

**POTENSI BAKTERI ANTAGONIS UNTUK MENGENDALIKAN
PENYAKIT HAWAR BAKTERI PADA TANAMAN KEDELAI
SAYUR EDAMAME**

Oleh:

YEKTI AGUS SETIYORINI



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG**

2016

**POTENSI BAKTERI ANTAGONIS UNTUK MENGENDALIKAN
PENYAKIT HAWAR BAKTERI PADA TANAMAN KEDELAI
SAYUR EDAMAME**

Oleh:

YEKTI AGUS SETIYORINI

125040200111017

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG**

2016

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, 1 Mei 2016

Yekti Agus Setiyorini



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Potensi Bakteri Antagonis untuk Mengendalikan Penyakit Hawar Bakteri pada Tanaman Kedelai Sayur Edamame

Nama Mahasiswa : Yekti Agus Setiyorini

NIM : 125040200111017

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping II,

Luqman Qurata Aini, SP., M.Si., Ph.D.
NIP. 19720919 199802 1 001

Restu Rizkyta Kusuma, SP., M.Sc.
NIK. 20140988 0504 2 001

Diketahui,
Ketua Jurusan

Dr.Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.
NIP. 19551018 198601 2 001

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Dr.Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU.
NIP. 19550403 198303 1 003

Restu Rizkyta Kusuma, SP., M.Sc.
NIK. 20140988 0504 2 001

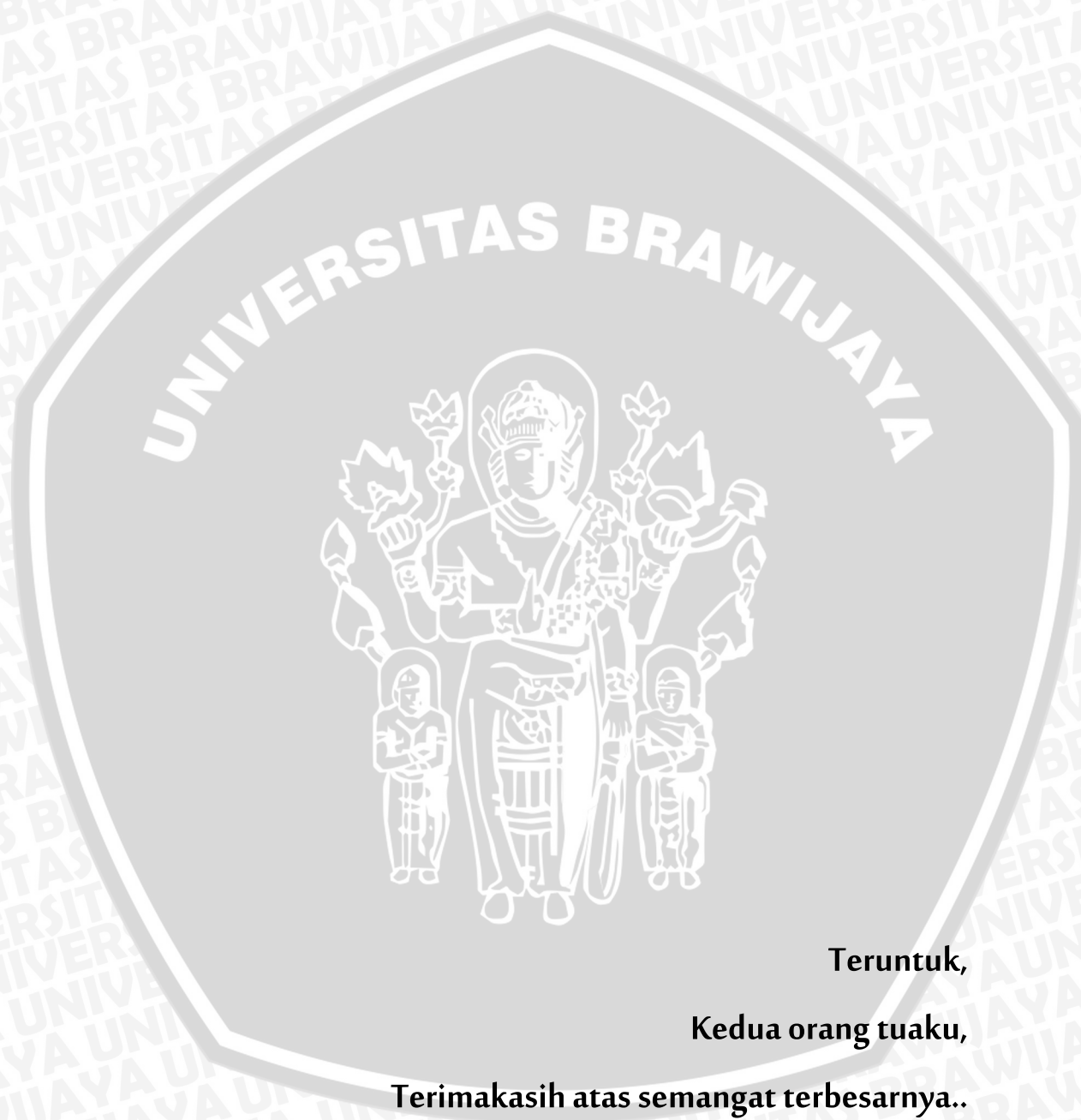
Penguji III

Penguji IV

Dr.Ir. Syamsuddin Djauhari, MS.
NIP. 19550522 198103 1 006

Luqman Qurata Aini, SP., M.Si., Ph.D.
NIP. 19720919 199802 1 001

Tanggal Lulus :



Teruntuk,

Kedua orang tuaku,

Terimakasih atas semangat terbesarnya..

RINGKASAN

Yekti Agus Setiyorini. 125040200111017. Potensi Bakteri Antagonis untuk Mengendalikan Penyakit Hawar Bakteri pada Tanaman Kedelai Sayur Edamame. Di bawah bimbingan Luqman Qurata Aini, SP., M.Si., Ph.D. sebagai pembimbing utama dan Restu Rizkyta Kusuma, SP., MSc. sebagai pembimbing pendamping.

Edamame merupakan kedelai asal Jepang dengan spesies *Glycine max* (L.) Merrill yang memiliki potensi dan prospek ekonomi yang masih luas. Jumlah produksi kedelai mengalami penurunan, salah satunya disebabkan oleh penyakit penting hawar bakteri. Saat ini arah pengendalian penyakit umumnya menggunakan pestisida kimia walaupun penggunaan pestisida kimia berdampak negatif yang dapat menyebabkan efek residual terhadap lingkungan. Penggunaan bakteri antagonis sebagai pengendali hayati hingga saat ini masih terbatas. Sehingga pengendalian terpadu untuk penyakit hawar bakteri pada kedelai sayur Edamame perlu dikaji lebih lanjut sebagai alternatif pengendalian yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gejala dan karakteristik patogen penyebab penyakit hawar bakteri pada kedelai sayur Edamame, mengkaji pengaruh aplikasi bakteri antagonis dalam menghambat perkembangan penyakit hawar bakteri, serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2015-April 2016 di Laboratorium Bakteriologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya dan lahan penelitian PT MITRATANI 27, Jember. Tahapan penelitian meliputi pengamatan gejala penyakit di lapang, karakterisasi bakteri patogen penyebab hawar pada kedelai sayur Edamame, uji antagonisme bakteri antagonis terhadap patogen *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* di cawan Petri dan uji lapang. Uji antagonisme dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri 9 perlakuan dan 3 kali ulangan, sedangkan uji lapang dilakukan dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri 9 perlakuan dan 3 kali ulangan.

Berdasarkan pengujian morfologi, fisiologi dan biokimia, penyakit hawar bakteri pada kedelai sayur Edamame disebabkan oleh patogen *P. syringae* pv. *glycinea*. Penyakit hawar bakteri menyerang tanaman kedelai sayur Edamame mulai fase vegetatif hingga fase generatif. Gejala serangan penyakit dapat terjadi pada beberapa bagian tanaman termasuk daun, tangkai dan polong. Daya antagonisme bakteri antagonis terhadap patogen *P. syringae* menunjukkan aktivitas penghambatan yang ditandai terbentuknya zona bening. Diameter zona hambat tertinggi adalah perlakuan P1 (bakterisida berbahan aktif Streptomisin Sulfat) dengan diameter zona hambat sebesar 3,20 cm setelah 24 jam. Aplikasi bakteri antagonis di lapang mampu menekan penyakit hawar bakteri pada kedelai sayur Edamame. Pengamatan aspek agronomis menunjukkan bahwa aplikasi bakteri antagonis pada perlakuan P8 (*B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium* sp.) dapat meningkatkan bobot polong segar kedelai Edamame sebesar 43,13 gram tan⁻¹. Akan tetapi, bakteri antagonis tidak berpengaruh terhadap peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun dan jumlah polong.

SUMMARY

Yekti Agus Setiyorini. 125040200111017. Potential of Antagonistic Bacteria to Control Blight Disease Bacteria on Edamame Vegetable Soybean Crop. Supervised by Luqman Qurata Aini, SP., M.Si., Ph.D. and Restu Rizkyta Kusuma, SP., MSc.

Edamame is a soybean from Japan with species *Glycine max* (L.) Merrill. Total soybean production in Indonesia has decreased, one of them caused by important disease bacterial blight. At this time, the direction for disease control commonly use chemical pesticides, although negative impact of pesticides can cause residual effects to the environment. The application of antagonistic bacteria as biological control until now is still limited. Therefore, integrated control of bacterial blight disease on Edamame needs to be understood as an alternative control. This study aims to determine the symptoms and characteristics of pathogens causes bacterial blight disease on Edamame vegetables soybean, examine the effect of the application of antagonistic bacteria in inhibiting the disease, and the effect on growth and crop production.

This study was conducted on December 2015 until April 2016 in the Laboratory of Bacteriology, Faculty of Agriculture, Brawijaya University and field research of PT MITRATANI 27, Jember. Stages of research include observation of symptoms in the field, characterization of bacterial blight pathogen on Edamame vegetables soybean, antagonism test of antagonistic bacteria against pathogen *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* in Petri dish and field test. Antagonism test was conducted on completely randomized design with 9 treatments and 3 repetitions, while the field test was conducted with randomized block design comprises 9 treatments and 3 repetitions.

Based on morphology, physiology and biochemistry test, bacterial blight disease on Edamame vegetables soybean caused by pathogen *P. syringae* pv. *glycinea*. Bacterial blight disease attacks Edamame vegetables soybean crop start from vegetative phase until generative phase. Disease can attack in some parts of the plant, including the leaves, stems and pods. Antagonism activity of antagonistic bacteria against the pathogen *P. syringae* showed by clear zone. Highest inhibitory zone diameter between 2 bacteria was P1 (bactericide treatment with *Streptomycin Sulfate*) with diameter of inhibition zone 3,20 cm after 24 hours. Application of antagonistic bacteria in the field were able to suppress bacterial blight disease on Edamame vegetables soybean. Observations of agronomic aspects show that the application of bacterial antagonist in the treatment P8 (*B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium* sp.) can increase the weight of Edamame soybean fresh pods 43,13 gram plant⁻¹. However, antagonistic bacteria do not affect on the increase in plant height, leaf number and the number of pods.

KATA PENGANTAR

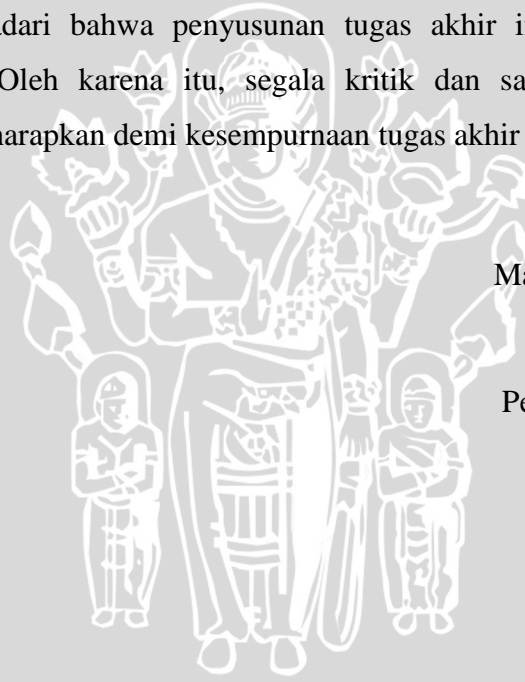
Puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Potensi Bakteri Antagonis untuk Mengendalikan Penyakit Hawar Bakteri pada Tanaman Kedelai Sayur Edamame”.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada Bapak Luqman Qurata Aini, SP., M.Si., Ph.D. selaku dosen pembimbing utama, Ibu Restu Rizkyta Kusuma, SP., MSc. selaku pembimbing pendamping dan PT. MITRATANI 27, Jember yang telah mengizinkan untuk melakukan kegiatan penelitian serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Malang, 1 Mei 2016

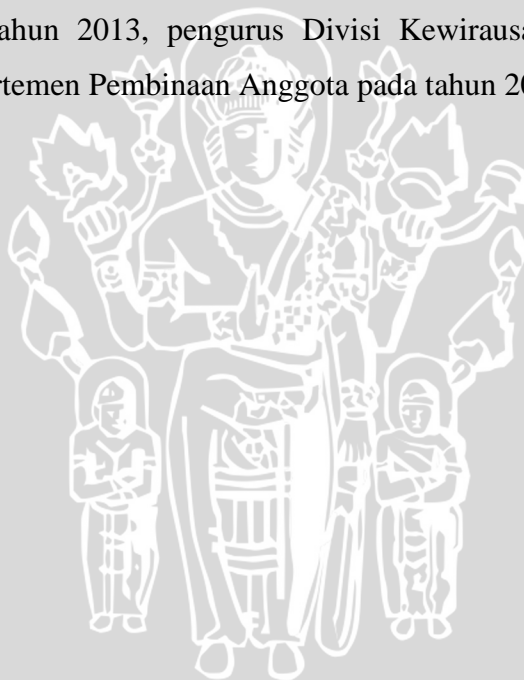
Penulis



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Magetan pada tanggal 4 Agustus 1993 sebagai putri pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Ngariboyo 1 pada tahun 2000 hingga tahun 2006, kemudian penulis melanjutkan pendidikan menengah ke SMPN 1 Magetan pada tahun 2006 hingga tahun 2009. Pada tahun 2009 hingga tahun 2012 penulis melanjutkan ke SMAN 1 Magetan. Pada tahun 2012, penulis terdaftar sebagai mahasiswi Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya melalui jalur SNMPTN.

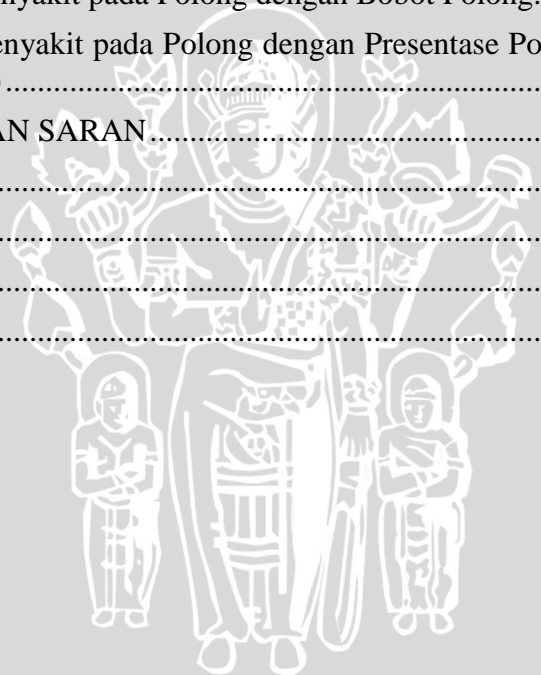
Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif dalam organisasi PRISMA (Pusat Riset dan Kajian Ilmiah Mahasiswa) sebagai staff magang Divisi Ketatausahaan pada tahun 2013, pengurus Divisi Kewirausahaan pada tahun 2014, dan Ketua Departemen Pembinaan Anggota pada tahun 2015.



DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Hipotesis Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kedelai Sayur Edamame	5
2.2 Ekologi dan Syarat Tumbuh	5
2.3 Penyakit Hawar Bakteri pada Kedelai.....	7
2.3.1 Karakteristik Patogen.....	7
2.3.2 Gejala Penyakit.....	8
2.3.3 Epidemiologi.....	9
2.3.4 Pengendalian Penyakit.....	9
2.4 Bakteri Antagonis Sebagai Pengendali Hayati.....	10
2.4.1 Definisi Agens Hayati.....	10
2.4.2 Mekanisme Pengendalian	11
2.4.3 Bakteri Antagonis	11
III. METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Tempat dan Waktu	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.3 Metode Penelitian.....	14
3.3.1 Tahapan Penelitian.....	14
3.3.2 Variabel Pengamatan	20
3.4 Analisis Data	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Gejala Penyakit Hawar Bakteri pada Kedelai Sayur Edamame di Lapang ..	23

4.2 Karakterisasi Patogen Penyebab Hawar Bakteri pada Kedelai Sayur Edamame	24
4.3 Daya Antagonisme Bakteri Antagonis terhadap Patogen <i>P. syringae</i> di Cawan Petri	27
4.4 Intensitas Penyakit Hawar Bakteri pada Kedelai Sayur Edamame	30
4.5 Respon Fisiologis Tanaman Kedelai Sayur Edamame	33
4.5.1 Tinggi Tanaman	33
4.5.2 Jumlah Daun	34
4.6 Hasil Produksi Kedelai Sayur Edamame	36
4.7 Hubungan Intensitas Penyakit dengan Hasil Produksi Kedelai Sayur Edamame	38
4.7.1 Intensitas Penyakit pada Daun dengan Bobot Polong	38
4.7.2 Intensitas Penyakit pada Tangkai dengan Bobot Polong	40
4.7.3 Intensitas Penyakit pada Polong dengan Bobot Polong	41
4.7.4 Intensitas Penyakit pada Polong dengan Presentase Polong Kualitas SQ (<i>Standart Quality</i>)	42
V. KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	49



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Mekanisme antagonis dalam pengendalian patogen.....	11
2.	Rancangan perlakuan uji antagonisme bakteri antagonis terhadap patogen <i>P. syringae</i>	18
3.	Rancangan perlakuan aplikasi bakteri antagonis di lapang	18
4.	Praktik budidaya kedelai sayur Edamame	19
5.	Skoring penyakit hawar bakteri pada kedelai	21
6.	Karakteristik sifat fisiologis dan biokimia bakteri penyebab hawar kedelai sayur Edamame	25
7.	Daya hambat bakteri antagonis terhadap patogen <i>P. syringae</i>	28
8.	Rerata intensitas penyakit hawar bakteri pada kedelai sayur Edamame pada setiap bagian tanaman	31
9.	Rerata tinggi tanaman kedelai sayur Edamame pada setiap minggu pengamatan	34
10.	Rerata jumlah daun tanaman kedelai sayur Edamame pada setiap minggu pengamatan	35
11.	Hasil produksi polong segar kedelai sayur Edamame	37
12.	Presentase rendemen sampel kedelai sayur Edamame	38

TABEL LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Tabel analisis ragam (Anova).....	53



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Hasil pengujian fisiologi bakteri hawar Edamame	8
2.	Gejala serangan penyakit hawar bakteri	9
3.	Desain pengambilan sampel pengamatan	20
4.	Ilustrasi kategori skor intensitas serangan penyakit hawar bakteri pada tanaman kedelai sayur Edamame	21
5.	Gejala serangan penyakit hawar bakteri kedelai sayur Edamame	23
6.	Morfologi koloni dan bentuk sel bakteri <i>P. syringae</i>	24
7.	Hasil pengujian fisiologi bakteri penyebab hawar kedelai sayur Edamame...25	
8.	Hasil pengujian oksidatif-fermentatif bakteri penyebab hawar kedelai sayur Edamame.....	26
9.	Hasil pengujian tingkat spesies bakteri penyebab hawar kedelai sayur Edamame.....	27
10.	Zona bening yang dihasilkan bakteri antagonis.....	30
11.	Grafik pola linier hubungan intensitas penyakit pada bagian daun dengan bobot polong segar	39
12.	Grafik pola linier hubungan intensitas penyakit pada bagian tangkai dengan bobot polong segar	40
13.	Grafik pola linier hubungan intensitas penyakit pada bagian polong dengan bobot polong segar	41
14.	Grafik pola linier hubungan intensitas penyakit pada bagian polong dengan presentase polong kualitas SQ	43

GAMBAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Desain Lahan Penelitian	49
2.	Potret lahan penelitian budidaya kedelai sayur Edamame.....	50
3.	Dokumentasi analisis rendemen sampel kedelai sayur Edamame	51

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Edamame merupakan kedelai asal Jepang dengan spesies *Glycine max* (L.) Merrill yang saat ini tengah populer di kalangan masyarakat. Bentuk tanaman Edamame lebih besar daripada tanaman kedelai pada umumnya, begitu pula bagian biji dan polong. Menurut Johnson *et al.*, (1999), Edamame mengandung 100 mg/100g vitamin A atau karotin, 0,27 mg/100g vitamin B1, 0,14 mg/100g vitamin B2, 1 mg/100 g vitamin B3, dan 27% vitamin C. Kedelai Edamame memiliki potensi dan prospek yang masih luas.

Jumlah produksi kedelai mengalami penurunan pada tahun 2015 (BPS, 2016), hal ini dipicu oleh berbagai masalah, salah satunya penyakit penting hawar kedelai yang disebabkan oleh bakteri patogen *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea*. *P. syringae* merupakan jenis patogen OPTK yang menyerang tanaman kedelai sayur Edamame. Gejala serangan penyakit ditandai adanya bercak-bercak kebasahan (*water soaked*) pada daun yang berwarna coklat dengan tepi kekuningan. Bagian daun yang terinfeksi akan nekrosis sehingga menyebabkan pengguguran daun (Giesler, 2011). Sementara serangan pada polong menyebabkan polong membusuk, berlendir dan menyebabkan pengisian biji yang terhambat. Patogen ini dapat menyerang mulai fase vegetatif hingga fase generatif.

P. syringae merupakan patogen tular benih dengan tingkat infeksi hingga 90% dan dapat ditularkan biji pada tanaman berikutnya (Alvarez *et al.*, 1995). Penyakit ini menimbulkan kerugian yang cukup signifikan pada budidaya kedelai, sehingga dapat menurunkan kualitas dan kuantitas produksi. Serangan penyakit hawar dapat menyebabkan kehilangan panen kedelai di Indonesia hingga 65,88% (Tantera, 1992). Infeksi awal pada kedelai sayur Edamame terjadi ketika sumber inokulum bakteri ditularkan oleh angin dan percikan air hujan dari residu tanaman pada permukaan tanah ke bagian tanaman. Bakteri masuk ke jaringan tanaman melalui stomata, lubang alami dan luka pada bagian tanaman (Giesler, 2011). Infeksi dapat terjadi pada permukaan tanaman yang kelembabannya tidak terjaga,

sehingga jarak tanam yang terlalu rapat dapat menyebabkan persebaran dari patogen.

Saat ini, pengendalian patogen umumnya menggunakan pestisida kimia, walaupun penggunaan pestisida kimiawi berdampak negatif yang dapat menyebabkan efek residual terhadap lingkungan. Penggunaan pestisida dalam jangka waktu panjang dapat menyebabkan penurunan biodiversitas dalam suatu agroekosistem. Mikroorganisme tanah dikatakan mampu memetabolisme dan mendegradasi polutan. Dengan demikian, mikroorganisme dapat dijadikan peluang untuk dimanfaatkan sebagai bioteknologi. Meskipun populasi mikroba tanah ditandai dengan kemampuan adaptasi yang cepat dalam kondisi yang berubah, akan tetapi penggunaan pestisida dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan penurunan populasi mikroba yang signifikan (Sitaramaju *et al.*, 2014).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi aplikasi pestisida kimia adalah dengan pengendalian hayati melalui pemanfaatan bakteri antagonis untuk mengendalikan patogen tanaman. Sejalan dengan isu pembangunan pertanian berbasis *green agriculture*, penggunaan pestisida berbahan aktif mikroba antagonis akan semakin meningkat (Hanudin dan Marwoto, 2012). Pengendalian hayati mengacu pada pemanfaatan organisme hidup untuk menekan aktivitas dan populasi patogen tanaman (Pal dan Gardener, 2006). Pengendalian dengan pemanfaatan agens hayati bertujuan untuk mereduksi kepadatan inokulum atau aktivitas patogen sehingga tidak menimbulkan gejala pada tanaman (Hasanudin dan Marwoto, 2012). Beberapa keunggulan dari aplikasi agens pengendali hayati menurut Balai Penelitian Tanaman Hias (2015), antara lain: 1) aman bagi manusia, musuh alami dan lingkungan, 2) dapat mencegah timbulnya ledakan OPT sekunder, 3) produk tanaman yang dihasilkan bebas dari residu pestisida, 4) terdapat di sekitar pertanaman sehingga dapat mengurangi ketergantungan petani terhadap pestisida sintetis, dan 5) menghemat biaya produksi karena aplikasi cukup dilakukan satu atau dua kali dalam satu musim panen.

Aplikasi bakteri antagonis dalam budidaya kedelai sayur Edamame bertujuan untuk mengatur interaksi multitropik dari suatu agroekosistem, serta korelasinya terhadap intensitas penyakit hawar bakteri pada kedelai sayur Edamame. Bakteri antagonis dapat menghasilkan antibiotik dan siderofor serta berperan sebagai kompetitor terhadap unsur hara bagi patogen tanaman (Ismail *et al.*, 2011). Penggunaan bakteri antagonis sebagai pengendali hayati dalam mengendalikan patogen *P. syringae* hingga saat ini masih terbatas, sehingga pengendalian terpadu untuk penyakit hawar bakteri pada kedelai perlu dikaji lebih lanjut dengan mengintegrasikan beberapa metode pengendalian dan diharapkan menjadi alternatif pengendalian yang ramah lingkungan dalam era pertanian berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana gejala dan karakteristik patogen penyebab penyakit hawar bakteri pada tanaman kedelai sayur Edamame?
2. Apakah pemanfaatan bakteri antagonis mampu menghambat perkembangan penyakit hawar bakteri pada kedelai sayur Edamame?
3. Apakah aplikasi bakteri antagonis berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai sayur Edamame?

1.3 Hipotesis Penelitian

1. Bakteri antagonis mampu menghambat perkembangan patogen *P. syringae* secara *in vitro*, serta mampu menekan penyakit hawar bakteri di lapang.
2. Tingkat pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai sayur Edamame dengan aplikasi bakteri antagonis lebih tinggi dibandingkan kontrol.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui gejala dan karakteristik patogen penyebab penyakit hawar bakteri pada tanaman kedelai sayur Edamame.
2. Mengetahui pengaruh aplikasi bakteri antagonis dalam menghambat perkembangan penyakit hawar bakteri pada kedelai sayur Edamame.

3. Mengetahui pengaruh aplikasi bakteri antagonis terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai sayur Edamame.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi terkait aplikasi bakteri antagonis dalam pengelolaan penyakit tanaman secara terpadu, sehingga dapat secara efektif menekan penyakit hawar yang disebabkan oleh bakteri *P. syringae* pada kedelai sayur Edamame.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kedelai Sayur Edamame

Edamame merupakan kedelai asal Jepang dengan spesies *Glycine max* (L.) Merrill. Bentuk tanamannya lebih besar dari kedelai pada umumnya, begitu pula biji dan polongnya. Menurut Johnson *et al.*, (1999), Edamame mengandung 100 mg/100g vitamin A atau karotin, 0,27 mg/100g vitamin B1, 0,14 mg/100g vitamin B2, 1 mg/100 g vitamin B3, dan 27% vitamin. Kedelai Edamame memiliki potensi dan prospek yang masih luas.

Tanaman kedelai sayur Edamame memiliki batang yang merambat dan tegak, daun trifoliat dengan anak daun berbentuk ovate-deltoid. Bunga berbentuk kupu-kupu berwarna putih atau ungu. Polong berbentuk bulat berwarna hijau terang hingga hijau tua. Kedelai sayur memiliki ukuran panjang polong sebesar 6-7 cm dengan jumlah biji sebanyak 2-4 tiap polongnya. Kedelai sayur berbeda dengan kedelai lainnya, karena memiliki biji yang lebih besar, tekstur lebih halus, rasa lebih manis dan lebih mudah dicerna (Widati dan Hidayat, 2012).

Budidaya kedelai sayur Edamame tidak jauh berbeda dengan budidaya kedelai biasa, karena kedelai sayur Edamame dipanen lebih awal, yaitu ketika polong sudah berisi penuh, sehingga tidak memerlukan pengeringan brangkasan dan pembijian. Proses budidaya kedelai sayur Edamame meliputi persiapan lahan, penanaman, pemeliharaan hingga panen. Tanaman ini lebih cocok tumbuh di dataran sedang hingga tinggi. Varietas-verietas tertentu dapat tumbuh dan berproduksi di dataran rendah. Agar diperoleh pertumbuhan vegetatif dan generatif yang lebih bagus, Edamame memerlukan takaran pupuk relatif lebih tinggi dari kedelai biasa, yaitu 100-150 kg urea, 100-150 kg SP-36, 100-125 kg KCl (Asadi, 2009).

2.2 Ekologi dan Syarat Tumbuh

Pada umumnya, syarat tumbuh kedelai sayur Edamame tidak jauh berbeda dengan kedelai biasa, karena kedelai sayur Edamame dipanen lebih awal yaitu

ketika polong telah terisi penuh sehingga tidak memerlukan proses pengeringan.

Tanaman kedelai memiliki beberapa syarat tumbuh, antara lain:

a. Iklim

Tanaman kedelai sebagian besar tumbuh di daerah yang beriklim tropis dan subtropis. Sebagai barometer iklim yang cocok bagi kedelai adalah bila cocok bagi tanaman jagung. Bahkan daya tahan kedelai lebih baik daripada jagung. Iklim kering lebih disukai tanaman kedelai dibandingkan iklim lembab. Tanaman kedelai dapat tumbuh baik di daerah yang memiliki curah hujan sekitar 100-400 mm/bulan. Sedangkan untuk mendapatkan hasil optimal, tanaman kedelai membutuhkan curah hujan antara 100-200 mm/bulan. Suhu yang dikehendaki tanaman kedelai antara 21-34°C, akan tetapi suhu optimum bagi pertumbuhan tanaman kedelai 23-27°C. Pada proses perkecambahan benih kedelai memerlukan suhu yang cocok sekitar 30°C (Warintek, 2000).

b. Kelembaban

Kelembaban sangat berpengaruh untuk perkecambahan dan pertumbuhan bibit yang baik. Pada tanah yang cukup lembab, perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit akan sangat bagus. Akan tetapi jika tanah terlalu lembab, maka perkecambahan dan pertumbuhan bibit akan terhambat, bahkan bibit bisa mati. Pada tanah yang kering, perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit juga kurang bagus. Karena di tanah yang kering akar tidak bisa berkembang dengan baik dan tidak bisa menyerap unsur hara dengan baik. Kelembaban yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman kedelai adalah 60%. Dengan kondisi suhu dan kelembaban yang sesuai, maka tanaman dapat melakukan fotosintesis dengan baik pembentukan karbohidrat dalam jumlah yang besar. Dengan demikian, sumber energi tersedia cukup untuk proses pernapasan dan pertumbuhan tanaman, seperti pembentukan batang, cabang, daun, bunga, dan buah (polong), dan pembentukan sel-sel baru lainnya (Cahyono, 2007).

c. Curah hujan

Tanaman kedelai dapat tumbuh dengan baik dan produksinya tinggi memerlukan curah hujan berkisar antara 1.500–2.500 mm/tahun atau curah hujan selama musim tanam berkisar antara 300 – 400 mm/tiga bulan. Akan

tetapi, tanaman kedelai masih toleran dan produksinya masih cukup baik dengan curah hujan sampai 3.500 mm/tahun dan curah hujan di bawah 1.500 mm/tahun hingga 700 mm/tahun. Hujan yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman kedelai terhambat dan produksinya rendah (Cahyono, 2007).

d. Cahaya matahari

Cahaya matahari sumber energi yang diperlukan proses fotosintesis. Fotosintesis tanaman dapat berjalan dengan baik apabila tanaman mendapatkan penyinaran sinar matahari yang cukup. Bibit kedelai dapat tumbuh dengan baik, cepat, dan sehat, pada cuaca yang hangat dimana cahaya matahari terang dan penuh. Kekurangan cahaya matahari dapat menyebabkan bibit pucat, batang memanjang, kurus, dan lemah. Lahan kedelai harus terbuka (tidak terlindungi oleh pepohonan) (Cahyono, 2007).

e. Tanah

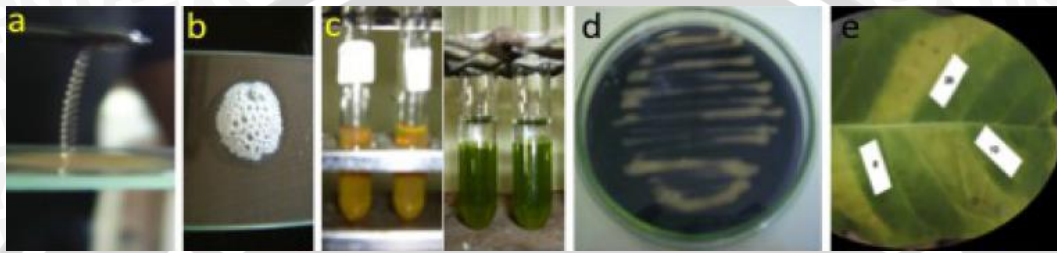
Kedelai dapat ditanam pada berbagai macam jenis tanah. Tetapi yang paling baik adalah tanah yang cukup mengandung kapur dan memiliki sistem drainase yang baik. Kedelai tidak tahan terhadap genangan air. Kedelai bisa tumbuh baik pada tanah dengan tingkat keasaman (pH) antara 5,8–7. Beberapa jenis tanah yang cocok yaitu, alluvial, regosol, grumusol, latotosol, dan andosol (Suhaeni, 2007).

2.3 Penyakit Hawar Bakteri pada Kedelai

2.3.1 Karakteristik Patogen

Bakteri *P. syringae* merupakan bakteri Gram negatif yang mampu menghasilkan pigmen fluorescent, aerobik, berbentuk batang, dan memiliki flagela polar. Berdasarkan penelitian (Masnilah, 2013), isolat bakteri yang ditumbuhkan pada medium King's B menunjukkan adanya persamaan karakteristik pertumbuhan koloni, yaitu koloni berbentuk bulat, halus, bening dengan tepi sedikit bergelombang dan memproduksi pigmen fluorescent, hal ini terlihat saat biakan bakteri disinari lampu ultra violet (UV) menghasilkan warna hijau berpendar sehingga digolongkan sebagai bakteri pendar fluor. Berdasarkan

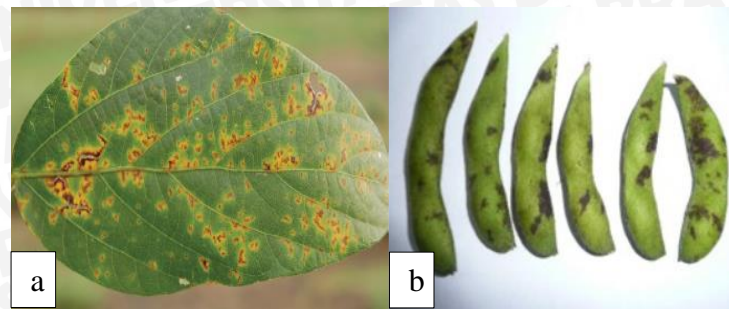
uji fisiologi isolat bakteri hawar daun kedelai memberikan reaksi negatif pada pengujian gram, hidrolisis pati, fermentatif, pencairan gelatin, pembusukan kentang dan arginine dehidrolase. Isolat bakteri hawar daun Edamame asal Jember bersifat gram negatif karena terbentuknya lendir lengket dari campuran koloni dan KOH 3% yang dapat terangkat lebih dari 1 cm oleh jarum ose (Masnilah *et al.*, 2013).



Gambar 1. Hasil Pengujian Fisiologi Bakteri Hawar Edamame: (a) Uji Gram; (b) Uji Katalase; (c) Uji Oksidatif-Fermentatif; (d) Uji Hidrolisis Pati; (e) Uji Hipersensitif pada Daun Tembakau. Sumber: Masnilah *et al.*, 2013

2.3.2 Gejala Penyakit

Gejala penyakit hawar bakteri pada tanaman yang terinfeksi patogen *P. syringae* dapat terdistribusi secara luas pada tanaman. Gejala dan perkembangan penyakit tergantung pada spesies tanaman yang terinfeksi, bagian tanaman yang terinfeksi, strain bakteri yang menginfeksi dan kondisi lingkungan. Lebih dari satu gejala dapat terjadi secara bersamaan pada tanaman (Moore, 1998). Gejala awal serangan patogen *P. syringae* ditandai adanya bintik-bintik kebasahan yang berwarna coklat kekuningan pada bagian daun. Pada serangan lanjut, bintik-bintik meluas membentuk bercak coklat yang tidak beraturan. Bagian tanaman yang terinfeksi akan nekrosis sehingga menyebabkan penampilan tanaman yang tidak teratur (Damicone, 2015). Sementara menurut Litbang PT. M27 (2008), penyakit hawar bakteri menyerang tanaman pada semua fase pertumbuhan dan mengakibatkan kerugian hasil mencapai 50%.



Gambar 2. Gejala serangan penyakit hawar bakteri: (a) pada daun (Damicone, 2015); (b) pada polong (Masnilah *et al.*, 2013).

2.3.3 Epidemiologi

Gejala penyakit hawar kedelai secara khas terjadi pada awal musim dingin. Infeksi awal pada kedelai terjadi ketika sel bakteri ditularkan melalui angin dan percikan air hujan dari residu tanaman pada permukaan tanah ke daun. Bakteri masuk ke jaringan tanaman melalui stomata, lubang alami dan luka pada daun. Infeksi dapat terjadi pada permukaan daun yang lembab dan sumber inokulum patogen dapat ditularkan melalui benih yang terinfeksi. Bakteri patogen yang menginfeksi menghasilkan senyawa toksin yang dapat menghambat produksi klorofil dan menyebabkan klorosis pada daun. Bakteri juga dapat menyebar secara langsung dari daun yang terinfeksi ke daun yang sehat ketika terjadi gesekan keduanya selama budidaya (terutama pada saat adanya embun), hujan dan angin. Perkembangan bakteri *P. syringae* dipicu oleh cuaca lembab, suhu yang dingin ($21-26^{\circ}$ C). Cuaca yang kering dapat menghambat perkembangan penyakit (Giesler, 2011).

2.3.4 Pengendalian Penyakit

Menurut Saleh (2014), beberapa teknik pengendalian yang dilakukan untuk penyakit hawar kedelai diantaranya:

1. Pencegahan infeksi patogen

Untuk mencegah dan menghindari infeksi patogen maka beberapa cara yang dapat dilakukan adalah: Pemilihan lokasi untuk usaha tani hendaknya dihindarkan lokasi (petakan) yang diketahui merupakan daerah endemis penyakit tanaman kedelai.

2. Eradikasi patogen

Berbagai cara dapat dilakukan untuk eradikasi patogen yang secara umum dikelompokkan menjadi lima, yaitu:

- a. Perlakuan suhu tinggi (*hot air treatment/ hot water treatment*) yang dilakukan untuk benih/ stok benih, peralatan pertanian.
- b. Perlakuan kimia (*seed treatment, fumigasi, disinfectant*) dapat diperlakukan untuk benih, stok benih dan peralatan pertanian.
- c. Cara Biologi, beberapa cara biologi yang dapat mengurangi sumber inokulum di lapang antara lain adalah aplikasi agens antagonis, hiperparasit, mikoriza, pengendalian gulma dan serangga vektor.
- d. Cara bercocok tanam, dapat dilakukan dengan pergiliran tanaman, pemupukan yang berimbang, pengaturan populasi tanaman dengan mengatur jarak tanam, sanitasi, mencabut dan membakar tanaman yang terinfeksi, disinfeksi pada gudang, sterilisasi peralatan pertanian.
- e. Mencabut tanaman yang dapat berperan sebagai inang alternatif.

2.4 Bakteri Antagonis Sebagai Pengendali Hayati

2.4.1 Definisi Agens Hayati

Mikroba antagonis merupakan suatu jasad renik yang dapat menekan, menghambat atau memusnahkan mikroba lainnya. Dengan demikian, mikroba antagonis berpeluang untuk digunakan sebagai agen hayati dalam pengendalian mikroba penyebab penyakit tanaman. Menurut Balai Penelitian Tanaman Hias (2015), penggunaan agens pengendali hayati (APH) dalam mengendalikan organisme pengganggu tanaman (OPT) semakin berkembang karena cara ini lebih unggul dibanding pengendalian berbasis pestisida. Beberapa keunggulan tersebut adalah: 1) aman bagi manusia, musuh alami dan lingkungan, 2) dapat mencegah timbulnya ledakan OPT sekunder, 3) produk tanaman yang dihasilkan bebas dari residu pestisida, 4) terdapat di sekitar pertanaman sehingga dapat mengurangi ketergantungan petani terhadap pestisida sintetis, dan 5) menghemat biaya produksi karena aplikasi cukup dilakukan satu atau dua kali dalam satu musim panen. Agens hayati tidak hanya digunakan untuk mengendalikan OPT, tetapi

juga mencakup pengertian penggunaannya untuk mengendalikan jasad pengganggu pada proses produksi dan pengolahan hasil pertanian (Supriadi, 2006).

2.4.2 Mekanisme Pengendalian

Pada dasarnya, bakteri antagonis yang mengintervensi patogen penyebab penyakit pada tanaman terdapat 3 mekanisme antagonis, yaitu parasitisme, kompetisi ruang dan hara dan antibiosis (Wijaya, 2011). Sementara menurut Pal dan Gardener (2006), mekanisme mikroba antagonis dalam mengendalikan patogen dibedakan atas antagonisme langsung, antagonisme campuran dan antagonisme tidak langsung.

Tabel 1. Mekanisme antagonis dalam pengendalian patogen.

Tipe	Mekanisme
Antagonisme langsung	Parasitisme
Antagonisme campuran	Antibiotik
	Enzim litik
	Produksi metabolit sekunder
	Gangguan fisik/kimia
Antagonisme tidak langsung	Kompetisi
	Induksi ketahanan tanaman

Sumber: Pal dan Gardener, 2006

2.4.3 Bakteri Antagonis

Salah satu komponen PHT (pengelolaan hama terpadu) adalah pengendalian hayati dengan memanfaatkan bakteri antagonis, hal ini terbukti efektif pada beberapa jenis bakteri potensial yang digunakan sebagai agensia hayati. Bakteri antagonis dapat menghasilkan antibiotik dan siderofor serta berperan sebagai kompetitor terhadap unsur hara bagi patogen tanaman (Ismail *et al.*, 2011).

a. *Pseudomonas fluorescens*

P. fluorescens memiliki sebaran yang luas dan dapat ditemukan pada bagian tanaman, sisa tanaman, tanah dan air. Ciri yang mencolok dan mudah dilihat dari *P. fluorescens* adalah kemampuannya menghasilkan pigmen pyoverdinin dan atau fenazin pada medium King'B sehingga terlihat berpijar bila terkena sinar UV. *P. fluorescens* telah dimanfaatkan sebagai agens hayati untuk

beberapa jamur dan bakteri patogen tanaman. Kemampuan *P. fluorescens* menekan populasi patogen diasosiasikan dengan kemampuan untuk melindungi akar dari infeksi patogen tanah dengan cara mengkolonisasi permukaan akar, menghasilkan senyawa kimia seperti anti jamur dan antibiotik, serta kompetisi dalam penyerapan kation Fe (Supriadi, 2006). *Pseudomonas* pendar-fluor (*fluorescent pseudomonads*) merupakan kelompok bakteri yang banyak digunakan sebagai agensia pengendali hayati. *P. fluorescens* menghasilkan senyawa anti mikrobia yang mampu menghambat perkembangan patogen *Erwinia carotovora* (Addy, 2007). Sementara menurut Sivashakti *et al* (2014), selain kemampuannya sebagai agens biokontrol, *P. fluorescens* juga dapat digunakan sebagai bioremediator serta stimulator pertumbuhan tanaman. Bakteri ini mampu memproduksi beberapa komponen termasuk fitohormon, asam organik, siderofor, antibiotik, kemampuan dalam memfiksasi nitrogen dari atmosfer dan mekanisme lainnya.

b. *Bacillus subtilis*

B. subtilis merupakan bakteri motil yang dapat dengan mudah bergerak dan berkolonisasi di daerah rizosfer. *B. subtilis* diketahui secara luas sebagai bakteri saprofit, tidak menyebabkan penyakit pada tanaman, dapat hidup dalam kondisi anaerob (tanpa oksigen), bersifat Gram positif, dan membentuk spora. *B. subtilis* mengatur beberapa mekanisme biokontrol dan biostimulan secara bersamaan serta bekerja efektif pada berbagai kondisi (Cawoy *et al.*, 2011). Bakteri ini mampu menghasilkan beberapa senyawa antimikroba seperti basitrasin, basilin, basilomisin B, difisidin, oksidifisidin, lesitinase dan subtilisin (Supriadi, 2006). Bakteri gram positif *Bacillus* sp. memiliki sebaran yang luas di alam. Bakteri ini memiliki lebih dari 200 antibiotik. Beberapa strain *Bacillus* sp. mampu mensintesis bakteriosin dan menghasilkan antibiotik terhadap bakteri gram positif (Moore *et al.*, 2013). Menurut penelitian Ajilogba *et al.* (2013), *Bacillus* sp. memiliki potensi antagonis terhadap patogen layu fusarium pada tomat dengan menghasilkan antibiotik, metabolit sekunder dan mampu bersaing dengan patogen dalam hal nutrisi seperti zat besi dan fosfat. Formulasi bakteri antagonis berbahan aktif *Bacillus subtilis*, *P. fluorescens* dan

Corynebacterium sp. mampu menekan intensitas serangan *Puccinia horiana* penyebab penyakit karat pada krisan serta dapat meningkatkan hasil panen bunga krisan layak jual sebanyak 14,58% (Hanudin *et al.*, 2010).

c. *Corynebacterium* sp.

Bakteri *Corynebacterium* sp. merupakan bakteri antagonis yang dapat digunakan untuk mengendalikan beberapa jenis penyakit tanaman. Pemanfaatan bakteri *Corynebacterium* sp. di bidang pertanian yaitu dengan penerapan sistem PHT dengan cara memaksimalkan penerapan berbagai metode pengendalian hama secara komprehensif dan mengurangi penggunaan pestisida (Ismail *et al.*, 2011). Beberapa hasil kajian dan pengalaman para petani di lapangan tentang penggunaan bakteri *Corynebacterium* sp. sebagai agens hayati dalam mengendalikan penyakit hawar daun bakteri (HDB) telah banyak dikemukakan. Bakteri *Corynebacterium* sp. yang merupakan salah satu agens hayati bersifat antagonis (agens antagonis) yang dapat mengendalikan beberapa jenis OPT utamanya terhadap penyakit kresek pada tanaman padi yang disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*. Bakteri ini dapat menghasilkan antibiotik dan siderofor juga bisa berperan sebagai kompetitor terhadap unsur hara bagi patogen tanaman (Ismail *et al.*, 2011). Cara kerja dari *Corynebacterium* sp. adalah salah satunya mampu bersaing hidup dengan *bacterial leaf blight* dengan menghambat perkembangan hidupnya (Wijaya, 2011). Sementara menurut penelitian Dhinakaran *et al.* (2012), *Corynebacterium* sp. yang diisolasi dari teluk Mannar menunjukkan aktivitas antifungi pada 10 fungi yang diuji, antara lain *Alternaria alternata*, *Sclerotium rofsii*, *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum musae*, *Colletotrichum capsici*, *Colletotrichum lamella*, *Gleosporium gleosporioide*, *Phytophthora infestans*, *Aspergillus niger*, dan *Macrophomina phaseolina*.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di lahan penelitian kedelai sayur Edamame PT. MITRATANI 27 yang berlokasi di Kabupaten Jember. Identifikasi bakteri dan pengujian *in vitro* dilakukan di Laboratorium Penyakit Tanaman, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Universitas Brawijaya. Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2015-April 2016.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *glass ware*, autoclave, LAFC, oven, mikroskop untuk uji laboratorium, saval untuk aplikasi bakteri antagonis, gelas ukur untuk mengukur dosis bakteri antagonis yang diaplikasikan, peralatan budidaya, meteran untuk mengukur tinggi tanaman, ajir, peralatan tulis dan kamera.

Bahan yang digunakan antara lain isolat patogen *P. syringae*, bakteri antagonis yang terdiri atas *B. subtilis*, *P. fluorescens*, dan *Corynebacterium* sp. yang didapatkan dari produk HPT, media *nutrient agar*, media King's B, agar, sukrosa, aquades steril, alkohol 70%, kertas saring, bakterisida berbahan aktif Streptomisin Sulfat, benih kedelai sayur Edamame varietas SPM (*Seed Product of* MITRATANI) 1, mulsa plastik hitam perak (MPHP), pupuk TSP sebagai pupuk dasar, pupuk Urea, ZA dan KCl sebagai pupuk susulan, insektisida berbahan aktif Tiametoxam, Methomyl, Imidacloprid, Chlorantranilipol, Cyfluthrin, serta fungisida berbahan aktif Captan dan Tebuconazol.

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari empat tahap, yaitu:

1. Pengamatan gejala penyakit di lapangan

Gejala penyakit hawar bakteri dikaji pada lahan yang endemis. Penelitian dilaksanakan dengan metode eksplorasi pada pertanaman kedelai sayur

Edamame untuk mengetahui gejala serangan penyakit, fase tanaman yang terserang penyakit, awal kemunculan penyakit dan penularan penyakit. Pengambilan sampel tanaman yang terinfeksi patogen dilakukan dengan mengambil bagian tanaman yang menunjukkan gejala serangan penyakit dan dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian.

2. Karakterisasi bakteri patogen penyebab hawar kedelai sayur Edamame

a. Uji pigment fluorescent

Isolat bakteri dibiakkan pada medium Kings'B, diinkubasi selama 24-48 jam dan diletakkan dibawah sinar UV. Reaksi positif apabila di sekitar koloni/massa bakteri menghasilkan pigmen fluorescent (berpendar) dibawah sinar UV. Menurut Schaad *et al.* (2001), patovar dari *Pseudomonas syringae* pada umumnya menghasilkan pigmen berwarna biru dan memproduksi lebih sedikit pigment dibandingkan *Pseudomonas* sp. yang hidup sebagai saprofit.

b. Uji KOH

Isolat bakteri yang berumur 24-48 jam diambil satu ose dan diletakkan pada gelas objek yang telah ditetesi KOH 3% sebanyak 2 tetes, kemudian massa bakteri dihomogenkan secara merata. Jarum ose diangkat perlahan, apabila bakteri tersebut menghasilkan lendir (mukoid) maka bakteri bereaksi positif terhadap uji KOH dan tergolong bakteri gram negatif. Apabila bakteri tidak menghasilkan lendir, maka bakteri bereaksi negatif terhadap uji KOH dan tergolong bakteri gram positif (Schaad *et al.*, 2001).

c. Uji pewarnaan Gram

Isolat bakteri yang berumur 24 jam diletakkan pada gelas objek dan diratakan. Ditetesi dengan aquades, kemudian dikeringkan diatas bunsen. Ditetesi dengan kristal violet, dibiarkan selama 1 menit kemudian dicuci dan dikeringkan. Ditetesi iodin, dibiarkan 1 menit kemudian disemprot alkohol dan dibilas aquades. Ditetesi safranin, dibiarkan 1 menit kemudian dicuci dan dekeringkan. Gelas objek diamati dibawah mikroskop dengan perbesaran 1000x. Gram positif ditandai dengan warna ungu gelap,

sementara gram negatif ditandai dengan warna merah terang (Schaad *et al.*, 2001).

d. Uji katalase

Isolat bakteri digoreskan pada gelas objek, kemudian ditetesi larutan H_2O_2 3% sebanyak 2 tetes. Bakteri patogen menghasilkan reaksi positif terhadap uji katalase yang ditandai terbentuknya gelembung udara. Hal ini menunjukkan bakteri mampu mereduksi H_2O_2 (Badan Karantina Pertanian, 2008).

e. Uji pembusukan kentang

Kentang dipotong dengan ketebalan 7-8 mm, kemudian didisinfeksi menggunakan alkohol 70% dan dibilas dengan aquades steril 3 kali. Suspensi bakteri diinokulasikan pada permukaan kentang yang diletakkan pada cawan petri yang dilapisi kertas saring. Inkubasi selama 2-3 hari. Reaksi positif ditunjukkan dengan terjadinya pembusukan pada kentang yang diinokulasikan bakteri. Menurut Schaad *et al.* (2001), *P. viridiflava*, *P. marginalis* dan *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* menghasilkan reaksi positif, sedangkan *P. syringae* menghasilkan reaksi negatif.

f. Uji patogenisitas

Suspensi bakteri pada kerapatan 10^5 cfu/ml diinokulasikan pada polong kedelai sayur Edamame yang telah dicuci bersih dan didisinfeksi dengan alkohol 70% (Schaad *et al.*, 2001). Polong yang telah diinokulasi bakteri diinkubasi selama 7 hari. Reaksi positif ditandai dengan munculnya gejala yang serupa dengan gejala serangan *P. syringae* pada polong kedelai sayur Edamame di lapang.

g. Uji produksi levan sukrose

Isolat bakteri dibiakkan pada medium NA yang telah ditambahkan 5% sukrosa. Diinkubasi pada suhu ruang selama 3-5 hari. Bakteri yang membentuk levan sukrosa akan menghasilkan koloni yang transparan sampai buram, bercahaya, berlendir (mukoid) dengan bentuk cembung yang jelas (Schaad *et al.*, 2001).

h. Uji oksidase

Kertas Whatman no. 1 yang telah disterilkan diletakkan pada cawan Petri yang ditetesi 3-4 tetes 1% larutan *tetramethyl paraphenyliene diamine dihydrochloride* pada bagian tengah kertas. Isolat bakteri diambil sebanyak 1 lup penuh dan digoreskan pada kertas Whatman yang telah ditetesi reagent. Perubahan warna reagent menjadi ungu dalam 10 detik merupakan hasil positif. Sedangkan untuk hasil negatif maka perubahan warna ungu setelah 30 detik. Menurut Schaad *et al.* (2001), kebanyakan genus *Pseudomonas* yang bersifat non patogen menghasilkan reaksi positif. Sedangkan patovar dari *P. syringae*, *P. savastanoi* dan *P. viridiflava* menghasilkan reaksi negatif.

i. Uji oksidatif fermentatif

Satu ose bakteri ditusukkan pada 2 medium oksidatif-fermentatif sebanyak 2 tabung reaksi untuk setiap isolat masing-masing 5 ml. Tabung 1 ditutupi minyak parafin dan tabung 2 tidak ditutupi dengan minyak parafin, kemudian masing-masing tabung diinkubasi selama 7-14 hari. Diamati dengan melihat perubahan warna dari biru menjadi kuning pada tabung yang ditutupi parafin maupun yang tidak ditutupi parafin. Perubahan warna dari biru menjadi kuning pada kedua tabung menandakan reaksi positif pada pertumbuhan anaerob (fermentatif) (Schaad *et al.*, 2001).

j. Uji hipersensitif (HR) pada tembakau

Pengujian reaksi hipersensitif dilakukan dengan membuat suspensi bakteri yang telah berumur 48 jam, kemudian diinokulasikan/diinfiltasi pada bagian epidermis daun tembakau yang berumur sedang. Daun tembakau pada bagian yang diinokulasi diberi label dan diinkubasi 24-48 jam. Reaksi positif terjadi apabila bagian yang diinokulasi bakteri mengalami nekrosis (Badan Karantina Pertanian, 2008).

3. Uji antagonisme bakteri antagonis terhadap patogen *P. syringae* di cawan Petri

Uji antagonisme menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 9 perlakuan dengan 3 kali ulangan.

Tabel 2. Rancangan perlakuan uji antagonisme bakteri antagonis terhadap patogen *P. syringae*.

Perlakuan	Keterangan
P0	kontrol negatif/aquades
P1	kontrol positif/bakterisida berbahan aktif Streptomisin Sulfat
P2	<i>B. subtilis</i>
P3	<i>P. fluorescens</i>
P4	<i>Corynebacterium</i> sp.
P5	<i>B. subtilis</i> + <i>P. fluorescens</i>
P6	<i>B. subtilis</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.
P7	<i>P. fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.
P8	<i>B. subtilis</i> + <i>P. fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.

Uji antagonisme dilakukan dengan modifikasi metode Kawaguchi *et al.* (2008) secara pengkabutan untuk mengetahui aktivitas antibiosis secara *in vitro*. Bakteri antagonis dengan kerapatan 10^9 cfu/ml dibuat suspensi. Kemudian kertas saring dengan diameter 5 mm dimasukkan kedalam suspensi selama ± 1 menit dan ditiriskan ± 2 jam. Kertas saring yang telah ditiriskan ditanam pada cawan Petri dengan media NA dan diinkubasi selama 24 jam. Setelah diinkubasi, bakteri antagonis dilemahkan dengan pemberian uap kloroform dengan meneteskan kloroform pada permukaan tutup cawan Petri dengan posisi terbalik selama 1 jam. Suspensi patogen *P. syringae* dikabutkan, kemudian diinkubasi selama 24 jam. Indeks daerah hambatan ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening yang dihasilkan oleh isolat bakteri antagonis. Uji antagonis dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan dengan metode yang sama.

Tabel 3. Rancangan perlakuan aplikasi bakteri antagonis di lapang.

Perlakuan	Keterangan
P0	kontrol negatif/tanpa aplikasi
P1	kontrol positif/bakterisida berbahan aktif Streptomisin Sulfat
P2	<i>B. subtilis</i> 10^9 cfu/ml
P3	<i>P. fluorescens</i> 10^9 cfu/ml
P4	<i>Corynebacterium</i> sp. 10^9 cfu/ml
P5	<i>B. subtilis</i> + <i>P. fluorescens</i> 10^9 cfu/ml
P6	<i>B. subtilis</i> + <i>Corynebacterium</i> sp. 10^9 cfu/ml
P7	<i>P. fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp. 10^9 cfu/ml
P8	<i>B. subtilis</i> + <i>P. fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp. 10^9 cfu/ml

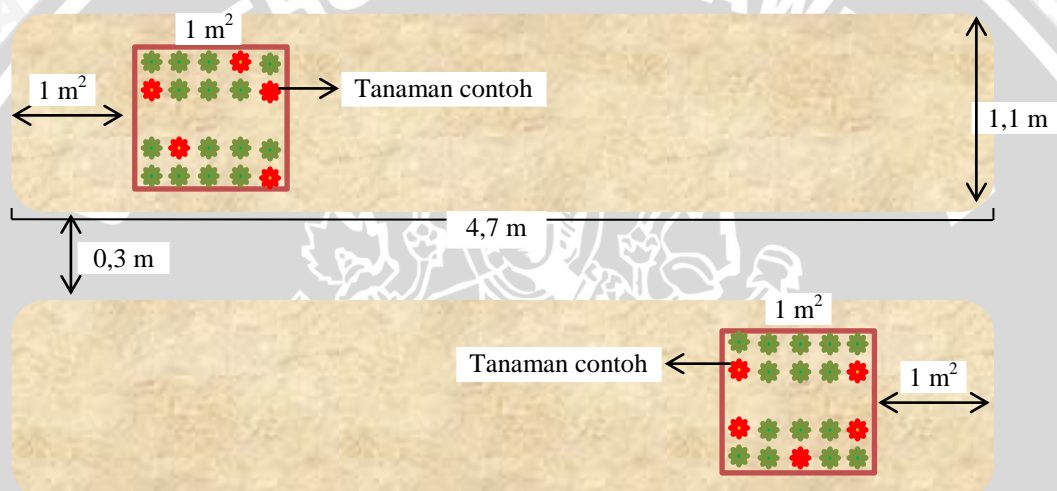
4. Uji lapangan

Lahan yang digunakan penelitian merupakan lahan PT. MITRATANI 27 yang berlokasi di Jember. Praktik budidaya kedelai sayur Edamame pada petak penelitian didasarkan atas standar baku teknis PT. MITRATANI 27. Lahan yang digunakan sebagai plot penelitian dirancang menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) 9 perlakuan dengan 3 kali ulangan (Tabel 3). Setiap bedeng mewakili satu perlakuan, sehingga total sampel sebanyak 27 bedeng. Tiap bedeng terdiri atas 4 baris tanaman dengan ukuran bedeng 4,7 m x 1,1 m. Jarak tanam yang digunakan adalah 11 cm x 25 cm, 4 baris tanaman, sehingga estimasi populasi tanaman dalam satu bedeng adalah 168 tanaman. Aplikasi bakteri antagonis dilakukan berdasarkan sistem kalender setiap 2 minggu sekali mulai umur tanaman 14 hst hingga 42 hst dengan konsentrasi 5 ml/liter air (Patihong, 2012). Sedangkan aplikasi pestisida kimia dilakukan berdasarkan SOP (Standar Operasional Prosedur) perusahaan. Tahapan budidaya mulai dari pratanam hingga pemeliharaan pada petak penelitian disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4. Praktik budidaya kedelai sayur Edamame.

Tahapan	Spesifikasi Teknis
Pratanam	
Pengolahan tanah	Permukaan bedeng diratakan dengan penambahan pupuk dasar TSP 100 kg/ha.
Perlakuan benih	Pelapisan benih dengan insektisida Tiametoxam 2,5 ml/liter dan fungisida Captan 2 gram/liter.
Penanaman	
Tanam	Jarak tanam 11x25 cm, kedalaman 2-5 cm, 4 baris tanaman.
Pemulsaan	Permukaan ditutup mulsa plastik hitam perak (MPHP) selama 4 hari, dilakukan pembukaan H+5 setelah tanam.
Pemeliharaan	
Pemupukan	Pupuk dasar TSP 100 kg/ha, pupuk susulan Urea 200 kg/ha, ZA 300 kg/ha dan KCl 150 kg/ha.
Proteksi	Proteksi dilakukan berdasarkan sistem kalender dengan aplikasi pestisida kimia.
Irigasi	Kondisional sesuai dengan kondisi tanah.
Penyiangan	Kondisional, tergantung perkembangan gulma.
Sanitasi got dan bedeng	Kondisional, tergantung perkembangan gulma.
Bersih tabun	Gulma di sekitar pematang dikepras.

Penentuan sampling untuk pengamatan intensitas penyakit hawar bakteri pada kedelai dilakukan secara sistematis dengan kuadran berukuran 1 m^2 membentuk pola transek zig-zag. Dalam satu kuadran terdapat populasi tanaman sebanyak 36 tanaman. Setiap kuadran diambil sebanyak 5 tanaman contoh untuk dilakukan pengamatan. Dalam petak penelitian ditetapkan sebanyak 27 bedengan dan setiap bedengan terdapat 1 kuadran, sehingga secara keseluruhan terdapat total 27 kuadran contoh. Penentuan jumlah bedengan dan kuadran yang digunakan sebagai sampel didasarkan atas estimasi bahwa sampel yang ditetapkan telah mewakili secara keseluruhan.



Gambar 3. Desain pengambilan sampel pengamatan.

3.3.2 Variabel Pengamatan

1. Pengamatan zona hambatan bakteri antagonis terhadap patogen *P. syringae*

Zona hambat bakteri antagonis terhadap patogen *P. syringae* dapat diketahui oleh adanya pembentukan daerah atau zona bening. Diameter zona bening diukur dengan menggunakan penggaris atau jangka sorong. Pengukuran zona bening dilakukan secara vertikal dan horizontal dan kemudian dirata-ratakan (Pratiwi, 2005). Pembentukan zona bening yang paling luas menunjukkan efektivitas bakteri antagonis dalam menghambat patogen *P. syringae*.

2. Pengamatan intensitas penyakit hawar bakteri pada kedelai

Pengamatan intensitas penyakit dilakukan pada 15-50 hst selama 6 kali pengamatan. Perhitungan intensitas penyakit hawar kedelai pada bagian daun

dan tangkai dilakukan dengan metode deskriptif (Khaeruni *et al.*, 2015), dengan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{n \times v}{N \times Z} \times 100\%$$

Keterangan:

I = Intensitas serangan

n = Jumlah tanaman contoh dengan kategori serangan yang sama

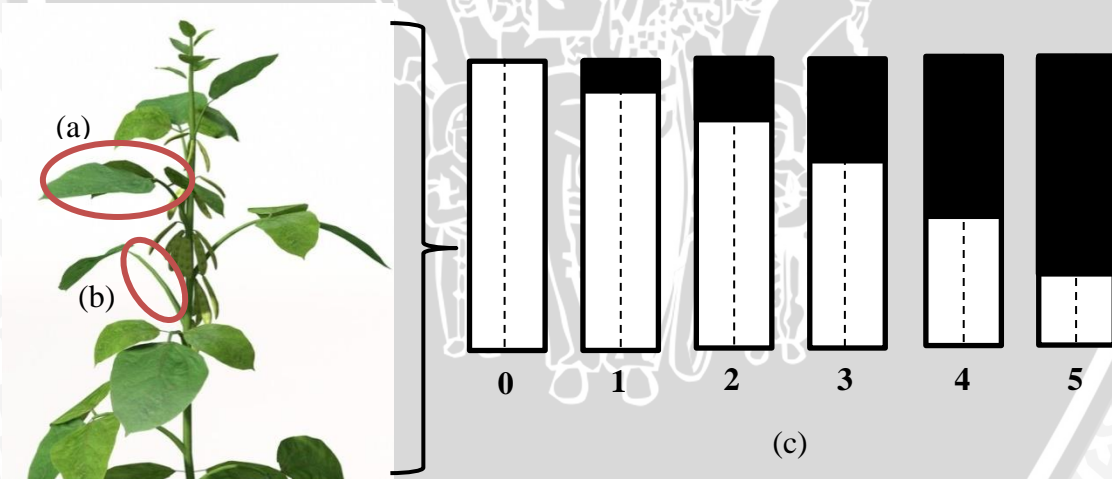
v = Nilai pada tiap kategori serangan

N = Jumlah tanaman yang diamati

Z = Nilai (skor) tertinggi

Tabel 5. Skoring penyakit hawar bakteri pada kedelai.

Nilai (skor)	Serangan
0	0
1	1-5%
2	6-15%
3	16-30%
4	31-50%
5	>50%



Gambar 4. Ilustrasi kategori skor intensitas serangan penyakit hawar bakteri pada tanaman kedelai sayur Edamame, (a) daun, (b) tangkai, (c) skor penyakit.

3. Pengamatan pertumbuhan dan perkembangan kedelai sayur Edamame

Pertumbuhan dan perkembangan kedelai sayur Edamame diamati dengan cara mengukur tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah polong dan bobot polong.

Tinggi tanaman diukur mulai dari pangkal batang di permukaan tanah tegak

lurus hingga titik tumbuh tanaman, sementara pengamatan jumlah daun dilakukan dengan menghitung jumlah daun yang membuka sempurna. Jumlah polong diamati dengan menghitung jumlah polong yang terbentuk pada setiap tanaman. Bobot polong dihitung dengan cara menimbang polong segar pada setiap tanaman contoh. Pengamatan pertumbuhan dan perkembangan kedelai sayur Edamame ini dilakukan pada masing-masing kuadran contoh sebanyak total 27 kuadran.

3.4 Analisis Data

Data hasil pengamatan yang diperoleh dari uji antagonisme secara *in vitro*, intensitas penyakit hawar bakteri pada kedelai, pertumbuhan dan perkembangan kedelai sayur Edamame diolah dengan menggunakan *Microsoft Office Excel 2010* dan dianalisis lanjut menggunakan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada taraf 5%.

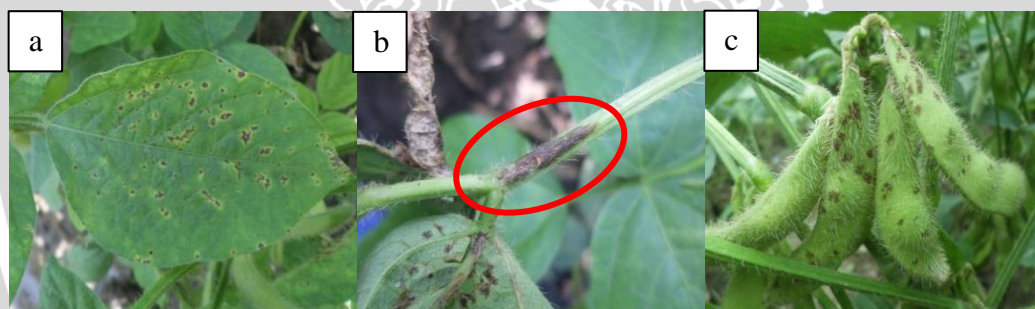


IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gejala Penyakit Hawar Bakteri pada Kedelai Sayur Edamame di Lapangan

Penyakit hawar bakteri merupakan salah satu faktor yang menyebabkan penurunan produktivitas kedelai sayur Edamame. Penyakit ini menyerang tanaman pada semua fase pertumbuhan. Gejala serangan penyakit dapat terjadi pada beberapa bagian tanaman, termasuk daun, tangkai dan polong.

Gejala awal serangan penyakit hawar bakteri pada bagian daun ditandai adanya bercak-bercak kebasahan (*water soaked*) yang berwarna coklat dengan tepi kekuningan (Gambar 5a). Pada serangan lanjut, bercak-bercak meluas membentuk bercak coklat yang tidak beraturan. Bagian tanaman yang terinfeksi akan nekrosis sehingga menyebabkan daun gugur. Menurut Giesler (2011), daun muda lebih rentan terinfeksi penyakit hawar bakteri, bagian daun yang terserang akan berubah warna menjadi coklat kemerahan dan mengering.



Gambar 5. Gejala serangan penyakit hawar bakteri kedelai sayur Edamame umur 40 hst pada: (a) daun, (b) tangkai dan (c) polong

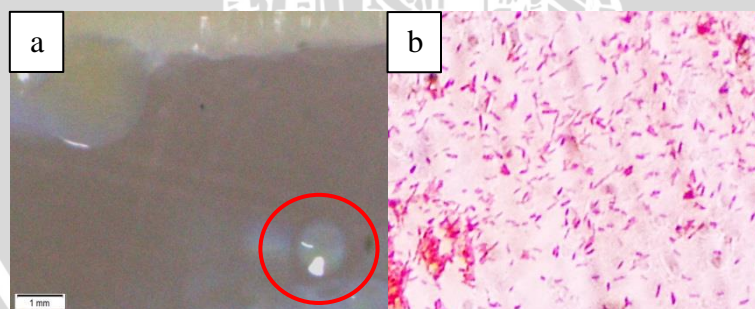
Gejala serangan penyakit hawar bakteri pada bagian tangkai ditandai adanya diskolorasi atau perubahan warna menjadi coklat gelap kebasahan (Gambar 5b). Pada umumnya patogen ini menyerang pada bagian tangkai trifoliat. Bercak berbentuk angular memanjang dan menyebabkan pembusukan, sehingga dapat menyebabkan batang dan tangkai mudah patah. Sesuai dengan pernyataan Masnilah *et al.* (2013), bahwa batang yang sakit memperlihatkan gejala bercak persegi panjang dan berwarna gelap.

Gejala serangan penyakit hawar bakteri pada polong ditandai adanya bercak coklat kebasahan pada bagian polong (Gambar 5c). Gejala serangan penyakit yang ringan tidak menimbulkan kerusakan pada bagian biji. Akan tetapi pada serangan

yang parah, polong akan membusuk, berlendir dan menyebabkan pengisian biji yang terhambat. Penyakit ini dapat menyerang pada fase pengisian polong hingga menjelang panen. Menurut Masnilah *et al.* (2013), gejala pada bagian polong ditandai adanya bercak berwarna abu-abu sampai coklat, berminyak kemudian pada serangan yang lebih lanjut dapat menyebabkan polong mengering.

4.2 Karakterisasi Patogen Penyebab Hawar Bakteri pada Kedelai Sayur Edamame

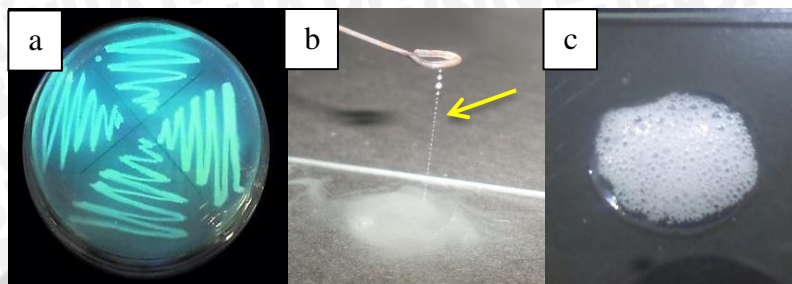
Bakteri patogen penyebab hawar pada tanaman kedelai sayur Edamame telah diisolasi dan ditumbuhkan pada medium King's B. Pengamatan karakteristik morfologi menunjukkan koloni berbentuk bulat, tekstur halus, berwarna bening dengan tepi sedikit bergelombang dan elevasi cembung. Sel bakteri berbentuk basil dengan susunan sel monobasil (Gambar 6). Koloni atau massa bakteri menghasilkan pigmen fluorescent (berpendar) dibawah sinar UV (Gambar 7a). Koloni bakteri menghasilkan pigmen fluorescent yang berwarna biru, hal ini menandakan bahwa bakteri termasuk golongan *Pseudomonas fluorescens*. Schaad *et al.* (2001) menyatakan bahwa patovar dari *Pseudomonas syringae* pada umumnya menghasilkan pigmen berwarna biru dan memproduksi lebih sedikit pigment dibandingkan *Pseudomonas* yang hidup sebagai saprofit.



Gambar 6. (a) morfologi koloni bakteri *P. syringae* pada media King's B, dan (b) bentuk mikroskopis sel bakteri *P. syringae*

Berdasarkan hasil pengujian fisiologi, isolat bakteri penyebab hawar pada tanaman kedelai sayur Edamame tergolong Gram negatif. Isolat bakteri bereaksi negatif terhadap uji pembusukan kentang. Sedangkan pengujian fisiologi yang menghasilkan reaksi positif yaitu uji oksidatif, katalase, produksi levan sukrose, patogenisitas dan reaksi hipersensitif pada daun tembakau (Tabel 6). Isolat bakteri

bersifat Gram negatif yang ditandai terbentuknya lendir dari campuran koloni yang telah ditetesi KOH 3% yang dapat terangkat membentuk benang lendir oleh jarum ose (Gambar 7b).



Gambar 7. Hasil pengujian fisiologi bakteri penyebab hawar kedelai sayur Edamame: (a) uji pigmen fluorescent; (b) uji Gram; (c) uji katalase

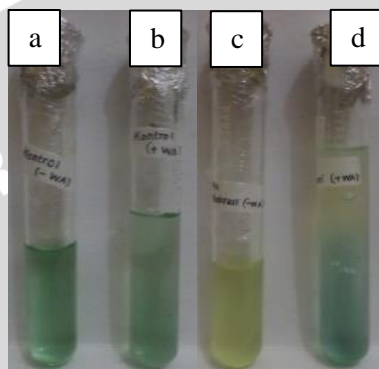
Isolat bakteri juga menghasilkan reaksi positif pada uji katalase yang ditandai dengan terbentuknya gelembung-gelembung udara dari campuran koloni bakteri dengan reagen H₂O₂ 3% (Gambar 7c). Gelembung-gelembung yang dihasilkan tersebut berasal dari hidrogen peroksida (H₂O₂) yang bersifat toksik yang terurai menjadi air dan O₂ oleh aktivitas enzim katalase. Menurut Rofi'i (2009), katalase merupakan kelompok enzim yang membantu dalam proses oksidasi. Sehingga, bakteri yang tumbuh pada kondisi aerob mampu menguraikan zat toksik tersebut.

Tabel 6. Karakteristik sifat fisiologis dan biokimia bakteri penyebab hawar kedelai sayur Edamame.

No	Jenis Pengujian	Karakteristik <i>P. syringae</i> pv. <i>glycinea</i>	
		Hasil isolasi	Schaad <i>et al.</i> (2001)
1	Gram	-	-
2	Katalase	+	(tanpa uji)
3	Oksidatif	+	+
4	Fermentatif	-	-
5	Pigment fluorescent	+	+
6	Levan sukrose	+	+
7	Oksidase	-	-
8	Pembusukan kentang	-	-
9	Hipersensitif pada daun tembakau	+	+

Isolat bakteri bersifat oksidatif yang ditandai adanya perubahan warna dari biru menjadi kuning dimulai dari permukaan media yang tidak tertutup *water agar* setelah inkubasi selama 48 jam (Gambar 8). Reaksi positif tersebut

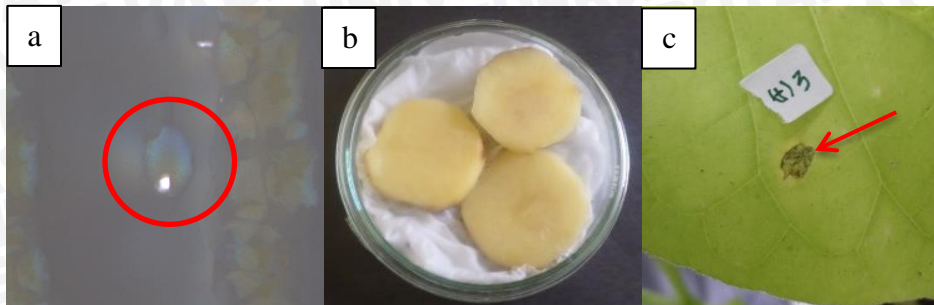
membuktikan bahwa isolat bakteri mengalami fermentasi karbohidrat menjadi asam dalam kondisi aerob yang menyebabkan pH turun dan mengubah warna indikator *bromotymol blue* menjadi warna kuning. Hasil uji tersebut sesuai dengan deskripsi Schaad *et al.* (2001) dan Masnilah *et al.* (2013) bahwa *P. syringae* bereaksi positif terhadap uji oksidatif dan bereaksi negatif terhadap uji fermentatif.



Gambar 8. Hasil pengujian oksidatif-fermentatif bakteri penyebab hawar kedelai sayur Edamame: (a) kontrol tanpa *water agar*; (b) kontrol dengan *water agar*; (c) media pertumbuhan aerob, dan (d) media pertumbuhan anaerob

Pada pengujian tingkat spesies, isolat bakteri bereaksi positif terhadap uji levan dan uji hipersensitifitas pada daun tembakau, serta bereaksi negatif terhadap uji oksidase dan uji pembusukan kentang. Keempat pengujian ini merupakan tahapan dari bakteri genus *Pseudomonas* untuk membedakan spesies dari *Pseudomonas syringae* dengan *Pseudomonas* yang lain. Pada uji levan, isolat bakteri yang ditumbuhkan pada medium 5% sukrosa *nutrient agar* menghasilkan koloni yang mengkilat, berlendir dan berbentuk cembung yang jelas (Gambar 9a). Uji levan bertujuan untuk mengetahui tingkat koloni membentuk elevasi. Hal ini sesuai dengan deskripsi Schaad *et al.* (2001) dan Masnilah *et al.* (2013) bahwa *P. syringae* pv. *glycinea* bereaksi positif terhadap uji levan sukrose (Tabel 6). Pada uji oksidase, isolat bakteri bereaksi negatif yang ditandai tidak terjadi perubahan warna reagen dalam waktu 10 detik, dan perubahan warna reagen menjadi ungu terjadi setelah 30 detik. Menurut Badan Karantina Pertanian (2008), uji oksidase bertujuan untuk membedakan karakteristik genus *Pseudomonas*. *P. syringae*

bersifat oksidase negatif dan spesies lain dari genus *Pseudomonas* bersifat oksidase positif.



Gambar 9. Hasil pengujian tingkat spesies bakteri penyebab hawar kedelai sayur Edamame: (a) uji levane sukrosa; (b) uji pembusukan kentang; (c) uji hipersensitifitas pada daun tembakau

Isolat bakteri menunjukkan reaksi negatif pada uji pembusukan kentang (Gambar 9b). Pengujian ini dimaksudkan untuk menguji apakah bakteri tergolong *Pseudomonas marginalis* atau bukan. *P. marginalis* merupakan bakteri patogen penyebab penyakit busuk lunak. Reaksi negatif tersebut menandakan bahwa isolat bakteri tidak mampu menghasilkan enzim pektolitik yang dapat menyebabkan pembusukan pada kentang. Sementara pada uji hipersensitifitas daun tembakau, isolat bakteri menghasilkan reaksi positif yang ditandai adanya gejala nekrotik pada permukaan daun tembakau yang telah diinokulasi dengan suspensi bakteri (Gambar 9c). Gejala nekrotik mulai muncul pada 72 jam setelah inokulasi. Menurut Agrios (2004), reaksi hipersensitif merupakan reaksi pertahanan oleh sel tanaman yang muncul akibat adanya senyawa beracun yang dihasilkan oleh patogen. Bakteri yang diinokulasikan menghasilkan gejala nekrotik yang dapat menyebar dengan cepat. Reaksi hipersensitif dapat terjadi ketika strain bakteri patogen yang bersifat virulen diinokulasikan pada tanaman bukan inang atau varietas tahan.

4.3 Daya Antagonisme Bakteri Antagonis terhadap Patogen *P. syringae* di Cawan Petri

Pengujian secara *in vitro* bertujuan untuk mengetahui daya hambat bakteri antagonis terhadap patogen *P. syringae* sebelum dilakukan pengujian skala lapang. Kemampuan bakteri antagonis dalam menghambat patogen *P. syringae*

ditunjukkan adanya zona bening, karena bakteri antagonis tersebut mampu memproduksi senyawa antimikrobal. Hasil analisis ragam (Lampiran 4, Tabel 18-21) menunjukkan pengaruh yang nyata ($p \geq 0,05$) terhadap penekanan patogen *P. syringae*. Diameter zona hambat tertinggi adalah perlakuan kontrol positif bakterisida berbahan aktif Streptomisin sulfat dengan diameter zona hambat sebesar 3,20 cm setelah 24 jam. Sedangkan diameter zona hambat terendah adalah perlakuan P2 (*B. subtilis*) sebesar 1,43 cm, P3 (*P. fluorescens*) sebesar 1,37 cm dan P5 (*B. subtilis* + *P. fluorescens*) sebesar 1,39 cm setelah 24 jam (Tabel 7). Menurut Sharma *et al.* (2007), Streptomisin Sulfat berpengaruh terhadap rendahnya populasi bakteri serta mampu mengikat protein S12 dari subunit 30s ribosom, sehingga menghambat sintesa protein dalam sel bakteri dan menyebabkan kesalahan pembacaan kode genetik yang berpengaruh terhadap kematian sel bakteri.

Tabel 7. Daya hambat bakteri antagonis terhadap patogen *P. syringae*.

Kode perlakuan	Keterangan	Diameter zona bening (cm)		
		24 jam	48 jam	72 jam
P 1	bakterisida Streptomisin Sulfat	3,20 d	2,66 d	2,35 c
P 2	<i>B. subtilis</i>	1,43 a	1,23 a	1,16 ab
P 3	<i>P. fluorescens</i>	1,37 a	1,22 a	1,16 ab
P 4	<i>Corynebacterium</i> sp.	2,09 c	1,87 c	1,76 bc
P 5	<i>B. subtilis</i> + <i>P. fluorescens</i>	1,39 a	1,24 a	0,84 a
P 6	<i>B. subtilis</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	1,54 ab	1,44 ab	1,35 ab
P 7	<i>P. fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	2,03 c	1,84 bc	1,69 bc
P 8	<i>B. subtilis</i> + <i>P. fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	2,00 bc	1,89 c	1,77 bc

Keterangan :

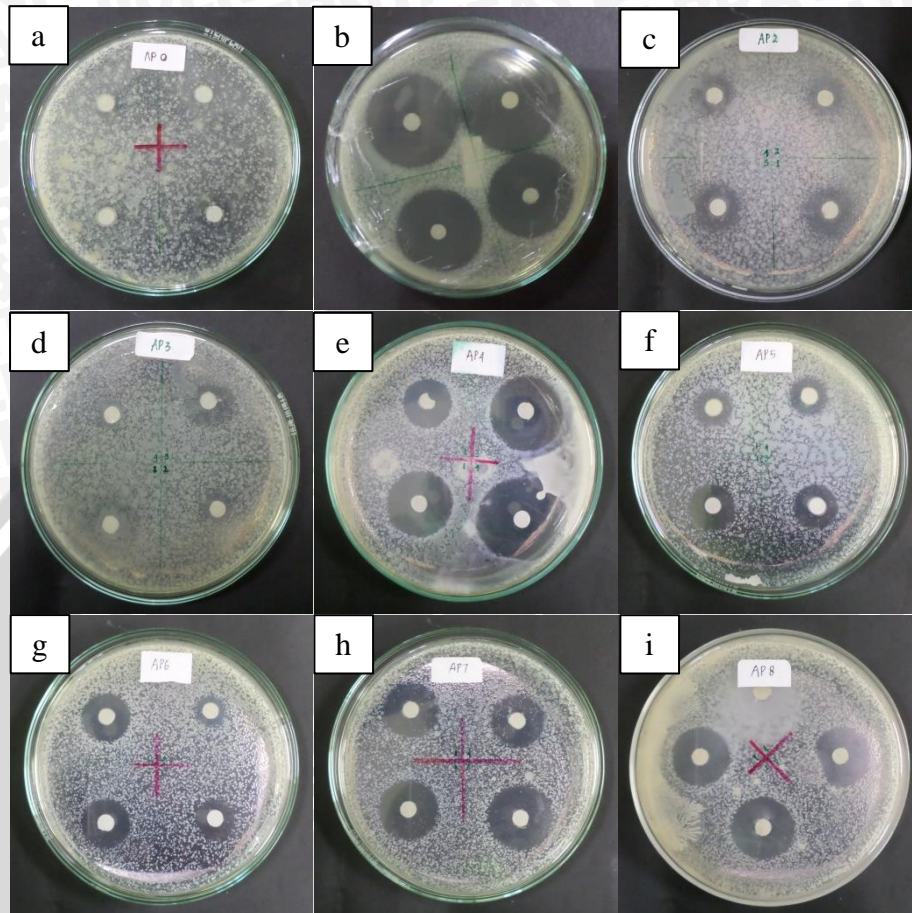
- Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%.

Secara keseluruhan aplikasi bakteri antagonis pada percobaan ini memberikan pengaruh yang signifikan dalam menekan patogen *P. syringae* di cawan Petri. Beberapa bakteri antagonis baik dalam bentuk tunggal maupun konsorsium menghasilkan zona hambat yang berbeda (Tabel 7). Bakteri antagonis *Corynebacterium* sp. dalam bentuk tunggal menghasilkan zona hambat yang lebih besar dibandingkan dengan *B. subtilis* dan *P. fluorescens* dalam bentuk tunggal.

Begitu pula bakteri antagonis dalam bentuk konsorsium yang terdiri atas *B. subtilis*, *P. fluorescens* dan *Corynebacterium* sp. menghasilkan zona hambat yang lebih besar dibandingkan dengan konsorsium yang terdiri atas *B. subtilis* dan *P. fluorescens*.

Adanya variasi besarnya zona hambat dipengaruhi oleh perbedaan sifat dari bakteri secara morfologi dan fisiologi (Glazer dan Nikaido, 1998). Sementara menurut Pelczar *et al.* (1993), mekanisme kerja bakteri antagonis dipengaruhi oleh perbedaan jenis antibiotik dan macam-macam struktur kimia yang ditemukan. Moore *et al.* (2013) melaporkan bahwa *B. subtilis* mampu menghasilkan berbagai biosurfaktan. Senyawa ini bervariasi struktur dan spektrumnya dan biasanya bertanggung jawab pada aktivitas antimikroba yang dihasilkan. Sejumlah molekul aktif yang disintesis oleh *Bacillus* menghasilkan aktivitas penghambatan dan kemampuan antagonis terhadap patogen tanaman dengan jalan membatasi invasi patogen pada jaringan tanaman (Cawoy *et al.*, 2011). Beberapa strain dari *P. fluorescens* juga telah dilaporkan memiliki potensi sebagai agens biokontrol dengan menghasilkan metabolit sekunder termasuk antibiotik, siderofor dan HCN (Ganeshan dan Kumar, 2005).

Perlakuan *Corynebacterium* sp. (Tabel 7) juga menghasilkan diameter zona hambat yang besar, yaitu 2,09 cm. Hal ini berkaitan dengan kemampuan antagonisme yang tinggi dan kisaran inang yang luas dalam menghambat patogen tanaman. Hal serupa dinyatakan oleh Ismail *et al.* (2011) bahwa bakteri *Corynebacterium* sp. yang merupakan salah satu agens hayati bersifat antagonis (agens antagonis) dapat mengendalikan beberapa jenis OPT utamanya terhadap penyakit kresek pada tanaman padi yang disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*. Bakteri ini dapat menghasilkan antibiotik dan siderofor juga bisa berperan sebagai kompetitor terhadap unsur hara bagi patogen tanaman. Dengan demikian, perlakuan kombinasi beberapa bakteri antagonis seperti *B. subtilis*, *P. fluorescens* dan *Corynebacterium* sp. dapat secara efektif menekan perkembangan patogen *P. syringae* di cawan Petri oleh adanya berbagai mekanisme kerja dari masing-masing bakteri antagonis.



Gambar 10. Zona bening yang dihasilkan bakteri antagonis setelah 24 jam: (a) P0 (tanpa aplikasi); (b) P1 (bakterisida berbahan aktif Streptomisin Sulfat); (c) P2 (*B. subtilis*); (d) P3 (*P. fluorescens*); (e) P4 (*Corynebacterium* sp.); (f) P5 (*B. subtilis* + *P. fluorescens*); (g) P6 (*B. subtilis* + *Corynebacterium* sp.); (h) P7 (*P. fluorescens*+ *Corynebacterium* sp.); (i) P8 (*B. subtilis* + *P. fluorescens*+ *Corynebacterium* sp.).

4.4 Intensitas Penyakit Hawar Bakteri pada Kedelai Sayur Edamame

Gejala penyakit hawar kedelai pada bagian daun mulai terlihat di lapang pada fase vegetatif pada umur tanaman 26 hst dan terus meningkat seiring pertumbuhan tanaman. Sedangkan gejala penyakit pada bagian tangkai dan polong mulai tampak pada fase generatif pada umur tanaman 50 hst. Gejala awal banyak ditemukan pada daun bagian bawah, dengan gejala berupa bercak-bercak kebasahan dengan halo melingkar berwarna kuning kemudian berkembang menyebabkan daun mengering dan mudah sobek. Sedangkan gejala pada tangkai

banyak ditemukan pada bagian tangkai daun trifoliat, serta gejala pada polong terjadi pada bagian tanaman dengan kelembaban yang tinggi.

Hasil analisis ragam (Lampiran 4, Tabel 15-17) menunjukkan pengaruh yang nyata ($p \geq 0,05$) terhadap intensitas penyakit pada bagian daun, tangkai dan polong. Intensitas penyakit pada daun tertinggi adalah perlakuan kontrol negatif (tanpa aplikasi) mencapai 24,80%. Presentase intensitas penyakit pada tangkai tertinggi ditunjukkan pada perlakuan kontrol negatif P0 (tanpa aplikasi) sebesar 14,67%. Presentase intensitas penyakit pada polong tertinggi ditunjukkan pada perlakuan konsorsium bakteri antagonis P7 (*P. fluorescens* dan *Corynebacterium* sp.) sebesar 27,18% (Tabel 8).

Tabel 8. Rerata intensitas penyakit hawar bakteri pada kedelai sayur Edamame pada setiap bagian tanaman.

Kode perlakuan	Keterangan	Pengamatan IP (%) pada bagian		
		daun	tangkai	polong
P 0	tanpa aplikasi	24,80 a	14,67 a	21,58 b
P 1	bakterisida Streptomisin Sulfat	20,40 c	12,00 b	13,20 d
P 2	<i>Bacillus subtilis</i>	20,93 bc	10,67 c	14,95 cd
P 3	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	22,70 abc	9,33 d	19,08 bc
P 4	<i>Corynebacterium</i> sp.	21,93 bc	10,67 c	14,81 cd
P 5	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i>	23,50 ab	14,67 a	20,62 b
P 6	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	21,33 bc	8,00 e	11,18 d
P 7	<i>Pseudomonas fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	20,80 c	9,33 d	27,18 a
P 8	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	21,40 bc	8,00 e	12,98 d

Keterangan :

- Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%.

Penekanan intensitas penyakit oleh bakteri antagonis dipengaruhi oleh kompetisi antara bakteri antagonis yang ada dalam tanah dan patogen penyebab penyakit. Glick (2012) menyebutkan bahwa mikroba non patogenik mampu tumbuh secara cepat dengan memanfaatkan sebagian besar nutrisi yang tersedia, sehingga terjadi kompetisi dan menyebabkan patogen sulit untuk berkembang. Bahan penginduksi eksternal yang mampu menstimulus pembentukan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen dapat berupa agens biologi, kimia maupun

fisika (Agrios, 2005). Bakteri antagonis bisa menjadi agens bioaktif yang mampu mensintesis beberapa metabolit sekunder, sehingga bakteri antagonis berperan sebagai bahan penginduksi eksternal untuk menstimulir pembentukan ketahanan tanaman terhadap infeksi patogen. Selain itu, aplikasi konsorsium bakteri antagonis pada perlakuan P6 (*B. subtilis* + *Corynebacterium* sp.) dan P8 (*B. subtilis*, *P. fluorescens* dan *Corynebacterium* sp.) juga dapat menekan intensitas penyakit hawar bakteri pada bagian tangkai dibandingkan dengan perlakuan kontrol positif dengan aplikasi bakterisida berbahan aktif Streptomisin Sulfat. Hal ini dipengaruhi resistensi bakteri patogen *P. syringae* terhadap senyawa tersebut. Hal serupa dinyatakan oleh Dharmawan dan Kawuri (2009), bahwa tidak adanya penghambatan Streptomisin terhadap patogen disebabkan strain patogen tersebut telah resisten terhadap Streptomisin pada konsentrasi yang digunakan.

Beberapa bakteri seperti *B. subtilis*, *P. fluorescens* dan *Corynebacterium* sp. dalam penelitian ini telah dilaporkan memiliki daya antagonis terhadap serangan patogen. Endospora yang dihasilkan oleh bakteri dari genus *Bacillus* dapat memproduksi antibiotik sebagai hasil metabolit sekundernya seperti polymyxin, colistin dan bacitracins (Das *et al.*, 2014). Disamping kemampuannya dalam membentuk spora, *B. subtilis* juga memiliki kemampuan bertahan hidup dalam rizosfir sehingga efektif untuk dijadikan biopestisida (Cawoy *et al.*, 2011). Sivasakthi *et al.* (2014) melaporkan bahwa beberapa strain *Pseudomonas* dapat memproduksi siderofor yang mampu meningkatkan penyerapan zat besi serta menghilangkan dampak infeksi patogen pada tanaman inang. Sementara menurut Dhinakaran *et al.* (2012), *Corynebacterium* sp. juga memiliki spektrum yang luas sebagai agens antagonis terhadap beberapa patogen tanaman melalui mekanismenya dalam memproduksi siderofor, antibiosis serta kompetisi dalam hal nutrisi dan unsur hara. Oleh karena itu, kombinasi beberapa bakteri antagonis seperti *B. subtilis*, *P. fluorescens* dan *Corynebacterium* sp. dapat secara efektif menekan intensitas penyakit hawar bakteri yang disebabkan oleh patogen *P. syringae* melalui beberapa mekanisme, yaitu antibiosis, kompetisi dan induksi ketahanan tanaman inang. Akan tetapi efektivitas ketahanan sistemik pada tanaman terhadap patogen dipengaruhi oleh jenis senyawa yang digunakan bakteri

antagonis, kondisi tanaman dan lingkungan tumbuh termasuk perubahan iklim yang mempengaruhi persebaran patogen, serta tingkat kolonisasi (Walters *et al.*, 2005).

Aplikasi konsorsium bakteri antagonis dapat memberikan kontribusi dalam menekan penyakit hawar bakteri pada kedelai sayur Edamame apabila dipadukan dengan berbagai teknik pengendalian. Ketahanan sistemik yang terdapat pada tanaman dapat menyebabkan tanaman lebih tahan terhadap infeksi patogen lebih lanjut (Saharan dan Nehra, 2011), sehingga aplikasi bakteri antagonis dapat dijadikan sebagai salah satu pengendalian secara preventif. Akan tetapi, secara keseluruhan aplikasi bakteri antagonis dalam penelitian ini belum bisa dikatakan efektif dalam menekan penyakit hawar bakteri di lapang.

Beberapa bakteri antagonis tidak mampu menekan penyakit pada seluruh bagian tanaman. Hal ini dipengaruhi oleh faktor lain, seperti praktik budidaya yang kurang tepat serta kondisi lingkungan yang kurang mendukung bagi perkembangan bakteri antagonis. Aplikasi pestisida kimia yang berlebihan merupakan salah satu faktor yang menyebabkan efektivitas bakteri antagonis menurun. Sesuai dengan pernyataan Sitaramaju *et al.* (2014), bahwa penggunaan pestisida dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan penurunan populasi mikroba yang signifikan. Interaksi yang kompleks dengan mengintegrasikan beberapa teknik pengendalian dan praktik budidaya yang sehat bertujuan untuk mengatur daya adaptasi dari agens antagonis, sehingga dapat dijadikan suatu acuan bahwa pengendalian hayati dengan aplikasi agens hayati dapat bertahan lebih lama dibandingkan pengendalian dengan bahan kimia sintetis (Elizabeth *et al.*, 1999).

4.5 Respon Fisiologis Tanaman Kedelai Sayur Edamame

4.5.1 Tinggi Tanaman

Pengukuran tinggi tanaman merupakan salah satu parameter untuk mengetahui pengaruh bakteri antagonis terhadap pertumbuhan tanaman yang diaplikasikan mulai dari fase vegetatif hingga fase generatif. Berdasarkan analisis ragam, aplikasi bakteri antagonis tidak memberikan pengaruh yang nyata ($p \leq$

0,05) terhadap tinggi tanaman kedelai sayur Edamame (Lampiran 4). Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan perlakuan yang berpengaruh terhadap tinggi tanaman kedelai sayur Edamame.

Secara keseluruhan, aplikasi bakteri antagonis yang terdiri atas *B. subtilis*, *P. fluorescens* dan *Corynebacterium* sp. menghasilkan rerata tinggi tanaman berkisar antara 15,33-16,20 cm pada umur 15 hst dan mengalami peningkatan pertumbuhan mencapai 34,03-36,80 cm pada umur 50 hst (Tabel 9). Pengaruh aplikasi bakteri antagonis terhadap pertumbuhan tinggi tanaman berkaitan dengan kompatibilitas antara bakteri dan tanaman inang. Rendahnya tingkat kolonisasi antara bakteri dan tanaman dapat mempengaruhi aktivitas bakteri dalam memicu pertumbuhan tanaman menurun. Tingkat kolonisasi ini secara langsung dipengaruhi oleh eksudat tanaman. Menurut Figueiredo *et al.* (2010), konsorsium mikroba yang terdapat di pada rizosfir berperan sebagai biofertilizer yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Sementara itu, mikroba memanfaatkan eksudat yang dihasilkan akar tanaman untuk bertahan hidup (Glick, 2012).

Tabel 9. Rerata tinggi tanaman kedelai sayur Edamame pada setiap minggu pengamatan.

Perlakuan	Rerata tinggi tanaman kedelai sayur Edamame (cm)					
	15 hst	22 hst	29 hst	36 hst	43 hst	50 hst
P 0	15,87	24,17	30,83	34,07	34,90	34,90
P 1	16,20	24,23	32,77	34,87	35,33	35,33
P 2	15,77	25,27	32,07	35,53	36,10	36,10
P 3	16,10	24,50	31,90	34,60	34,87	34,87
P 4	15,67	24,60	31,03	33,63	34,03	34,03
P 5	15,57	24,10	31,60	36,00	36,20	36,20
P 6	15,87	24,40	31,20	34,80	35,23	35,23
P 7	15,33	24,67	33,13	35,30	35,73	35,73
P 8	15,60	25,57	32,07	35,33	36,80	36,80

Keterangan :

- P0 (tanpa aplikasi); P1 (bakterisida berbahan aktif Streptomisin Sulfat); P2 (*B. subtilis*); P3 (*P. fluorescens*); P4 (*Corynebacterium* sp.); P5 (*B. subtilis* + *P. fluorescens*); P6 (*B. subtilis* + *Corynebacterium* sp.); P7 (*P. fluorescens*+ *Corynebacterium* sp.); P8 (*B. subtilis* + *P. fluorescens*+ *Corynebacterium* sp.).

4.5.2 Jumlah Daun

Sama halnya dengan tinggi tanaman, jumlah daun merupakan parameter pertumbuhan tanaman yang menentukan aspek agronomis. Berdasarkan analisis

ragam (Lampiran 4), aplikasi bakteri antagonis tidak memberikan pengaruh yang nyata ($p \leq 0,05$) terhadap jumlah daun tanaman kedelai sayur Edamame. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan perlakuan antara aplikasi bakteri antagonis dalam bentuk tunggal maupun konsorsium.

Secara keseluruhan, aplikasi bakteri antagonis yang terdiri atas *B. subtilis*, *P. fluorescens* dan *Corynebacterium* sp. menghasilkan rerata jumlah daun berkisar antara 5,93-7,13 helai pada umur 15 hst dan mengalami penambahan jumlah daun mencapai 24,87-32,20 helai pada umur 50 hst (Tabel 10). Aplikasi bakteri antagonis baik dalam bentuk tunggal maupun konsorsium tidak berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan jumlah daun tanaman kedelai sayur Edamame.

Tabel 10. Rerata jumlah daun tanaman kedelai sayur Edamame pada setiap minggu pengamatan.

Perlakuan	Rerata jumlah daun tanaman kedelai sayur Edamame					
	15 hst	22 hst	29 hst	36 hst	43 hst	50 hst
P 0	5,93	13,87	22,13	25,73	26,13	26,13
P 1	6,60	13,60	23,27	26,87	27,33	27,33
P 2	6,93	14,13	24,40	29,13	30,87	30,87
P 3	6,73	14,40	22,20	25,80	25,87	24,87
P 4	6,40	14,60	22,87	28,40	28,40	28,40
P 5	6,80	14,20	21,53	25,27	27,53	27,53
P 6	6,67	14,07	23,40	28,60	28,40	28,40
P 7	7,13	14,60	25,73	27,87	27,87	27,87
P 8	6,33	15,20	24,20	30,47	32,20	32,20

Keterangan :

- P0 (tanpa aplikasi); P1 (bakterisida berbahan aktif Streptomisin Sulfat); P2 (*B. subtilis*); P3 (*P. fluorescens*); P4 (*Corynebacterium* sp.); P5 (*B. subtilis* + *P. fluorescens*); P6 (*B. subtilis* + *Corynebacterium* sp.); P7 (*P. fluorescens* + *Corynebacterium* sp.); P8 (*B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium* sp.).

Beberapa bakteri antagonis (*B. subtilis* dan *P. fluorescens*) dalam penelitian ini merupakan kelompok PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) yang mana bakteri ini dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Antoun (2001) melaporkan bahwa inokulasi bakteri kelompok *Bacillus*, *Pseudomonas* dan *Serratia* spp. dapat meningkatkan nodulasi dan fiksasi nitrogen pada tanaman kacang polong, buncis dan kedelai. Bakteri dari golongan PGPR juga menghasilkan fitohormon antara lain auksin, giberelin, sitokinin dan asam absisat.

Indole-3-acetic acid (IAA) dan giberelin dapat merangsang perkembangan akar tanaman serta serapan air dan unsur hara dalam tanah.

4.6 Hasil Produksi Kedelai Sayur Edamame

Pada akhir pengamatan aspek agronomis, menunjukkan bahwa aplikasi bakteri antagonis tidak memberikan pengaruh yang nyata ($p \leq 0,05$) terhadap jumlah polong kedelai sayur Edamame (Lampiran 4, Tabel 13-14). Rerata jumlah polong berkisar antara 15,00–21,20 per tanaman. Sementara itu, aplikasi bakteri antagonis secara keseluruhan menunjukkan pengaruh yang nyata ($p \geq 0,05$) terhadap bobot polong segar kedelai Edamame. Rerata bobot polong segar tertinggi adalah perlakuan P8 (*B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium* sp.) sebesar 43,13 gram tan^{-1} . Sedangkan bobot polong segar terendah adalah perlakuan kontrol negatif sebesar 24,87 gram tan^{-1} (Tabel 11). Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi konsorsium ketiga bakteri antagonis mampu menghasilkan bobot polong segar yang lebih besar dibandingkan dengan perlakuan lain. Berdasarkan analisis potensi hasil, perlakuan P8 (*B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium* sp.) menunjukkan potensi hasil mencapai 15,65 ton/ha. Sementara, rerata produksi kedelai sayur Edamame berkisar antara 10-12 ton/ha, sehingga aplikasi konsorsium bakteri antagonis berpotensi meningkatkan produksi kedelai sayur Edamame.

Beberapa bakteri antagonis (*B. subtilis* dan *P. fluorescens*) dalam penelitian ini berperan sebagai pupuk hayati yang dapat meningkatkan serapan hara dan nitrogen. Aplikasi *Bacillus* telah terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil beberapa tanaman serta mampu menghasilkan hormon giberelin. Beberapa strain *P. fluorescens* menghasilkan IAA (*Indolacetic Acid*) dengan konsentrasi yang tinggi (5-10 mg/ml) (Figueiredo, 2010). Sementara menurut Sivasakthi *et al.* (2014), rhizobakteri yang diinokulasikan pada tanaman dapat meningkatkan bobot kering akar serta meningkatkan serapan unsur hara N, P dan K dibandingkan kontrol (tanpa inokulasi rhizobakteri).

Tabel 11. Hasil produksi polong segar kedelai sayur Edamame.

Perlakuan	Rerata jumlah polong (tan^{-1})	Rerata bobot polong segar (gram tan^{-1})	Potensi hasil (ton/ha)
P 0	16,07	24,87 a	10,00
P 1	18,20	31,87 ab	12,81
P 2	18,73	31,53 ab	13,29
P 3	16,67	30,53 ab	12,51
P 4	19,60	32,47 ab	12,17
P 5	15,00	31,27 ab	12,94
P 6	16,73	35,47 bc	14,40
P 7	17,27	34,20 b	13,75
P 8	21,20	43,13 c	15,65

Keterangan :

- P0 (tanpa aplikasi); P1 (bakterisida berbahan aktif Streptomisin Sulfat); P2 (*Bacillus subtilis*); P3 (*Pseudomonas fluorescens*); P4 (*Corynebacterium* sp.); P5 (*Bacillus subtilis*+ *Pseudomonas fluorescens*); P6 (*Bacillus subtilis*+ *Corynebacterium* sp.); P7 (*Pseudomonas fluorescens*+ *Corynebacterium* sp.); P8 (*Bacillus subtilis*+ *Pseudomonas fluorescens*+ *Corynebacterium* sp.).
- Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%.

Disamping aspek agronomis, polong segar dianalisis untuk mengetahui presentase rendemen sampel kedelai sayur Edamame. Polong segar pertanaman yang mewakili masing-masing perlakuan ditimbang, kemudian dilakukan sortasi dan grading. Sortasi merupakan pemisahan polong yang baik dan polong yang cacat atau afkir. Sedangkan untuk kebutuhan analisis hama dan penyakit, polong dipisahkan berdasarkan polong yang terserang hama, polong yang terserang jamur dan polong yang terserang bakteri penyebab hawar. Selanjutnya, polong yang masuk kategori baik dilakukan analisis rendemen sampel berdasarkan segi kualitas, SQ (*Standart Quality*) merupakan polong kedelai sayur Edamame kualitas 1 dan SG (*Second Grade*) merupakan polong kedelai sayur Edamame kualitas 2. Apabila presentase polong segar dengan kualitas SQ semakin besar, maka perlakuan yang diberikan dapat dikatakan semakin efektif dalam meningkatkan hasil panen khususnya dari segi kualitas. Sebaliknya, apabila presentase polong segar dengan kriteria afkir, polong terserang hama, polong terserang jamur dan polong terserang bakteri semakin besar, maka perlakuan yang diberikan kurang efektif dalam meningkatkan kualitas polong segar Edamame. Serangan penyakit hawar pada kedelai sayur Edamame tidak menyebabkan

kematian tanaman secara keseluruhan, namun dapat menyebabkan penurunan kualitas polong.

Tabel 12. Presentase rendemen sampel kedelai sayur Edamame.

Perlakuan	Presentase rendemen sampel kedelai sayur Edamame (%)					
	SQ (Standart Quality)	SG (Second Grade)	Afkir	Polong terserang hama	Polong terserang jamur	Polong terserang hawar bakteri
P 0	10,45	25,09	37,42	2,25	4,08	11,15
P 1	9,25	14,87	48,76	3,09	7,54	11,59
P 2	12,93	21,75	40,30	2,60	10,58	9,68
P 3	6,50	19,69	30,19	0,99	15,00	22,59
P 4	11,04	24,74	47,06	0,00	6,52	11,60
P 5	10,72	11,19	47,53	2,34	3,88	18,75
P 6	12,08	16,12	43,64	0,90	11,32	9,81
P 7	11,23	20,85	35,91	0,00	10,26	17,46
P 8	18,24	20,51	44,27	0,17	9,48	9,40

Keterangan :

- P0 (tanpa aplikasi); P1 (bakterisida berbahan aktif Streptomisin Sulfat); P2 (*B. subtilis*); P3 (*P. fluorescens*); P4 (*Corynebacterium* sp.); P5 (*B. subtilis* + *P. fluorescens*); P6 (*B. subtilis* + *Corynebacterium* sp.); P7 (*P. fluorescens* + *Corynebacterium* sp.); P8 (*B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium* sp.).

Aplikasi bakteri antagonis menghasilkan presentase polong kualitas SQ berkisar antara 6,50-18,24%, kualitas SG 11,19-25,09 % dan menghasilkan polong yang terserang hawar 9,40-22,59%. Tabel 15 menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan tidak berpengaruh signifikan terhadap presentase rendemen sampel kedelai sayur Edamame dengan kategori SQ, SG, afkir, polong terserang hama, polong terserang jamur dan polong terserang hawar bakteri. Peningkatan bobot polong segar tidak diikuti dengan peningkatan presentase polong kualitas SQ. Indikator penentuan polong kualitas SQ didasarkan atas ukuran polong, morfologi polong, tidak adanya kerusakan mekanik dan bebas hama penyakit.

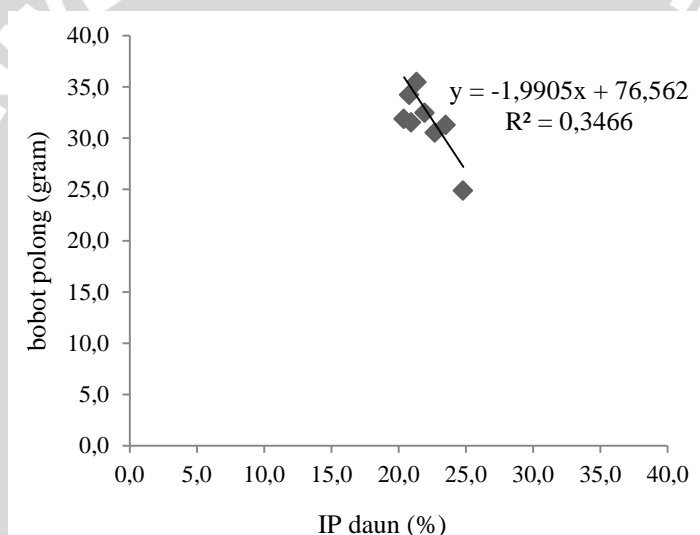
4.7 Hubungan Intensitas Penyakit dengan Hasil Produksi Kedelai Sayur Edamame

4.7.1 Intensitas Penyakit pada Daun dengan Bobot Polong

Berdasarkan uji regresi, hasil pengamatan intensitas penyakit hawar kedelai pada bagian daun memberikan pengaruh yang kecil terhadap hasil produksi yaitu

bobot polong segar kedelai sayur Edamame. Grafik persamaan regresi linier antara intensitas penyakit hawar kedelai pada bagian daun dengan bobot polong segar menunjukkan hasil nilai $y = -1,9905x + 76,562$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,3466 (Gambar 11).

Hasil analisis koefisien korelasi menunjukkan nilai (r) sebesar 0,5887 sehingga dapat disimpulkan bahwa hubungan intensitas penyakit pada daun dengan bobot polong segar tanaman memiliki keeratan yang sedang. Nilai koefisien (r) yang jauh dari angka 1 menandakan bahwa intensitas penyakit hawar bakteri pada bagian daun menunjukkan korelasi yang kurang erat (sedang) terhadap bobot polong segar.



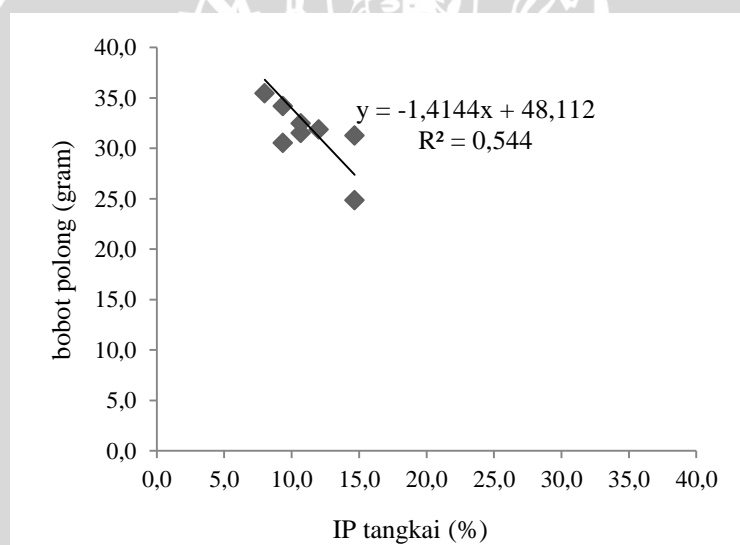
Gambar 11. Grafik pola linier hubungan intensitas penyakit pada bagian daun dengan bobot polong segar

Gejala serangan penyakit hawar kedelai pada bagian daun tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil produksi. Hal ini menandakan bahwa serangan patogen *P. syringae* lebih banyak menyebabkan gejala nekrosis pada daun daripada penyusutan polong. Akan tetapi, pada serangan yang parah dapat menyebabkan daun mengering dan tersobek (Giesler, 2011), sehingga dapat menghambat kerja fotosintesis pada bagian daun. Hal serupa dinyatakan Abadi (2003), bahwa pengurangan hasil fotosintesis karena gejala nekrosis dapat menghambat pertumbuhan serta mengurangi jumlah dan kualitas buah.

4.7.2 Intensitas Penyakit pada Tangkai dengan Bobot Polong

Berdasarkan uji regresi, hasil pengamatan intensitas penyakit hawar kedelai pada bagian tangkai memberikan pengaruh yang sedang terhadap hasil produksi yaitu bobot polong segar kedelai sayur Edamame. Grafik persamaan regresi linier antara intensitas penyakit hawar kedelai pada bagian tangkai dengan bobot polong segar menunjukkan nilai $y = -1,4144x + 48,112$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,544 (Gambar 12).

Hasil analisis koefisien korelasi menunjukkan nilai (r) sebesar 0,738 sehingga dapat disimpulkan bahwa hubungan intensitas penyakit pada tangkai dengan bobot polong segar tanaman memiliki keeratan yang tinggi. Nilai koefisien (r) yang mendekati angka 1 menandakan bahwa intensitas penyakit hawar bakteri pada bagian tangkai menunjukkan korelasi yang semakin erat terhadap bobot polong segar.



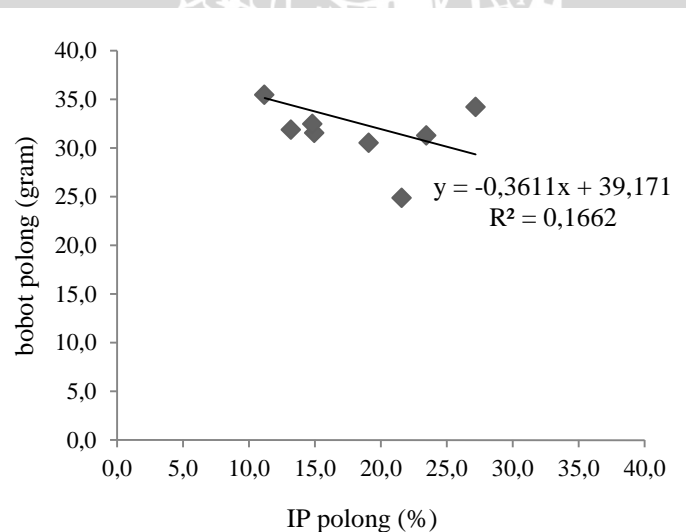
Gambar 12. Grafik pola linier hubungan intensitas penyakit pada bagian tangkai dengan bobot polong segar

Gejala serangan penyakit hawar bakteri pada bagian tangkai memberikan pengaruh yang kecil terhadap hasil produksi. Hal ini menandakan bahwa serangan patogen *P. syringae* pada kondisi yang parah dapat menyebabkan tangkai busuk dan mudah patah. Kondisi tangkai yang patah ini dapat menghambat terbentuknya polong, karena pada umumnya polong terbentuk pada bagian ketiak daun. Disamping itu, tangkai yang busuk dan patah juga dapat mempengaruhi

translokasi air pada jaringan tanaman. Kerusakan parah pada xilem yang paling umum terjadi pada tanaman yang salah satunya disebabkan oleh patogen *Pseudomonas*. Patogen ini menginvasi xilem akar dan batang sehingga menyebabkan penyakit karena terganggunya aliran air melalui xilem (Abadi, 2003). Gangguan translokasi air pada jaringan tanaman ini disebabkan adanya massa bakteri dan infeksi patogen.

4.7.3 Intensitas Penyakit pada Polong dengan Bobot Polong

Berdasarkan uji regresi, hasil pengamatan intensitas penyakit hawar bakteri pada bagian polong memberikan pengaruh yang kecil terhadap hasil produksi yaitu bobot polong segar kedelai sayur Edamame. Grafik persamaan regresi linier antara intensitas penyakit hawar bakteri pada bagian tangkai dengan bobot polong segar menunjukkan nilai $y = -0,3611x + 39,171$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,1662$ (Gambar 13). Hasil analisis koefisien korelasi menunjukkan nilai (r) sebesar 0,4077 sehingga dapat disimpulkan bahwa hubungan intensitas penyakit pada polong dengan bobot polong segar tanaman memiliki keeratan yang sedang. Nilai koefisien (r) yang jauh dari angka 1 menandakan bahwa intensitas penyakit hawar bakteri pada bagian polong menunjukkan korelasi yang kurang erat (sedang) terhadap bobot polong segar.



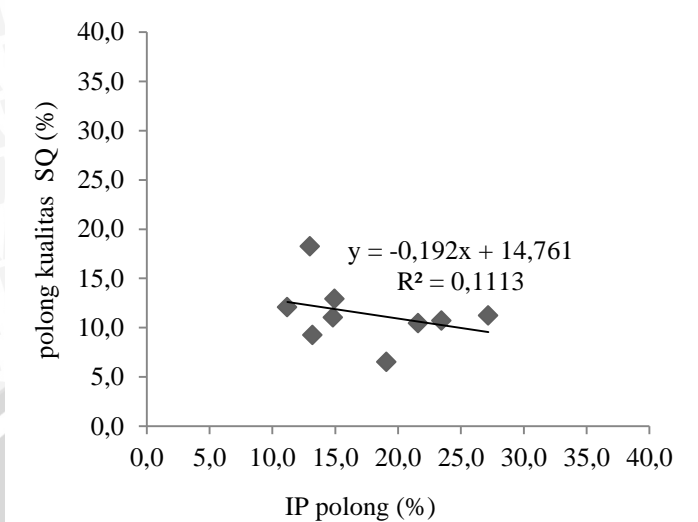
Gambar 13. Grafik pola linier hubungan intensitas penyakit pada bagian polong dengan bobot polong segar

Gejala serangan penyakit hawar kedelai pada bagian polong tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil produksi. Pada gejala serangan yang ringan, patogen *P. syringae* tidak menimbulkan kerusakan pada bagian biji. Kondisi gejala serangan penyakit hawar kedelai di lapang mengindikasikan bahwa intensitas penyakit pada polong dibawah 30% tidak berpengaruh terhadap bobot polong segar, karena patogen *P. syringae* hanya menyerang pada bagian kulit luar polong dan tidak menyebabkan kerusakan pada bagian biji. Akan tetapi pada serangan yang parah, polong akan membusuk, berlendir dan menyebabkan pengisian biji yang terhambat. Menurut Giesler (2011), penyakit hawar kedelai pada umumnya jarang menyerang pada bagian polong, tetapi apabila gejala muncul pada bagian polong dapat menyebabkan perubahan warna pada biji.

4.7.4 Intensitas Penyakit pada Polong dengan Presentase Polong Kualitas SQ (*Standart Quality*)

Berdasarkan uji regresi, hasil pengamatan intensitas penyakit hawar bakteri pada bagian polong memberikan pengaruh yang sangat kecil terhadap hasil produksi yaitu presentase polong kualitas SQ (*Standart Quality*) atau kedelai sayur Edamame kualitas 1. Grafik persamaan regresi linier antara intensitas penyakit hawar bakteri pada bagian polong dengan presentase polong kualitas SQ menunjukkan nilai $y = -0,192x + 14,761$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,1113$ (Gambar 14).

Hasil analisis koefisien korelasi menunjukkan nilai (r) sebesar 0,3336 sehingga dapat disimpulkan bahwa hubungan intensitas penyakit pada polong dengan bobot polong segar kualitas SQ memiliki keeratan yang rendah. Nilai koefisien (r) yang jauh dari angka 1 menandakan bahwa intensitas penyakit hawar bakteri pada bagian polong menunjukkan korelasi yang kurang erat (lemah) terhadap bobot polong segar kualitas SQ.



Gambar 14. Grafik pola linier hubungan intensitas penyakit pada bagian polong dengan presentase polong kualitas SQ



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Gejala serangan penyakit hawar bakteri pada kedelai sayur Edamame terjadi pada beberapa bagian tanaman termasuk daun, tangkai dan polong. Penyakit ini disebabkan oleh patogen *P. syringae* pv. *glycinea*. Beberapa bakteri antagonis (*B. subtilis*, *P. fluorescens* dan *Corynebacterium* sp.) baik dalam bentuk tunggal maupun konsorsium mampu menghambat patogen *P. syringae* di cawan Petri, serta mampu menekan penyakit hawar bakteri pada kedelai sayur Edamame di lapang. Aplikasi konsorsium bakteri antagonis dapat meningkatkan bobot polong segar kedelai Edamame mencapai 43,13 gram/tanaman. Akan tetapi, bakteri antagonis tidak berpengaruh terhadap peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun dan jumlah polong. Tidak ada hubungan keeratan yang tinggi antara intensitas penyakit, baik di bagian daun, batang, dan polong terhadap hasil produksi polong segar kedelai sayur Edamame.

5.2 Saran

Pengendalian terpadu untuk penyakit hawar bakteri perlu dikaji lebih lanjut dengan mengintegrasikan beberapa metode pengendalian. Aplikasi bakteri antagonis dapat dipadukan dengan rekayasa agroekosistem serta praktik budidaya yang baik, sehingga dapat dijadikan suatu alternatif pengendalian yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, A.L. 2003. Ilmu Penyakit Tumbuhan. Bayumedia Publishing. Malang.
- Addy, H.S. 2007. Pengaruh Sumber Mineral Terhadap Penekanan *Erwinia Carotovora* Oleh *Pseudomonas Pendar-Fluor* Secara In Vitro. J. HPT Tropika.7 (2): 117 – 124
- Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology, 5th edition. Elsevier Academic Press. San Diego.
- Ajilogba, C.F., O.O. Babalol, and F. Ahmad. 2013. Antagonistic Effect of *Bacillus* Species in Biocontrol of Tomato *Fusarium* Wilt. Ethno Med. 7 (3): 205-216.
- Alvarez, E., E.J. Braun, and D.C. McGE. 1995. New Assays for Detection of *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* in Soybean Seed. Plant Dis. (79):12-14.
- Antoun, H. 2001. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). Antoun, H and Kloepper, J. (ed). Brenner's Encyclopedia of Genetics, 2nd edition (5): 1477-1480.
- Asadi. 2009. Karakterisasi Plasma Nutfah untuk Perbaikan Varietas Kedelai Sayur Edamame. Buletin Plasma Nutfah. 15 (2): 59-69.
- Badan Karantina Pertanian. 2008. Pedoman Diagnosis OPTK Golongan Bakteri. Departemen Pertanian.
- Balai Penelitian Tanaman Hias. 2015. Mikroba Antagonis Sebagai Agen Hayati Pengendali Penyakit Tanaman. Cianjur.
- BPS. 2016. Angka Sementara 2015 Produksi Padi, Jagung dan Kedelai. Berita Resmi Statistik BPS Provinsi Jawa Barat No. 16/03/32/Th. XVIII.
- Cahyono, B. 2007. Kedelai. Aneka Ilmu. Semarang.
- Cawoy, H., W. Bettiol, P. Fickers, and M. Ongena. 2011. Bacillus-Based Biological Control of Plant Diseases, Pesticides in the Modern World - Pesticides Use and Management. Dr. Margarita Stoytcheva (Ed.). InTech. (Available from: <http://www.intechopen.com/books/pesticides-in-the-modern-world-pesticides-use-and-management/bacillus-based-biological-control-of-plant-diseases>)
- Damicone, J. 2015. Bacterial Blight Outbreak on Soybeans. Oklahoma State University Extension. 8 (27): 1-4.

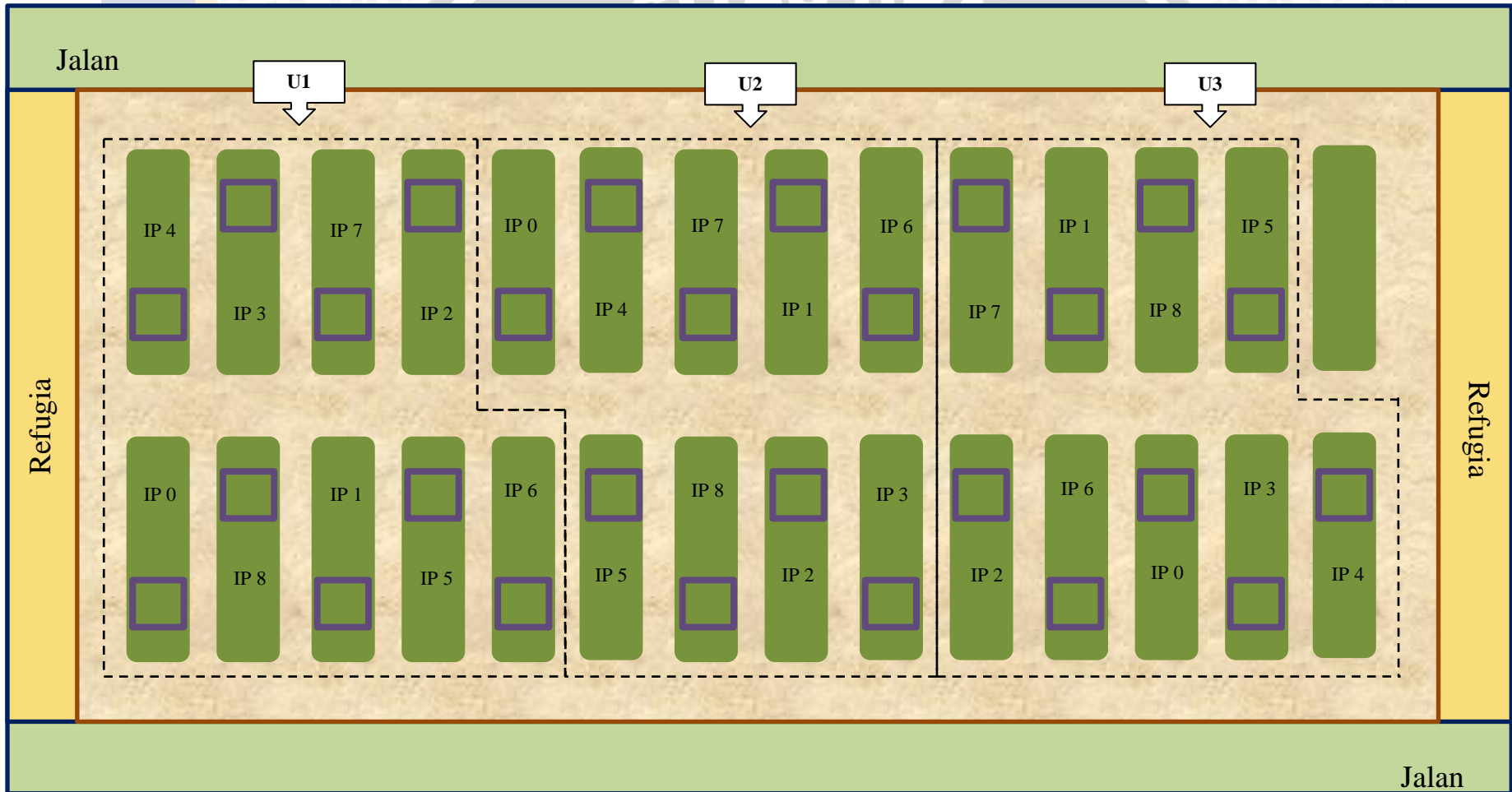
- Das, B.K., R.G.N. Nidhi, P. Roy, A.K. Muduli, P. Swain, S.S Mishra, and P. Jayasankar. 2014. Antagonistic Activity of Cellular of *Bacillus subtilis* AN 11 Against Bacterial Pathogens. Int. J. Curr. Microbial. App. Sci. 3 (5): 795-809.
- Dharmawan, I.W.E. dan R. Kawuri. 2009. Isolasi *Streptomyces* spp. pada Kawasan Hutan Provinsi Bali Serta Uji Daya Hambatnya Terhadap Lima Strain Diarrheagenic *Escherichia coli*. Jurnal Biologi. 12 (1): 1-6.
- Dhinakaran, A., R. Rajasekaran, and S. Jayalakshmi. 2012. Antiphytopathogenic Activity of Bacterial Protein of a Marine *Corynebacterium* sp. Isolated from Mandapam, Gulf of Mannar. Jbiopest Supplementary. (5): 17-22.
- Elizabeth, A.B., Emmert, and J. Handelsman. 1999. Biocontrol of Plant Disease: A (Gram) Positive Perspective. FEMS Microbiology Letters. 171: 1-9.
- Figueiredo, M.V.B., L. Seldin, F.F. Araujo, and R.L.R. Mariano. 2010. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Fundamentals and Applications. Maheshwari, D. K. (ed). Microbiology Monographs-Springer. (18): 21-43.
- Ganeshan, G., and A.M Kumar. 2005. *Pseudomonas fluorescens*, a Potential Bacterial Antagonist to Control Plant Diseases. Journal of Plant Interactions. 1 (3): 123-134.
- Giesler, L.J. 2011. Bacterial Disease of Soybean. The Board of Regents of The University of Nebraska on Behalf of The University of Nebraska–Lincoln Extension. (Available online at <http://extension.unl.edu/publications>).
- Glazer, A.N., and H. Nikaido. 1998. Microbial Biotechnology Fundamentals of Applied Microbiology. W.H. Freeman and Company. New York, USA.
- Glick, B.R. 2012. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanism and Applications. Hindawi Publishing Corporation. Scientifica.: 1-15.
- Gurr, G.M., S.L Scarratt, S.D Wratten, L. Berndt, and N. Irvin. 2004. Ecological Engineering for Pest Management. G. M. Gurr (ed.) Csiro Publishing. Australia.
- Hanudin, W. Nuryani, E. Silvia, I. Djatnika, dan B. Marwoto. 2010. Formulasi Biopestisida Berbahan Aktif *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, dan *Corynebacterium* sp. Nonpatogenik untuk Mengendalikan Penyakit Karat pada Krisan. J. Hort. 20 (3): 247-261.
- Hasanudin, dan B. Marwoto. 2012. Prospek Penggunaan Mikroba Antagonis Sebagai Agens Pengendali Penyakit Utama pada Tanaman Hias dan Sayuran. Jurnal Litbang Pertanian. 31 (1): 8-13.
- Ismail, N., L.A. Taulu, dan Bahtiar. 2011. Potensi *Corynebacterium* sp. sebagai Pengendali Penyakit Hawar Daun Bakteri pada Tanaman Padi. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sulawesi Utara.

- Johnson, D., S. Wang, and A. Suzuki. 1999. Edamame: A Vegetable Soybean for Colorado. J. Janick (ed.), ASHS Press. Alexandria, VA. pp. 385-387.
- Kawaguchi, A., K. Inoue, and Y. Ichinose. 2008. Biological Control of Crown Gall of Grapevine, Rose, and Tomato by Nonpathogenic *Agrobacterium vitis* Strain VAR03-1. *Phytopathology*. 99 (11): 1218-1225.
- Khaeruni, A., T. Wijayanto, and G.A.K. Sutariati. 2015. Improvement of Resistance Against Pathogens, Growth, and Yield of Soybean on Marginal Land using Indigenous Rhizobacteria Formulations. ISBN: 978-1-61804-302-3: 194-200.
- Masnilah, R., A.L. Abadi, T.H. Astono, dan L.Q. Aini. 2013. Karakterisasi Bakteri Penyebab Penyakit Hawar Daun Edamame di Jember. *Berkala Ilmiah Pertanian*. 1 (1): 10-14.
- Moore, W.L. 1998. *Pseudomonas syringae*: Disease and Ice Nucleation Activity. Department of Botany and Plant Pathology Oregon State University Corvallis. (12): 3-16.
- Nurindah. 2006. Pengelolaan Agroekosistem dalam Pengendalian Hama. *Perspektif*. 5 (2): 78 – 85.
- Pal, K.K., and B.M.S. Gardener. 2006. Biological Control of Plant Pathogens. *The Plant Health Instructor*. *APSnet*. : 1-20.
- Patihong, H.R. 2012. Uji Efektivitas Bakteri Antagonis *Corynebacterium* untuk Mengendalikan Penyakit Kresek (*Xanthomonas campestris* pv. *orizae*) pada Tanaman Padi. Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura UPTD Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Propinsi Sulawesi Selatan.
- Pelczar Jr., M.J., M.J.S. Chan., and N.R. Krieg. 1993. *Microbiology Concept and Applications*. McGraw Hill Higher Education. New York.
- Pratiwi, R. 2005. Perbedaan Daya Hambat Terhadap *Streptococcus mutans* dari Beberapa Pasta Gigi Yang Mengandung Herbal. *Maj. Ked. Gigi. (Dent. J.)*. 38 (2): 64–67.
- Rofi'i, Fatkhan. 2009. Hubungan Antara Jumlah Total Bakteri dan Angka Katalase Terhadap Daya Tahan Susu. [skripsi]. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Saharan, B.S., and V. Nehra. 2011. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review. *Life Sciences and Medicine Research (LSMR 21)*.: 1-30.
- Saleh, N. 2015. Modul Implementasi Pengendalian Penyakit Terpadu Pada Tanaman Kedelai. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang.

- Schaad, N.W., J.B. Jones, and W. Chun. 2001. Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria. 3rd edition. The American Phytopathological Society. Minnesota.
- Sitaramaju, S., N.V.V.S.D. Prasad, C. Reddy, and E. Narayana. 2014. Impact of Pesticides Used for Crop Production on the Environment. Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences. (3): 75-79.
- Suhaeni, N. 2007. Petunjuk Praktis Menanam Kedelai. Nuansa. Bandung.
- Sivasakthi, S., G. Usharani, and P. Saranraj. 2014. Biocontrol Potentiality of Plant Growth Promoting Bacteria (PGPR) – *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*: A Review. African Journal of Agricultural Research. 9 (16): 1265-1277.
- Supriadi. 2006. Analisis Risiko Agens Hayati untuk Pengendalian Patogen pada Tanaman. Jurnal Litbang Pertanian. 25 (3): 75-80.
- Tantera, D. M. 1992. Petunjuk Bergambar untuk Identifikasi Hama dan Penyakit Kedelai di Indonesia. Direktorat Jenderal Pertanian Tanaman Pangan. Jakarta.
- Walters, D., D. Walsh, A. Newton, and G. Lyon. 2005. Induced Resistance for Plant Disease Control: Maximizing the Efficacy of Resistance Elicitors. Phytopathology. 95 (12): 1368-1373.
- Warintek. 2000. Kedelai (*Glycine max* L.). Kantor Deputi Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Jakarta.
- Widati, F., dan I.M. Hidayat. 2012. Kedelai Sayur (*Glycine max* L. Merrill) Sebagai Tanaman Pekarangan. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Bandung. Iptek Hortikultura. (8): 25-28.
- Wijaya, A.S. 2011. Perbanyak *Corynebacterium* sp. dan Cara Aplikasinya di Laboratorium Balai Proteksi Tanaman Pertanian. (BPTP) Bantul Provinsi DIY. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Desain lahan penelitian



Lampiran 2. Potret lahan penelitian budidaya kedelai sayur Edamame



(a) Lahan penelitian kedelai sayur Edamame sebelum tanam



(b) Lahan penelitian kedelai sayur Edamame usia 30 hst

Lampiran 3. Dokumentasi analisis rendemen sampel kedelai sayur Edamame



Polong grade 1



Polong grade 2



Kerusakan mekanik



Polong biji 1



Polong abnormal



Polong memar



Polong kecil/kempis



Polong biji 2/3 yang salah satu bijinya kempis



Polong terserang hama



Polong terserang jamur



Polong terserang bakteri penyebab hawar

Lampiran 4. Tabel analisis sidik ragam (Anova)

Tabel 1. Anova tinggi tanaman 15 hst

SK	JK	DB	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Ulangan	1,33	2	0,66		
Perlakuan	1,75	8	0,22	0,30 ^{TN}	2,59
Galat	11,49	16	0,72		
Total	14,57	26	0,56		

Tabel 2. Anova jumlah daun 15 hst

SK	JK	DB	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Ulangan	0,11	2	0,05		
Perlakuan	3,03	8	0,38	0,51 ^{TN}	2,59
Galat	11,97	16	0,75		
Total	15,11	26	0,58		

Tabel 3. Anova tinggi tanaman 22 hst

SK	JK	DB	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Ulangan	1,98	2	0,99		
Perlakuan	6,01	8	0,75	0,44 ^{TN}	2,59
Galat	27,28	16	1,70		
Total	35,27	26	1,36		

Tabel 4. Anova jumlah daun 22 hst

SK	JK	DB	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Ulangan	0,63	2	0,31		
Perlakuan	5,31	8	0,66	0,80 ^{TN}	2,59
Galat	13,21	16	0,83		
Total	19,15	26	0,74		

Tabel 5. Anova tinggi tanaman 29 hst

SK	JK	DB	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Ulangan	0,97	2	0,48		
Perlakuan	14,31	8	1,79	2,08 ^{TN}	2,59
Galat	13,73	16	0,86		
Total	29,01	26	1,12		

Tabel 6. Anova jumlah daun 29 hst

SK	JK	DB	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Ulangan	3,5	2	1,73		
Perlakuan	41,5	8	5,19	1,85 ^{TN}	2,59
Galat	44,7	16	2,80		
Total	89,7	26	3,45		

Tabel 7. Anova tinggi tanaman 36 hst

SK	JK	DB	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Ulangan	3,18	2	1,59		
Perlakuan	13,08	8	1,63	1,13 ^{TN}	2,59
Galat	23,07	16	1,44		
Total	39,33	26	1,51		

Tabel 8. Anova jumlah daun 36 hst

SK	JK	DB	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Ulangan	0,23	2	0,12		
Perlakuan	74,94	8	9,37	1,46 ^{TN}	2,59
Galat	102,41	16	6,40		
Total	177,58	26	6,83		

Tabel 9. Anova tinggi tanaman 43 hst

SK	JK	DB	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Ulangan	1,42	2	0,71		
Perlakuan	16,79	8	2,10	2,14 ^{TN}	2,59
Galat	15,72	16	0,98		
Total	33,92	26	1,30		

Tabel 10. Anova jumlah daun 43 hst

SK	JK	DB	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Ulangan	1,68	2	0,84		
Perlakuan	119,63	8	14,95	2,44 ^{TN}	2,59
Galat	98,00	16	6,12		
Total	219,31	26	8,43		

Tabel 11. Anova tinggi tanaman 50 hst

SK	JK	DB	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Ulangan	1,42	2	0,71		
Perlakuan	16,79	8	2,10	2,14 ^{TN}	2,59
Galat	15,72	16	0,98		
Total	33,92	26	1,30		

Tabel 12. Anova jumlah daun 50 hst

SK	JK	DB	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Ulangan	1,68	2	0,84		
Perlakuan	119,63	8	14,95	2,44 ^{TN}	2,59
Galat	98,00	16	6,12		
Total	219,31	26	8,43		

Tabel 13. Anova jumlah polong

SK	JK	DB	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Ulangan	2,95	2	1,48		
Perlakuan	87,97	8	11,00	1,58 ^{TN}	2,59
Galat	111,26	16	6,95		
Total	202,18	26	7,78		

Tabel 14. Anova bobot polong segar

SK	JK	DB	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Ulangan	73,07	2	36,53		
Perlakuan	566,58	8	70,82	4,29 *	2,59
Galat	264,42	16	16,53		
Total	904,07	26	34,77		

Tabel 15. Anova intensitas penyakit hawar kedelai pada bagian daun

SK	JK	DB	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Ulangan	0,18	2	0,09		
Perlakuan	49,57	8	6,20	3,33 *	2,59
Galat	29,74	16	1,86		
Total	79,49	26	3,06		

Tabel 16. Anova intensitas penyakit hawar kedelai pada bagian tangkai

SK	JK	DB	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Ulangan	0,07	2	0,037		
Perlakuan	154,07	8	19,259	52,00 **	2,59
Galat	5,93	16	0,370		
Total	160,07	26	6,157		

Tabel 17. Anova intensitas penyakit hawar kedelai pada bagian polong

SK	JK	DB	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Ulangan	1,03	2	0,51		
Perlakuan	644,31	8	80,54	15,19 **	2,59
Galat	84,83	16	5,30		
Total	730,17	26	28,08		

Tabel 18. Anova diameter zona bening 24 jam

SK	JK	DB	KT	F. Hitung	F. Tabel 5%
Perlakuan	17,37	8	2,17	34,15**	2,51
Galat	1,14	18	0,06		
Total	18,51	26			

Tabel 19. Anova diameter zona bening 48 jam

SK	JK	DB	KT	F. Hitung	F. Tabel 5%
Perlakuan	12,71	8	1,59	32,85**	2,51
Galat	0,87	18	0,05		
Total	13,58	26			

Tabel 20. Anova diameter zona bening 72 jam

SK	JK	DB	KT	F. Hitung	F. Tabel 5%
Perlakuan	10,87	8	1,36	11,59**	2,51
Galat	2,11	18	0,12		
Total	12,98	26			

