurnal Agrotek Tropika*. 7(2): 351-359.
- Ripangi, A. 2012. Induksi Mutasi Dengan Etil Metan Sulfanoat dalam Kultur Antera Cabai (*Capsicum annum* L.) dan Pengaruhnya Terhadap Embriogenesis. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rustandi. 2013. *Panen Besar Cabai Dalam Pot*. Yrama Widya. Bandung.
- Samadi . 2006. *Intensifikasi Budidaya Bawang Merah*. Kanisius. Yogyakarta.
- Sasminto, R.A., Tunggul A., dan Rahadi J. B.. 2014. Analisis spasial penentuan iklim menurut klasifikasi schmidt-ferguson dan oldeman di Kabupaten Sorong. *Jurnal Sumberdaya Alam & Lingkungan* 1 (1): 51 – 56.
- Semangun, H. 2001. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gadjah Mada Press. Yogyakarta.
- Semangun, H. 2004. *Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura*. Gadjah Mada Press. Yogyakarta.
- Setiadi. 2006. *Bertanam Cabai*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sleeper. 1995. Kajian pertumbuhan dan hasil tanaman dalam sistem tumpangsari jagung dengan empat kultivar kedelai pada berbagai waktu tanam. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 4(2): 89–96.
- Soesanto, L., Rokhlani dan Prihatiningsih, N. 2008. Penekanan beberapa mikroorganisme antagonis terhadap penyakit layu *Fusarium gladiol*. *Agrivita* 30 (1): 75 – 83.
- Summerell, B. 2019. Resolving *Fusarium* : current status of the genus. *Annu. Rev. Phytopathol*. 57 (1) : 323-339.
- Sun, S., Levic, J., and Petrovic, T. 2018. Identification and characterization of *Fusarium proliferatum*, new species of fungi that ause fungal keratitis. *Scientific Reports*. 1(8):1–9.
- Suparman. 2007. *Bercocok Tanam Bawang Merah*. Azka Press. Padang. 60 hlm.
- Suprpta, D.N, Maulina, N.M.I., dan Khalimi K. 2014. Effectiveness of enterobacter cloacae to promote the growth and increase the yield of rice. *Journal of Biology, Agriculture, and Healthcare*. 4(1). 44–50.

- Sutarman. 2017. *Dasar – dasar Ilmu Penyakit Tanaman*. Umsida Press. Sidoarjo. 115 Hlm
- Tarmudi, E. 2002. Kajian Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Dalam Sistem Tumpang sari Jagung Dengan Empat Kultivar Kedelai Pada Berbagai Waktu Tanam. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 4(2): 89–96.
- Tim Bina Karya Tani. 2008. *Pedoman Bertanam Bawang Merah*. Yrama Widya. Bandung.
- Tjitrosoepomo, G. 2005. *Morfologi Tumbuhan*. Gajah Mada Press. Yogyakarta.
- Trianto, A., Utami, N. K. T., Radjasa, O. K., Yusidharta, I., & Wiratno, W. (2016). Skrining Aktivitas Antibakteri Dan Identifikasi Sponge Dari Teluk Kupang. *Jurnal Kelautan Tropis*. 19(2), 179-185.
- Trisno J, Habaza T, Jamsari dan Hidayat SH. 2013. Penapisan kemampuan isolat rizobakteri indigenus dalam meningkatkan ketahanan tanaman cabai terhadap penyakit virus daun kuning keriting. Prosiding Seminar Nasional dan Rapat tahunan dekan bidang ilmu pertanian BKS wilayah Barat. Pontianak 14 – 20 Maret 2013. Hlm. 889-902.
- Waluyo, N. dan R. Sinaga. 2015. *Bawang Merah yang Dirilis oleh Balai Penelitian Tanaman Sayuran*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Bandung.
- Warsana. 2009. *Introduksi teknologi Tumpangsari Jagung dan Kacang Tanah*. Badan Litbang Pertanian. Riau.
- Wibowo, S. 2005. *Budidaya Bawang Putih, Merah, dan Bombay*. Panebar Swadaya. Jakarta.
- Wibowo, S. 2007. *Budidaya Bawang Merah*. Panebar Swadaya. Jakarta.
- Wiyatiningsih, S., Bambang, H., Nursamsi, P. dan Suhardi. 2009. Masa inkubasi dan intensitas penyakit moler pada bawang merah di berbagai jenis tanah dan pola pergiliran tanaman. *Jurnal Pertanian MAPETA*. 11(3): 192 – 198.
- Yulianti. 2012. Peningkatan Kualitas Dedak Padi Melalui Suplementasi Berbagai Level Enzim *Tehrmophytase* dan Suhu Pembuatan Pellet Sebagai Pakan Broiler. *Skripsi*. Universitas Andalas. Padang.