



**EFEKTIVITAS BEBERAPA ISOLAT *Actinomyces* SEBAGAI AGEN
PENGENDALI HAYATI CENDAWAN *Phakopsora pachyrhizi*
PENYEBAB PENYAKIT KARAT DAUN DAN
MENINGKATKAN PRODUKSI KEDELAI
(*Glycine max* (L.) Merrill)**

SKRIPSI

**OLEH :
TICTIC MEILINDA
NIM. 151510501120**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2021**



**EFEKTIVITAS BEBERAPA ISOLAT *Actinomyces* SEBAGAI AGEN
PENGENDALI HAYATI CENDAWAN *Phakopsora pachyrhizi*
PENYEBAB PENYAKIT KARAT DAUN DAN
MENINGKATKAN PRODUKSI KEDELAI
(*Glycine max* (L.) Merrill)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Agroteknologi (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Pertanian

Oleh :

TICTIC MEILINDA

NIM. 151510501120

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2021

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya tercinta, Ibunda Seni Wati dan Ayahanda Gunawan Widodo, suami Ahmad Zahri Al Arif, Anakku Muhammad Arkan Al Arif serta seluruh keluarga atas dukungan moral, dukungan materil, kasih sayang dan do'a yang di berikan sehingga menjadi sumber kekuatan bagi saya untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Pertanian.
2. Para Guru sejak SD sampai SMA dan seluruh Dosen Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan ilmu selama proses belajar dengan penuh kesabaran dan dedikasi yang tinggi.
3. Lisa Nadia Oktariyanik yang selama ini telah memberikan masukan dan selalu menemani saya dari awal sampai akhir penelitian
4. Semua teman-teman tercinta atas motivasi dan dukungan yang telah diberikan selama ini.
5. Almamater Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember yang saya cintai dan banggakan.

MOTTO

“Barang siapa menempuh jalan menuntut ilmu, maka Allah akan memudahkan jalannya untuk menuju surga”

(H.R. At Tirmidzi dan Abu Dawud)

“Engkau tak dapat meraih ilmu kecuali dengan 6 hal yaitu cerdas, selalu ingi tahu, tabah, punya bekal dalam menuntut ilmu, bimbingan dari guru dan dalam waktu yang lama”

(Ali Bin Abi Thalib)

“Ilmu lebih utama daripada harta. Sebab ilmu warisan para nabi adapun harta adalah warisan Qorun, Firaun dan lainnya. Ilmu lebih utama daripada harta karena ilmu menjaga kamu, kalau harta kamulah yang menjaganya.”

(Ali Bin Abi Thalib)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tictic Meilinda

NIM : 151510501120

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“EFEKTIVITAS BEBERAPA ISOLAT *Actinomyces* SEBAGAI AGEN PENGENDALI HAYATI CENDAWAN *Phakopsora pachyrhizi* PENYEBAB PENYAKIT KARAT DAUN DAN MENINGKATKAN PRODUKSI KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 2021

Yang Menyatakan,

Tictic Meilinda
NIM. 151510501120

SKRIPSI

EFEKTIVITAS BEBERAPA ISOLAT *Actinomyces* SEBAGAI AGEN

PENGENDALI HAYATI CENDAWAN *Phakopsora pachyrhizi*

PENYEBAB PENYAKIT KARAT DAUN DAN

MENINGKATKAN PRODUKSI KEDELAI

(*Glycine max* (L.) Merrill)

Oleh :

**Tictic Meilinda
NIM. 151510501120**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Skripsi : Dr. Ir. Rachmi Masnilah, M.Si.
NIP. 196301021988022001

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**EFEKTIVITAS BEBERAPA ISOLAT *Actinomycetes* SEBAGAI AGEN PENGENDALI HAYATI CENDAWAN *Phakopsora pachyrhizi* PENYEBAB PENYAKIT KARAT DAUN DAN MENINGKATKAN PRODUKSI KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)**” telah diuji dan disahkan pada:

Hari :
Tanggal :
Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Skripsi,

Dr. Ir. Rachmi Masnilah, M.Si
NIP. 196301021988022001

Dosen Penguji I,

Irwanto Sucipto S.P., M.Si.
NIP. 760017037

Dosen Penguji II,

Ir. Gatot Subroto
NIP. 196301141989021001

Mengesahkan,
Dekan

Prof. Dr. Ir. Soetriono, MP
NIP. 196403041989021001

RINGKASAN

“EFEKTIVITAS BEBERAPA ISOLAT *Actinomycetes* SEBAGAI AGEN PENGENDALI HAYATI CENDAWAN *Phakopsora pachyrhizi* PENYEBAB PENYAKIT KARAT DAUN DAN MENINGKATKAN PRODUKSI KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)”; Tictic Meilinda; 151510501120; Program Studi Agroteknologi; Fakultas Pertanian; Universitas Jember

Kedelai merupakan salah satu komoditas kacang-kacangan yang mengandung protein nabati yang sangat penting, baik karena kandungan gizinya aman untuk dikonsumsi dan memiliki nilai jual yang terjangkau oleh masyarakat. Protein yang terkandung mencapai 34%, sehingga sangat diminati sebagai sumber protein nabati yang relatif murah di dibandingkan dengan protein hewani. Kedelai juga memiliki kandungan nutrisi yang merupakan salah satu sumber energi, dimana 100 gramnya mengandung sekitar 450 kalori. Kedelai juga mengandung minyak kedelai, serat dan beberapa jenis mineral serta lemak. Salah satu pembatas dalam upaya peningkatan hasil produksi, kualitas dan kuantitas kedelai adalah serangan penyakit.

Penyakit yang menyerang pada tanaman kedelai adalah penyakit karat daun. Penyakit karat daun yang disebabkan oleh cendawan *Phakopsora pachyrhizi* merupakan penyakit penting yang terdapat pada kedelai. Penyakit tersebut dapat menurunkan hasil karena daun-daun yang terserang akan mengalami defoliasi (perontokan daun) lebih awal sehingga akan mengakibatkan beratnya biji dan jumlah polong yang bervariasi antara 10-90%, tergantung pada fase perkembangan tanaman, lingkungan dan varietas kedelai. Dengan demikian, perlu adanya pengendalian menggunakan agens hayati seperti penggunaan *Actinomycetes*. *Actinomycetes* merupakan bakteri gram positif berbentuk batang yang umumnya hidup di tanah, namun ada juga ditemukan pada jaringan tanaman (batang, daun, akar) sehat dan menghasilkan sumber senyawa bioaktif yang memberi lebih banyak keuntungan seperti produksi antibiotik, antikanker, antibakteri, dan fitohormon yang disebut *Actinomycetes* endofit.

Penelitian bertujuan Untuk mengetahui efektivitas beberapa isolat *Actinomyces* dalam menghambat penyakit karat daun *Phakopsora pachyrhizi* serta mengetahui pengaruh aplikasi beberapa isolat *Actinomyces* dalam meningkatkan produksi kedelai. Penelitian ini dilakukan di Greenhouse HPT Fakultas Pertanian, Universitas Jember dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan masing-masing perlakuan dilakukan 5 kali ulangan yang terdiri dari 3 sampel tanaman sehingga didapati 25 satuan percobaan dan 75 tanaman yang uji. Perlakuan yang di uji untuk pengujian secara *in-vivo* dengan bakteri *Actinomyces* kerapatan 1×10^8 .

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Actinomyces* pada kode isolat PM2 yang paling konsisten menekan pertumbuhan *Phakopsora Pachyrhizi* secara *In Vivo* dengan persentase 64,98%. *Actinomyces* dengan kode isolat PM1 memiliki persentase menekan penyakit karat daun terbaik kedua dengan jumlah persentase 60,10%. Isolat actinomyces dengan kode isolat RT2 memiliki persentase kategori cukup mampu mekenan penyakit karat daun dengan jumlah persentase 56,22% serta isolat *Actinomyces* dengan kode RT1 memiliki jumlah persentase paling rendah namun masih dalam kategori cukup mampu dalam menekan penyakit karat daun dengan persentase yaitu sebesar 46,39%. hasil persentase keparahan penyakit karat daun pada pengamatan 63 HSI diperoleh keparahan tertinggi yaitu pada perlakuan kontrol sebesar 64,76% dan nilai keparahan penyakit terendah pada isolat *Actinomyces* putri malu PM2 sebesar 37,14%. *Actinomyces* PM2 memiliki nilai keparahan penyakit terendah dibandingkan dengan isolat lainnya, hal ini disebabkan isolat PM2 memiliki sifat yang paling konsisten dan dapat menghambat pertumbuhan patogen *P. pachyrhizi*.

Kata Kunci : *Actinomyces*, Kedelai, *Phakopsora Pacyrhizi*

SUMMARY

“EFEKTIVITAS BEBERAPA ISOLAT *Actinomycetes* SEBAGAI AGEN PENGENDALI HAYATI CENDAWAN *Phakopsora pachyrhizi* PENYEBAB PENYAKIT KARAT DAUN DAN MENINGKATKAN PRODUKSI KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)”; Tictic Meilinda; 151510501120; Program Studi Agroteknologi; Fakultas Pertanian; Universitas Jember

Soybean (*Glycine max*) is one of the legume commodities that contain very important vegetable protein, both because its nutritional content is safe for consumption and has an affordable selling value for the community. The protein contained reaches 34%, so it is in great demand as a relatively cheap source of vegetable protein compared to animal protein. Soybeans also contain nutrients which are a source of energy, where 100 grams contain about 450 calories. Soybeans also contain soybean oil, fiber and several types of minerals and fats. One of the limitations in efforts to increase soybean production, quality and quantity is disease.

The disease that attacks soybeans is leaf rust. Leaf rust disease caused by the fungus *Phakopsora pachyrhizi* is an important disease found in soybeans. The disease can reduce yields because the affected leaves will experience early defoliation (leaf drop) which will result in seed weight and pod number varying between 10-90%, depending on the stage of plant development, environment and soybean variety. Thus, it is necessary to control using biological agents such as the use of *Actinomycetes*. *Actinomycetes* are gram-positive rod-shaped bacteria that generally live in soil, but are also found in healthy plant tissues (stems, leaves, roots) and produce a source of bioactive compounds that provide more benefits such as the production of antibiotics, anticancer, antibacterial, and phytohormones called Endophytic *Actinomycetes*.

The aim of the study was to determine the effectiveness of several *Actinomycetes* isolates in inhibiting leaf rust disease of *Phakopsora pachyrhizi* and to determine the effect of the application of several *Actinomycetes* isolates in increasing soybean production. This research was conducted at the Greenhouse HPT Faculty of Agriculture, University of Jember using a Completely Randomized Design (CRD) with 5 treatments and each treatment was repeated 5 times consisting of 3 plant samples so that 25 experimental units were found and 75 plants were tested.

The treatments were tested for in-vivo testing with *Actinomycetes* bacteria with a density of 1×10^8 . The results showed that *Actinomycetes* in the PM2 isolate code the most consistently suppressed the growth of *Phakopsora Pachyrhizi* in vivo with a percentage of 64.98%. *Actinomycetes* with isolate code PM1 had the second best percentage of suppressing leaf rust disease with a total percentage of 60.10%. Isolat actinomycetes dengan kode isolat RT2 memiliki persentase kategori cukup mampu mekenan penyakit karat daun dengan jumlah persentase 56,22% serta isolat *Actinomycetes* dengan kode RT1 memiliki jumlah

persentase paling rendah namun masih dalam kategori cukup mampu dalam menekan penyakit karat daun dengan persentase yaitu sebesar 46,39%. The results of the percentage of leaf rust severity at 63 HSI observations obtained the highest severity in the control treatment at 64.76% and the lowest disease severity value in the *Actinomyces* Putri malu PM2 isolate at 37.14%. *Actinomyces* PM2 has the lowest disease severity value compared to other isolates, this is because PM2 isolates have the most consistent properties and can inhibit the growth of *P. pachyrhizi* pathogens.

Keywords: *Actinomyces*, Soybean, *Phaopsora Pachyrhizi*



PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat karunia dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**EFEKTIVITAS BEBERAPA ISOLAT *Actinomyces* SEBAGAI AGEN PENGENDALI HAYATI CENDAWAN *Phakopsora pachyrhizi* PENYEBAB PENYAKIT KARAT DAUN DAN MENINGKATKAN PRODUKSI KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)**”. Tak lupa sholawat dan salam tetap tercurahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW.

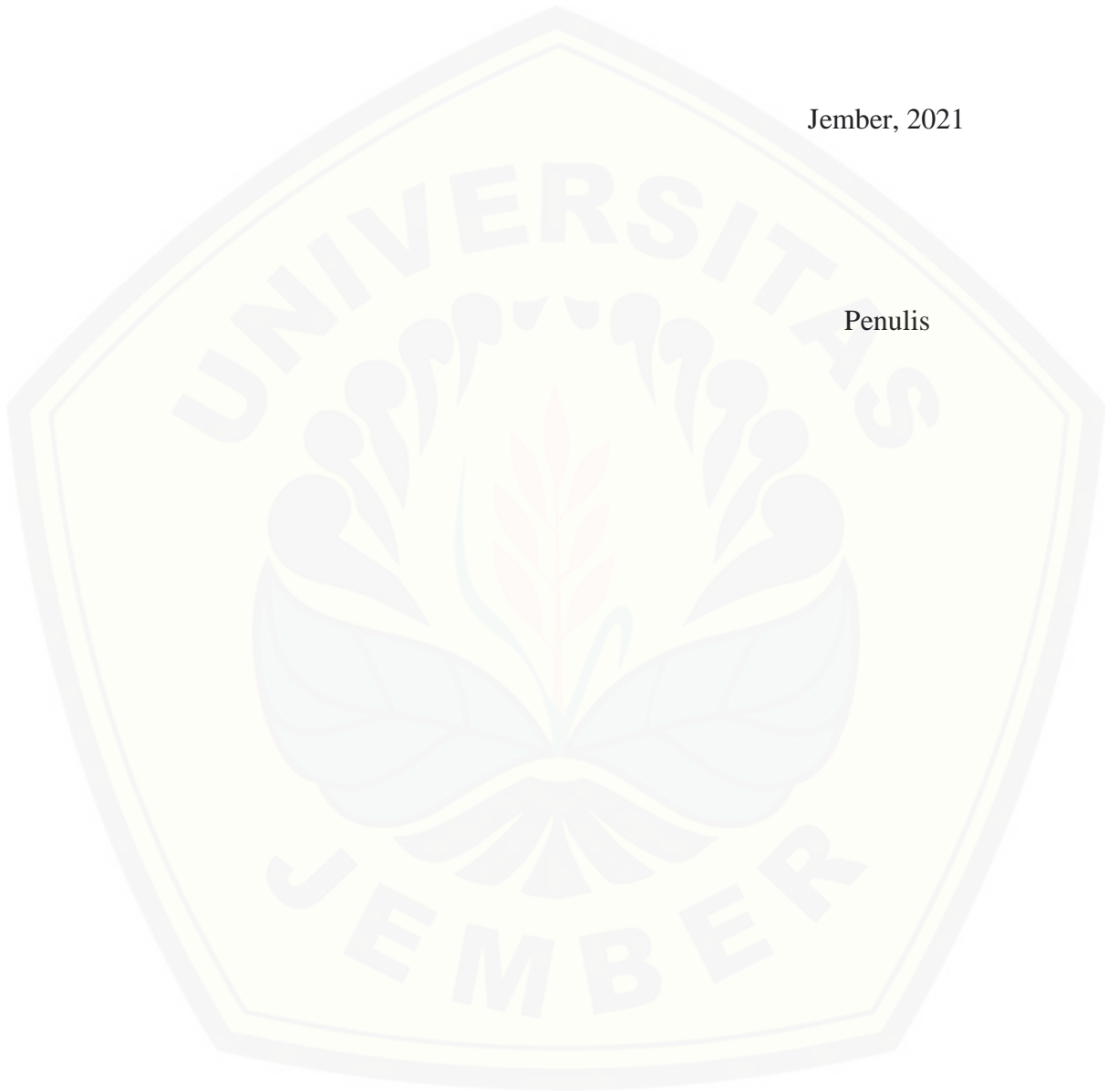
Dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari masukan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu ucapan terima kasih saya sampaikan kepada

1. Orang tua tercinta Ibu Seni Wati, ayah Gunawan Widodo, Suami Ahmad Zahri Al Arif, Anakku Muhammad Arkan Al Arif, dan seluruh keluarga yang telah memberikan do'a, nasihat, kasih sayang, dukungan semangat, moral, materi, dan segala hal yang telah diberikan sehingga terselesaikannya skripsi ini.
2. Ibu Dr. Ir. Rachmi Masnilah, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama untuk waktu, arahan, bimbingan, dan kesabaran selama membimbing penyusunan skripsi ini.
3. Irwanto Sucipto S.P., M.Si. selaku Dosen Penguji Utama untuk waktu, arahan, bimbingan, solusi, dan motivasinya selama penyusunan skripsi ini.
4. Ir. Gatot Subroto selaku Dosen Penguji Kedua untuk waktu, arahan, bimbingan, solusi, dan motivasinya selama penyusunan skripsi ini.
5. Lisa Nadia Oktariyanik yang selama ini telah memberikan masukan dan selalu menemani saya dari awal sampai akhir penelitian
6. Keluarga Ikatan Mahasiswa Agroteknologi (IMAGRO).
7. Alamamter Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang turut serta membantu dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.

Saya menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan dalam perbaikan skripsi ini. Akhir kata semoga skripsi ini dapat memberikan tambahan ilmu yang bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, 2021

Penulis



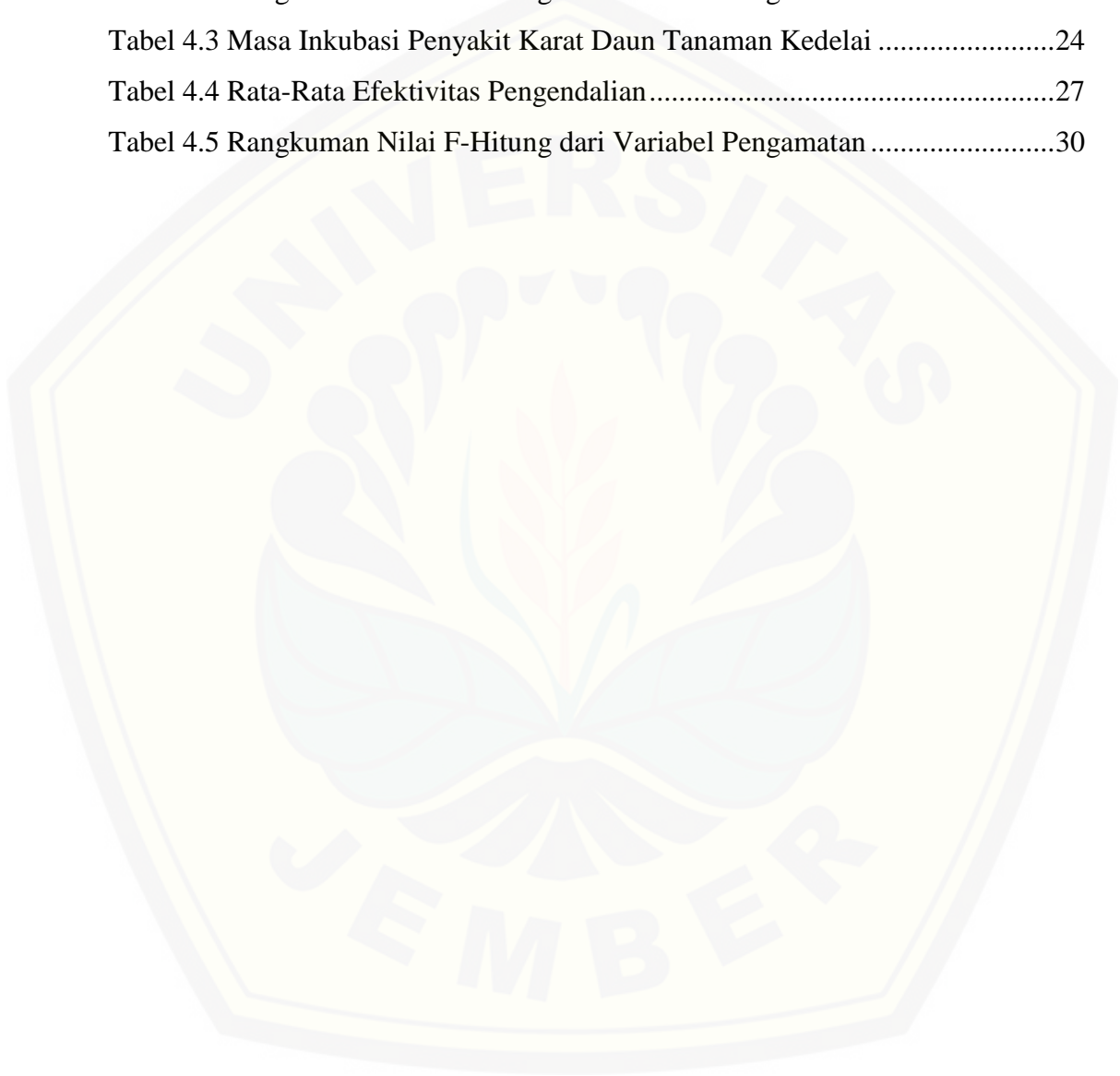
DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tanaman Kedelai (<i>Glycine max</i> (L.) Merril)	4
2.1.1 Deskripsi Tanaman Kedelai	4
2.1.2 Syarat Pertumbuhan Kedelai (<i>Glycine max</i> (L.) Merril)	5
2.2 Penyakit Karat Daun pada Tanaman Kedelai	6
2.2.1 Gejala dan Penyebab Penyakit.....	6
2.2.2 Epidemiologi.....	7
2.2 <i>Actinomyces</i>	8
2.3 <i>Actinomyces</i> sebagai Agens Pengendalian Hayati	10
2.4 Hipotesis	11

BAB 3. METODE PENELITIAN.....	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	12
3.2 Persiapan Penelitian.....	12
3.2.1 Alat dan Bahan.....	12
3.2.2 Peremajaan Isolat <i>Actinomyces</i>	12
3.2.3 Persiapan sumber Inokulum Patogen <i>Phakopsora pachyrhizi</i>	13
3.2.4 Persiapan Media Tanam.....	14
3.3 Pelaksanaan Penelitian.....	14
3.3.1 Rancangan Percobaan.....	14
3.3.2 Prosedur Penelitian.....	15
3.4 Variabel Pengamatan.....	16
3.5 Analisis Data.....	18
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1.1 Patogen <i>Phakopsora pachyrhizi</i> Penyebab Penyakit Karat Daun Tanaman Kedelai.....	19
4.1.2 Karakteristik <i>Actinomyces</i>	20
4.1.3 Pengaruh <i>Actinomyces</i> terhadap Perkembangan Penyakit Karat Daun <i>Phakopsora pachyrhizi</i>	23
4.1.4 Pengaruh <i>Actinomyces</i> terhadap Hasil Produksi Tanaman Kedelai. .	30
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
5.1 Kesimpulan.....	34
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Skoring penyakit karat daun kedelai berdasarkan jumlah bercak.....	17
Tabel 4.1 Karakteristik Isolat <i>Actinomyces</i>	20
Tabel 4.2 Rangkuman Nilai F-Hitung dari Variabel Pengamatan.....	23
Tabel 4.3 Masa Inkubasi Penyakit Karat Daun Tanaman Kedelai	24
Tabel 4.4 Rata-Rata Efektivitas Pengendalian.....	27
Tabel 4.5 Rangkuman Nilai F-Hitung dari Variabel Pengamatan.....	30

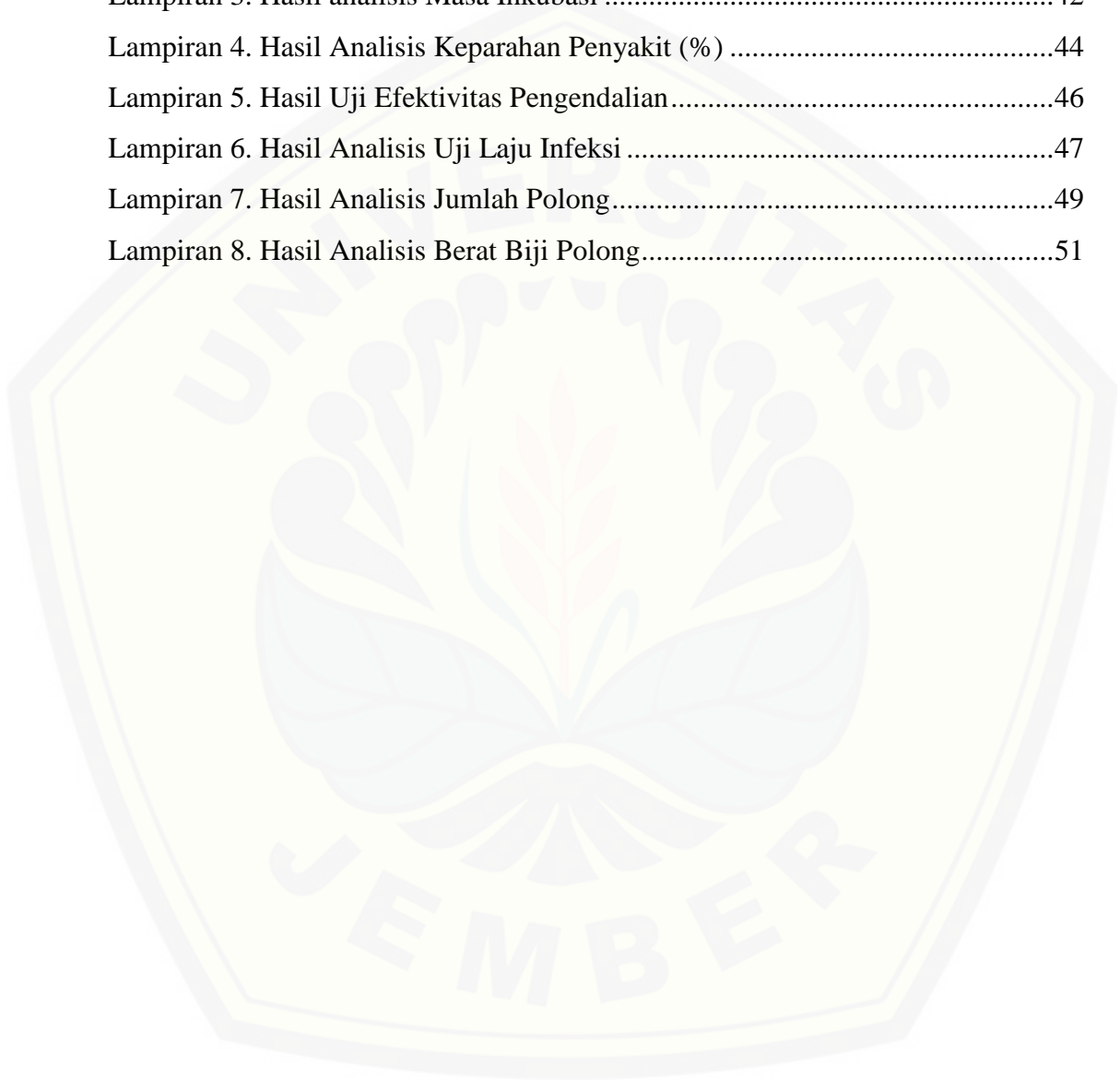


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gejala dan penyebab penyakit karat daun Menurut Khairani., (2014),7	
Gambar 2.2 Morfologi Koloni <i>Actinomyces</i> Menurut Pujiati., (2014)	10
Gambar 4.1 Karakteristik <i>Phakopsora pachyrhizi</i>	19
Gambar 4.2 Isolat <i>Actinomyces</i>	21
Gambar 4.3 Pangamatan Mikroskopis Miselium Isolat <i>Actinomyces</i> Perbesaran 1000x	22
Gambar 4.4 Pengujian Gram, dan Hipersensitif pada <i>Actinomyces</i> ;.....	23
Gambar 4.5 Gejala Serangan <i>P. Pachyrizi</i>	24
Gambar 4.6 Keparahan Penyakit Karat Daun Tanaman Kedelai.....	26
Gambar 4.7 Pengaruh Isolat <i>Actinomyces</i> yang Berbeda terhadap Keparahan Penyakit (%) pada Kedelai 63 HSI.....	26
Gambar 4.8 Laju Infeksi <i>P. pachyrhizi</i> pada Tanaman Kedelai	28
Gambar 4.9 Pengaruh Isolat <i>Actinomyces</i> Laju Infeksi pada Kedelai (r8)	29
Gambar 4.10 Jumlah Polong Tanaman Kedelai.....	30
Gambar 4.11 Berat Biji Per Tanaman Kedelai.....	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian di GreenHouse	40
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian Skala Laboratorium	41
Lampiran 3. Hasil analisis Masa Inkubasi	42
Lampiran 4. Hasil Analisis Keparahan Penyakit (%)	44
Lampiran 5. Hasil Uji Efektivitas Pengendalian.....	46
Lampiran 6. Hasil Analisis Uji Laju Infeksi	47
Lampiran 7. Hasil Analisis Jumlah Polong.....	49
Lampiran 8. Hasil Analisis Berat Biji Polong.....	51



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) yang berasal dari negara Cina dan kemudian dikembangkan ke berbagai negara, adalah tanaman semusim yang termasuk *family Leguminosae*. Kedelai merupakan salah satu komoditas kacang-kacangan yang mengandung protein nabati yang sangat penting, baik karena kandungan gizinya aman untuk dikonsumsi dan memiliki nilai jual yang terjangkau oleh masyarakat. Menurut Rante., (2013) Protein yang terkandung mencapai 34%, sehingga sangat diminati sebagai sumber protein nabati yang relatif murah di bandingkan dengan protein hewani. Kedelai juga memiliki kandungan nutrisi yang merupakan salah satu sumber energi, dimana 100 gramnya mengandung sekitar 450 kalori. Kedelai juga mengandung minyak kedelai, serat dan beberapa jenis mineral serta lemak. Di Indonesia kedelai umumnya dikonsumsi dalam bentuk olahan seperti tahu, tempe, kecap, susu kedelai dan berbagai makanan ringan. Dalam mendukung ketahanan pangan nasional, kedelai menjadi tanaman yang penting setelah padi, sehingga kedelai menjadi salah satu komoditas yang dapat menunjang pelaksanaan program diversifikasi pangan di Indonesia (Jayasumarta., 2012).

Kepadatan penduduk dan produktivitas lahan menyebabkan produksi kedelai sering kali mengalami fluktuasi. Menurut Badan Pusat Statistik., (2016) melaporkan bahwa produksi kedelai di provinsi Jawa Timur tahun 2017 sebesar 15,04 kw/ha. Fluktuasi terjadi dikarenakan adanya suatu perubahan iklim yang tidak menentu, sehingga produksi kedelai tidak stabil. Salah satu pembatas dalam upaya peningkatan hasil produksi, kualitas dan kuantitas kedelai adalah serangan penyakit. Penyakit yang menyerang pada tanaman kedelai adalah penyakit karat daun. Menurut Listanto, dkk., (2017) Penyakit karat daun yang disebabkan oleh cendawan *Phakopsora pachyrhizi* merupakan penyakit penting yang terdapat pada kedelai. Penyakit tersebut dapat menurunkan hasil karena daun-daun yang terserang akan mengalami defoliasi (perontokan daun) lebih awal sehingga akan

mengakibatkan beratnya biji dan jumlah polong yang bervariasi antara 10-90%, tergantung pada fase perkembangan tanaman, lingkungan dan varietas kedelai.

Menurut Pratama, dkk., (2013) Pengendalian secara umum yang dilakukan oleh cendawan *P. pachyrhizi* dengan menggunakan varietas tahan, kultur teknik dan kimiawi yang telah banyak digunakan oleh petani yang bertujuan untuk mendapatkan hasil dalam waktu yang relatif cepat, namun jika dilakukan dalam jangka panjang dapat menyebabkan ancaman bagi kerusakan tanah, organisme non target dan residu yang tinggi dapat menyebabkan patogen menjadi resisten. Penggunaan varietas tahan sering kali memiliki tipe ketahanan bersifat vertikal atau monogenik yaitu hanya tahan pada beberapa ras patogen sehingga dapat mempercepat proses resistensi penyakit dan laju infeksi apabila sudah terjadi awal. Dengan demikian, perlu adanya pengendalian menggunakan agens hayati seperti penggunaan *Actinomycetes*.

Actinomycetes merupakan bakteri yang umumnya banyak dijumpai pada berbagai jenis tanah karena populasinya mendominasi dalam tanah. Menurut Rahman *et al.*, (2011) *Actinomycetes* hidup sebagai saprofit dan aktif mendekomposisi bahan organik, sehingga dapat meningkatkan kesuburan tanah. *Actinomycetes* menghasilkan antibiotik yang dimana lebih dari setengahnya merupakan antibiotik yang efektif dalam bekerja untuk melawan bakteri, contohnya: Tetrasiklin, Streptomisin, Nistatin dan lain-lain. *Actinomycetes* dalam strukturnya merupakan bentuk antara jamur dan bakteri yang mampu menghasilkan zat anti mikroba dan asam amino yang dikeluarkan oleh bakteri bahan organik. *Streptomicetes* merupakan salah satu genus dari kelas *Actinomycetes* yang dapat menghasilkan antibiotik, enzim ekstraseluler dan senyawa penting lainnya (Sahilah *et al.*, 2010). Contoh potensi *Actinomycetes* dalam mengendalikan penyakit lain, seperti rebah kecambah *Sclerotium rolfsii*. *Actinomycetes* memiliki antibiotik yang berupa zat-zat yang mampu merusak dinding sel dan plasma dari patogen. Antibiotik yang dimiliki dapat menghambat dan mematikan patogen (Laila dkk.,2016). *Actinomycetes* merupakan mikroba yang tumbuh pada tanah yang subur sehingga keberadaan mikroba ini sering kali menjadi indikator tingkat kesuburan suatu lahan. *Actinomycetes* memiliki

spektrum yang luas sehingga sangat potensial mencengah penyakit rebah kecambah *Sclerotium rolfsii* (Pujiati, 2014).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu dilakukan pengkajian terkait kemampuan *Actinomycetes* dalam mengendalikan penyakit karat daun *Phakopsora pachyrhizi*. Diharapkan *Actinomycetes* dapat menghambat penyakit karat daun tanpa memunculkan strain baru patogen yang lebih virulen sehingga dapat digunakan sebagai alternatif teknik pengendalian yang tepat.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana efektivitas beberapa isolat *Actinomycetes* dalam menghambat penyakit karat daun *Phakopsora pachyrhizi* ?
2. Bagaimana potensi beberapa isolat *Actinomycetes* dalam meningkatkan produksi kedelai ?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui efektivitas beberapa isolat *Actinomycetes* dalam menghambat penyakit karat daun *Phakopsora pachyrhizi* ?
2. Untuk mengetahui pengaruh aplikasi beberapa isolat *Actinomycetes* dalam meningkatkan produksi kedelai ?

1.4 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai potensi dari beberapa isolat *Actinomycetes* dalam menghambat penyakit karat daun dan efektivitas beberapa isolat *Actinomycetes* sebagai agen pengendali hayati penyakit karat daun *Phakopsora pachyrhizi*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)

2.1.1 Deskripsi Tanaman Kedelai

Menurut Rukmana., (1996) klasifikasi tanaman kedelai adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Tracheophyta
Sub Divisi	: Spermatophytina
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Fabales
Famili	: Fabaceae
Genus	: <i>Glycine</i> Willd
Spesies	: <i>Glycine max</i> (L.) Merr.

Kedelai merupakan tanaman semusim, tumbuh tegak dan berbentuk semak. Organ utama tanaman kedelai seperti akar, daun, batang, polong dan biji mendukung pertumbuhannya agar bisa tumbuh optimal. Tanaman kedelai termasuk tanaman berakar tunggang serta memiliki sedikit serabut, batang tanaman kedelai memiliki lapisan epidermis pada bagian luarnya dan berkambium serta terdapat percabangan (Winarsih., 2010).

Tanaman kedelai memiliki perakaran yang terdiri dari dua macam, yaitu akar tunggang dan akar sekunder (serabut). Pertumbuhan akar tunggang ini mencapai 2 m bahkan lebih sesuai dengan pertumbuhan kedelai dan menembus bagian tanah dengan kedalam 30-50 cm. Sedangkan akar serabut mencapai kedalaam 20-30 cm. Batang dan cabang tanaman kedelai terdiri dari dua tipe, yaitu determinate dan inderterminate. Batang tipe determinate batang yang tidak tumbuh lagi saat tanaman mulai berbunga. Sementara batang tipe inderterminate di tandai dengan pucuk batang tanaman masih bisa tumbuh daun walaupun sudah mulai tumbuh bunga. Batang kedelai normal memiliki buku-buku berkisar 15-30 buah. Cabang pada tanaman kedelai memiliki jumlah cabang tergantung varietas

dan kondisi tanah. Daun tanaman kedelai berbentuk bulat oval dan lancip, kedua bentuk daun ini dapat dipengaruhi oleh faktor genetik. Secara umum bentuk daun kedelai ini memiliki bentuk daun yang lebar. Bunga tanaman kedelai adalah bunga sempurna. Bunga kedelai tumbuh di ketiak daun yang membentuk rangkaian bunga yang terdiri dari 3-15 buah bunga setiap tangkainya. Bunga kedelai berwarna kemerahan dan keunguan. Biji tanaman kedelai memiliki bentuk, ukuran dan warna yang sangat bervariasi tergantung dengan varietasnya. Bentuk biji bulat lonjong, bulat dan bulat pipih. Warna biji putih, kuning, hijau, cokelat hingga berwarna kehitaman. Ukuran biji kedelai memiliki ukuran kecil, sedang dan besar. Kedelai secara umum banyak di panen pada umur 75-110 HST.

2.1.2 Syarat Pertumbuhan Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)

Persyaratan tumbuh bagi tanaman kedelai meliputi keadaan iklim dan keadaan tanah, yaitu :

1. Keadaan Iklim

Tanaman kedelai dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik di daerah tropis. Tanaman ini dapat tumbuh di daerah yang memiliki ketinggian tempat 0-900 m dpl. Kondisi curah hujan yang ideal bagi tanaman kedelai lebih dari 1.500 mm/tahun dan curah hujan optimal antara 100-200 mm/bulan. Pertumbuhan terbaik diperoleh pada kisaran suhu antara 20⁰C-35⁰C. Suhu optimal berkisar antara 25⁰C-27⁰C, dengan kelembaban udara rata-rata 50%. Tanaman kedelai memerlukan intensitas cahaya penuh, dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik di daerah yang terkena sinar matahari selama 12 jam sehari (Pitojo., 2003).

2. Keadaan Tanah

Tanaman kedelai memerlukan tanah yang memiliki aerasi, drainase dan kemampuan dalam menahan air yang cukup baik. Tanah yang cocok untuk tanaman kedelai adalah tanah regosol, alluvial, latosol dan andosol. Tanah yang cukup lembab cocok untuk budidaya tanaman kedelai. Kelembaban tanah berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kedelai sejak perkecambahan benih hingga tanaman tua. Keadaan pH tanah yang sesuai untuk tanaman kedelai berkisar antara 5,8-7,0 (Suprapti., 2005).

2.2 Penyakit Karat Daun pada Tanaman Kedelai

Klasifikasi penyakit *Phakopsora pachyrhizi* :

Kingdom	: Fungi
Filum	: Basidiomycota
Kelas	: Pucciniomycetes
Ordo	: Pucciniales
Famili	: Phakopsoraceae
Genus	: <i>Phakopsora</i>
Spesies	: <i>Phakopsora pachyrhizi</i>

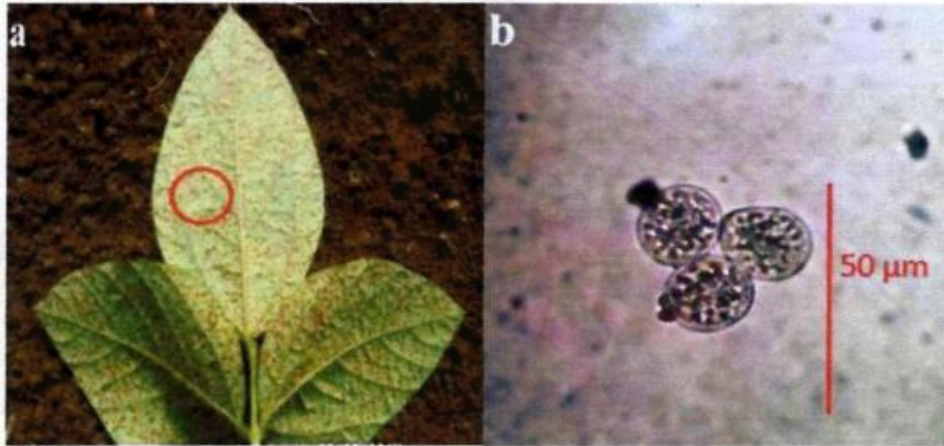
P. Pachyrhizi termasuk parasit obligat yang menyebabkan penyakit karat daun pada tanaman kedelai. Patogen ini memiliki dinding sel setebal 1-1,5 μm . Pertumbuhan patogen ini pada tanaman inang, seperti kerucut dan berdiameter sekitar 1-2 mm, dikelilingi oleh filamen berbentuk bola, berwarna kekuningan-coklat.

2.2.1 Gejala dan Penyebab Penyakit

Gejala awal penyakit karat pada tanaman kedelai di tandai dengan munculnya bercak kloritik kecil yang tidak beraturan pada permukaan daun. Pada umumnya gejala karat muncul pada permukaan bawah daun. Selain daun, gejala penyakit ini dapat tampak pula di buah, batang, pucuk, serta beberapa jaringan lain yang berklorofil. Penyakit karat juga menyebabkan deformasi, perubahan bentuk organ tanaman. Bercak karat daun tersebut kemudian berubah menjadi pustule. Pustul merupakan kumpulan dari uredium. Pustul yang telah matang akan pecah dan mengeluarkan tepung yang berwarna seperti karat besi. Tepung tersebut merupakan kantung spora yang disebut uredium dan berisi uredospora.

Penyakit karat menyebabkan daun menjadi kering dan rontok sebelum waktunya. Penyakit karat disebabkan oleh cendawan *P. Pachyrhizi*. Spora cendawan dibentuk dalam uredium dengan diameter 25-50 μm sampai 5-14 μm . Uredospora berbentuk bulat telur, memiliki warna kuning keemasan sampai coklat muda dengan diameter 18-34 μm sampai 15-24 μm . Permukaan uredospora bergerigi. Uredospora akan berkembang menjadi teliospora yang dibentuk dalam

telia. Telia berbentuk bulat panjang dan berisi 2-7 teliospora. Teliospora berwarna coklat tua berukuran 15-26 μm sampai 6-12 μm . Stadium teliospora jarang ditemukan di lapangan dan tidak berperan sebagai inokulum awal (Sumartini., 2010).



Gambar 2.1 Gejala dan penyebab penyakit karat daun Menurut Khairani., (2014),
a) Gejala Karat Daun Bawah Permukaan daun, b) Mikroskopis
Uredospora Phakopsora pachyrhizi

2.2.2 Epidemiologi

Epidemi didorong oleh panjangnya waktu daun dalam kondisi basah dengan temperatur kurang dari 28⁰C. Perkembangan spora dan penetrasi spora membutuhkan air bebas dan terjadi pada suhu 8-28⁰C. Uredia muncul pada 9-10 hari setelah infeksi dan urediospora diproduksi setelah 3 minggu patogen menyerang tanaman pada umur 3-4 MST. Kondisi lembab yang panjang dan periode dingin untuk menginfeksi daun-daun dan sporulasi. Penularan dan penyebaran urediniospora dibantu oleh hembusan angin pada waktu hujan. Patogen ini tidak ditularkan melalui benih (Ramlan dan Nurjanani., 2011). Perkembangan penyakit karat daun kedelai sangat dipengaruhi oleh faktor kelembapan, kecepatan angin, dan konsentrasi spora yang tersebar di udara. Penyakit karat menyerang daun-daun kedelai yang agak tua, mulai saat tanaman berbunga hingga biji-biji berkembang penuh. Infeksi awal dimulai dari daun-daun pada batang sebelah bawah dan terus menyebar pada daun sebelah atas. Serangan

patogen ini mengakibatkan biji-biji kedelai tidak berisi dan bahkan hampa. Menurut Dahlan dan Mansyurdin (1989) daun yang lebih tua lebih rentan bila dibandingkan dengan daun yang lebih muda di atasnya.

2.2 *Actinomycetes*

Actinomycetes merupakan bakteri dan mikroba uniseluler yang dapat membentuk miselium sangat halus dan bercabang-cabang. *Actinomycetes* adalah mikroba mirip jamur karena membuat jaringan miselium yang terdiri dari benang bercabang. Akan tetapi, *Actinomycetes* sebenarnya merupakan bakteri sejati yang memiliki sifat gram positif, tidak bergerak, berupa benang-benang yang memecah menjadi bentuk batang dan kokus. Sifat umum yang dimiliki *Actinomycetes* yaitu: memiliki garis tengah hifa dan spora hampir sama dengan fragmentasi atau oidia, beberapa *Actinomycetes* yang bersifat patogen tidak menghasilkan miselium. Menurut Gupte., (1990) *Actinomycetes* merupakan mikroorganisme endofit yang mampu melakukan sesuatu dengan cara mendegradasi selulosa. *Actinomycetes* tidak toleran terhadap kondisi asam sehingga semakin asam kondisi tanah maka keberadaan atau populasi *Actinomycetes* terutama *Streptomyces* di dalam tanah akan menurun. *Actinomycetes* hidup sebagai organisme saprofit dan aktif dalam proses dekomposisi bahan organik sehingga memiliki kemampuan untuk meningkatkan kesuburan tanah (Rahman *et al.*, 2011).

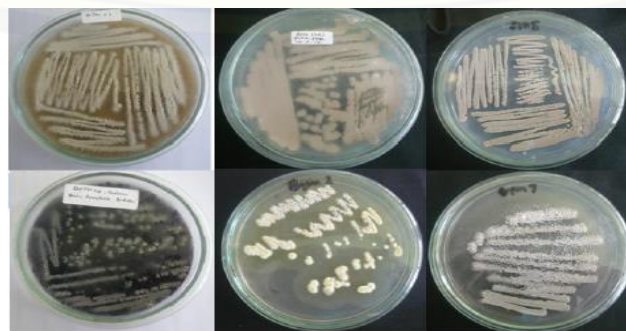
Actinomycetes termasuk organisme gram positif yang bersifat anaerob dan tumbuh dalam filamen bercabang. Menurut Ristiati., (2000) Sebagian besar kelompok *Actinomycetes* yang memiliki filamen-filamen yang panjang dan bercabang serta konidia yang membentuk rantai panjang. Adapun sifat-sifat *Actinomycetes* yang dikatakan mirip fungi antara lain: beberapa genus *Actinomycetes* memiliki miselium bercabang misalnya *Streptomyces* dan *Micromospora* dan sebagian besar *Actinomycetes* mempunyai miselium dan konidia yang menyerupai fungi. Menurut Ambarawati., (2007) Terdapat 2 hal yang dapat membedakan antara fungi dan dengan *Actinomycetes* yaitu: *Actinomycetes* mampu membentuk hifa dengan diameter 0,5-1,0 μm sehingga

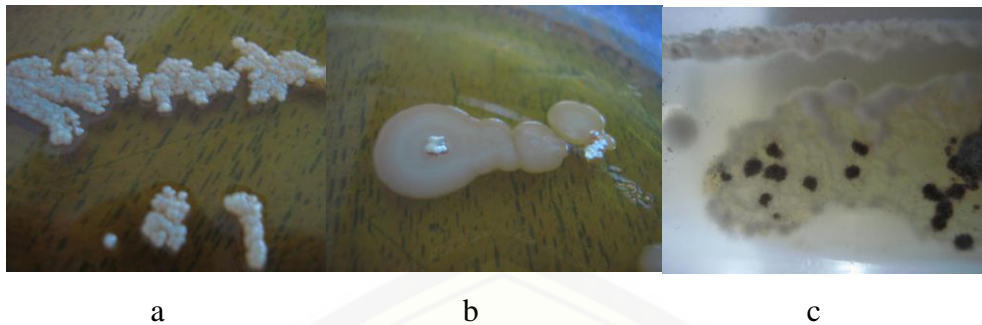
lebih kecil dari hifa fungi yang umumnya berdiameter 3,0-8,0 μm dan *Actinomycetes* tidak memiliki nukleus sejati sehingga dimasukkan ke dalam sel prokariotik.

Menurut Wesley dan Wheeler., (1993) Marga *Streptomyces* yang memiliki ciri seperti *Actinomycetes* lainnya yaitu tumbuh sebagai filamen panjang bercabang, membentuk spora udara yang disebut konidia dan memiliki kemampuan dalam memproduksi antibiotika berupa streptomisin dan aktinomisin. Morfologi koloni *Actinomycetes* berwarna buram, tidak mengkilat dan melekat kuat pada media agar. Menurut Agrios., (1997) Ciri morfologi *Streptomyces* yaitu pertumbuhan koloninya lambat, aerobik, cenderung berwarna abu-abu dan memiliki miselium udara. Sebagian besar isolat *Actinomycetes* dari golongan *Streptomyces* memiliki bentuk bulat, tidak beratur dengan warna yang bervariasi, adanya pola seperti bintang atau pola guratan pada bentuk koloninya. Sedangkan berdasarkan ciri mikroskopisnya memiliki hifa dan spora yang mengelompok atau berantai dan membentuk hifa aerial aseptat dengan bentuk percabangan yang kompleks (Tasnim *et al.*, 2011).

Actinomycetes dapat tumbuh dalam kisaran pH 6,5-8,0. Besar kecilnya Ph dapat mempengaruhi banyak sedikitnya populasi *Actinomycetes* yang terdapat dalam tanah. *Actinomycetes* dapat meningkat populasinya dengan adanya suatu bahan organik yang telah mengalami proses dekomposisi. Pertumbuhan *Actinomycetes* berbeda dengan bakteri karena pertumbuhannya sangat lambat. Bakteri dapat tumbuh dalam waktu ± 24 jam sedangkan *Actinomycetes* dapat tumbuh setelah 5 hari. *Actinomycetes* memiliki temperatur optimal untuk pertumbuhannya yaitu 25-30°C (Doolotkeldieva dan Bobusheva., 2016).

A





Gambar 2.2 Morfologi Koloni *Actinomycetes* Menurut Pujiati., (2014) A: koloni *Actinomycetes* yang telah dimurnikan B: *Actinomycetes* yang berhasil diisolasi dari tanah pekarangan, a) *Nocardia*, b) *Streptomyces*, c) *Nocardiosis*.

2.3 *Actinomycetes* sebagai Agens Pengendalian Hayati

Actinomycetes dikenal sebagai bakteri yang memiliki proses pertumbuhan yang lambat tetapi mampu menghasilkan suatu senyawa metabolit sekunder yang bermanfaat. Menurut Kumalasari, dkk., (2012) *Actinomycetes* menjadi sumber dari 70% antibiotik, enzim ekstraseluler dan senyawa penting bioaktif komersial lainnya. Mikroba yang berperan sebagai penghasil antimikroba atau antibiotik berasal dari golongan fungi, *Actinomycetes* bakteri antagonis dan beberapa mikroba lainnya. Antibiotik yang dihasilkan oleh mikroba *Actinomycetes* sebesar 70%, dihasilkan oleh fungi sebesar 20% dan dihasilkan oleh bakteri lain sebesar 10%. Hasil antibiotik paling besar didapatkan oleh *Actinomycetes* dari golongan *Streptomyces*. *Streptomyces* sebagai produsen antibiotik berpotensi untuk mendetoksifikasi mikotoksin berbahaya yang dapat dihasilkan oleh cendawan tertentu dan memiliki fungsi untuk menghambat, menekan dan mengendalikan infeksi dari patogen (Fyans *et al.*, 2016).

Actinomycetes yang berperan sebagai mikroba utama produsen antibiotik yaitu golongan *Streptomyces* berupa Eritromisin, Antinomisin, Neomisin Stretomisin dan Novobiosin. Menurut Joseph *et al.*, (2016). *Actinomycetes* selain memiliki fungsi sebagai produsen antibiotik, bakteri ini juga memiliki kemampuan dalam mendegradasi suatu senyawa selulosa, lignin, kitin, lateks, pektin, aromatic dan senyawa alkohol, sehingga selain berpotensi sebagai agens hayati juga dapat berotensi dalam meningkatkan kesuburan tanah. Mekanisme

kerja isolat *Actinomycetes* dalam menghambat penyakit yang muncul yaitu: 1) isolat *Actinomycetes* menghasilkan antibiotik yang berpotensi menekan, menghambat dan mengendalikan infeksi dari patogen. 2) memicu ketahanan tanaman. 3) sebagai kompetitor dalam memperebutkan makan, ruang dan nutrisi dalam tanah. Berdasarkan penelitian Purnomo dkk., (2017) juga menyatakan bahwa perbedaannya hambat diakibatkan dari antibiotik yang dihasilkan memiliki mekanisme kerja yang berbeda-beda yaitu ada yang merusak dinding sel, mengganggu fungsi membran sel serta mengganggu sintesis protein dan asam nukleat.

Penelitian menurut Tasnim., *et al* (2011) *Actinomycetes* memiliki kemampuan dalam menekan pertumbuhan bakteri *Erwina* sp dalam penelitian dari ke 8 isolat. Hal tersebut dikarenakan *Actinomycetes* khususnya dari golongan *Streptomyces* mampu menghasilkan senyawa baik berupa enzim hidrolitik ekstraseluler atau antibiotik. Persentase daya hambat yang terbentuk terhadap patogen *Erwina* sp. kurang dari 50% hal ini dikarenakan suatu kemampuan *Actinomycetes* dalam membentuk suatu antibiotik atau menghasilkan enzim sangat dipengaruhi oleh kondisi kultivasi seperti medium biakan, suhu, waktu inkubasi dan pH. Mekanisme suatu penghambatan yang terbentuk dari aktivitas yang dilakukan *Actinomycetes* yaitu perubahan permeabilitas sel dan menghambat kerja enzim yang berperan dalam perubahan bakteri, merusak dan menghambat proses pembentukan dinding sel. Menurut Sudarma (2010), *Actinomycetes* khususnya isolate *Streptomyces* sp. dapat mengendalikan patogen jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*.

2.4 Hipotesis

1. Aplikasi beberapa isolat *Actinomycetes* berpotensi menghambat penyakit karat daun *Phakopsora pachyrhizi* pada kedelai
2. Aplikasi beberapa isolat *Actinomycetes* berpotensi dalam meningkatkan produksi kedelai

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tentang “Efektivitas Beberapa Isolat *Actinomyces* Sebagai Agen Pengendali Hayati Cendawan *Phakopsora pachyrhizi* Penyebab Penyakit Karat Daun dan Meningkatkan Produksi Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)” akan dilaksanakan pada bulan Juli 2019 – selesai. Bertempat di Green House Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Jember dan Laboratorium Penyakit Produksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jember.

3.2 Persiapan Penelitian

3.2.1 Alat dan Bahan

Alat yang di gunakan dalam penelitian ini antara lain Laminar Air Flow (LAF), Autoklaf, vortex, cawan petri, tabung reaksi, mikropipet, gelas objek, jarum Ent, tabung erlenmeyer, jarum ose, hand sprayer, bunsen, meteran, timbangan, plastik wrap, bak perkecambahan berukuran 30 x 38 x 7 cm dan kamera.

Bahan yang digunakan media Yeast Peptone Glucose Agar (YPGA), benih kedelai, Kompos. Bahan lain yang dibutuhkan dalam penelitian yakni tanah dan pasir sebagai media tanam, Alkohol, air steril, dan kertas label.

3.2.2 Peremajaan Isolat *Actinomyces*

Isolat antagonis yaitu *Actinomyces* yang telah diperoleh dari Laboratorium Penyakit Produksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jember koleksi dari saudara Khairul Anam yang berasal dari tanaman yang berbeda, di antaranya yaitu berasal dari tanaman Putri Malu dan Rumput Teki yang masing-masing menghasilkan 2 isolat yaitu PM1 dan PM2 untuk tanaman Putri Malu dan RT1 dan RT2 dari tanaman Rumput Teki.

Uji Gram

Uji gram di lakukan untuk mengetahui apakah isolat menghasilkan reaksi positif atau reaksi negatif. Pengujian yang dilakukan, gelas objek yang akan

digunakan dibersihkan terlebih dahulu menggunakan alkohol 70%, dan dikeringkan diatas Bunsen. Isolat bakteri yang telah berumur 24 jam diambil satu ose kemudian diletakkan pada gelas objek yang telah ditetesi dengan KOH 3%, bakteri dan KOH 3% diaduk dan dicampur hingga rata. Setelah rata jarum ose diangkat perlahan-lahan. Apabila bakteri tersebut lengket atau terangkat maka bakteri tersebut bereaksi positif dan termasuk gram negatif namun apabila sebaliknya jika bakteri tidak lengket maka tergolong dalam gram positif bereaksi negatif (Chatri., 2016).

Uji Hipersensitif (HR)

Pengujian Hipersensitif akan dilakukan dengan cara membuat suspensi bakteri dari biakan yang telah diinkubasi selama ± 48 jam, kemudian membuat seri pengenceran 1×10^9 cfu/ml. Hasil dari pengenceran tersebut diinokulasikan pada permukaan bawah daun tembakau. reaksi positif akan terlihat jelas jika pada bagian yang diinokulasikan suspensi bakteri terjadi nekrosis (Sallytha., 2013).

Pengamatan Meselium Udara

Metode Cultur Slide

Menyiapkan cawan petri steril yang didalamnya telah diberi kertas saring steril yang sudah dilembabkan menggunakan air steril. Meletakkan batang penahan berbentuk segitiga diatasnya diletakkan objek glass steril beserta penutupnya pada cawan petri tersebut. Kemudian mengambil media agar steril berukuran 1 cm^2 dipotong dari media YPGA dalam cawan petri steril lain dan diletakkan di atas gelas objek dengan menggunakan pisau atau alat pemotong steril. Kemudian *Actinomyces* diinkubasikan pada agar tersebut dan ditutup oleh gelas penutup steril. Setelah beberapa hari diinkubasi pada suhu kamar dan slide dapat diamati dengan menggunakan mikroskop pada perbesaran rendah sampai tinggi, lalu dilakukan identifikasi. Karakteristik dilakukan dengan mengamati morfologi koloni, rantai spora dengan slide culture dan pengecekan gram (Kumalasari dkk., 2012).

3.2.3 Persiapan sumber Inokulum Patogen *Phakopsora pachyrhizi*

Inokulum penyakit karat daun didapatkan melalui suspensi *Phakopsora pachyrhizi* yang diperoleh dari hasil tularan ke tanaman sehat dan menghasilkan

pustule karat daun kemudian mengorek pustul karat tersebut dari permukaan bawah daun kedelai yang sakit, kemudian di masukkan ke dalam beaker glass ukuran 1000 ml yang berisikan 1 liter air steril. Suspensi jamur kemudian di homogen kan menggunakan vortex dan kemudian di encerkan untuk mendapatkan konsentrasi suspensi 1×10^6 spora/ml dengan menggunakan *Heamacytometer* dan menghitung kerapatan spora menggunakan rumus (Catarino *et al.*, 2016) : C :

$$\frac{txd}{0,25xn} \times 10^6$$

Keterangan :

C : Kerapatan spora (konidia)/ml larutan

t : Banyaknya spora pada kotak haemocytometer

d : Faktor pengencer

n : Banyaknya kotak kecil yang diamati (5x16 kotak)

3.2.4 Persiapan Media Tanam

Pengambilan Tanah dilakukan di daerah Kecamatan Sukowono Kabupaten Jember dengan menggunakan cangkul. Media tanam yang di gunakan yakni menggunakan campuran tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 3:1 sebagai pupuk dasar. Tanah yang telah di campur dengan pupuk kandang kemudian dimasukkan ke dalam polybag ukuran 60x60 cm (Alia dan Wilia., 2011).

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan masing-masing perlakuan dilakukan 5 kali ulangan yang terdiri dari 3 sampel tanaman sehingga didapati 25 satuan percobaan dan 75 tanaman yang uji. Perlakuan yang di uji untuk pengujian secara *in-vivo* meliputi:

Keterangan:

P0 : Kontrol

P1 : Isolat *Actinomycetes* PM 1 dari Tanaman Putri Malu

P2 : Isolat *Actinomycetes* PM 2 dari Tanaman Putri Malu

P3 : Isolat *Actinomyces* RT 1 dari Tanaman Rumput Teki

P4 : Isolat *Actinomyces* RT 2 dari Tanaman Rumput Teki

P2U1	P3U3	P3U5	P1U3	P0U3
P1U1	P4U1	P4U4	P2U4	P2U2
P0U1	P0U5	P1U2	P2U3	P0U2
P3U2	P4U2	P3U1	P2U5	P4U5
P4U3	P1U5	P1U4	P3U4	P0U4

Keterangan:

P0, P1, P2, P3, P4 : Perlakuan

U1, U2, U3, U4, U5 :Ulangan

3.3.2 Prosedur Penelitian

3.3.2.1 Penanaman

Penanaman dilakukan dengan menanam benih kedelai pada media tanam steril sebanyak 3 benih per ulangan dengan kedalaman ± 3 cm dari permukaan tanah, sehingga terdapat 75 tanaman kedelai.

3.3.2.2 Aplikasi *Actinomyces*

Aplikasi *Actinomyces* dilakukan pada 10 hari setelah tanam dan 10 hari setelah inokulasi patogen tanaman kedelai. Aplikasi pertama yaitu 10 hari setelah tanam dengan cara menyemprotkan suspensi *Actinomyces* sebanyak 10 ml/tanaman kedelai dengan jumlah kerapatan 10^8 cfu/ml menggunakan *hand spayer* pada bagian bawah permukaan daun. Aplikasi kedua yaitu 10 hari setelah inokulasi dengan cara menyemprotkan suspensi *Actinomyces* sebanyak 10 ml/tanaman kedelai menggunakan *hand spayer* pada bagian bawah permukaan daun (Bhatti *et al.*, 2017).

3.3.2.3 Inokulasi Patogen

Inokulasi Uredospora *Phakopsora pachrhizi* dilakukan pada tanaman yang telah berumur 3 minggu setelah tanam Menurut Maman., (2014). Inokulasi dilakukan pada pagi hari. dengan cara menyemprotkan suspensi *Phakopsora pachyrhizi* sebanyak 10 ml/tanaman kedelai menggunakan *hand spayer* pada bagian bawah permukaan daun dengan kerapatan 10^6 cfu/ml. Setelah itu tanaman

disungkup dengan plastik. Pengamatan dilakukan 7 kali interval 7 hari dimulai pada 1 minggu setelah inokulasi (Catarino *et al.*, 2016)

3.3.2.4 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman kedelai meliputi pencabutan gulma dan penyiraman. Penyiraman tanaman dilakukan setiap 1 kali sehari, yaitu pada pagi hari. Pemupukan dilakukan bersamaan dengan penanaman. Setiap tanaman diberi 3 gram Urea, SP-36 5 gram dan KCl 5 gram (Alia dan Wilia, 2011).

3.4 Variabel Pengamatan

1. Masa inkubasi

Masa inkubasi diamati setiap hari mulai dari setelah inokulasi patogen pada tanaman hingga timbul gejala penyakit karat daun pada tanaman kedelai.

2. Keparahan Penyakit

Menurut Khairani., (2014) Keparahan penyakit dihitung berdasarkan terjadinya luas gejala klorosis pada daun setiap tanaman. Perhitungan tingkat keparahan penyakit dapat dinyatakan atau dihitung dalam rumus sebagai berikut :

$$K_{pP} = \frac{\sum(nixvi)}{N.V} \times 100 \%$$

Keterangan : ni = Jumlah tanaman terinfeksi pada skor ke-i

vi = skor ke-i

N = Jumlah tanaman yang diamati

V = Skor tertinggi

Nilai kategori yang digunakan berdasarkan penggolongan yaitu:

Tabel 3.1 Skoring penyakit karat daun kedelai berdasarkan jumlah bercak (Menurut Khairani., 2014).

Skor	Bercak Karat/daun(%)	Jumlah Bercak per cm ²
0	0 < x ≤ 5	0-10
1	5 < x ≤ 15	11-20
2	15 < x ≤ 25	21-40
3	25 < x ≤ 35	41-60
4	35 < x ≤ 45	61-80
5	45 < x ≤ 55	81-100

6	$55 < x \leq 65$	101-120
7	$x > 65$	121-140

3. Efektivitas

Efektivitas Menurut Gusnawaty., (2011) ditentukan berdasarkan rumus:

$$EP = \frac{I \text{ kontrol} - I \text{ perlakuan}}{I \text{ kontrol}} \times 100\%$$

Keterangan:

Ep : Efektivitas Pengendalian dengan Antagonis

I kontrol : Persentase Penyakit pada kontrol

I perlakuan : Persentase penyakit pada perlakuan dengan Antagonis

Kategori efektivitas pengendalian agens hayati Menurut Elfina dkk (2017), dapat digolongkan sebagai berikut :

Nilai Efektivitas Pengendalian	Keterangan
0	Tidak mampu
1-20 %	Sangat kurang mampu
>20 – 40 %	Kurang mampu
>40 – 60 %	Cukup mampu
>60 – 80 %	Mampu
>80%	Sangat mampu

4. Laju infeksi

Laju infeksi Menurut Khairani., (2014) ditentukan berdasarkan rumus berbunga majemuk yaitu:

$$r = \frac{e}{t} \left(\log \frac{X_t}{1-X_t} - \log \frac{X_o}{1-X_o} \right)$$

Keterangan:

r = Laju infeksi

e = Konstanta hasil konversi yang nilainya 2,3

t = Selang waktu pengamatan

Xt = Keparahan penyakit pada waktu-t

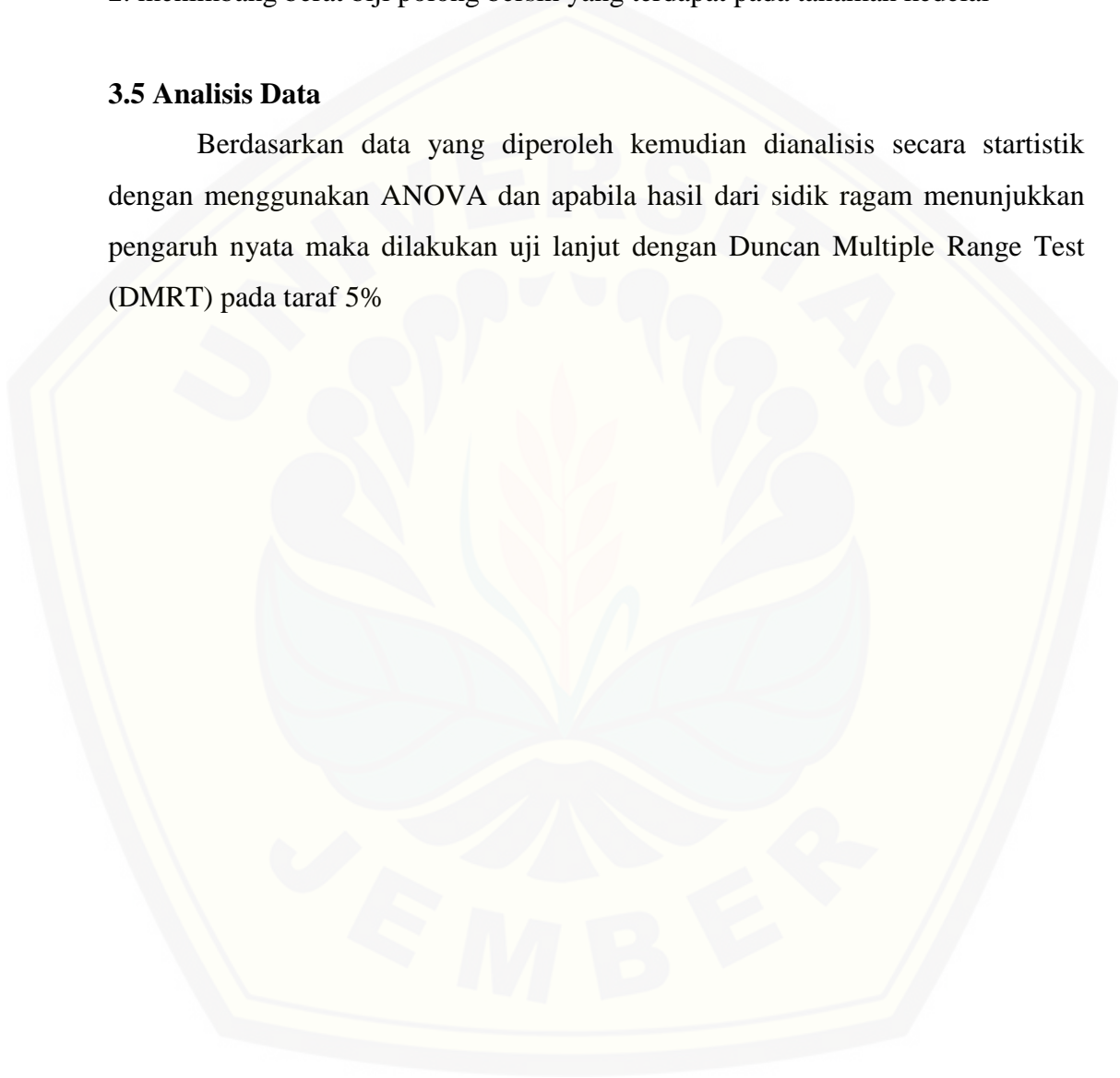
X_0 = Keparahan penyakit pada pengamatan sebelumnya

5. Hasil Produksi Kedelai

1. menghitung jumlah polong bersih yang terdapat pada tanaman kedelai
2. menimbang berat biji polong bersih yang terdapat pada tanaman kedelai

3.5 Analisis Data

Berdasarkan data yang diperoleh kemudian dianalisis secara statistik dengan menggunakan ANOVA dan apabila hasil dari sidik ragam menunjukkan pengaruh nyata maka dilakukan uji lanjut dengan Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5%



BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.1 Patogen *Phakopsora pachyrhizi* Penyebab Penyakit Karat Daun Tanaman Kedelai

a. Karakteristik *P. pachyrhizi* sebagai Patogen Penyebab Penyakit Karat Daun

Penyakit karat daun kedelai yang disebabkan oleh *Phakopsora Pachyrhizi* yang bersifat parasit obligat dan menghasilkan uredospora sebagai inokulum yang potensial untuk terjadinya epidemic penyakit. Uredia bentuknya seperti piknidium dan di pusat bagian uredia yang menonjol terbentuk lubang yang menjadi jalan keluarnya uredospora. Pengamatan mikroskopis pada penelitian yang telah dilakukan (Gambar 4.1) menunjukkan bahwa uredospora berbentuk bulat hingga bulat lonjong, berwarna hialin sampai coklat kekuning-kuningan. Perkembangan penyakit karat daun kedelai sangat dipengaruhi oleh faktor kelembaban, kecepatan angin dan konsentrasi spora yang tersebar di udara serta juga di bantu oleh percikan air. Penyakit karat menyerang daun-daun kedelai yang agak tua, mulai saat tanaman berbunga hingga biji-biji berkembang penuh. Infeksi awal dimulai dari daun-daun pada batang sebelah bawah dan terus menyebar pada daun sebelah atas. Serangan patogen ini mengakibatkan biji-biji kedelai tidak berisi dan bahkan hampa. Menurut Dahlan dan Mansyurdin (1989) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa daun yang lebih tua lebih rentan bila dibandingkan dengan daun yang lebih muda di atasnya.



Gambar 4.1 Karakteristik Uredospora *Phakopsora pachyrhizi*

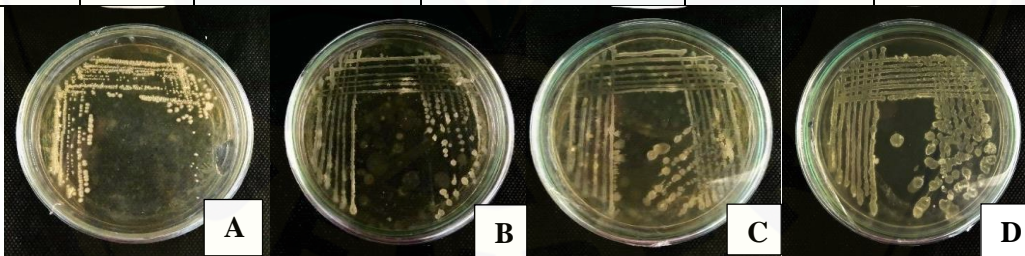
4.1.2 Karakteristik *Actinomycetes*

Isolat yang digunakan terdiri dari 2 isolat berasal dari putri malu (PM) dan 2 isolat berasal dari rumput teki (RT). Menurut Andriani dkk. (2013), secara makroskopis memiliki ciri-ciri antara lain yaitu koloni yang melekat pada permukaan media agar dengan koloni kecil yang terpisah berwarna putih dan berdebuk. Selain itu *Actinomycetes* dapat dibedakan dengan mudah dengan bakteri lainnya dilihat dari bentuk koloninya. *Actinomycetes* memiliki ciri-ciri koloni bulat dengan dengan elevasi timbul dan cembung, tepian rata tidak beraturan serta permukaan bertepung, licin, kasar atau keriput.

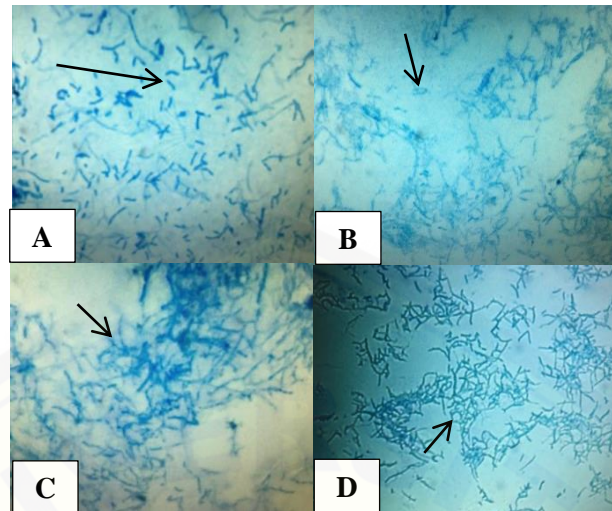
Isolat *Actinomycetes* yang digunakan telah di uji antagonis dengan menggunakan metode *dual culture* pada media YPGA. Uji antagonis dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan satu isolat *Actinomycetes* yang mampu menghasilkan senyawa antifungi terbaik serta memiliki konsistensi hambatan paling tinggi terhadap pertumbuhan hifa patogen *Phakoposora Pachyrhizi*. Berdasarkan hasil pengamatan dari keempat isolat *Actinomycetes* terdapat satu isolat yang paling mampu dan konsisten dalam menghambat pertumbuhan hifa patogen *phakopsora pachyrhizi* yaitu isolat *Actinomycetes* pada kode isolat PM2 yang merupakan isolat terbaik karena memiliki persentase hambatan sebesar 64,98% yang merupakan persentase hambatan paling besar. Keunggulan *Actinomycetes* PM2 dibandingkan *Actinomycetes* pada kode isolat lainnya yaitu selain memiliki persentase hambatan paling besar juga konsisten dalam mengambat pertumbuhan hifa patogen *phakopsora pachyrhizi*. Menurut Purnomo dkk., (2017) menyatakan bahwa bakteri genus *Streptomyces* yang termasuk dalam anggota *Actinomycetes* menghasilkan senyawa siderofor yang merupakan senyawa pengkelat ion besi. Ion besi diketahui memiliki peran penting dalam perkecambahan klamidospora jamur patogen sehingga tidak adanya ion besi perkecambahan klamidospora jamur patogen akan terhambat kemudian menurunkan laju pertumbuhan dari jamur patogen.

Tabel 4.1 Karakteristik Isolat *Actinomycetes*. Menurut Anam, K. (2019) sebagai berikut.

NO	Kode Isolat	Lokasi	Karakteristik Isolat	Morfologi Isolat	
				Warna Miselium Substrat	Warna Miselium Udara
1	PM 1	Perakaran gulma putri malu (sampel 1)	Tepian tidak beraturan, permukaan berkerut.	Putih	Putih
2	PM 2	Perakaran gulma putri malu (sampel 2)	Tepian tidak beraturan, berkerut, dan bertepung.	Abu-abu	Putih
3	RT 1	Perakaran gulma rumput teki (sampel 1)	Tepian tidak beraturan, berkerut, dan bertepung.	Abu-abu	Putih
4	RT 2	Perakaran gulma rumput teki (sampel 2)	Tepian tidak beraturan, berkerut, dan bertepung.	Abu-abu	Putih

Gambar 4.2 Isolat *Actinomycetes*

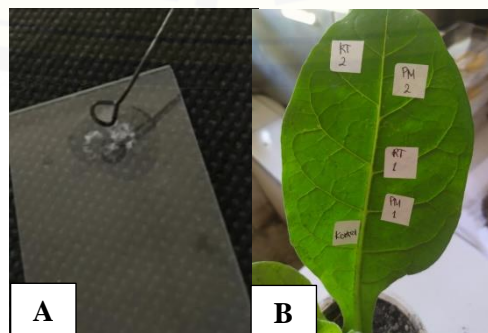
Keterangan: A) Isolat *Actinomycetes* PM1; B) Isolat *Actinomycetes* PM2; C) Isolat *Actinomycetes* RT1; D) Isolat *Actinomycetes* RT2



Gambar 4.3 Pangamatan Mikroskopis Miselium Isolat *Actinomycetes* Perbesaran 1000x;

Keterangan: A) Miselium *Actinomycetes* PM1 berbentuk lurus; B) Miselium *Actinomycetes* PM2 berbentuk oval; C) Miselium *Actinomycetes* RT1; D) Miselium *Actinomycetes* RT2 berbentuk bola

Diketahui bahwa miselium *Actinomycetes* memiliki ciri-ciri miselium yang bercabang menyerupai miselium jamur (Gambar 4.3). Menurut Kurniati dkk. (2019), miselium *Actinomycetes* terbagi menjadi dua yaitu dapat bercabang dan tidak bercabang, pada umumnya miselium akan berbentuk lurus ataupun spiral. Spora yang dimiliki oleh *Actinomycetes* ini berbentuk bola, oval, ataupun silinder. Hasil uji gram, empat isolat *Actinomycetes* yang ditemukan memiliki hasil gram positif yang ditandai dengan tidak adanya pembentukan lendir pada saat bakteri tercampur dengan KOH 3%. Hasil uji hipersensitif menunjukkan semua isolat *Actinomycetes* yang ditemukan tidak bersifat patogenik ditandai dengan tidak adanya gejala nekrosis yang muncul pada daun tembakau.



Gambar 4.4 Pengujian Gram, dan Hipersensitif pada *Actinomyces*; (A) Hasil Uji Gram *Actinomyces*; (B) Hasil Uji Hipersensitif *Actinomyces*

4.1.3 Pengaruh *Actinomyces* terhadap Perkembangan Penyakit Karat Daun *Phakopsora pachyrhizi*

Tabel 4.2 Rangkuman Nilai F-Hitung dari Variabel Pengamatan

No	Variabel Pengamatan	F-Hitung	Nilai F-Tabel 5%
1.	Keparahan Penyakit	35**	2,87
2.	Laju Infeksi	31,65**	

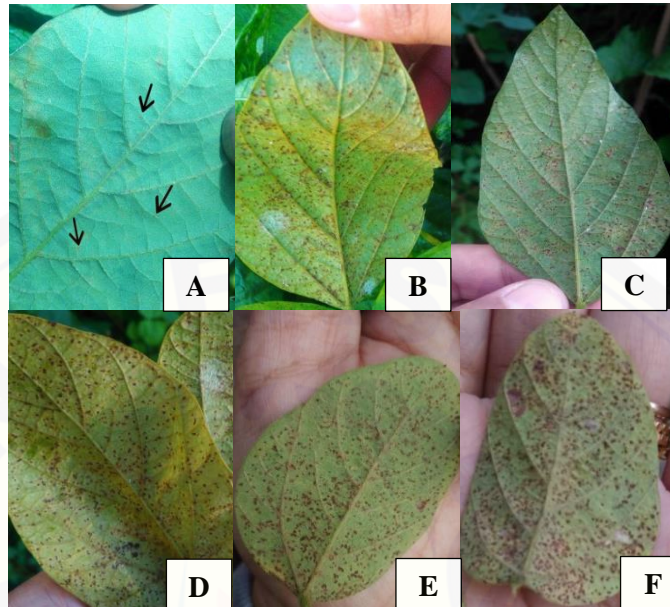
Keterangan: ** = Berbeda sangat nyata

Variabel pengamatan yang dilakukan analisis sidik ragam yaitu variabel pengamatan keparahan penyakit dan laju infeksi penyakit. Berdasarkan Tabel 4.2 diketahui bahwa dari kedua variabel pengamatan memiliki hasil yang berbeda sangat nyata. Hasil tersebut menyatakan bahwa *Actinomyces* dapat mengendalikan patogen *P. pachyrhizi* penyebab penyakit karat daun tanaman kedelai.

a. Masa Inkubasi Penyakit Karat Daun

Masa inkubasi merupakan waktu antara saat inokulasi jamur patogen sampai timbulnya gejala awal suatu penyakit. Satuan masa inkubasi yaitu Hari Setelah Inokulasi (HSI). Kemampuan *Actinomyces* dalam mengendalikan pertumbuhan patogen *P. pachyrhizi* dapat dilihat pada saat awal munculnya gejala penyakit karat daun pada tanaman kedelai. Variabel pengamatan masa inkubasi bertujuan untuk mengetahui efektivitas *Actinomyces* untuk menekan patogen *P. pachyrhizi*. Menurut Sumartini. (2010) gejala serangan penyakit karat daun diawali dengan munculnya gejala bercak kecil berwarna coklat pada permukaan bawah daun, dan akan semakin menyebar dan menyebabkan daun menjadi kuning dan rontok sebelum waktunya. Mekanisme infeksi *Phakopsora Pacyrhizi* yaitu a) Uredospora menempel pada permukaan inang untuk menembus permukaan daun melalui epidemis daun bagian atas atau bawah, selanjutnya b) spora mulai berkecambah membentuk tabung kecambah lalu membentuk apresorium dengan hifa tunggal untuk menembus epidemis daun, dan c) sel epidemis ditembus langsung melalui kutikula dan hifa primer kemudian terbentuk dalam jaringan sel

mesofil, selanjutnya hifa ini bercabang dan uredium terbentuk 9-10 hari kemudian. Gejala serangan karat daun *P. pachyrhizi* dan data masa inkubasi dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Tabel 4.3 sebagai berikut.



Gambar 4.5 Gejala Serangan *P. pachyrhizi* A) Gejala Awal *P. pachyrhizi*; B) Gejala Serangan pada Perlakuan PM1; C) Gejala Serangan pada Perlakuan Isolat *Actinomyces* PM2; D) Gejala Serangan pada Perlakuan Isolat *Actinomyces* RT1; E) Gejala Serangan pada Perlakuan Isolat *Actinomyces* RT2; F) Gejala Serangan pada Perlakuan Isolat *Actinomyces* kontrol

Diketahui bahwa gejala awal serangan penyakit karat daun yaitu munculnya bercak kecil berwarna coklat pada bagian bawah daun (Gambar 4.5) gejala awal diperoleh dari perlakuan kontrol pada umur 6 HSI, sedangkan gejala akhir diperoleh dari perlakuan isolat *Actinomyces* dan kontrol pada umur 63 HSI. Bercak daun akan terus berkembang dan membentuk pustule dengan warna coklat tua. Penyakit karat daun ini akan menyebabkan daun menjadi kuning dan rontok sebelum waktunya.

Tabel 4.3 Masa Inkubasi Penyakit Karat Daun Tanaman Kedelai

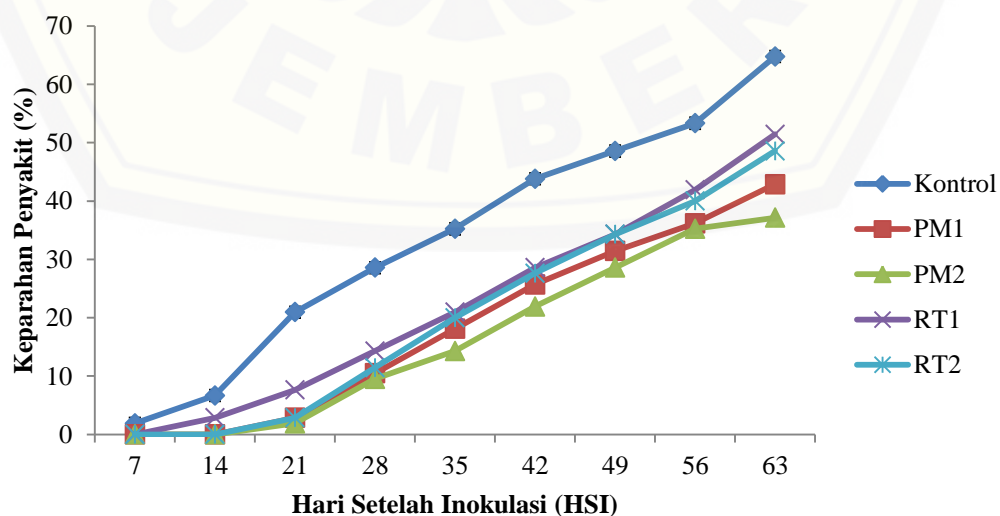
Perlakuan	Masa Inkubasi (HSI)
P0 (Kontrol)	6-14
P1 (Isolat <i>Actinomyces</i> PM1)	18-25
P2 (Isolat <i>Actinomyces</i> PM2)	21-27

P3 (Isolat <i>Actinomyces</i> RT1)	13-17
P4 (Isolat <i>Actinomyces</i> RT2)	18-23

Pada Tabel 4.3 diperoleh nilai masa inkubasi tercepat terjadi pada perlakuan P0 (kontrol dengan rentan waktu masa inkubasi 6-14 HSI, perlakuan selanjutnya yaitu P3 (Isolat *Actinomyces* RT1) dengan masa inkubasi 13-17 HSI. Perlakuan P1 (Isolat *Actinomyces* PM1) dan P2 (Isolat *Actinomyces* RT2) memiliki masa inkubasi yang hampir sama. Menurut Sopialena (2017), masa inkubasi suatu patogen dipengaruhi oleh adanya faktor lingkungan, inang yang rentan, virulensi patogen dan keefektifan agens pengendali hayati. Perlakuan masa inkubasi penyakit terlama terjadi pada perlakuan P2 (Isolat *Actinomyces* PM2) yaitu 21-27 HSI. Berdasarkan nilai masa inkubasi *Actinomyces* kode isolat PM2 mampu menghambat pertumbuhan patogen *P. pachyrhizi*. Diketahui bahwa pengendalian dengan menggunakan *Actinomyces* memiliki rata-rata masa inkubasi yang hampir sama yaitu mulai muncul pada 18 HSI, namun pada isolat *Actinomyces* RT1 memiliki masa inkubasi tercepat dibandingkan isolat lainnya yaitu 13 HSI.

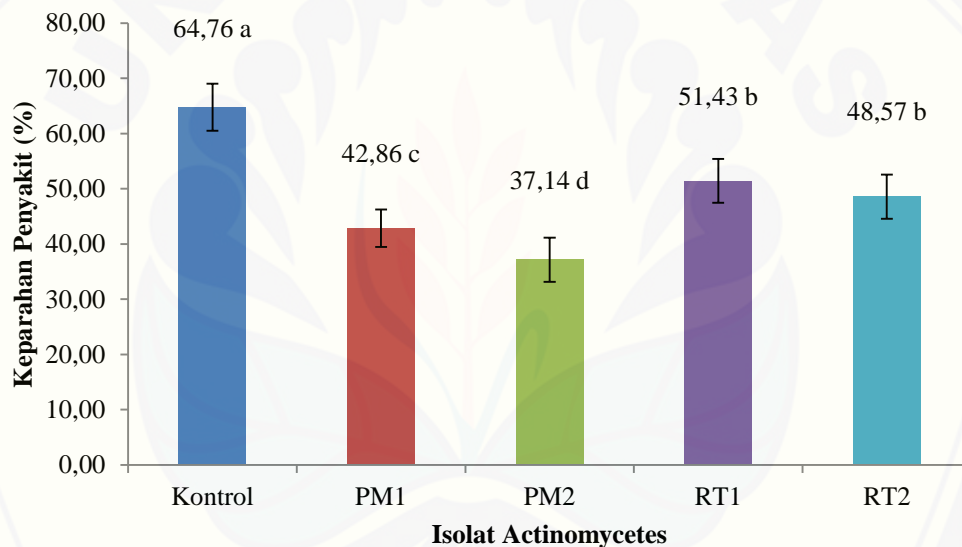
b. Keparahan Penyakit

Persentase keparah penyakit ini diperoleh melalui jumlah tanaman yang menunjukkan tingkat serangan penyakit karat daun tanaman kedelai per luasan areal lahan. Nilai keparahan penyakit setiap minggu dapat dilihat pada Gambar 4.6 sebagai berikut.



Gambar 4.6 Keparahan Penyakit Karat Daun Tanaman Kedelai

Keparahan penyakit terus mengalami peningkatan dari pengamatan 7 HSI hingga 63 HSI. Perlakuan P2 (Isolat *Actinomyces* PM2) merupakan perlakuan yang paling mampu menekan keparahan penyakit karat daun yang terjadi dibandingkan dengan perlakuan lainnya (gambar 4.6). Keparahan penyakit pada pengamatan 63 HSI pada perlakuan P2 sebesar 37,14%. Perlakuan dengan keparahan penyakit tertinggi yaitu perlakuan P0 (kontrol) sebesar 64,76%. *Actinomyces* PM2 memiliki nilai keparahan penyakit terendah dibandingkan dengan isolat lainnya, hal ini disebabkan isolat PM2 memiliki sifat yang paling konsisten dan dapat menghambat pertumbuhan patogen *P. pachyrhizi*.

Gambar 4.7 Pengaruh Isolat *Actinomyces* yang Berbeda terhadap Keparahan Penyakit (%) pada Kedelai 63 HSI

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji Duncan dengan taraf kepercayaan 5%

Hasil perhitungan keparahan penyakit karat daun pada tanaman kedelai yang telah diuji Duncan (gambar 4.7) Keparahan penyakit pada perlakuan P0 sebesar 64,76% yang berbeda nyata dengan seluruh perlakuan yaitu P1 sebesar 42,86%, P2 sebesar 37,14%, P3 sebesar 51,43%, dan P4 sebesar 48,57%. Hasil perlakuan P1 dan P2 berbeda nyata dengan perlakuan P0, P3, dan P4, sedangkan perlakuan P3 berbeda tidak nyata dengan perlakuan P4. Perlakuan dengan

keparahan penyakit terendah yaitu pada perlakuan P2 sebesar 37,14%, sehingga diketahui bahwa isolat *Actinomyces* PM2 merupakan perlakuan yang paling mampu menekan terjadinya serangan penyakit karat daun.

c. Efektivitas Pengendalian

Efektivitas pengendalian merupakan nilai kemampuan agens hayati dalam mengendalikan patogen penyebab penyakit dengan satuan persentase. Nilai efektivitas pengendalian diperoleh dari nilai keparahan penyakit, kemudian dilakukan perbandingan nilai keparahan penyakit setiap perlakuan dengan perlakuan kontrol. Data efektivitas pengendalian dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Rata-Rata Efektivitas Pengendalian

Perlakuan	Efektivitas Pengendalian (%)	Elfina dkk. (2017) Kategori
P1	60,10	Mampu
P2	64,98	Mampu
P3	46,39	Cukup Mampu
P4	56,22	Cukup Mampu

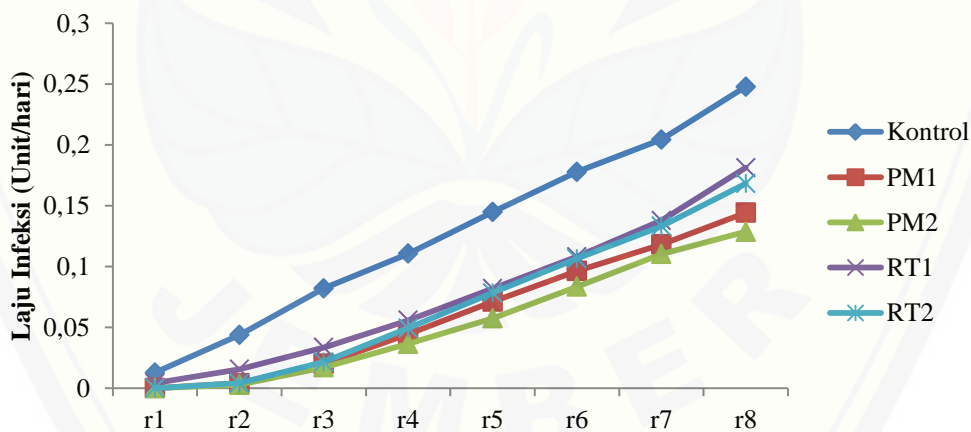
Keterangan: Nilai efektivitas pengendalian dihitung berdasarkan rata-rata nilai keparahan penyakit pada pengamatan 7 HSI hingga 63 HSI dengan nilai kontrol

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa efektivitas pengendalian pada perlakuan P1 (Isolat *Actinomyces* PM1) dan P2 (Isolat *Actinomyces* PM2) termasuk kategori mampu memberikan pengaruh nyata dalam menekan serangan penyakit karat daun. Perlakuan terbaik yaitu pada perlakuan P2 (Isolat *Actinomyces* PM2) yang memiliki nilai persentase efektivitas pengendalian penyakit karat daun sebesar 64,98% yang merupakan persentase efektivitas tertinggi dibandingkan pada perlakuan P1 dengan nilai persentase efektivitas pengendalian penyakit karat daun sebesar 60,10%. Efektivitas pengendalian terendah yaitu pada perlakuan P3 (Isolat *Actinomyces* RT1) dengan persentase nilai sebesar 46,39% berkategori cukup mampu. Pada Tabel 4.4 diketahui bahwa efektivitas pengendalian terbaik yaitu pada perlakuan isolat *Actinomyces* PM2 yaitu 64,98% dengan kategori mampu. Tingginya efektivitas pengendalian penyakit karat daun *P. pachyrhizi* dipengaruhi oleh fungsi *Actinomyces* dalam

pertumbuhan tanaman utama. Menurut Rai (2006), fungsi bakteri yang digunakan sebagai PGPB memiliki tiga peran utama yaitu, 1) sebagai biofertilizer untuk menyediakan nutrisi dan kebutuhan unsur hara; 2) sebagai biostimulan dalam meningkatkan pertumbuhan; dan 3) sebagai bioprotektan untuk menekan perkembangan hama penyakit pada tanaman. Berdasarkan penjelasan tersebut dapat diketahui bahwa *Actionomycetes* dapat berperan sebagai bioprotektan sekaligus sebagai biofertilizer pada tanaman kedelai, sehingga *Actinomycetes* mampu menekan patogen *P. pachyrhizi* pada kedelai.

d. Laju Infeksi

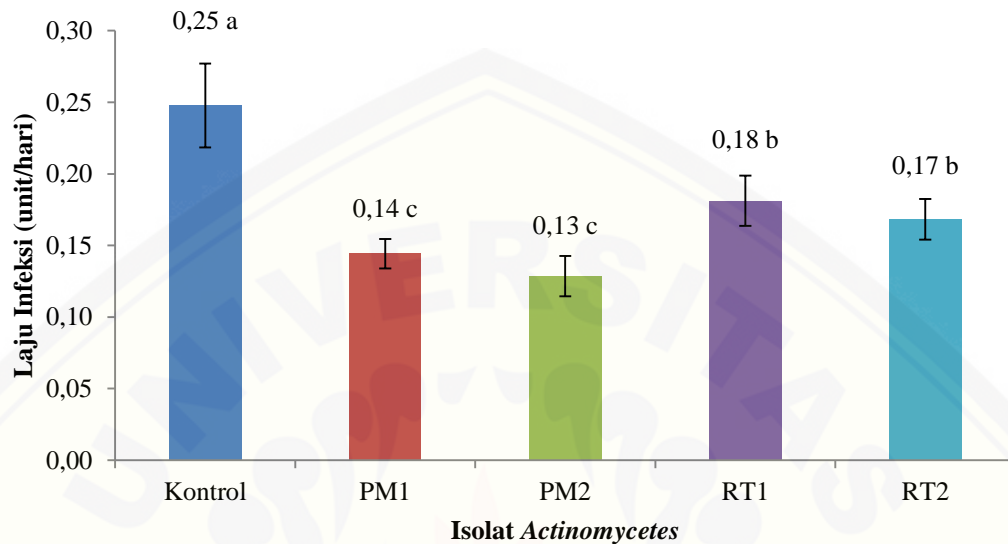
Nilai keparahan penyakit pada tanaman dipengaruhi oleh laju infeksi dengan satuan unit per hari. Laju infeksi merupakan kecepatan perkembangan penyakit dari waktu ke waktu. Laju infeksi juga dapat digunakan untuk mengukur tingkat agresif suatu patogen pada kondisi lingkungan yang mendukung untuk perkembangan penyakit. Nilai laju infeksi penyakit karat daun *P. pachyrhizi* dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan hasil diuji lanjut Duncan pada Gambar 4.9 sebagai berikut.



Gambar 4.8 Laju Infeksi *P. pachyrhizi* pada Tanaman Kedelai

Pada Gambar 4.8 diketahui bahwa laju infeksi r8 penyakit *P. pachyrhizi* pada kedelai tertinggi pada perlakuan P0 (kontrol) sebesar 0,25 unit/hari. Laju infeksi penyakit terendah yaitu pada perlakuan P2 (Isolat *Actinomycetes* PM2) sebesar 0,13 unit/hari. Nilai laju infeksi yang diperoleh memiliki nilai yang berbanding lurus dengan nilai keparahan penyakit, sehingga diketahui bahwa perlakuan terbaik yaitu pada perlakuan P2. Berdasarkan hasil tersebut dapat

disimpulkan bahwa pengendalian dengan menggunakan isolat *Actinomyces* PM2 dapat menekan serangan penyakit karat daun yang disebabkan oleh patogen *P. pachyrhizi* pada tanaman kedelai.



Gambar 4.9 Pengaruh Isolat *Actinomyces* Laju Infeksi pada Kedelai (r8)

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji Duncan dengan taraf kepercayaan 5%.

Pada Gambar 4.9 merupakan nilai laju infeksi yang telah diuji lanjut Duncan. Laju infeksi penyakit pada perlakuan P0 (kontrol) menunjukkan hasil yang paling tinggi sebesar 0,25 unit/hari merupakan laju infeksi penyakit yang berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Perlakuan P1 menunjukkan hasil berbeda tidak nyata dengan P2, namun berbeda nyata dengan P0, P3, dan P4. Perlakuan P3 berbeda tidak nyata dengan P4, namun hasilnya berbeda nyata dengan P0, P1, dan P2. Berdasarkan kriteria laju infeksi Van der Plank (1963), laju infeksi pada perlakuan kontrol dan P2 (isolat *Actinomyces* PM2) digolongkan pada kriteria sedang karena nilai laju infeksi masing-masing yaitu 0,25 unit/hari dan 0,13 unit/hari, karena kriteria sedang memiliki nilai laju infeksi antara 0,11 unit/hari sampai dengan 0,50 unit/hari. Semakin tinggi laju infeksi menunjukkan semakin tinggi pula keparahan penyakit. Menurut Karismayati dkk. (2017), semakin muda umur tanaman pada awal terinfeksi maka akan semakin cepat terserang penyakit, begitu pula sebaliknya. Menurut

Manengkey dan Senewe (2011), terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai laju infeksi yaitu adanya jaringan inang yang masih dapat diinfeksi, ketersediaan inokulum, dan faktor cuaca.

4.1.4 Pengaruh *Actinomyces* terhadap Hasil Produksi Tanaman Kedelai.

Tabel 4.5 Rangkuman Nilai F-Hitung dari Variabel Pengamatan

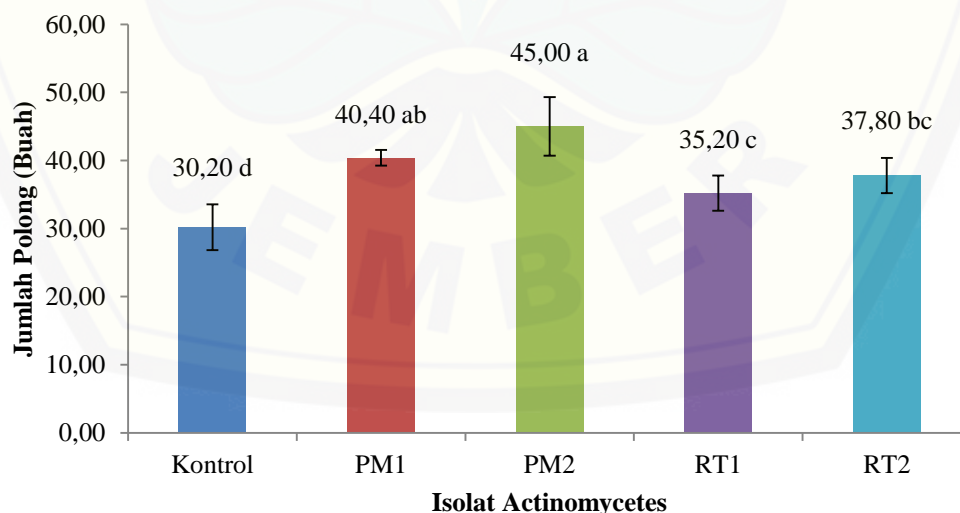
No	Variabel Pengamatan	F-Hitung	Nilai F-Tabel 5%
1.	Jumlah Polong	17,57**	2,87
2.	Berat Biji	30,65**	

Keterangan: ** = Berbeda sangat nyata

Variabel pengamatan diatas digunakan untuk mengetahui pengaruh *Actinomyces* terhadap hasil produksi. Pada Tabel 4.5 rangkuman f-hitung variabel pengamatan untuk produksi tanaman diperoleh nilai yang berbeda sangat nyata. Nilai yang berbeda sangat nyata ini diartikan sebagai pengendalian menggunakan *Actinomyces* berpengaruh positif terhadap hasil produksi kedelai.

a. Jumlah Polong Tanaman Kedelai

Pengaruh pengendalian menggunakan isolat *Actinomyces* yang berbeda terhadap variabel jumlah polong dapat dilihat pada Gambar 4.10 sebagai berikut.



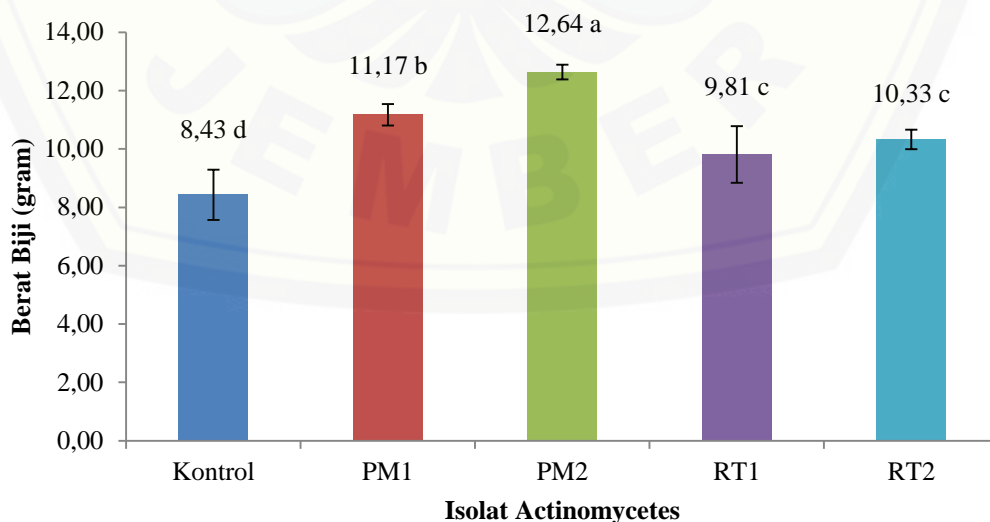
Gambar 4.10 Jumlah Polong Tanaman Kedelai

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji Duncan dengan taraf kepercayaan 5%.

Pada Gambar 4.10 merupakan hasil jumlah polong pada tanaman kedelai yang telah diuji Duncan. Berdasarkan Gambar 4.10 diketahui hasil jumlah polong P0 (kontrol) sebanyak 30,20 buah yang berbeda nyata dengan seluruh perlakuan P1 (Isolat *Actinomyces* PM1) sebanyak 40 buah, P2 (Isolat *Actinomyces* PM2) sebanyak 45 buah, P3 (Isolat *Actinomyces* RT1) sebanyak 35,20 buah, dan P4 (Isolat *Actinomyces* RT2) sebanyak 37,80 buah. Hasil perlakuan P1 berbeda tidak nyata dengan P2 dan P4, namun berbeda nyata dengan P0 dan P3. Perlakuan P3 berbeda nyata dengan P0, P1, dan P2, namun berbeda tidak nyata dengan perlakuan P4. Penurunan jumlah polong akan semakin menurun diikuti dengan nilai keparahan penyakit yang semakin tinggi. Menurut Kumudini *et al.* (2018), tanaman kedelai dengan keparahan penyakit *P. pachyrhizi* yang tinggi dapat menyebabkan kerontokan daun sebelum waktunya yang disebabkan adanya bercak karat pada daun, sehingga fotosintesis akan terhambat dan produktivitas menurun.

b. Berat Biji Kedelai

Hasil berat biji kemudian dicatat sesuai dengan perlakuan yang ditetapkan. Hasil berat biji yang telah diuji Duncan dapat dilihat pada Gambar 4.11 sebagai berikut.



Gambar 4.11 Berat Biji Per Tanaman Kedelai

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji Duncan dengan taraf kepercayaan 5%.

Berdasarkan Gambar 4.11 diketahui berat biji perlakuan P0 sebesar 8,43 gr, P1 sebesar 11,17 gr, P2 sebesar 12,64 gr, P3 sebesar 9,81 gr, dan P4 sebesar 10,33 gr. Pada Gambar 4.11 menunjukkan perlakuan P0 berbeda nyata dengan semua perlakuan. Perlakuan P1 berbeda nyata dengan semua perlakuan, begitu juga perlakuan P2 yang berbeda nyata dengan semua perlakuan. Perlakuan P3 berbeda tidak nyata dengan perlakuan P4, namun berbeda nyata dengan perlakuan P0, P1, dan P2. Menurut Utama dan Sjamsijah (2019), proses infeksi patogen *P. pachyrhizi* yaitu melalui stomata dengan urediospora akan berkecambah dan menyebar ke seluruh permukaan daun, sehingga menyebabkan daun rontok sebelum waktunya. Kerontokan daun tersebut akan menghambat proses fotosintesis pada tanaman kedelai dan menyebabkan produktivitas berat biji kedelai menurun. Perlakuan P2 merupakan perlakuan yang memberikan berat biji tertinggi. Hal ini disebabkan karena *Actinomyces* mampu menghasilkan zat pengatur tumbuh bagi tanaman. Menurut Wijayakusuma (2001), peran *Actinomyces* yaitu memproduksi metabolisme sekunder.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Isolat *Actinomyces* dapat menghambat penyakit karat daun *Phakopsora pachyrhizi*. Isolat *Actinomyces* yang terbaik dalam menghambat penyakit karat daun *Phakopsora pachyrhizi* yaitu isolate *Actinomyces* yang berasal dari putri malu (PM2) dengan nilai keparahan penyakit sebesar 37,14%, nilai laju infeksi sebesar 0,13% dan nilai efektivitas pengendalian sebesar 64,98%.
2. Isolat *Actinomyces* dapat meningkatkan produksi kedelai, produksi tertinggi terdapat pada isolat *Actinomyces* berasal dari putri malu (PM2) dengan rata-rata jumlah polong 45 buah dan berat biji 12,64 gr per tanaman.

5.2 Saran

Penelitian ini telah diketahui isolat *Actinomyces* terbaik dalam menekan penyakit karat daun, sehingga untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan penelitian tentang dosis terbaik dalam menekan penyakit tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G. N. 1997. *Plant Pathology*. Ed ke-4. San Diego: Academic Press.
- Alia, Y., dan W. Wilia. 2011. Persilangan Empat Varietas Kedelai dalam Rangka Penyediaan Populasi Awal Untuk Seleksi. *Jurnal Penelitian Universitas Jambi Seri Sains*. 13(1) : 39-42.
- Ambarwati. 2007. Studi *Actinomycetes* yang Berpotensi Menghasilkan Antibiotik dari Rhizosfer Tumbuhan Putri Malu (*Mimosa pudica* L.) dan Kucing-Kucingan (*Acalypha indica* L.). *Penelitian Sains & Teknologi*, 8(1): 1-14.
- Badan Pusat Statistik. 2016. Produksi Kedelai Menurut Provinsi (ton)1993-2015. <https://www.bps.go.id/dynamic/table/2015/09/09/872/produktivitas-kedelai-menurut-provinsi-kuintal-ha-1993-2015.html> Diakses 05 April 2019
- Bhatti, A. A., S. Haq., R. A. Bhat. 2017. *Actinomycetes* Benefaction Role in Soil and Plant Health. *Microbial Pathogenesis*. 111(1) : 458- 467.
- Cahyaningrum, H., N. Prihatiningsih, dan Soedarmono. 2017. Intensitas dan Luas Serangan Beberapa isolat *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi* Pada Jahe Gajah. *Perlindungan Tanaman Indonesia*, 21(1): 16-22.
- Catarino, A. D. M., A. A. C. Rodrigues., J. V. J. D. Querioz., L. M. Furtado., L. S. S. Silva. 2016. In Vivo Antifungal Activity Of Neem Oil and Aqueous Extracts Agains Leaf Spot Disease Caused by *Cercospora abelmoschi* in Okra. *JASEM*, 20(1) : 33-38.
- Chatri, Dr. M. 2016. Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan Ed-1. Kencana. Jakarta.
- Doolotkeldieva, T., S. Bobusheva. 2016. Identification of *Ralstonia solanacearum* in Kyrgyzstan's Potato fields and the Possibility of Using Biocontrol Agents Against this Pathogen. *Environmental & Agriculture Research (IJOEAR)*. 2(5): 146-155.
- Elfina, Y., M. Ali, D. Sabatiny. 2017. Uji Konsentrasi Biofungisida Tepung *Trichoderma harzianum* Rifai terhadap Jamur *Phytophthora palmivora* Butl. Penyebab Penyakit Busuk Buah Kako Pasca Panen. *Sagu*, 16(1): 1-12.
- Farisi, M. A. dan Djuniadi. 2014. Pengembangan Sistem Diagnosis Penyakit Kedelai Menggunakan Metode *Certainty Factor*. *EDUKOM*, 1(1): 40-50.

- Fyans, J. K., L. Bown., D. R. D. Bignell. 2016. Isolation and Characterization of Plant-Pathogenic *Streptomyces* Species Associated with Common Scab-Infected Potato Tubers in Newfoundland. *Bacteriology*. 106(2): 123-131.
- Gupte, S. 1990. *Mikrobiologi Dasar*: Ed ke-3. Diterjemahkan oleh: Julius, E. Suryawidjaja. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Gusnawaty, HS. 2011. Efektivitas Inokulasi Actinomycetes dan VAM dalam Mengendalikan Penyakit Rebah Semai pada Tiga Varietas Kedelai (Musim Hujan). *AGRIPLUS*. 21(1) : 36-46.
- Hadisutrisno B. 1989. Kajian epidemi penyakit hawar daun phoma pada tanaman serat-seratan. Dalam: Dwidjaputra IGP, Westen N, & Oka IB (Eds.). Prosiding Kongres Nasional X dan Seminar Ilmiah PFI: Meningkatkan Peranan Perhimpunan Fitopatologi Indonesia Menuju Pertanian yang Maju, Efisien dan Tangguh. pp. 331–334. Denpasar. 14-16 Desember 1989.
- Hanafiah, K. A. A., Napoleon, dan N. Ghofar. 2005. *Biologi Tanah*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Phakopsora_pachyrhizi diakses pada tanggal (29 Juni).
in Tamil Nadu India. *Bacteriology and Mycology*. 3(2): 1-11.
- Jayasumarta., D. 2012. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Pupuk P Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kedelai (*Glycine max L. Merrill*). *Agrium*. 17(3): 148-154.
- Joseph, D. B., G. Paulraj, Ignacimuthu, S. A. S. Teoder, and Al Dhabhi. 2016. Antimicrobial Activity of Soil Actinomycetes Isolate from Western Ghats
- Karismayati, I. G. A., G. N. A. S. Wirya, dan T. A. Phabiola. 2017. Pengaruh Waktu Inokulasi terhadap Laju Infeksi Penyakit *Bean Common Mosaic Virus* (BCMV) pada Tanaman Kacang Panjang (*Vigna sinensi L.*). *Agroekoteknologi Tropika*, 6(1): 101-111.
- Khairani, H. S. 2014. Potensi Kitosan dan Agen Antagonis dalam Pengendalian Penyakit Karat (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) Kedelai.
- Kumalasari, A. M., N. Fathurahman. R., Muhamad, N. R. 2012. Potensi S *Actinomycetes* sebagai Sumber Senyawa Bioaktif Antibiotik dari Kawasan *Karst* Bantimurung, Sulawesi Selatan. *PELITA*. 7(1): 59-72.

- Kumudini, S., C. V. Godoy, J. E. Board, J. Omielan, and M. Tollenaar. 2008. Mechanisms Involved in Soybean Rust-Induced Yield Reduction. *Crop Science*, 48(6): 2334-2342.
- Kurniati, D. I., P. Ardiningsih, dan R. Nofiani. 2019. Isolasi dan Aktivitas Antibakteri *Actionomycetes* Berasosiasi dengan Koral. *Kimia Khatulistiwa* 8(2): 46-51
- Listanto, B. P., S. Rahayu., N. Sjamsijah. 2017. Uji Ketahanan Tujuh Genotipe Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) Terhadap Serangan Karat Daun (*Phakopsora pachyrhizi*) Metode IWGSR. *Applied Agricultural Sciences*. 1(1): 12-20.
- Maman., Rochmatino., J. S. Muljowati. 2014. Hubungan Intensitas Penyakit Karat Dengan Produktivitas Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) pada Beberapa Varietas Berbeda. *Scripta Biologica*. 1(2) : 173-177.
- Pitojo, S. 2003. *Benih Kedelai*. Kanisius. Yogyakarta
- Pratama, W. R., Jusak., P. Sudarmaningtyas. 2013. Rancang Bangun Aplikasi Sistem Pakar Untuk Menentukan Penyakit Pada Tanaman Kedelai. *JSIKA*. 2(2): 36-45
- Pujiati., 2014. Isolasi Actinomycetes dari Tanah Kebun sebagai Bahan Petunjuk Praktikum Mikrobiologi. *Florea*. 1(2) : 42-46.
- Purnomo, E., Mukarlina, dan Rahmawati. 2017. Uji Antagonis Bakteri *Streptomyces* spp. terhadap Jamur *Phytophthora palmivora* BBK01 Penyebab Busuk Buah pada Tanaman Kakao. *Protobiont*, 6(3): 1-7.
- Rahman, M. A., M. Z. Islam., and Md. A. Ul. Islam. 2011. Antibacterial Activities of Actinomycetes Isolate Collected from Soils of Rajshahi Bangladesh. *Biotechnology*. 1(1):1-6.
- Rai, M. (2006). *Handbook of microbial biofertilizers*: CRC Press
- Ramlan dan Nurjanani. 2011. Pengenalan Penyakit Karat Daun (*Phakopsora pachyrhizi*) dan Pengelolaan Pada Kedelai. *Suara Perlindungan Tanaman*. 1(4): 9-15.
- Rante., Y. 2013. Strategi pengembangan tanaman kedelai untuk pemberdayaan ekonomi rakyat di Kabupaten Keerom Provinsi Papua. *Jurnal Manajemen dan Kewirausahaan* 15(1): 75–88.
- Ristiati, N. P. 2002. *Pengantar Mikrobiologi Umum*. Jakarta: Proyek Pengembangan Guru Sekolah Menengah.

- Rukmana, Ir. R., Y. Yuniarsih. Bsc. 1996. *Kedelai Budidaya dan Pascapanen*. Kanisius. Yogyakarta.
- Safitri, N., I. R. Sastrahidayat., dan A. Muhibuddin. 2015. Pemanfaatan Bahan Nabati Ekstra Daun Kemangi (*Ocimum bacilicum* L), Daun Sirih (*Piper bettle* Linn) dan Daun Salam (*Syzygium polyanthum*), dalam Pencegahan Serangan Penyakit Karat (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow) pada Tanaman Kedelai (*Glycine max* L
- Sahilah, A. M., S. Y. Tang., M. N. Zaimawati., H. Rosnah., M. S. Kalsum., and R. Son. 2010. Identification and Characterization of Actinomycetes for Biological Kontrol of Bacterial Wilt of *Ralstonia solanacearum* Isolate from Tomato. *Trop Agric*. 38(1):103-114.
- Saleh, N., Agustin D. F., T. Hadiastono dan S. Ch. Rasminah. 2011. Laju Infeksi dan Kehilangan Hasil Tiga Varietas Kedelai Akibat Infeksi *Cowpea Mild Mottle Virus* (CMMV). *Laju Infeksi dan Kehilangan Hasil Tiga Varietas Kedelai Akibat Infeksi CMMVirus*. 1(1) : 348-359.
- Sallytha, A. A. 2013. Potensi beberapa Isolat *Actinomycetes* untuk Mengendalikan Bakteri Busuk Batang Berlubang *Erwinia caritivora* sbps. *Carotovora* pada Tembakau. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Jember.
- Sari, N. M., R. Kawuri, dan K. Khalimi. 2012. *Streptomyces* sp. Sebagai Biofungisida Patogen *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) f.sp. *lycopersici* (Sacc.) Syd. et Hans. Penyebab Penyakit Layu Pada Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Agrotrop*. 2(2) : 161-169.
- Saxena, A., R. Upadhyay., N. Kango. 2015. Isolation and Identification of Production of Novel Extracellular Glutaminase Free L- Asparaginase. *Exsperimental Biology*. 53(1) : 786-793.
- Sopialena. 2017. *Segitiga Penyakit Tanaman*. Samarinda: Mulawarman University Press
- Sudarma, I. M. 2010. Seleksi dan Pemanfaatan Actinomycetes Sebagai Mikroba Antagonis yang Ramah Lingkungan terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubenes* Secara *In Vitro*. *ECOTROPIC*, 5(2): 104-107.
- Sumartini. 2010. Penyakit Karat pada Kedelai dan Cara Pengendaliannya yang Ramah Lingkungan. *Litbang Pertanian*. 29(3): 107-112.
- Suprapti, Ir. M. L. 2005. *Kembang & Tahu Susu Kedelai*. Kanisius. Yogyakarta.

- Suryaminarsih, P. dan T. Mujoko. 2020. Competition of Biological Agents of *Streptomyces sp.*, *Gliocladium sp.*, and *Trichoderma harzianum* to *Fusarium oxysporum* in Tomato Rhizosphere. *Cropsaver*, 3(1): 17-21.
- Tasnim, S. R. Kawuri, dan N. P. A. Astiti. 2002. Efektifitas Daya Hambat Bakteri *Streptomyces sp.* terhadap *Erwinia sp* Penyebab Penyakit Busuk Rebah Pada Tanaman Lidah Buaya (*Aloe barbadensis* Mill). *Simbiosis*. 1(1): 21-27.
- Utama, R, dan N. Sjamsijah. 2019. Tujuh Genotipe Kedelai Generasi F7 Terhadap Ketahanan Serangan Karat Daun (*Phakopsora pachyrhizi* dengan Metode IWGRR. *Agriprima*, 3(1)
- Van der Plank JE. 1963. *Plant Diseases: Epidemics and Control*. New York: Academic Press.
- Wesley, A. V. Dan M. F. Wheeler. 1993. *Mikrobiologi Dasar*. Ed ke-5. Diterjemahkan oleh: Adisoemarto, S. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama.
- Wijayakusuma H., 2001. Tumbuhan Berkhasiat Obat Indonesia : Rempah, Rimpang, dan Umbi. Jakarta : Milenia Populer
- Winarsih., 2010. Protein Kedelai dan Kecambah Manfaatnya Bagi Kesehatan. *Kanisius*. Yogyakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian di GreenHouse



Gambar 1. Penanaman Benih Kedelai



Gambar 2. Aplikasi Isolat *Actinomyces*



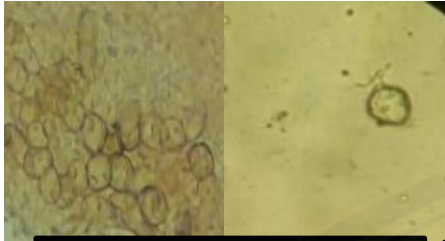
Gambar 3. Aplikasi Patogen *Phakopsora*



Gambar 4. Pemberian Pupuk

Gambar 5. Hasil Produksi Kedelai

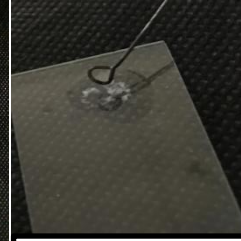
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian Skala Laboratorium



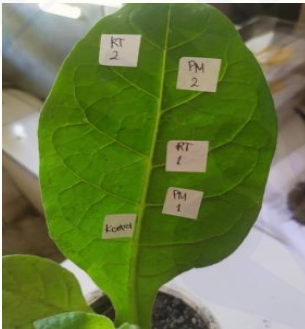
Gambar 1. Karakteristik *Phakopsora Pacyrhizi* secara mikroskopis



Gambar 2. Karakteristik Isolat *Actinomycetes* pada media



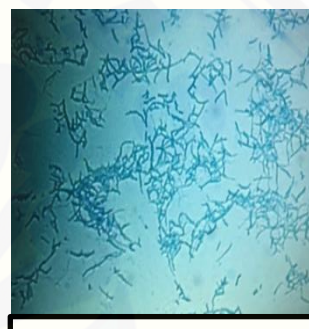
Gambar 3. Uji Gram Isolat *Actinomycetes*



Gambar 4. Uji Hipersensitif Isolat *Actinomycetes* pada daun Tembakau



Gambar 5. Hasil perhitungan kerapatan



Gambar 6. Karakteristik Isolat *Actinomycetes* secara mikroskopis

Lampiran 3. Hasil analisis Masa Inkubasi

a. Data Pengamatan Masa Inkubasi

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata - rata	STDEV
	1	2	3	4	5			
P0	7	13	14	9	6	49,00	9,80	3,56
P1	23	25	20	18	21	107,00	21,40	2,70
P2	21	25	23	24	27	120,00	24,00	2,24
P3	16	14	14	13	17	74,00	14,80	1,64
P4	18	21	23	20	22	104,00	20,80	1,92
Total	85,00	98,00	94,00	84,00	93,00	454,00	18,16	
Rata – rata	17,00	19,60	18,80	16,80	18,60			

b. Data Transformasi Masa Inkubasi

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata – rata
	1	2	3	4	5		
P0	0,85	1,11	1,15	0,95	0,78	4,84	0,97
P1	1,36	1,40	1,30	1,26	1,32	6,64	1,33
P2	1,32	1,40	1,36	1,38	1,43	6,89	1,38
P3	1,20	1,15	1,15	1,11	1,23	5,84	1,17
P4	1,26	1,32	1,36	1,30	1,34	6,58	1,32
Total	5,99	6,38	6,32	6,00	6,10	30,79	1,23
Rata – rata	1,20	1,28	1,26	1,20	1,22		

c. Analisis Sidik Ragam (ANOVA)

SK	db	JK	KT	F- Hitung	Tabel 5%	Tabel 1%
Perlakuan	4	0,56	0,139801	20,13	2,87	4,43
Galat	20	0,14	0,006944			
Total	24	0,70				

CV = 7,51%

FK = 37,93

d. Uji Lanjut DMRT

Nilai UJD

sd = 0,04

p	2	3	4	5	6
Sd	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
SSR(α, p, v)	2,95	3,10	3,19	3,26	3,30
UJD	0,110	0,115	0,119	0,121	0,123

Pengujian pengaruh rata-rata Isolat *Actinomyces*

Perlakuan	Rata-rata	P2	P1	P4	P3	P0	Notasi
		6,89	6,64	6,58	5,84	4,84	
P2	6,89	0,00					a
P1	6,64	0,26	0,000				b
P4	6,58	0,31	0,056	0,000			b
P3	5,84	1,05	0,797	0,742	0,000		c
P0	4,84	2,06	1,801	1,745	1,003	0,000	d
	p	5	4	3	2		
		0,121	0,119	0,1154	0,110		

Lampiran 4. Hasil Analisis Keparahan Penyakit (%)**a. Data Keparahan Penyakit (%)**

PERLAKUAN	HARI SETELAH INOKULASI (HSI)									STDEV
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	
P0	1,90	6,67	20,95	28,57	35,24	43,81	48,57	53,33	64,76	21,23
P1	0,00	0,00	2,86	10,48	18,10	25,71	31,43	36,19	42,86	16,28
P2	0,00	0,00	1,90	9,52	14,29	21,90	28,57	35,24	37,14	14,85
P3	0,00	2,86	7,62	14,29	20,95	28,57	34,29	41,90	51,43	17,93
P4	0,00	0,00	2,86	11,43	20,00	27,62	34,29	40,00	48,57	18,18

b. Data Keparahan Penyakit (%) 63 HSI

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata-rata	STDEV
	1	2	3	4	5			
P0	71,43	61,90	61,90	61,90	66,67	323,81	64,76	4,259177
P1	47,62	42,86	42,86	42,86	38,10	214,29	42,86	3,367175
P2	33,33	38,10	38,10	42,86	33,33	185,71	37,14	3,984095
P3	52,38	47,62	57,14	52,38	47,62	257,14	51,43	3,984095
P4	52,38	52,38	42,86	47,62	47,62	242,86	48,57	3,984095
Total	257,14	242,86	242,86	247,62	233,33	1223,81	48,95	
Rata-rata	51,43	48,57	48,57	49,52	46,67			

c. Data Transformasi Keparahan penyakit (%) 63 HSI

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata-rata	STDEV
	1	2	3	4	5			
P0	0,80	0,67	0,67	0,67	0,73	3,53	0,71	0,057076
P1	0,50	0,44	0,44	0,44	0,39	2,22	0,44	0,037299
P2	0,34	0,39	0,39	0,44	0,34	1,90	0,38	0,043055
P3	0,55	0,50	0,61	0,55	0,50	2,70	0,54	0,04671
P4	0,55	0,55	0,44	0,50	0,50	2,54	0,51	0,045447
Total	2,73	2,55	2,55	2,60	2,45	12,89	0,52	
Rata-rata	0,55	0,51	0,51	0,52	0,49			

d. Analisis Sidik Ragam (ANOVA)

SK	db	JK	KT	F-Hitung	Tabel 5%	Tabel 1%
Perlakuan	4	0,30	0,075239	35,00	2,87	4,43
Galat	20	0,04	0,00215			
Total	24	0,34				

CV = 6,46%

FK = 6,65

e. Uji Lanjut DMRT

Nilai UJD

sd = 0,02

p	2	3	4	5	6
Sd	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
SSR(α, p, v)	2,95	3,10	3,19	3,26	3,30
UJD	0,061	0,064	0,066	0,067	0,068

Pengujian pengaruh rata-rata Isolat *Actinomyces*

Perlakuan	Rata-rata	P0	P3	P4	P1	P2	Notasi
		0,71	0,54	0,51	0,44	0,38	
P0	0,71	0,00					a
P3	0,54	0,17	0,00				b
P4	0,51	0,20	0,03	0,00			b
P1	0,44	0,27	0,10	0,06	0,00		c
P2	0,38	0,33	0,16	0,13	0,06	0,00	d
	p	5	4	3	2		
		0,067	0,066	0,0642	0,061		

Lampiran 5. Hasil Uji Efektivitas Pengendalian

Perlakuan	Hari Setelah Inokulasi (HSI)									Rata-Rata	Stdev
	7	14	21	28	35	42	49	56	63		
P0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1	100	100	86,36	63,33	48,65	41,30	35,29	32,14	33,82	60,10	28,41
P2	100	100	90,91	66,67	59,46	50	41,18	33,93	42,65	64,98	26,01
P3	100	57,14	63,64	50	40,54	34,78	29,41	21,43	20,59	46,39	25,12
P4	100	100	86,36	60	43,24	36,96	29,41	25	25	56,22	31,55



Lampiran 6. Hasil Analisis Uji Laju Infeksi

a. Data Laju Infeksi

Perlakuan	Hari Setelah Inokulasi (Hsi)								Stdev
	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	
P0	0,0128	0,0437	0,0820	0,1105	0,1448	0,1778	0,2044	0,2478	0,0808
P1	0,0000	0,0042	0,0201	0,0445	0,0711	0,0964	0,1181	0,1443	0,0540
P2	0,0000	0,0029	0,0172	0,0364	0,0574	0,0835	0,1102	0,1286	0,0490
P3	0,0042	0,0156	0,0335	0,0558	0,0819	0,1081	0,1377	0,1812	0,0621
P4	0,0000	0,0042	0,0215	0,0493	0,0783	0,1064	0,1331	0,1682	0,0621

b. Data Laju Infeksi r8

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata-rata	STDEV
	1	2	3	4	5			
P0	0,28	0,24	0,21	0,23	0,28	1,24	0,25	0,02934
P1	0,16	0,14	0,15	0,14	0,14	0,72	0,14	0,010332
P2	0,12	0,13	0,14	0,15	0,12	0,64	0,13	0,014082
P3	0,17	0,17	0,20	0,20	0,16	0,91	0,18	0,017462
P4	0,17	0,19	0,15	0,17	0,16	0,84	0,17	0,014252
Total	0,90	0,87	0,85	0,88	0,85	4,35	0,17	
Rata-rata	0,18	0,17	0,17	0,18	0,17			

c. Analisis Sidik Ragam (ANOVA)

SK	db	JK	KT	F-Hitung	Tabel 5%	Tabel 1%
Perlakuan	4	0,04	0,010596	31,65	2,87	4,43
Galat	20	0,01	0,000335			
Total	24	0,05				

CV = 4,39%

FK = 0,76

d. Uji Lanjut DMRT

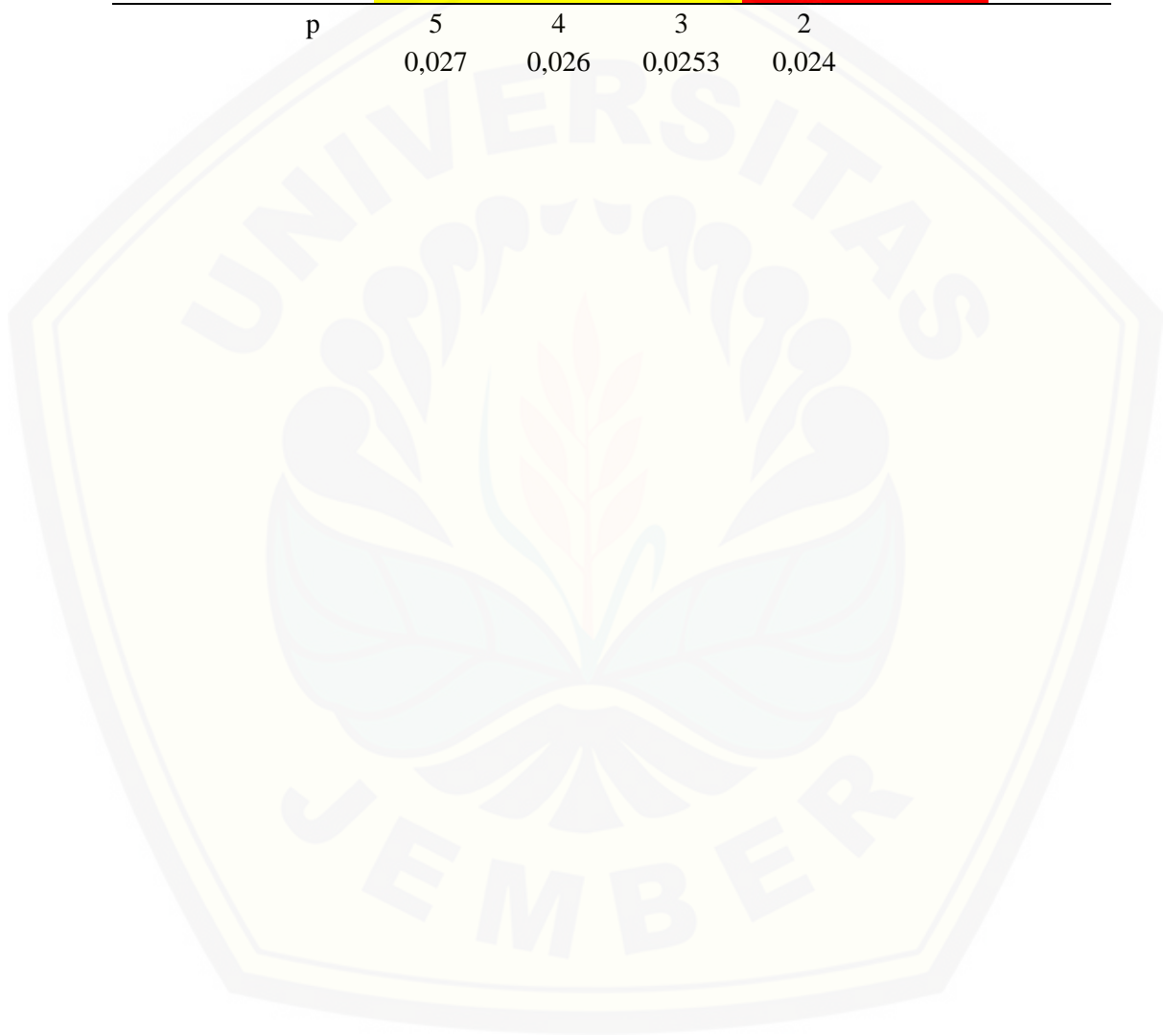
Nilai UJD

sd = 0,008

p	2	3	4	5	6
Sd	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
SSR(α, p, v)	2,95	3,10	3,19	3,26	3,30
UJD	0,024	0,025	0,026	0,027	0,027

Pengujian pengaruh rata-rata isolate *Actinomycetes*

Perlakuan	Rata-rata	P0	P3	P4	P1	P2	Notasi
		0,25	0,18	0,17	0,14	0,13	
P0	0,25	0,000					a
P3	0,18	0,067	0,000				b
P4	0,17	0,080	0,013	0,000			b
P1	0,14	0,104	0,037	0,024	0,000		c
P2	0,13	0,119	0,053	0,040	0,016	0,000	c
	p	5	4	3	2		
		0,027	0,026	0,0253	0,024		



Lampiran 7. Hasil Analisis Jumlah Polong

a. Data Pengamatan Jumlah Polong

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata - rata	STDEV
	1	2	3	4	5			
P0	28	30	33	26	34	151	30,2	3,34664
P1	40	42	39	40	41	202	40,4	1,140175
P2	43	48	42	41	51	225	45	4,301163
P3	36	39	34	32	35	176	35,2	2,588436
P4	34	37	41	38	39	189,00	37,8	2,588436
Total	181	196	189	177	200	943	37,72	
Rata - rata	36,2	39,2	37,8	35,4	40			

b. Data Transformasi Jumlah Polong

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata - rata	STDEV
	1	2	3	4	5			
P0	1,45	1,48	1,52	1,41	1,53	7,39	1,48	0,05
P1	1,60	1,62	1,59	1,60	1,61	8,03	1,61	0,01
P2	1,63	1,68	1,62	1,61	1,71	8,26	1,65	0,04
P3	1,56	1,59	1,53	1,51	1,54	7,73	1,55	0,03
P4	1,53	1,57	1,61	1,58	1,59	7,88	1,58	0,03
Total	7,77	7,94	7,88	7,71	7,99	39,29	1,57	
Rata - rata	1,55	1,59	1,58	1,54	1,60			

c. Analisis Sidik Ragam (ANOVA)

SK	db	JK	KT	F- Hitung	Tabel 5%	Tabel 1%
Perlakuan	4	0,09	0,021375	17,57	2,87	4,43
Galat	20	0,02	0,001216			
Total	24	0,11				

CV = 2,78%

FK = 61,75

d. Uji Lanjut DMRT

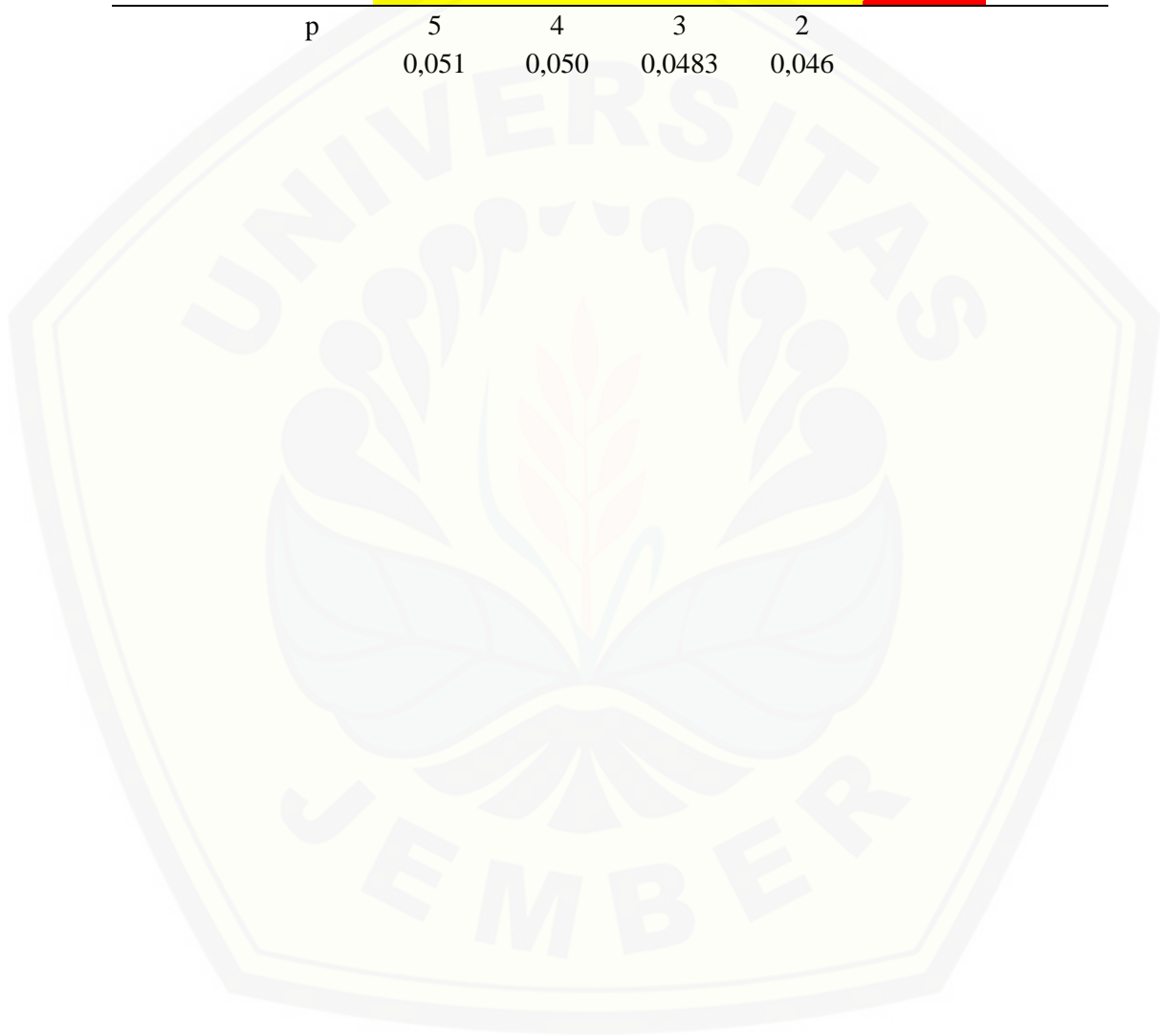
Nilai UJD

sd = 0,02

P	2	3	4	5	6
Sd	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
SSR(α, p, v)	2,95	3,10	3,19	3,26	3,30
UJD	0,046	0,048	0,050	0,051	0,052

Pengujian pengaruh rata-rata isolate *Actinomycetes*

Perlakuan	Rata-rata	P2	P1	P4	P3	P0	Notasi
		1,65	1,61	1,58	1,55	1,48	
P2	1,65	0,00					a
P1	1,61	0,045	0,000				ab
P4	1,58	0,075	0,030	0,000			bc
P3	1,55	0,106	0,061	0,031	0,000		c
P0	1,48	0,174	0,128	0,099	0,068	0,000	d
	p	5	4	3	2		
		0,051	0,050	0,0483	0,046		



Lampiran 8. Hasil Analisis Berat Biji Polong

a. Data Pengamatan Berat Biji Polong

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata - rata	STDEV
	1	2	3	4	5			
P0	7,83	8,22	8,87	7,54	9,69	42,15	8,43	0,862757
P1	11,05	11,67	10,68	11,14	11,32	55,86	11,172	0,363277
P2	12,69	12,51	12,98	12,29	12,71	63,18	12,636	0,256086
P3	9,94	11,26	9,88	8,60	9,37	49,05	9,81	0,972368
P4	9,85	10,29	10,25	10,48	10,76	51,63	10,326	0,333811
Total	51,36	53,95	52,66	50,05	53,85	261,87	10,4748	
Rata - rata	10,272	10,79	10,532	10,01	10,77			

b. Analisis Sidik Ragam (ANOVA)

SK	db	JK	KT	F-Hitung	Tabel 5%	Tabel 1%
Perlakuan	4	49,01	12,25273	30,65	2,87	4,43
Galat	20	8,00	0,399766			
Total	24	57,01				

CV = 19,54%

FK = 2743,036

c. Uji Lanjut DMRT

Nilai UJD

sd = 0,28

p	2	3	4	5	6
Sd	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
SSR(α, p, v)	2,95	3,10	3,19	3,26	3,30
UJD	0,834	0,876	0,902	0,920	0,934

Pengujian pengaruh rata-rata isolate *Actinomyces*

Perlakuan	Rata-rata	P2	P1	P4	P3	P0	Notasi
		12,64	11,17	10,33	9,81	8,43	
P2	12,64	0,00					a
P1	11,17	1,46	0,000				b
P4	10,33	2,31	0,846	0,000			c
P3	9,81	2,83	1,362	0,516	0,000		c
P0	8,43	4,21	2,742	1,896	1,380	0,000	d
	p	5	4	3	2		
		0,920	0,902	0,8757	0,834		

