

**PENGARUH APLIKASI AGENS HAYATI SECARA  
TUNGGAL DAN KONSORSIUM TERHADAP SERANGAN  
PENYAKIT BUSUK LUNAK (*Erwinia carotovora*) PADA  
TANAMAN KENTANG (*Solanum tuberosum L.*)**

**OLEH :**

**FARADISA YASNITA**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
MALANG  
2016**

**PENGARUH APLIKASI AGENS HAYATI SECARA  
TUNGGAL DAN KONSORSIUM TERHADAP SERANGAN  
PENYAKIT BUSUK LUNAK (*Erwinia carotovora*) PADA  
TANAMAN KENTANG (*Solanum tuberosum* L.)**

**OLEH :**

**FARADISA YASNITA**

**0910483097**

**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**

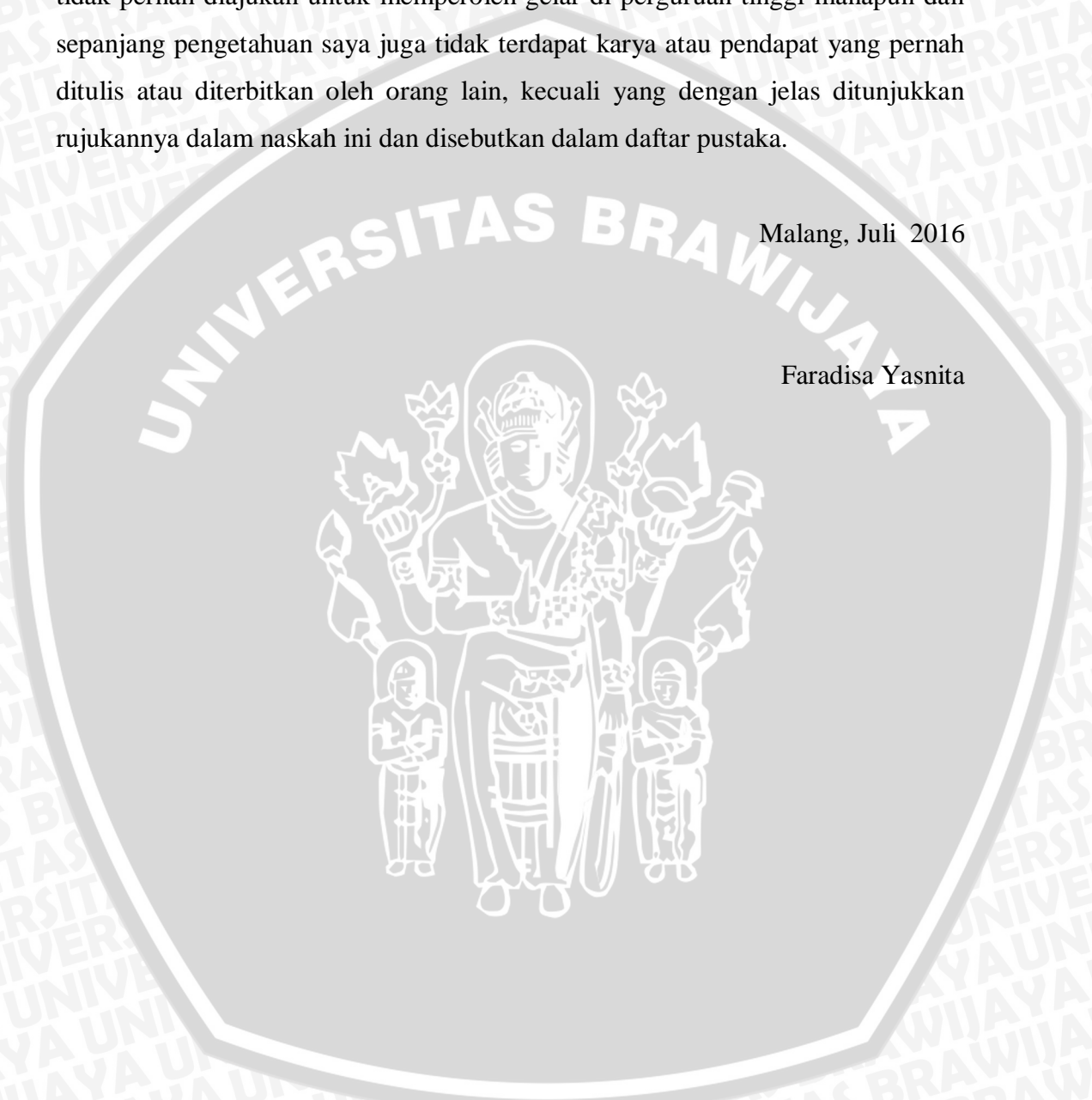
**2016**

## 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, Juli 2016

Faradisa Yasnita





## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Pengaruh Aplikasi Agens Hayati Secara Tunggal dan Konsorsium Terhadap Serangan Penyakit Busuk Lunak (*Erwinia carotovora*) Pada Tanaman Kentang (*Solanum Tuberosum L*)

Nama : Faradisa Yasnita

NIM : 0910483097

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping II,

(Prof. Dr. Ir Abdul Latief Abadi, MS)

(Luqman Qurata Aini, SP., M.Si., Ph.D)

NIP. 19550821 198002 1 002

NIP.19720919 199802 1 001

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

Hagus Tarno, SP.,MP., Ph.D.  
NIP. 19770810200212 1 003

Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.  
NIK. 201304841014 1 001

Penguji III

Penguji IV

Prof. Dr. Ir Abdul Latief Abadi, MS.  
NIP. 19550821 198002 1 002

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

**Tanggal Lulus :**

## HALAMAN PERUNTUKAN

“ Dan suatu tanda (kekuasaan Allah) yang besar) bagi mereka adalah bumi yang mati. Kami hidupkan bumi itu dan Kami keluarkan dari padanya biji-bijian, maka daripadanya mereka makan (QS. Yā-sīn : 33).”

“Dan Kami turunkan dari langit air yang banyak manfaatnya lalu Kami tumbuhkan dengan air itu pohon-pohon dan biji-biji tanaman yang diketam (QS. Qāf : 9).”

Teriring hamdalah kepada Allah yang selalu memberi nikmat yang tidak pantas untuk didustakan juga kejutan-kejutan-Nya yang indah dari awal, proses hingga akhir menjemput keberkahan ilmu-Nya.

Untuk Ayah Munyoto dan Ibuk Indah Junaini yang selalu memberikan do'a-do'a optimis terbaiknya juga materi yang tidak akan pernah cukup terbalaskan.

Kepada suami tercinta, Mas Yopie. Betapa beruntungnya Aku, Allah datangkan Engkau di waktu yang tepat diakhir perjalanan ini. Terima kasih atas kesabaranmu.

Untuk ketiga adek laki-laki tercinta : Dek Icing, Dek Ohan dan Dek Agil. Terima kasih karena selalu jadi pelindung buat mbak perempuan kalian satu-satunya ini.

Kepada saudara sepejuangan sejak maba Mbak Anisa Nurfitriyah, SP dan Istiqomah SP, MP. Terima kasih sudah kebersamai aku sampai akhir, terima kasih atas nasihat-nasihat kebaikannya uhibbukum fillah. Tidak lupa Mujaroh Khotimah, STP yang begitu besar kerelaan hatinya dalam mendahulukan kepentingan orang lain.

Dan kepada Wiwik Jatnika SP, Crystal Liestia Purnama S.AP, Alvi Muflikhah Lestari SE, Minal Maimanah SP, Imas Nurwanti, Halimatun Syakdiyah, Siti Fatimah A, Binti Qurrotun A'yunina, Dwi, Dek Ifatul Faiz Kholqiyah dan Sri Ningsih. Terima kasih sudah kebersamai dalam menyelesaikan skripsi ini.

*Jazakumulloh Khoir Ahsanal Jazaa'*. Semoga Allah Ridho dan memberikan keberkahan dalam seluruh detik-detik perjalanan hidup kalian. *Uhibbukum fillah*.



## RINGKASAN

**Faradisa Yasnita. 0910483097. Pengaruh Aplikasi Agens Hayati Secara Tunggal dan Konsorsium Terhadap Serangan Penyakit Busuk Lunak (*Erwinia carotovora*) Pada Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum L.*). Di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Abdul Latief Abadi, MSdan Luqman Qurata Aini SP, MSi, Ph.D.**

---

Tanaman kentang (*Solanum tuberosum.L*) merupakan salah satu komoditas pangan utama dunia. Sementara di Indonesia, kentang memiliki nilai penting sebagai komoditas hortikultura setelah cabai dan kubis. Salah satu kendala yang dihadapi dalam budidaya kentang yaitu adanya penyakit tanaman yang umumnya bersifat tular tanah. Diantara penyakit yang dapat menurunkan produksi tanaman kentang salah satunya penyakit busuk lunak umbi kentang yang disebabkan bakteri *Erwinia carotovora*. Penggunaan mikroorganisme antagonis dari kelompok jamur dan bakteri mempunyai potensi sebagai antagonis karena kemampuannya dalam menekan populasi mikroorganisme patogen tanaman baik melalui mekanisme parasitisme, kompetisi maupun antibiosis. Beberapa mikroorganisme antagonis yang dapat digunakan dalam mengendalikan penyakit busuk lunak umbi kentang antara lain *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma* sp. atau kombinasi ketigamikroba tersebut dan mikoriza. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian agens hayati secara tunggal, pemberian agens hayati secara konsorsium (*Trichoderma* sp. *B. subtilis* dan *P. fluorescens*) dan perlakuan mikoriza dapat menghambat perkembangan patogen *E. carotovora* penyebab busuk lunak pada kentang (*Solanum tuberosum L.*).

Penelitian dilaksanakan bulan Juli 2015 sampai Desember 2015 di daerah Karangploso, Malang, Jawa Timur. Metode penelitian meliputi perbanyakan agens hayati dan mikoriza, persiapan lahan penelitian, aplikasi mikoriza dan agens hayati dan pemeliharaan tanaman. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 6 perlakuan dengan 4 ulangan. Jenis perlakuan dalam penelitian ini antara lain kontrol, perlakuan *Bacillus subtilis*, perlakuan *Pseudomonas fluorescens*, perlakuan mikoriza, perlakuan *Trichoderma* sp. dan perlakuan konsorsium.

Hasil penelitian menunjukkan persentase serangan penyakit busuk lunak yang disebabkan bakteri *E. carotovora* pada perlakuan dengan konsorsium mikroba antagonis (P6) yaitu sebesar 11,25%. Kemudian diikuti dengan perlakuan *B. subtilis* (P2), *P. fluorescens* (P3), Mikoriza (P4), *Trichoderma* sp. (P5) masing-masing 16,25%, pada kontrol tanpa perlakuan agens hayati (P1) serangannya mencapai 26,25%. Sedangkan rata-rata hasil panen tertinggi terdapat pada perlakuan *Trichoderma* sp. (P5) yaitu 2,29 kg, secara berurutan diikuti oleh perlakuan dengan *B. subtilis* (P2) 2,21 kg, Mikoriza (P4) 1,78 kg, *P. fluorescens* (P3) 1,77 kg, konsorsium mikroba antagonis (6) 1,64 dan perlakuan kontrol tanpa perlakuan (P1) 2,42 kg. Berdasarkan analisis korelasi antara persentase serangan penyakit busuk lunak yang disebabkan bakteri *E. carotovora* dan hasil panen umbi kentang nilai korelasinya adalah cukup.

## SUMMARY

**Faradisa Yasnita. 0910483097. Application Effect of Biological Agents with Singly and in Consortium Against Soft Root Disease (*Erwinia carotovora*) in Potato Plants (*Solanum tuberosum* L.). Supervised by Prof. Dr. Ir. Abdul Latief Abadi, MSdan Luqman Qurata A. SP, MSi, Ph.D.**

---

Potato plant (*Solanum tuberosum* L.) is one of the world's major food commodities. While in Indonesia, the potatoes have significant value as a horticultural commodity after chilli and cabbage. One of the problems faced in potato cultivation is the existence of plant diseases are generally soil borne pathogen. Among the diseases that can reduce the production of potato one potato tuber soft rot disease caused by bacteria *Erwinia carotovora*. The use of microorganisms antagonistic group of fungal and bacterial antagonists have potential as for its ability to suppress population of plant pathogenic microorganisms either through the mechanism of parasitism, competition and antibiosis. Some microorganism antagonist that can be used in the control of potato tuber soft rot diseases include *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma* sp. or a combination of all three of these microbes and mycorrhizae. This study aimed to determine the effect of biological agents singly, giving biological agent in a consortium (*Trichoderma* sp, *B. subtilis* and *P. fluorescens*) and mycorrhiza treatments to inhibit the development of pathogenic *E. carotovora* causes soft rot in potato (*Solanum tuberosum* L.).

This research was conducted from July 2015 to December 2015 in the area Karangploso, Malang, East Java. The propagation of biological agents and mycorrhizae, tillage research, application of mycorrhizal and biological agents and plant maintenance were conducted in this research. Randomized Block Design was adopted to arrange the field experiment. There were six treatments and four replication. Treatments were control, *Bacillus subtilis* treatments, *Pseudomonas fluorescens* treatments, Mycorrhizae treatments, *Trichoderma* sp. and consortium treatments.

The results showed the percentage of soft rot disease caused by *E. carotovora* to treatment with the microbial consortium antagonist (P6) is 11.25%. Followed by treatment with *B. subtilis* (P2), *P. fluorescens* (P3), Mycorrhizae (P4), *Trichoderma* sp. (P5) respectively 16.25%, on the untreated control biological agents (P1) attacks reached 26.25%. While the average yield is highest at treatment *Trichoderma* sp. (P5) is 2.29 kg, respectively, followed by treatment with *B. subtilis* (P2) of 2.21 kg, Mycorrhizae (P4) 1.78 kg, *P. fluorescens* (P3) 1.77 kg, the microbial consortia antagonist (6) 1.64 and the untreated control treatment (P1) of 2.42 kg. Based on the analysis of the correlation between the percentage of soft rot disease caused by *E. carotovora* and potato tuber yield correlation value is sufficient.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan kekuatan, rahmat, dan hidayahNya serta shalawat dan salam kepada junjungan kita Rasulullah Muhammad SAW yang selalu terlimpahkan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul **“Pengaruh Aplikasi Agens Hayati Secara Tunggal dan Konsorsium Terhadap Serangan Penyakit Busuk Lunak (*Erwinia carotovora*) Pada Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.)**” sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di program strata satu Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Abdul Latief Abadi, MS dan Luqman Qurata Aini SP, MSi, Ph.D. selaku dosen pembimbing atas segala kesabaran, arahan, nasihat dan bimbingan yang diberikan kepada penulis. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada ketua jurusan

Penghargaan yang tulus penulis berikan kepada kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan do'a, cinta, semangat dan dukungan materi. Juga kepada saudara-saudara tercinta Istiqomah SP dan mbak Anisa Nurfitriyah SP atas kebersamaan, dukungan dan nasihat kebaikannya. Teman-teman Lab Bakteriologi (Icha, Novie, Anni, Adin, Sisi, Nabila, Arum, Vivi, Intan, Lia dan Yekti) atas bantuan dan kebersamaan di laboratorium hingga skripsi ini selesai. Tidak lupa juga untuk teman-teman Agroekoteknologi 2009 serta segenap pihak yang terkait dalam penyusunan penelitian ini atas segala dukungan dan kerjasamanya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan. Untuk itu penulis mengharap masukan dan kritik yang membangun untuk perbaikan dan kesempurnaan.

Malang, Juli 2016

Penulis

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 03 Mei 1991 di Probolinggo, sebagai putri pertama dari pasangan Bapak Munyoto dan Ibu Indah Junaini.

Penulis memulai jenjang pendidikan pada tahun 1997-2003 di SDN Pesisir 1 Probolinggo. Tahun 2003 meneruskan pendidikan di SMPN 2 Probolinggo dan lulus pada tahun 2006. Pada tahun 2006 penulis memasuki jenjang pendidikan Lanjutan Tingkat Atas di SMAN 4 Probolinggo dan lulus pada tahun 2009. Pada tahun yang sama 2009 penulis melanjutkan pendidikan Strata 1 (S1) di Fakultas Pertanian, Program Studi Agroekoteknologi, Universitas Brawijaya Malang melalui jalur Seleksi Peminatan Bakat dan Kemampuan (SPMK).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi diantaranya Staff Departemen Kompetisi PRISMA FP UB tahun 2010-2011 dan Sekertaris Departemen Akpro (Akademik dan Profesi) FORSIKA FP UB tahun 2011-2012. Penulis juga aktif ikut serta dalam acara Seminar, Diklat, Pelatihan, Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) dan Lomba-Lomba Karya Tulis yang diadakan oleh pihak kampus maupun diluar kampus.

Pengalaman keprofesian yang dimiliki penulis diantaranya Magang Kerja di R&D SYNGENTA PT SYNGENTA Indonesia di Cikampek Jawa Barat tahun 2012, menjadi Asisten Praktikum beberapa mata kuliah dalam minat Hama dan Penyakit Tumbuhan.

**DAFTAR ISI**

RINGKASAN.....	i
SUMMARY .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
RIWAYAT HIDUP .....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Hipotesis .....	4
1.5 Manfaat.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Tanaman Kentang ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ) .....	5
2.2 Penyakit Busuk Lunak Kentang ( <i>Erwinia carotovora</i> ).....	6
2.3 Jamur <i>Arbuscular Mycorrhiza</i> (AM).....	9
2.4 Potensi Agens Hayati. ....	11
2.5 Potensi Konsorsium Mikroba Antagonis Sebagai Agens Hayati	16
<b>III. BAHAN DAN METODE .....</b>	<b>18</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	18
3.3 Metode Penelitian.....	18
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	18
3.5 Variabel Penelitian .....	20
3.6 Analisis Statistik .....	21
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
4.1 Gejala <i>Erwinia carotovora</i> di Lapang.....	23
4.2 Tingkat Serangan <i>Erwinia carotovora</i> di Lapang.....	24
4.3 Persentase Penekanan <i>Erwinia carotovora</i> di Lapang .....	27
4.4 Produksi Tanaman Kentang.....	29
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>33</b>
5.1 Kesimpulan.....	33
5.2 Saran.....	33





DAFTAR PUSTAKA ..... 35  
LAMPIRAN ..... 359



**DAFTAR TABEL**

Nomor Halaman	Teks	
1.	Perlakuan aplikasi agens hayati dalam penelitian.....	18
2.	Interval koefisien korelasi.....	22
3.	Rerata tingkat serangan <i>Erwinia carotovora</i> .....	24
4.	Rerata efektifitas penekanan <i>Erwinia carotovora</i> .....	28
5.	Hasil panen kentang di lapang .....	29

**LAMPIRAN**

Nomor	Teks	Halaman
1.	Analisa ragam rata-rata intensitas serangan penyakit busuk lunak umbi pada tanaman kentang di lapang.....	39
2.	Analisa ragam rata-rata produksi tanaman kentang di lapang....	39



**DAFTAR GAMBAR**

Nomor	Teks	Halaman
1.	Gejala tanaman kentang yang terserang <i>E.carotovora</i> di lapang.....	6
2.	Gejala umbi kentang yang terserang <i>E.carotovora</i> .....	7
3.	<i>Arbuscular Mycorrhiza</i> .....	9
4.	Morfologi bakteri <i>Bacillus</i> sp .....	12
5.	Bakteri <i>Pseudomonas</i> sp.....	14
6.	Jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	15
7.	Denah pengacakan penelitian di lapang .....	22
8.	Gejala busuk lunak yang disebabkan bakteri <i>Erwinia Carotovora</i> pada umbi kentang .....	24

**LAMPIRAN**

Nomor	Teks	Halaman
1.	Lahan penelitian kentang yang berada di Desa Pandanrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu Jawa Timur .....	39
2.	Agens hayati yang digunakan untuk aplikasi penelitian di lahan .....	40
3.	Hasil panen kentang .....	40





## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) dikenal sebagai tanaman pangan dan hortikultura dengan nilai ekonomis yang tinggi. Hal ini dikarenakan kentang yang merupakan salah satu komoditas pangan utama dunia. Sementara di Indonesia, kentang memiliki nilai penting sebagai komoditas hortikultura setelah cabai dan kubis. Berdasar data yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (2015) tercatat bahwa produksi kentang di Indonesia pada tahun 2014 mencapai 1.347.816 ton/ tahun. Sampai tahun 2014, Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu pusat produksi kentang terbesar di Indonesia dengan produksi mencapai 208.270 ton.

Sementara itu, upaya peningkatan produksi kentang di Indonesia mengalami berbagai kendala. Menurut Semangun (2006) dan Priou *et al.* (2011), penyakit tanaman merupakan salah satu kendala dalam budidaya kentang di Indonesia. Keadaan lahan kentang di Indonesia umumnya sudah terkontaminasi patogen. Hal ini ditunjukkan dengan selalu timbul penyakit pada setiap musim tanam, sehingga lahan tersebut tidak mampu memberikan hasil optimum. Sebagian besar patogen tersebut umumnya bersifat tular-tanah yang mampu hidup, menyebar, dan bertahan dalam jangka waktu lama di dalam tanah. Penyakit utama yang ada di pertanaman kentang salah satunya adalah penyakit busuk lunak *Erwinia carotovora* (*syn Pectobacterium carotovorum*). Serangan patogen tersebut dapat menyebabkan perubahan fisik, fisiologi dan kimia pada umbi kentang sehingga berpengaruh terhadap kualitas produksi umbi kentang. Akibatnya kualitas kentang mengalami penurunan, sehingga perlu mendapat perhatian yang serius.

*Erwinia carotovora* merupakan salah satu spesies bakteri yang umumnya menyebabkan gejala busuk lunak pada beberapatanaman hortikultura (Schaad *et al.*, 2001). Bakteri ini memiliki kisaran inang yang luas dan dapat menginfeksi tanaman dalam penyimpanan (Goto, 1990). Dampak yang disebabkan oleh bakteri patogen tersebut sangat serius. Bakteri ini merupakan patogen terbawa tanah yang sulit dikendalikan secara kimiawi dan penyebarannya

sangat cepat. Kondisi di atas memberikan gagasan untuk melakukan pengendalian secara biologi dengan memanfaatkan agens pengendali hayati karena lebih efektif dan ramah lingkungan (Arwiyanto *et al.*, 1999).

Penggunaan mikroorganisme antagonis dari kelompok jamur dan bakteri mempunyai potensi sebagai antagonis karena kemampuannya dalam menekan populasi mikroorganisme patogen tanaman baik melalui mekanisme parasitisme, kompetisi ataupun antibiosis. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Javandira (2012) diketahui bahwa penggunaan bakteri rizosfer yaitu *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* dapat mengendalikan penyakit busuk lunak pada umbi kentang (*E. carotovora*). Efektifitas *B. subtilis* dan *P. fluorescens* dalam mengendalikan patogen tanaman berkaitan dengan kemampuannya dalam berkembang pada perakaran tanaman sehingga menyebabkan sistem perakaran menjadi lebih besar dan sehat dari serangan patogen penyakit sehingga meningkatkan pengambilan air dan unsur hara dari dalam tanah serta meningkatkan produktivitas tanaman (Kilian *et al.* 2000). Mikroba antagonis tersebut mampu dalam bersaing untuk mendapatkan zat makanan atau karena menghasilkan senyawa-senyawa metabolit seperti siderofor, antibiotik atau enzim ekstraselluler yang bersifat antagonis dalam menghambat atau berkompetisi dengan patogen tular tanah di sekitarnya (Habazar dan Yaherwandi, 2006).

Salah satu agens hayati dari kelompok jamur yang memiliki kemampuan yang baik untuk dimanfaatkan dalam menekan penyakit tanaman adalah *Trichoderma* sp. Menurut Arwiyanto *et al.* (1999), *Trichoderma* sp. memiliki keunggulan lain sebagai agens pengendalian hayati yaitu seperti bersifat spesifik target, mengoloni rhizosfer dengan cepat, melindungi akar dari serangan jamur patogen, mempercepat pertumbuhan tanaman dan meningkatkan hasil produksi tanaman. *Trichoderma* sp. menurut Talanca *et al.* (1998), mampu menghasilkan toksin yang menyebabkan terhambatnya pertumbuhan bahkan mematikan inang karena menghasilkan enzim hidrolitik  $\beta$ -1,3 glukukanase, kitinase, dan selulase.

Mikoriza diketahui dapat digunakan sebagai alternatif dalam menekan mikroba patogen akar. Selain itu, menurut Imas *et al.* (1989), asosiasi antara akar tanaman dengan jamur dalam bentuk mikoriza akan memperbesar kemampuan tanaman untuk mendapatkan unsur hara pada tanah yang miskin hara,



meningkatkan luas permukaan akar, melarutkan fosfor dalam tanah yang semula berada dalam bentuk yang tidak dapat diserap oleh tanaman dan meningkatkan daya tahan terhadap kekeringan dan terhadap serangan patogen akar.

Konsorsium mikroba antagonis adalah organisme antagonis yang dikombinasikan dari *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., serta *Trichoderma* sp., yang digunakan sebagai biopestisida. Konsorsium mikroba tersebut telah diformulasikan oleh Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Malang. Manfaat dari biopestisida tersebut untuk mengendalikan patogen tanaman, sebagai dekomposer serta meningkatkan kesuburan tanah. Pada penelitian yang dilakukan oleh Putro (2014), diketahui bahwa aplikasi konsorsium mikroba antagonis tersebut pada tanaman cabai merah dapat menekan pertumbuhan penyakit antraknose yang disebabkan patogen *Colletotrichum capsici*. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Silaban (2015) juga menyebutkan bahwa penggunaan konsorsium mikroba antagonis tersebut dapat menekan serangan penyakit layu bakteri pada tanaman tomat yang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum*.

Berdasarkan uraian di atas, maka dibutuhkan suatu upaya dalam memanfaatkan mikroorganisme antagonis sebagai agens pengendali hayati patogen penyakit busuk lunak pada umbi kentang yang disebabkan oleh *E. carotovora*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian agens hayati secara tunggal dan konsorsium dalam menekan serangan penyakit busuk lunak (*E. carotovora*) pada tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.).

## 1.2. Rumusan Masalah

Apakah pemberian agens hayati secara tunggal, pemberian agens hayati secara konsorsium (*Trichoderma* sp, *B. subtilis* dan *P. fluorescens*) dan perlakuan mikorizadapat menghambat perkembangan patogen *E. carotovora* penyebab busuk lunak pada kentang (*S. tuberosum*)

## 1.3. Hipotesis Penelitian

Pemberian agens hayati secara tunggal dengan, pemberian agens hayati secara konsorsium (*Trichoderma* sp, *B. subtilis* dan *P. fluorescens*) dan perlakuan mikorizadapat menghambat perkembangan patogen *E. carotovora* penyebab busuk lunak pada kentang (*S. tuberosum*).



#### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh pemberian agens hayati secara tunggal, pemberian agens hayati secara konsorsium (*Trichoderma* sp, *B. subtilis* dan *P. fluorescens*) dan perlakuan mikorizadapat menghambat perkembangan patogen *E. carotovora* penyebab busuk lunak pada kentang (*S. tuberosum*).

#### 1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi yang baik kepada masyarakat maupun petani dalam upaya menekan penyakit busuk lunak yang disebabkan bakteri *E. carotovora* pada tanaman kentang (*S. tuberosum*) serta menjadi salah satu alternatif pengendalian hama terpadu untuk meminimalisir penggunaan pestisida kimia.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.)

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan tanaman sayuran semusim, berumur pendek kurang lebih hanya 90–180 hari dan berbentuk perdu atau semak. Bervariasi sesuai varietasnya (Samadi, 1997). Kentang (*S. tuberosum*) menurut Hartus (2001) diklasifikasikan sebagai berikut : Kingdom : Plantae, Divisi : Spermatophyta, Sub Divisi : Angiospermae, Kelas : Dicotyledoneae, Ordo : Tubiflorae, Famili : Solonaceae, Genus : Solanum, Spesies : *Solanum tuberosum* L

Kentang merupakan salah satu komoditi pangan utama dunia setelah padi, gandum dan jagung yang dapat dijadikan sumber karbohidrat dan mempunyai potensi dalam program diversifikasi pangan. Kentang dapat diolah menjadi makanan ringan seperti keripik, dodol, donat, dan perkedel. Kentang juga berperan sebagai sumber nutrisi karena mengandung vitamin B, C dan sejumlah vitamin A. Selain itu, kentang juga merupakan sumber yang baik akan berbagai mineral, seperti kalsium (Ca), fosfor (P), besi (Fe) dan kalium (K), masing-masing 26,0; 49,0; 1,1; dan 449 mg/100 g. Di lain pihak, kandungan natriumnya sangat rendah, yaitu 0,4 mg/100 g. Kentang merupakan bahan pangan yang sangat kaya Kalium (449 mg/100 g). Selain kentang, bahan lain yang cukup kaya Kalium adalah tomat dan pisang (Imran, 2011).

Tanaman kentang dapat tumbuh baik di dataran tinggi antara 500-3000 meter di atas permukaan laut, dengan curah hujan antara 200-300 mm tiap bulan atau rata-rata 1000 mm selama masa pertumbuhan dengan kelembaban udara sekitar 80-90%, membutuhkan suhu ideal berkisar antara 15-18° C pada malam hari dan 24-30° C pada siang hari serta intensitas sinar matahari yang cukup. Tanaman kentang dapat tumbuh dengan baik pada tanah-tanah subur, mempunyai drainase yang baik, tanah liat yang gembur, debu atau debu berpasir dengan kadar air tanah pada kedalaman 15 cm tidak boleh kurang dari 50 % kapasitas lapang dan pH berkisar 5-6,5 (Asandhi dan Gunandi, 1989).



Tanaman kentang membutuhkan tanah yang subur, gembur, banyak mengandung bahan organik, bersolum dalam, aerasi dan drainasenya baik dengan reaksi tanah (pH) 5–6,5. Jenis tanah yang paling baik adalah Andosol dengan ciri-ciri solum tanah agak tebal antara 1–2 m, berwarna hitam atau kelabu sampai coklat tua, bertekstur debu atau lempung berdebu sampai lempung dan bertekstur remah. Jenis tanah Andosol memiliki kandungan unsur hara sedang sampai tinggi, produktivitas sedang sampai tinggi dan reaksi tanah masam sampai netral (Rukmana, 1997).

## 2.2. Penyakit Busuk Lunak Kentang (*Erwinia carotovora*)

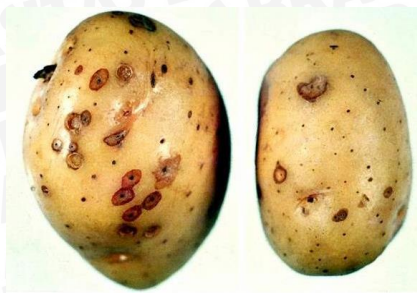
### 2.2.1 Gejala Penyakit Busuk Lunak *Erwinia carotovora*

Pada awal infeksi umbi terlihat seperti bintik yang berwarna krem sampai coklat kemerahan, busuk dan lunak, kemudian jika kondisi lingkungan lembab, bintik tersebut akan meluas dengan cepat dan bagian jaringan umbi hingga umbi bagian dalam. Jika umbi dipotong, bagian umbi dalam akan terlihat basah, seperti bubur, berwarna krem sampai coklat kemerahan dengan dibatasi oleh warna hitam antara bagian umbi yang terserang dengan umbi yang masih sehat. Jaringan yang membusuk sangat lunak dan kental, pembusukan tersebut akan meluas hingga hampir ke sebagian besar umbi kentang (Chailani, 2010). Gejala serangan *Erwinia carotovora* (syn *Pectobacterium carotovorum*) lebih banyak dijumpai pada tempat penyimpanan atau waktu pengangkutan (pasca panen) dari lapangan. (Agrios, 2005)



**Gambar 1.** Gejala tanaman kentang yang terserang *E. carotovora* di lapang (SFAC, 2012)





**Gambar 2.** Gejala umbi kentang yang terserang *E. carotovora* (SFAC, 2012)

### 2.2.2 Fisiologis dan Morfologi Bakteri *Erwinia carotovora*

*Erwinia carotovora* merupakan salah satu spesies bakteri yang umumnya menyebabkan gejala busuk lunak pada beberapa tanaman hortikultura (Schaad *et al.*, 2001). Menurut Goto (1990), klasifikasi bakteri penyebab busuk lunak pada tanaman kentang (*E. carotovora*) adalah sebagai berikut : Kingdom : Procaryotae, Divisio : Gracilicutes, Kelas : Proteobacteria, Famili : Enterobacteriaceae, Genus : *Erwinia*, Spesies : *Erwinia carotovora*.

*Erwinia carotovora*, seperti anggota Enterobacteriaceae lainnya bersifat anaerobik fakultatif, berbentuk batang dengan ukuran 0,5 x 1,0-3  $\mu\text{m}$ , bersifat gram negatif dan bergerak dengan flagela peritrik. Bakteri tersebut bersifat katalase positif, fermentatif, menghasilkan asam dari glukosa, mereduksi nitrat, menghasilkan  $\beta$ -galaktosidase dan  $\text{H}_2\text{S}$ , L-arabinose, D-galaktose, D-glukose, glyserol, D-mannose, D-ribose dan sucrose tapi tidak menghasilkan urease dan tidak menghasilkan asam dari adonitol. Beberapa strain menghidrolisa L-rhamnose dan D-mannitol tetapi tidak dekstrin. Suhu optimum bagi pertumbuhan bakteri *E. carotovora* antara 27-30°C, suhu maksimum bervariasi dari 32°C sampai 40°C. *E. carotovora* bersifat patogenik pada beberapa tanaman (Schaad *et al.*, 2001). Dampak yang disebabkan oleh bakteri patogentersebut sangat serius. Bakteri ini merupakan patogen terbawa tanah yang sulit dikendalikan secara kimiawi (Arwiyanto *et al.*, 1999).

### 2.2.3 Penyebaran Penyakit Busuk Lunak *Erwinia carotovora*

Bakteri *E. carotovora* hidup dalam tanah, air tanah dan sisa-sisa tanaman, terutama pada kelembaban dan suhu yang tinggi. Bakteri

initersebar luas di Indonesia, seperti terdapat di Sumatera Utara, Sumatera Selatan, Lampung, Jawa Timur, Jawa Tengah, Bali, Sulawesi Selatan dan Nusa Tenggara Timur. Bakteri *E. carotovora* menginfeksi umbi kentang melalui lentisel, luka pada umbi kentang maupun luka karena serangga, kemudian menyebar ke bagian umbi yang lain (Astuti, 2012). Bakteri ini dapat menyerang bersama dengan patogen yang lain. Faktor yang mempengaruhi infeksi dan perkembangan patogen tersebut adalah umbi yang masih muda, terdapat luka pada umbi, kekurangan cahaya atau sinar, kelembaban pada tanah yang tinggi dan kekurangan oksigen ketika umbi di penyimpanan (Chailani, 2010).

#### 2.2.4 Pengendalian Penyakit Busuk Lunak *Erwinia carotovora*

Tanaman kentang yang memperlihatkan gejala serangan virus atau bakteri dicabut lalu dimusnahkan. Tanaman kentang yang terserang virus atau layu tidak boleh digunakan bibit. Sampai saat ini belum ditemukan produk yang betul-betul efektif untuk mengendalikan kedua penyakit ini. Salah satu alternatifnya adalah pemilihan bibit yang baik, rotasi tanaman, tata air, yang baik disekitar tanaman serta mengendalikan vektor virus (kutu daun) dengan insektisida selektif (Duriat, 2006). Beberapa upaya pencegahan lain yang dapat dilakukan untuk menghindari infeksi bakteri patogen yaitu dengan memperhatikan intensitas cahaya matahari, suhu, dan kelembaban pada lingkungan budidaya. Patogen busuk lunak tidak dapat menginfeksi tanaman disekitarnya secara langsung. Namun patogen tersebut dapat bertahan pada jaringan terinfeksi di tanah. Aliran udara yang baik akan menurunkan suhu udara, mempercepat penguapan air pada daun dan dapat mencegah terjadinya kebusukan pada bagian pucuk dan akar tanaman akibat infeksi bakteri patogen (Setiawan, 2005). Pengendalian lain yang dapat dilakukan yaitu dengan penyingkiran tanaman, modifikasi kelembaban lingkungan, sanitasi lingkungan, menggunakan varietas yang resisten, serta pengendalian secara kimia (Uchida, 2010).

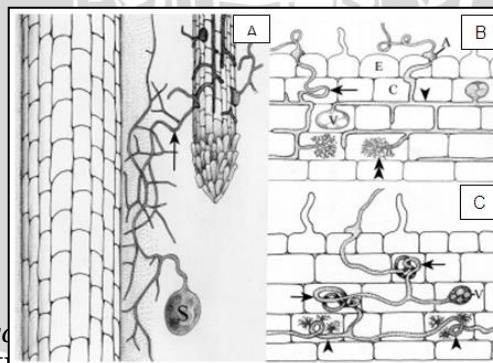
Berbagai penelitian telah banyak dilakukan untuk mengendalikan penyakit busuk lunak umbi kentang yang disebabkan oleh *E. carotovora*. Kartini (2014), melakukan eksplorasi bakteri endofit pada akar



tanaman kentang yang diperoleh dari lahan kentang di Cangar Kabupaten Malang. Berdasarkan hasil eksplorasi tersebut didapatkan 99 isolat bakteri endofit dimana 57 diantaranya antagonis terhadap *E. carotovora*. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Daulay (2015), dengan menyeleksi koleksi 15 isolat bakteri Lumpur Sidoarjo, memperoleh 7 isolat bakteri yang dapat mengendalikan bakteri *E. carotovora*.

### 2.3. Jamur *Arbuscular Mycorrhiza* (AM)

Mikoriza adalah asosiasi simbiotik yang esensial untuk satu atau kedua mitra, antara cendawan (khususnya yang hidup dalam tanah dan tanaman) dengan akar (atau organ lain yang bersentuhan dengan substrat) dari tanaman hidup, terutama berperan untuk memindahkan hara. Jamur AM (*arbuscular mycorrhiza*) dapat digolongkan ke dalam grup kecil filum Glomeromycota yang memiliki ciri-ciri khusus seperti terdapatnya hifa intraradikal (interseleuler atau intraseleuler), arbuskula (hifa yang bercabang halus dan berperan dalam pertukaran nutrisi), miselium ekstraradikal (miselium yang menghubungkan akar dengan tanah) dan spora yang terbentuk dalam miselium ekstraradikal (Turjaman, 2004). Spesies dari jamur AM ada yang membentuk struktur intraradikal yang dikenal dengan istilah vesikel (pembesaran miselium intraradikal) yang berisi tubuh lemak (*lipid bodies*) (Gambar 3).



**Gambar 3.** *Arbuscular Mycorrhiza* (AM) tipe *Arum*, seringkali hifa menggulung (anak panah) sebelum masuk sistem ruang interseleuler korteks (mata panah), Arbuskula terbentuk dalam sel korteks (dobel mata panah), Aprosorium (A), Epidermis (E), Korteks (C), Vesikel (V). [C] Asosiasi AM Tipe *Paris*, tipe ini hampir sama dengan tipe *Arum* hanya saja ada hifa ekstensif yang menggulung di dalam korteks (anak panah) dan cabang-cabang kecilnya membentuk arbuskula, Vesikel (V) (Peterson *et al.*, 2004).



Tipe *arbuscular mycorrhiza* ada dua, yaitu tipe Arum dan tipe Paris. Pada asosiasi AM tipe Arum, hifa menembus ke dalam lapisan sel epidermis atau sel korteks dan menggulung sebelum masuk ke ruang interseluler korteks. Hifa di lapisan sel korteks yang lain langsung membentuk arbuskula, oleh karena itu gulungan hifa dan arbuskula yang terbentuk terpisah pada tipe ini (Gambar 3B). Tipe Paris, hifa melewati sel ke sel membentuk gulungan yang kompleks di dalam sel epidermis dan korteks. Cabang-cabang kecil dari gulungan hifa ini juga membentuk arbuskula (Gambar 3C), sehingga pada tipe Paris ini gulungan-gulungan hifanya menjadi satu dengan arbuskula. Hal ini yang menyebabkan kolonisasi dengan arah longitudinal akar dari tipe Arum lebih cepat dibandingkan kolonisasi tipe Paris (Peterson *et al.*, 2004).

Siklus hidup jamur AM dibagi menjadi empat tahap, yaitu (1) Perkecambahan Spora, (2) Tahap Pra-simbiosis, (3) Koneksi Akar Inang, dan (4) Tahap simbiosis. Siklus hidup ini mengacu pada jamur AM spesies *Glomus* karena penelitian jamur AM banyak yang mengacu kepada isolat spesies *Glomus* (Dalpé *et al.*, 2005). Simbiosis jamur AM hampir bisa ditemui di semua ekosistem, penelitian telah menunjukkan bahwa jamur AM terdistribusi luas, diantaranya di padang pasir, hutan hujan tropis, lingkungan perairan, tanah dengan salin yang kuat, tanah dengan kandungan natrium dan tanah berkapur. Jumlah yang relatif rendah dari tumbuhan terkolonisasi jamur AM di habitat arktik dan antartika disebabkan lebih pada kurangnya vektor yang sesuai untuk spora jamur daripada penyebab lain (Strack *et al.*, 2003).

Kehadiran Jamur AM yang mampu meningkatkan kesuburan tanah, dapat memberikan pengaruh terhadap vegetasi yang tumbuh di atasnya. Jamur AM memiliki bagian-bagian yang dapat meningkatkan serapan unsur hara terutama fosfor (P). Selain itu jamur AM dapat mengambil dan mentransfer unsur nitrogen (Garg *et al.*, 2010). Sehingga pertumbuhan suatu tanaman dengan asosiasi jamur AM dapat sangat signifikan dibandingkan dengan yang tanpa jamur AM, penelitian pada tanaman legum *Spartium junceum* menunjukkan bahwa dengan inokulasi *G. Intraradices* pertumbuhan dapat mencapai 69,56 % lebih tinggi dibandingkan tanaman *S. Junceum* yang tidak diberi jamur AM dalam kurun waktu budidaya yang sama selama 4 bulan (Busquets *et al.*, 2010).

Kolonisasi akar kedelai oleh mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai dan konsentrasi P tanaman kedelai (Ross dan Harper, 1970). Selain itu juga dapat meningkatkan nodulasi dan fiksasi N (Carling *et al.*, 1980). Perbaikan serapan hara karena simbiosis dengan mikoriza tidak hanya terbatas pada fosfat, tetapi juga pada unsur lain. Perbandingan serapan hara mikro tanaman mikoriza yang diinokulasi dengan *Glomus mosseae* dan *Glomus fasciculatum* dengan tanaman kontrol yang diberi pupuk P yang tinggi. Hasilnya adalah bahwa tanaman mikoriza mempunyai konsentrasi Cu dan Zn yang lebih tinggi tapi Fe dan Mn yang lebih rendah daripada tanaman kontrol (Pacovsky, 1986).

#### 2.4. Potensi Agens Hayati

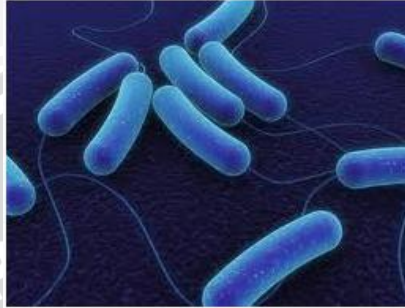
##### 2.4.1 Potensi *Bacillus* sp. sebagai Antagonis

Mekanisme pengendalian penyakit tanaman secara hayati pada umumnya melalui beberapa cara yakni parasitisme, kompetisi, antibiosis oleh mikroorganisme antagonis. Mekanisme penekanan yang dilakukan oleh bakteri *Bacillus* sp. dengan cara merusak hifa atau miselium jamur dan mengeluarkan jamur dari dalam inang setelah patogen melakukan infeksi. Bakteri ini juga digolongkan sebagai bakteri heterotrofik, yaitu bersifat uniseluler, termasuk dalam golongan mikroorganisme dekomposer. *Bacillus* sp. mudah ditemukan di tanah dan air. Beberapa jenis dapat menghasilkan enzim ekstraseluler yang dapat menghidrolisis protein dan polisakarida kompleks (Cook *et al.*, 1983). Adapun klasifikasi *Bacillus* sp. menurut Agrios (2005) adalah sebagai berikut : Kingdom : Bacteria, Filum : Firmicutes, Kelas : Firmibacteria, Famili : Bacillaceae, Genus : Bacillus, Jenis : *Bacillus* sp.

*Bacillus* sp. merupakan bakteri gram positif, bergerak dengan adanya flagel, bersifat aerobik atau fakultatif anaerobik serta bersifat katalase positif. Bakteri ini tidak menyebabkan penyakit pada tanaman, dapat hidup dalam kondisi anaerob (tanpa oksigen), dan membentuk spora. Beberapa organisme mampu menghasilkan enzim kitinase, dimana enzim ini dapat mendegradasi kitin menjadi N-asetilglukosamin. Organisme pendegradasi kitin yang umumnya berasal dari kelompok bakteri, salah satunya yakni berasal dari golongan *Bacillus* sp. Beberapa senyawa antimikroba juga



dihasilkan oleh *Bacillus* sp. diantaranya senyawa basitrasin, basilin, basilomisin B, difisidin, oksidifisidin, lesitinase, subtilisin (Supriadi, 2006), selain itu juga menghasilkan senyawa fengymycin yang diketahui sebagai antifungal, dan banyak senyawa peptid antibiotik lainnya yang diproduksi oleh *Bacillus* sp. (Stein, 2005).



**Gambar 4.** Morfologi bakteri *Bacillus* sp. (Pelczar, 2006)

Keunggulan *Bacillus* sp. dibandingkan dengan bakteri lain adalah kemampuannya menghasilkan endospora yang tahan terhadap panas dan dingin, pH yang ekstrim, pestisida, pupuk dan waktu penyimpanan (Tjahjono, 2000). Endospora merupakan suatu bentuk sel yang mempunyai kemampuan persistensi tinggi terhadap perubahan-perubahan yang terjadi secara ekstrim. Endospora ini merupakan suatu tahap istirahat dari istirahat dari bakteri. Hal ini bisa dilihat dari rendahnya aktifitas metabolik yang terjadi dan analisa secara kimia menunjukkan bahwa endospora mengandung DNA dan RNA, protein, lipid, karbohidrat, mengandung sedikit enzim, air dan mineral jika dibandingkan dengan sel vegetatifnya (Carpenter, 1972).

Beberapa spesies dari *Bacillus* sp. diketahui memiliki potensi sebagai agens hayati. Apabila *B. subtilis* dibalutkan pada biji atau benih tanaman maka bakteri tersebut akan berkembang pada sistem perakaran tanaman. Selanjutnya bakteri akan berkompetisi dan menekan cendawan tular tanah seperti *Erwinia* sp., *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp., dan *Aspergillus* sp. Bakteri tersebut terus hidup pada bagian perakaran dan melindungi tanaman sepanjang musim tanam (Muis, 2007).

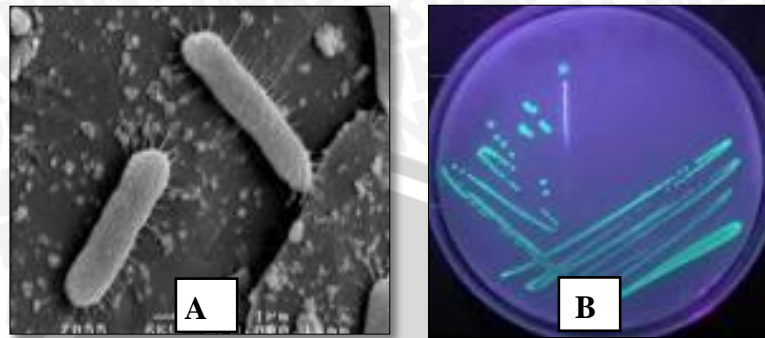


#### 2.4.2 Potensi Bakteri *Pseudomonas* sp. sebagai Antagonis

*Pseudomonas fluorescens* termasuk ke dalam bakteri yang dapat ditemukan di mana saja, sering kali ditemukan pada bagian tanaman (permukaan daun dan akar) dan sisa tanaman yang membusuk, tanah dan air, sisa-sisa makanan yang membusuk, serta kotoran hewan. *Pseudomonas* sp. merupakan bakteri gram yang sebagian besar bersifat non-patogenik dan saprofitik. Bakteri ini banyak ditemukan secara luas baik di tanah, air tawar, air laut juga sering sekali ditemukan pada bagian tanaman (permukaan daun dan akar), sisa tanaman yang membusuk (sisa-sisa makanan yang membusuk, dan kotoran hewan (Supriadi, 2006). Morfologi dari genus *Pseudomonas* sp. ini adalah sel tunggal, batang lurus atau melengkung, namun tidak berbentuk heliks, pada umumnya berukuran 0,5-1,0  $\mu\text{m}$ . Biasanya motil dengan flagelum polar : monotriks atau multitriks, bereaksi negatif terhadap pewarnaan Gram. Beberapa spesies merupakan kemolitotrof fakultatif, dapat menggunakan  $\text{H}_2$  atau CO sebagai sumber energi (Pelczar *et al.*, 2006). Menurut Pelczar *et al.* (2006), klasifikasi bakteri *Pseudomonas* sp yaitu : Kingdom : Bacteria, Filum : Proteobacteria, Kelas : Pseudomonales, Ordo : Gamma Proteobacteria, Famili : Pseudomonadaceae, Genus : *Pseudomonas*, Spesies : *Pseudomonas* sp.

*Pseudomonas* sp. dapat mengeluarkan senyawa antibiotik (antifungal), siderofor, dan metabolit sekunder lainnya yang sifatnya dapat menghambat aktivitas jamur (Haas *et al.*, 2005). Bakteri ini memproduksi pigmen biru kehijauan pada saat kandungan Fe (besi) yang rendah serta dapat tumbuh baik pada media yang mengandung garam-garam mineral dengan tambahan sumber karbon yang beragam (Ratdiana, 2007). Siderofor berfungsi mengikat ion  $\text{Fe}^{3+}$  dari lingkungan sehingga patogen tidak dapat memanfaatkan senyawa tersebut dan mengakibatkan pertumbuhan jamur terhambat (Hamdan *et al.*, 1991). Antibiotik tersebut berperan dalam menekan perkembangan patogen yang ada di lingkungan pertanian sehingga *Pseudomonas* sp. Dapat berkembang secara optimal (Mazolla *et al.*, 1992). Senyawa lainnya yang dihasilkan bakteri ini antara lain

pyrrolnitrin, pyoluteorin (PLT), phenazine-1-carboxylase (PCA) dan 2,4-diacetylphloroglucinol (PHL) (Duffy *et al.*, 1999).



**Gambar 5.** Bakteri *Pseudomonas* sp.; a) Sel *Pseudomonas* sp.; b) Kenampakan pertumbuhan *Pseudomonas* sp. pada media King's B dibawah sinar UV. (Pelczar, 2006)

Ciri yang mencolok dan mudah dilihat dari *P. fluorescens* adalah kemampuannya menghasilkan pigmen pyoverdine dan atau fenazin pada medium King's B sehingga terlihat berpijar bila terkena sinar UV. *Pseudomonas 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 antijamur dan antibiotik, serta kompetisi dalam penyerapan kation Fe (Supriadi, 2006).

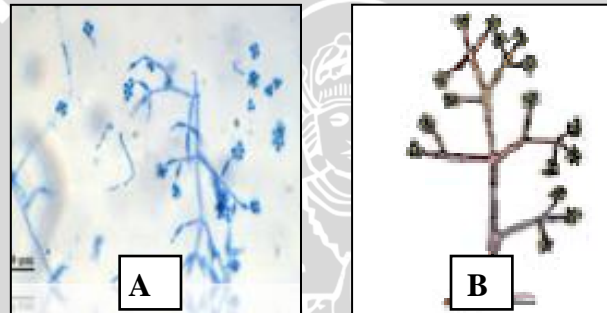
#### 2.4.3 Potensi *Trichoderma* sp. sebagai Antagonis

Jamur *Trichoderma* sp. adalah jamur yang banyak dimanfaatkan sebagai agens hayati dan diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan pestisida sintesis (Purwantisari *et al.*, 2009). Menurut Semangun (2006) klasifikasi *Trichoderma* sp. adalah sebagai berikut : Kingdom : Fungi, Filum : Ascomycota, Kelas : Ascomycetes, Ordo : Hypocreales, Famili : Hypocreaceae, Genus : *Trichoderma*, Spesies : *Trichoderma* sp.

Mekanisme utama pengendalian patogen tanaman yang bersifat tular tanah dengan menggunakan cendawan *Trichoderma* sp., dapat terjadi melalui:



- a. Mikoparasit yaitu memarasit miselium cendawan lain dengan menembus dinding sel dan masuk ke dalam sel untuk mengambil zat makanan dari dalam sel sehingga cendawan akan mati.
- b. Menghasilkan antibiotik seperti alarnetichin, paracelsin, trichotoxin yang dapat menghasilkan sel cendawan melalui pengerusakan terhadap permeabilitas membran sel dan enzim kitinase, laminarinase yang dapat menyebabkan lisis dinding sel.
- c. Mempunyai kemampuan berkompetisi memperebutkan tempat hidup dan sumber makanan.
- d. Mempunyai kemampuan melakukan interfensi hifa. Hifa *Trichoderma* sp., akan mengakibatkan perubahan permeabilitas dinding sel (Tindaon, 2008).



**Gambar 6.** Jamur *Trichoderma* sp. a) Sel *Trichoderma* sp.; b) Bentuk spora *Trichoderma* sp (Agrios, 2005)

*Trichoderma* sp., adalah jenis cendawan yang tersebar luas di tanah dan mempunyai sifat mikoparasitik. Mikoparasitik merupakan kemampuan untuk menjadi parasit bagi cendawan lain. Kemampuan inilah yang dimanfaatkan sebagai biokontrol terhadap jenis-jenis fitopatogen. Beberapa patogen yang dapat dikendalikan oleh *Trichoderma* sp., adalah *Rhizoktonia solani*, *Fusarium* sp, *Lentinus lepidus*, *Phytium* sp., *Botrytis cinerea*, *Gloesporium gloeosporoides*, *Rigidoporus lignosus* dan *Sclerotium rolfsii* yang menyerang tanaman jagung, kedelai, kentang, tomat dan kacang, buncis, kubis, timun, kapas, kacang tanah, pohon buah-buahan, semak dan tanaman hias (Tindaon, 2008).

*Trichoderma* sp. dapat menekan serangan *Phytium* sp. pada tanaman kedelai. Data tersebut menunjukkan bahwa semakin panjangnya jarak antar



investasi *T. Viride* dengan saat datang *Phytium* sp. cenderung akan menurunkan intensitas dan persentase bibit dan benih yang terserang *Phytium* sp (Rifai *et al.*, 1996). Penelitian lainnya dilakukan dengan menggunakan uji terhadap *S. rolfsii* secara *in vitro* *Trichoderma* sp. mampu mengendalikan penghambatan pertumbuhan *S. rolfsii* sebesar 59,89%. Sedangkan hasil pengujian dirumah kaca menunjukkan bahwa cara aplikasi *Trichoderma* sp. melalui tanah yang menyebabkan saat penyakit lebih lambat yakni 12-14 hari dibandingkan dengan cara penyelaputan benih (7-8 hari) (Sulistiyowati *et al.*, 1997).

Kemampuan antagonis *Trichoderma* sp. berhubungan dengan mekanisme – mekanisme berikut :

- a. *Trichoderma* sp. mengeluarkan toksin yang menyebabkan terlambatnya pertumbuhan bahkan mematikan inangnya.
- b. *Trichoderma* sp. menghasilkan enzim hidrolitik  $\beta$ -1,3 glukonase, kitinase, dan selulase. (Talanca *et al.*, 1998).

Pengendalian hayati dengan menggunakan agens hayati seperti *Trichoderma* sp. yang terseleksi ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan dan mengatasi dampak negatif dari pemakaian pestisida sintetik yang selama ini masih dipakai untuk pengendalian penyakit tanaman di Indonesia (Purwantisari *et al.*, 2009).

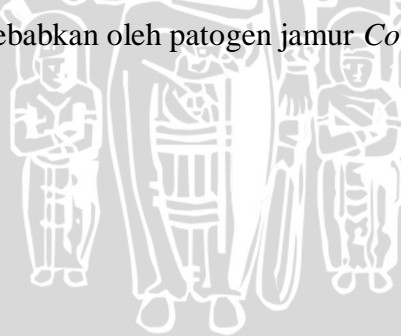
## 2.5. Potensi Konsorsium Mikroba Antagonis sebagai Antagonis

Agens hayati yaitu organisme yang dapat berkembang biak sendiri seperti parasitoid, predator, parasit, arthropoda pemakan tumbuhan, dan patogen (FAO, 1997). Agens hayati yang digunakan untuk mengendalikan penyakit disebut agens antagonis. Pemanfaatan agens hayati dalam menekan perkembangan penyakit akan terus dikembangkan dan pasarkan ke petani (Muksin *et al.*, 2010). Pemanfaatan mikroorganisme sebagai agens pengendalian nampaknya masih perlu dikembangkan. Pengembangan penggunaan mikroorganisme tersebut perlu dilandasi pengetahuan jenis-jenis mikroorganisme, jenis-jenis penyakit dan juga mekanisme pengendalian penyakit tanaman dengan menggunakan mikroorganisme.

Pemanfaatan ini diharapkan dapat membantu pengendalian penyakit tanpa mengganggu kondisi lingkungan (Khaeruni, 2010).

*Bacillus subtilis* dan *P. fluorescens* merupakan mikroba antagonis yang memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai agens pengendali patogen pada tanaman kentang. Penggunaan kedua mikroba tersebut telah diteliti sebelumnya oleh Javandira (2012) dalam mengendalikan penyakit busuk lunak pada umbi tanaman kentang. Selain itu, *Trichoderma* sp. yang diformulasikan dalam bentuk tepung efektif mengendalikan penyakit busuk daun (*Phytophthora infestans*) pada kentang (Haryadi, 2001).

Konsorsium mikroba antagonis adalah organisme antagonis yang dikombinasikan dari *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., serta *Trichoderma* sp., yang digunakan sebagai biopestisida. Konsorsium mikroba tersebut telah diformulasikan oleh Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Malang. Manfaat dari biopestisida tersebut adalah mengendalikan patogen tanaman, sebagai dekomposer serta meningkatkan kesuburan tanah (Silaban, 2015). Penelitian yang dilakukan oleh Putro (2014), bahwa diketahui penggunaan konsorsium mikroba antagonis tersebut juga dapat menghambat pertumbuhan penyakit antraknose pada cabai merah yang disebabkan oleh patogen jamur *Colletrotichum capsici*.





### III. BAHAN DAN METODE

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di lahan milik petani yang berada di Dusun Dadapan, Desa Pandanrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu Jawa Timur. Pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Juli 2015 sampai Desember 2015.

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian, antara lain : gelas ukur 2 liter, gelas ukur 100 ml, timba, cangkul, meteran, *hand counter*, timbangan satuan gram dan kamera digital, cawan Petri, *hand sprayer*, timbangan analitik, jarum suntik, *hand counter*, pipet, gelas ukur, botol media, gelas ukur. Sedangkan untuk bahannya meliputi benih kentang, agens hayati (*B. subtilis*, *P. fluorescens*, *Trichoderma* sp. dan konsorsium mikroba) yang merupakan koleksi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, mikoriza, pupuk kandang, akuades, tissue.

#### 3.3 Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang dilakukan di lahan yang diusahakan oleh petani setempat. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan yang digunakan dalam percobaan ialah sebagai berikut:

**Tabel 1.** Perlakuan aplikasi agens hayati dalam penelitian

Perlakuan	Aplikasi
Kontrol	Disemprot air
<i>Bacillus subtilis</i>	1x/minggu
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1x/minggu
Mikoriza	1x/awal penanaman
<i>Trichoderma</i> sp.	1x/minggu
Konsorsium	Awal penanaman dan aplikasi setiap minggu

#### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

##### 3.4.1 Perbanyak Agens Hayati dan Mikoriza

Dalam upaya perbanyak agens hayati dan Mikoriza dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

### 1. Perbanyak Agens Hayati.

Penyediaan media pertumbuhan berupa Ekstrak Kentang Gula (EKG) dengan bahan kentang 2 kg, air bersih 15 liter dan gula  $\frac{1}{2}$  kg. Media EKG yang telah disterilkan dimasukkan dalam galon steril dan selanjutnya digunakan untuk proses fermentasi. Isolat agens hayati hasil dari koleksi laboratorium sebanyak 1 tabung reaksi dimasukkan dalam media EKG untuk dikembangbiakkan. Setelah itu pada botol terpisah diisi larutan  $\text{KMnO}_4$  dengan pelarut air yang kemudian dihubungkan dengan galon yang sudah diinokulasikan isolat agens hayati dengan selang udara. Kemudian rangkaian  $\text{KMnO}_4$  dan galon berisi media EKG dan isolat agens hayati disambungkan dengan aerator guna memberikan masukan udara kedalam galon untuk menunjang kebutuhan oksigen agens hayati dalam proses pertumbuhan dan. Proses ini berlangsung selama  $\pm 14$  hari.

### 2. Pemiakan Massal Mikoriza.

Pemiakan massal mikoriza dilakukan dengan isolasi spora tunggal dari hasil koleksi laboratorium yaitu dengan menempelkan spora pada akar bibit jagung kemudian bibit jagung ditanam pada media tanah dalam *polybag* dan tanaman dirawat hingga berumur  $\pm 2$  bulan dan mikoriza siap untuk dipanen.

#### 3.4.2 Persiapan Lahan Penelitian

Percobaan diatur sesuai dengan rancangan acak kelompok dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan. Petak percobaan berukuran 4 x 4 meter dengan jarak tanam sesuai rekomendasi per tanamannya. Lahan terlebih dahulu diolah dan diratakan tanahnya untuk persiapan tanam. Dalam proses sekaligus dilakukan pemupukan dasar dengan pupuk kandang.

#### 3.4.3 Aplikasi Mikoriza dan Agens Hayati

Aplikasi pertama kali yang dilakukan ialah pemberian mikoriza pada masing-masing lubang tanam pada objek perlakuan satu kali selama satu musim tanam, kemudian aplikasi agens hayati yang lain dilakukan pertama kali pada benih atau bibit yang telah ditanam dengan interval satu minggu sekali dan aplikasi terakhir dilakukan satu minggu sebelum panen. Aplikasi agens hayati dilakukan pada pagi



atau sore hari dimana kondisi lingkungan masih lembab sehingga agens hayati dapat tumbuh dan berkembang dengan baik.

Takaran yang digunakan untuk aplikasi di lahan yaitu menggunakan 50 ml agens hayati dicampur dengan 2,5 liter air kemudian diaduk. Selanjutnya teknik aplikasi agens hayati pada tanaman kentang yaitu dengan menyiramkan suspensi agens hayati dan air tersebut pada permukaan tanah yang ditanam kentang. Masing-masing tanaman diberikan  $\pm 300$  ml suspensi agens hayati tersebut.

#### 3.4.4 Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman dalam penelitian ini meliputi :

1. Penyiraman yang dilakukan 1-2 kali dalam sehari dengan menggunakan gembor atau disesuaikan dengan kondisi di lapangan. Penyulaman, dilakukan bila ada tanaman yang mati atau pertumbuhannya kurang baik, diganti dengan tanaman yang disemaikan di *polybag*.
2. Penyulaman pada tanaman yang tidak tumbuh.
3. Penyiangan, dilakukan apabila terdapat gulma yang mengganggu tanaman utama.

#### 3.5 Variabel Pengamatan

1. Persentase tanaman sakit

Perhitungan persentase tanaman yang terserang penyakit busuk lunak pada tanaman kentang dihitung dengan rumus seperti yang dikemukakan oleh Wang (1998) :

$$P = \frac{I_b}{I_a} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Persentase penyakit

Ia = Jumlah Tanaman Total

Ib = Jumlah Tanaman Sakit/Mati

## 2. Persentase Penekanan Penyakit

Berdasarkan rumus yang dikemukakan oleh Merra *et al.* (1995), besarnya persentase penekanan penyakit busuk umbi kentang dihitung dengan rumus :

$$Ps = \frac{K-P}{K} \times 100\%$$

dimana :

Ps = Persentase penekanan serangan penyakit

K = Nilai rata-rata persentase serangan penyakit pada kontrol

P = Nilai rata-rata persentase serangan penyakit pada perlakuan

## 3. Tingkat Produksi Kentang

Tingkat produksi dihitung dengan terlebih dahulu dilakukan pemanenan umbi kentang dengan kriteria daun dan batang tanaman telah menguning, umbinya sudah tidak mudah lecet (mengelupas) dan umur telah mencapai 90 hari setelah tanam. Penghitungan tingkat produksi dilakukan dengan menimbang berat masing-masing buah atau umbi tanaman uji yang dipanen dari setiap plot perlakuan tanaman sampel.

### 3.6 Analisis Statistik

#### 1. Analisis Ragam

Data percobaan dianalisis dengan analisis ragam (ANOVA) dan jika terdapat perbedaan yang signifikan maka uji dilanjutkan dengan Uji Duncan taraf 5%.

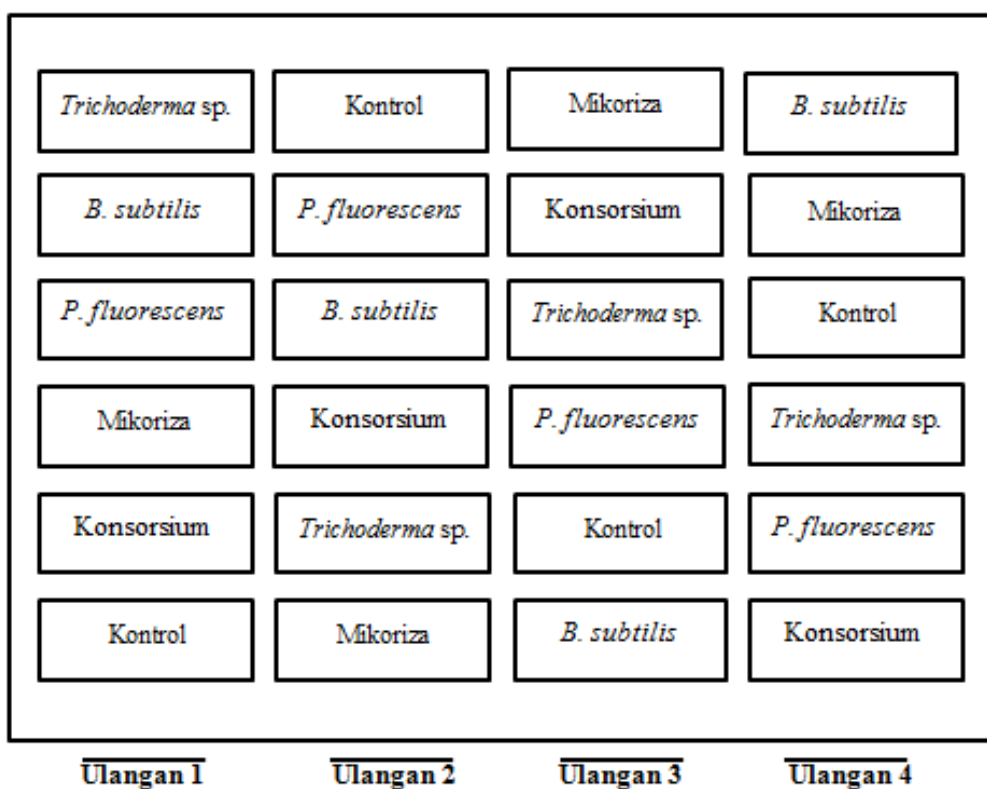
#### 2. Analisis korelasi

Perhitungan analisis korelasi menggunakan program Microsoft Excel untuk mengetahui hubungan antara faktor dependen dan independen. Dari perhitungan diatas menurut de Vaus (2002), dapat diimplementasikan dengan menggunakan Tabel 2.



**Tabel 2.** Interval koefisien korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00	Tidak ada korelasi
0,01 – 0,09	Korelasi sangat lemah
0,10 – 0,29	Korelasi lemah
0,30 – 0,49	Korelasi cukup
0,50 – 0,69	Korelasi kuat
0,70 – 0,89	Korelasi sangat kuat
> 0,90	Korelasi sempurna



**Gambar 7 :** Denah pengacakan penelitian di lapang.

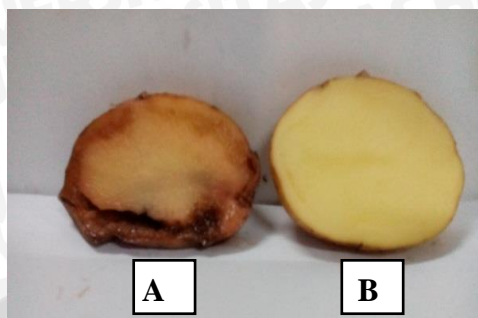
## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Gejala Penyakit Busuk Lunak di Lapang

Hasil pengamatan di lapang menunjukkan bahwa gejala awal penyakit busuk lunak yang disebabkan yaitu bintik kecil yang basah berwarna krem kecoklatan pada beberapa permukaan umbi. Bintik kecil basah berwarna krem kecoklatan kemudian berkembang semakin meluas ke bagian umbi bagian dalam. Umbi yang terinfeksi bakteri patogen busuk lunak apabila ditekan akan mengeluarkan lendir. Semakin lama umbi kentang tersebut akan mengeluarkan bau busuk dan tidak sedap. Apabila umbi dibelah, antara umbi yang masih sehat akan dibatasi oleh garis hitam yang mengelilingi bagian dalam umbi yang terinfeksi penyakit busuk lunak (Gambar 4.).

Infeksi awal bakteri penyakit busuk lunak yang disebabkan oleh patogen *E.carotovora* dengan mematikan sel inang, sehingga sel inang mengalami luka dan busuk (Adeline *et al.*, 2008). Pada awal infeksi umbi terlihat seperti bintik yang berwarna krem sampai coklat kemerahan, busuk dan lunak, kemudian jika kondisi lingkungan lembab, bintik tersebut akan meluas dengan cepat dan bagian jaringan umbi hingga umbi bagian dalam. Jika umbi dipotong, bagian umbi dalam akan terlihat basah, seperti bubur, berwarna krem sampai coklat kemerahan dengan dibatasi oleh warna hitam antara bagian umbi yang terserang dengan umbi yang masih sehat. Jaringan yang membusuk sangat lunak dan kental, pembusukan tersebut akan meluas hingga ke sebagian besar umbi kentang. Pada awalnya umbi yang membusuk tidak mengeluarkan bau, kemudian mengeluarkan bau busuk ketika pembusukan berkembang merata ke seluruh bagian umbi. Jika kondisi lingkungan kering maka bagian umbi tersebut akan menjadi seperti berkapur berwarna pucat sampai putih. Sedangkan infeksi pada tanaman menyebabkan daun menjadi layu, menguning, kadang daun terlihat menggulung keatas. Batang yang terinfeksi berwarna coklat muda, kadang tidak berwarna namun juga tidak berwarna hitam, dan batang yang terinfeksi akan busuk dan menjadi lunak. (Chailani, 2010).





**Gambar 8.** Gejala busuk lunak yang disebabkan *Erwinia carotovora* pada umbi kentang. a) Kentang yang terserang penyakit busuk lunak; b) Kentang normal

#### 4.2 Tingkat Serangan Penyakit Busuk Lunak di Lapang

Hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh yang nyata antara perlakuan tanaman kentang dengan aplikasi agens hayati secara tunggal dan konsorsium terhadap serangan penyakit busuk lunak yang disebabkan oleh *E. carotovora*. Sedangkan, apabila dibandingkan antara aplikasi agens hayati secara tunggal dan konsorsium dengan kontrol menunjukkan pengaruh nyata (Tabel Lampiran 1). Berdasar analisis ragam tersebut juga diketahui bahwa nilai F-hitung lebih besar dibandingkan dengan nilai F-tabel. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata atau dapat menekan perkembangan *E. carotovora* dibanding dengan perlakuan kontrol. Untuk melihat pengaruh masing-masing perlakuan dilanjutkan uji Duncan dengan taraf 0,05 terhadap data yang diperoleh pada pengamatan (Tabel lampiran 1). Adapun rerata tingkat serangan *E. carotovora* dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Rerata tingkat serangan penyakit busuk lunak

Perlakuan	Persentase tingkat serangan penyakit busuk lunak (%)
Kontrol	26,25 c
<i>Bacillus subtilis</i>	16,25 b
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	16,25 b
Mikoriza.	16,25 b
<i>Trichoderma</i> sp.	16,25 b
Konsorsium	11,25 a

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom pengamatan yang sama menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%; Kontrol: perlakuan dengan disiram air tanpa agens hayati

Pada pengamatan kentang dengan perlakuan aplikasi agens hayati *B. subtilis*, *P. fluorescens*, Mikoriza dan *Trichoderma* sp. besarnya

persentase tingkat serangan penyakit busuk lunak yang disebabkan oleh bakteri patogen *E. carotovora* sama yaitu 16,25% lebih rendah dibandingkan perlakuan kontrol dengan nilai sebesar 26,25%. Perlakuan aplikasi agens hayati *B. subtilis*, *P. fluorescens*, Mikoriza dan *Trichoderma* sp. berbeda nyata dibandingkan perlakuan kontrol. Artinya, aplikasi agens hayati secara tunggal dengan menggunakan mikroba antagonis *B. subtilis*, *P. fluorescens*, Mikoriza dan *Trichoderma* sp. memiliki kemampuan yang baik dalam mengendalikan penyakit busuk lunak kentang dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

Sedangkan pada perlakuan antar aplikasi agens hayati secara tunggal (*B. subtilis*, *P. fluorescens*, Mikoriza dan *Trichoderma* sp.) besarnya serangan penyakit busuk lunak tidak berbeda nyata. Sehingga diketahui perlakuan mikroba antagonis tunggal memiliki daya tekan yang sama baik dalam menekan serangan penyakit busuk lunak yang disebabkan bakteri *E. carotovora*.

Pada pengamatan dengan perlakuan aplikasi konsorsium mikroba antagonis, besarnya persentase tingkat serangan penyakit busuk lunak pada tanaman kentang adalah 11,25 % lebih rendah dibandingkan perlakuan kontrol maupun perlakuan dengan aplikasi agens hayati secara tunggal. Besar persentase serangan penyakit busuk lunak kentang pada perlakuan dengan aplikasi konsorsium mikroba antagonis memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan kontrol maupun aplikasi agens hayati secara tunggal. Sehingga diketahui bahwa perlakuan dengan aplikasi konsorsium mikroba antagonis paling baik dalam menekan penyakit busuk lunak pada tanaman kentang.

Dari Tabel 3.dapat diketahui juga bahwa pemanfaatan *B. subtilis*, *P. fluorescens*, Mikoriza, *Trichoderma* sp. dan konsorsium mikroba antagonis mampu mengurangi tingkat serangan penyakit busuk lunak yang disebabkan oleh bakteri patogen *E. carotovora* pada tanaman kentang. Kemampuan tersebut diketahui dengan membandingkan tingkat serangan antara tanaman kentang yang diaplikasikan agens hayati dengan tanaman tanpa aplikasi agens hayati (perlakuan kontrol). Berdasar Tabel 3. juga diketahui besarnya nilai serangan penyakit busuk



lunak perlakuan kontrol tinggi, sebaliknya perlakuan dengan konsorsium mikroba antagonis serangan penyakit busuk lunak berada di urutan yang paling rendah.

Berdasar uraian mengenai tingkat serangan penyakit busuk lunak tersebut diketahui bahwa aplikasi perlakuan dengan konsorsium mikroba antagonis memiliki daya hambat yang lebih baik dibandingkan dengan aplikasi agens hayati dengan mikroba tunggal dalam menghambat serangan penyakit busuk lunak pada umbi kentang. Hal ini karena semakin banyak populasi dan jenis mikroba antagonis yang berkoloni pada permukaan umbi kentang dan menghasilkan substansi kimia beracun yang dapat menghambat penyakit busuk lunak pada umbi kentang yang disebabkan oleh bakteri *E. carotovora*. Selain itu, tinggi rendahnya serangan penyakit busuk lunak pada tanaman kentang saat aplikasi konsorsium mikroba antagonis menunjukkan adanya peranan setiap isolat *Trichoderma* sp., *B. subtilis* dan *P. fluorescens* dalam menghambat serangan bakteri patogen *E. carotovora* penyebab penyakit busuk lunak kentang. Diduga konsorsium mikroba dapat bekerja secara sinergis dalam mengendalikan serangan penyakit busuk lunak. Hal ini didukung oleh pernyataan Baker *et al.* (1987) yang mengemukakan bahwa syarat agens pengendalian hayati adalah kompatibel dengan agens hayati lain serta aktif berkoloni pada lingkungan yang cocok untuk patogen.

Efektifitas *B. subtilis* dan *P. fluorescens* dalam mengendalikan patogen tanaman berkaitan dengan kemampuannya dalam berkembang pada perakaran tanaman sehingga menyebabkan sistem perakaran menjadi lebih besar dan sehat dari serangan patogen penyakit sehingga meningkatkan pengambilan air dan unsur hara dari dalam tanah dan produktivitasnya pun meningkat (Kilian *et al.* 2000) dan kemampuannya dalam bersaing untuk mendapatkan zat makanan atau karena menghasilkan senyawa-senyawa metabolit seperti siderofor, antibiotik atau enzim ekstraselluler yang bersifat antagonis dalam menghambat atau berkompetisi dengan patogen tular tanah di sekitarnya (Habazar *et al.*, 2006). Penelitian yang dilakukan oleh Javandira (2012), membuktikan bahwa pemanfaatan bakteri *B. subtilis* dan *P. fluorescens* dapat menghambat bakteri *E. carotovora* penyebab penyakit busuk lunak pada umbi kentang.

Penggunaan agens hayati *Trichoderma* sp. juga banyak digunakan untuk mengendalikan berbagai penyakit pada tanaman. Tindaon (2008), menyebutkan

bahwa sifat antagonis cendawan *Trichoderma* sp. telah diteliti sejak lama. yang menyerang di persemaian, hal ini disebabkan oleh adanya pengaruh toksin yang dihasilkan cendawan ini. Mekanisme utama pengendalian patogen tanaman yang bersifat tular tanah dengan menggunakan cendawan *Trichoderma* sp. dapat terjadi melalui : (a) Mikoparasit (memarasit miselium cendawan lain dengan menembus dinding sel dan masuk kedalam sel untuk mengambil zat makanan dari dalam sel sehingga cendawan akan mati). (b) Menghasilkan antibiotik seperti alametichin, paracelsin, trichotoxin yang dapat menghancurkan sel cendawan melalui pengrusakan terhadap permeabilitas membran sel, dan enzim chitinase, laminarinase yang dapat menyebabkan lisis dinding sel.(c) Mempunyai kemampuan berkompetisi memperebutkan tempat hidup dan sumber makanan. (d) Mempunyai kemampuan melakukan interfensi hifa. Hifa *Trichoderma* sp.akan mengakibatkan perubahan permeabilitas dinding sel.

Dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat faktor yang mempengaruhi perlakuan konsorsium mikroba antagonis dapat konsisten menghambat pertumbuhan bakteri patogen *E. carotovora* dibandingkan dengan perlakuan aplikasi mikroba tunggal (*B. subtilis*, *P. fluorescens*, *Trichoderma* sp., dan Mikoriza) yaitu adanya konsorsium beberapa bakteri yaitu *Bacillus subtilis*, *P.fluorescens* dan *Trichoderma* sp.membuat perlakuan ini memiliki kelimpahan bakteri yang memungkinkan substansi kimia bersifat racun dapat menekan penyakit busuk lunak.

#### **4.3 Persentase Penekanan Penyakit Busuk Lunak di Lapang**

Hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh yang nyata antara perlakuan tanaman kentang dengan aplikasi agens hayati secara tunggal dan konsorsium terhadap penekanan penyakit busuk lunak. Perlakuan dengan aplikasi agens hayati tunggal yaitu *B. subtilis*, *P. fluorescens*, Mikoriza dan *Trichoderma* sp. menunjukkan pengaruh yang tidak nyata terhadap penekanan penyakit busuk lunak kentang (Tabel 4). Adapun besarnya efektifitas penekanan perlakuan agens hayati terhadap serangan penyakit busuk lunak kentang dapat dilihat pada Tabel 4.





**Tabel 4.** Rerata efektifitas penekanan penyakit busuk lunak

Perlakuan	Persentase efektifitas penekanan penyakit busuk lunak (%)
<i>Bacillus subtilis</i>	38,09 b
<i>Pseudomonas fluorescens.</i>	38,09 b
Mikoriza.	38,09 b
<i>Trichoderma</i> sp.	38,09 b
Konsorsium	57,14 a

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom pengamatan yang sama menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%; Kontrol: perlakuan dengan disiram air tanpa agens hayati

Dari Tabel 4. diketahui besarnya penekanan penyakit busuk lunak kentang dengan aplikasi agens hayati konsorsium mikroba antagonis yaitu 57,14% lebih tinggi dibandingkan aplikasi agens hayati secara tunggal dengan *B. subtilis*, *P. fluorescens*, Mikoriza dan *Trichoderma* sp yaitu 38,09%. Sehingga diketahui bahwa perlakuan dengan aplikasi konsorsium mikroba antagonis lebih efektif dalam menekan penyakit busuk lunak pada tanaman kentang dibandingkan perlakuan dengan aplikasi agens hayati secara tunggal.

Salah satu faktor yang mempengaruhi efektifitas penekanan penyakit busuk lunak kentang dengan aplikasi agens hayati secara konsorsium lebih baik dibandingkan aplikasi agens hayati secara tunggal yaitu adanya kelimpahan mikroba antagonis pada perlakuan agens hayati konsorsium mikroba antagonis. Kelimpahan mikroba tersebut membuat semakin kompleks dan beragamnya substansi kimia yang dibawa sehingga dapat menekan penyakit busuk lunak pada umbi kentang.

Ketiga mikroba antagonis ini dapat mengeluarkan substansi kimia yang dapat mendukung satu sama lain dalam menekan penyakit busuk lunak. Menurut Supriadi (2006), beberapa senyawa antimikroba dihasilkan oleh *Bacillus* sp. diantaranya senyawa basitrasin, basilin, basilomisin, difisidin, oksidifisidin, lesitinase, subtilisin. Selain itu juga menghasilkan senyawa fengymycin yang diketahui sebagai antifungal, dan banyak senyawa peptid antibiotik lainnya yang diproduksi oleh *Bacillus* sp. Begitu juga *P. fluorescens* yang dapat menghasilkan senyawa antibiotik antara lain pyrrolnitrin, pyoluteorin (PLT), phenazine-1-carboxylase (PCA) dan 2,4-diacetyl plthoro glucinol (PHL) dimana menurut Hamdan *et al.* (1991) menyatakan bahwa antibiotik PCA menjadi



faktor utama dalam menekan kejadian penyakit padatanaman. Sedangkan *Trichoderma* sp. menurut Tindaon (2008), mampu menghasilkan antibiotik seperti alarnetichin, paracelsin, trichotoxin yang dapat menghasilkan sel cendawan melalui pengerusakan terhadap permeabilitas membran sel dan enzim kitinase, laminarinase yang dapat menyebabkan lisis dinding sel.

#### 4.4 Produksi Tanaman Kentang di Lapang

Hasil analisis ragam diketahui bahwa aplikasi perlakuan mikroba antagonis berpengaruh nyata terhadap rerata hasil panen kentang di lapang. Nilai yang berbeda nyata ditunjukkan semua perlakuan yang dibandingkan dengan kontrol. Namun, perlakuan *Pseudomonas fluorescens* dibandingkan perlakuan Mikoriza memiliki nilai yang tidak berbeda nyata, begitu juga perlakuan *Trichoderma* sp. dibandingkan dengan *Bacillus subtilis* (Tabel Lampiran 2).

Hasil analisa statistika terhadap hasil panen tanaman kentang di lapang menunjukkan bahwa F-hitung lebih besar dibandingkan F-tabel. Untuk melihat pengaruh masing-masing perlakuan dilanjutkan uji Duncan dengan taraf 0,05 terhadap data yang diperoleh pada pengamatan (Tabel lampiran 2). Hal ini berarti bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata, artinya aplikasi mikroba antagonis tersebut dapat meningkatkan hasil panen tanaman kentang. Persentase rerata hasil panen tanaman kentang di lapang dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil panen kentang di lapang

Perlakuan	Rerata Hasil Panen Kentang (kg)
Kontrol	1,42 a
<i>Bacillus subtilis</i>	2,21 d
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1,77 c
Mikoriza	1,78 c
<i>Trichoderma</i> sp.	2,29 d
Konsorsium	1,64 b

Keterangan: Hasil persentase pada pengamatan menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%; Kontrol: perlakuan dengan disiram air tanpa agens hayati

Pada pengamatan rerata hasil panen kentang di lapang dengan aplikasi konsorsium mikroba antagonis memiliki nilai sebesar 1,64 kg/plot, lebih tinggi dibandingkan aplikasi kontrol yaitu 1,42 kg/plot. Aplikasi konsorsium mikroba antagonis diketahui berbeda nyata dengan aplikasi kontrol. Artinya aplikasi agens

hayati konsorsium mikroba antagonis dapat meningkatkan hasil panen dibandingkan tanpa perlakuan agens hayati (kontrol) (Tabel 5.).

Pada pengamatan rerata hasil panen kentang di lapang dengan aplikasi konsorsium Mikorizadan *P. fluorescens* memiliki nilai sebesar 1,78 kg/plot dan 1,77 kg/plot, lebih tinggi dibandingkan aplikasi kontrol dengan nilai sebesar 1,42 kg/plot. Aplikasi agens hayati Mikoriza dan *P. fluorescens* diketahui berbeda nyata terhadap hasil panen kentang apabila dibandingkan dengan aplikasi kontrol. Artinya, pemberian agens hayati Mikoriza dan *P. fluorescens* dapat meningkatkan hasil panen dibandingkan tanpa perlakuan agens hayati (perlakuan kontrol) (Tabel 5.).

Pada pengamatan rerata hasil panen kentang di lapang dengan aplikasi *Trichoderma* sp. dan *B. subtilis* memiliki nilai sebesar 2,29 kg/plot dan 2,21 kg/plot lebih tinggi dibandingkan aplikasi kontrol dengan nilai sebesar 1,42 kg/plot. Aplikasi agens hayati *Trichoderma* sp. diketahui memberikan nilai hasil panen yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol maupun perlakuan dengan aplikasi agens hayati lain dalam penelitian ini. Sehingga diketahui bahwa perlakuan dengan aplikasi *Trichoderma* sp. paling baik dalam meningkatkan hasil panen kentang di lahan dibandingkan dengan aplikasi menggunakan konsorsium mikroba antagonis, *P. fluorescens*, Mikoriza dan *B. subtilis*.

Dari Tabel 5. diketahui juga bahwa aplikasi agens hayati *B. subtilis*, *P. fluorescens*, Mikoriza, *Trichoderma* sp, dan konsorsium mikroba antagonis mampu meningkatkan hasil panenan tanaman kentang. Kemampuan tersebut ditunjukkan dengan membandingkan antara tanaman kentang yang diaplikasikan agens hayati dan tidak. Perlakuan kontrol (tanpa aplikasi agens hayati) menunjukkan hasil panen terendah dibandingkan dengan perlakuan lain.

Hermawan *et al.* (2013) melakukan penelitian dengan mengaplikasikan *T. harzianum* terhadap tiga varietas kentang di dataran medium. Berdasarkan penelitian tersebut dapat diketahui bahwa aplikasi *T. harzianum* dapat meningkatkan hasil panen pada salah satu kentang varietas Granola. Aplikasi *T. harzianum* tidak memberikan dampak secara langsung pada komponen hasil per tanaman dikarenakan perannya bukan sebagai penyedia nutrisi secara langsung melainkan melalui pengendalian penyakit dan



pendegradasi bahan organik. Selanjutnya, Aplikasi *T. harzianum* memberikan hasil panen yang berbeda dengan kontrol pada lahan 1 ha, dikarenakan pada tanaman kontrol banyak terserang penyakit dan mati, sehingga hasil panen turun, sedangkan pada tanaman yang diberi *T. harzianum* mampu meningkatkan ketahanan terhadap penyakit dan mengurangi tingkat kematian tanaman, sehingga tanaman tetap memberikan hasil panen yang maksimal. Selain itu, *Trichoderma* sangat baik diaplikasikan pada lahan pertanian karena bersifat endofit yaitu tumbuh di bagian tanaman tanpa membahayakan tanaman inang serta bersifat antagonis terhadap jamur dan bakteri patogen.

Menurut Djafaruddin (2000), mekanisme antagonis antara *Trichoderma* sp. dan jamur patogen ialah aktivitas biologis dalam tanah terjadi karena mikroorganisme antagonis berkompetisi dalam hal makanan, menghasilkan antibiotik yang bersifat racunan melakukan parasitisme terhadap patogen. Lebih lanjut Talanca *et al.* (1998) menjelaskan bahwa kemampuan antagonis *Trichoderma* sp. berhubungan dengan mekanisme – mekanisme berikut : (a) *Trichoderma* sp. mengeluarkan toksin yang menyebabkan terlambatnya pertumbuhan bahkan mematikan inangnya. (b) *Trichoderma* sp. menghasilkan enzim hidrolitik  $\beta$ -1,3 glukonase, kitinase, dan selulase.

Berdasar pengamatan yang telah dilakukan, perlakuan perbedaan aplikasi mikroba antagonis berpengaruh nyata terhadap besarnya intensitas serangan penyakit busuk lunak kentang dan hasil panen kentang di lapang. Hal ini terlihat dari hasil pengamatan dan analisis data yang dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 5.

Besarnya nilai korelasi antara tingkat serangan penyakit busuk lunak dan hasil panen tanaman kentang yaitu 0,39. Dari analisa korelasi dapat diketahui bahwa besarnya nilai hasil panen tanaman kentang berkorelasi negatif terhadap serangan penyakit busuk lunak, hal tersebut dapat diartikan bahwa tingginya serangan penyakit busuk lunak dapat menurunkan hasil panen tanaman kentang di lapang. Sedangkan, berdasar tabel interval koefisien korelasi (Tabel. 2), tingkat hubungan korelasi antara intensitas serangan penyakit busuk lunak tanaman kentang dan hasil panen tanaman kentang dapat dikategorikan cukup.

Besarnya nilai koefisien korelasi dengan kategori cukup tersebut dapat terjadi karena adanya galat di lapang. Beberapa faktor galat yang ditemui peneliti

di lapang yaitu, pertama adanya perbedaan ketinggian lahan plot tempat penanaman tanaman kentang. Kedua adanya gulma yang bersaing dengan tanaman utama dalam hal ini tanaman kentang dalam memperebutkan unsur hara tanaman. Ketiga adanya beberapa plot yang ternaungi oleh kanopi tanaman disekitar lahan penelitian. Keempat intensitas curah air hujan tinggi pada saat penelitian berlangsung. Curah hujan yang tinggi mengakibatkan pertumbuhan kentang yang tidak optimal, karena umbi yang ditanam mudah membusuk dan rawan terserang penyakit seperti hawar daun dan layu fusarium.

Daerah yang cocok untuk menanam kentang adalah dataran tinggi atau daerah pegunungan dengan ketinggian 1000–3000 m dpl. Pada dataran medium, tanaman kentang dapat di tanam pada ketinggian 300-700 m dpl (Samadi, 1997). Di Indonesia yang beriklim tropis, kentang umumnya ditanam di daerah dengan ketinggian lebih dari 1.000 m dpl. Penanaman kentang di dataran medium (300-700 m dpl) memungkinkan terjadinya perubahan karakter morfologis yang berhubungan dengan perbedaan proses metabolisme yang terjadi pada dua kondisi berbeda. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kentang yang ditanam di daerah dengan suhu tinggi menghasilkan umbi yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah bersuhu rendah (Asandhi, 1987). Suhu yang tinggi menyebabkan peningkatan kadar hormon giberelin pada tanaman kentang yang mengakibatkan terhambatnya pembentukan umbi (Fernie *et al.*, 2001). Menurut Rukmana (1997) tanaman kentang membutuhkan tanah yang subur, gembur, banyak mengandung bahan organik, bersolum dalam, aerasi dan drainasenya baik dengan reaksi tanah (pH) 5–6,5. Jenis tanah yang paling baik adalah Andosol dengan ciri-ciri solum tanah agak tebal antara 1–2 m, berwarna hitam atau kelabu sampai coklat tua, bertekstur debu atau lempung berdebu sampai lempung dan bertekstur remah. Jenis tanah Andosol memiliki kandungan unsur hara sedang sampai tinggi, produktivitas sedang sampai tinggi dan reaksi tanah masam sampai netral. Keadaan iklim yang ideal untuk tanaman kentang adalah suhu rendah (dingin) dengan suhu rata-rata harian antara 15–20°C. Kelembaban udara 80-90% cukup mendapat sinar matahari (moderat) dan curah hujan antara 200–300 mm per bulan atau rata-rata 1000 mm selama pertumbuhan.



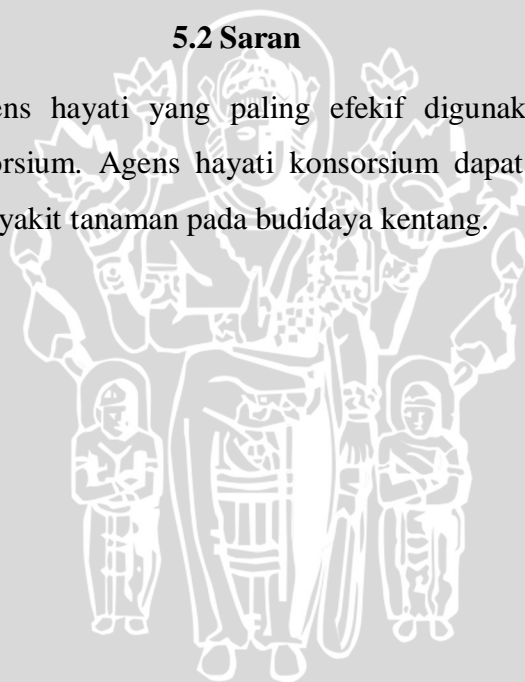
## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Pemberian agens hayati secara tunggal menggunakan *B. subtilis*, *P. fluorescens*, *Trichoderma* sp., dan Mikoriza maupun secara konsorsium dapat menghambat perkembangan penyakit busuk lunak yang disebabkan bakteri patogen *E. carotovora*. Aplikasi konsorsium mikroba antagonis yang terdiri dari beberapa isolat mikroba yaitu *B. subtilis*, *P. fluorescens* dan *Trichoderma* sp dapat menghambat perkembangan penyakit busuk lunak pada umbi tanaman kentang lebih besar 57,14% dibandingkan dengan aplikasi isolat mikroba tunggal (*Mikoriza*, *B. subtilis*, *P. fluorescens* dan *Trichoderma* sp).

### 5.2 Saran

Penggunaan agens hayati yang paling efektif digunakan pada tanaman kentang berupa konsorsium. Agens hayati konsorsium dapat digunakan dalam menekan serangan penyakit tanaman pada budidaya kentang.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adeline, S.Y.T, Sariah M, Jugah K, Son R and Gurmit S. 2008. *Endophytic Microorganisms as Potential Growth Promoters of Banana*. Biocontrol 53 : 541-553.
- Agrios, G., N. 2005. *Plant Pathology 5 Edition*. Elsevier Academic Press. United State of America. Hal 616-686.
- Arwiyanto, T dan Hartana. 1999. *Pengendalian Hayati Penyakit Layu Bakteri Tembakau. Percobaan di Rumah Kaca*. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia. Volume 5. No. 1.
- Asandhi, A.A. 1987. *Yield Performance of Five Varieties of Potato at Different Altitude. Proceedings Mid- Elevation Potato Seminar*. Lembang-Indonesia, 15 January 1987. p. 37-42.
- Asandhi, A.A. dan N. Gunadi. 1989. *Syarat Tumbuh Tanaman Kentang*. Badan Penelitian dan Pengembangan Peranian Balai Penelitian Hortikultura: Lembang.
- Astuti, D. T. 2012. *Identifikasi Patogen Erwinia carotovora*. Universitas Hassanudin Press : Makassar.
- Badan Pusat Statistik. 2013. *Luas Panen, Produksi dan Produktivitas Kentang*. [http://www.bps.go.id/tab\\_sub/view.php?kat=3&tabel=1&daftar=1&id\\_subyek=5&notab=,22](http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?kat=3&tabel=1&daftar=1&id_subyek=5&notab=,22). Diakses tanggal 3 Maret 2016.
- Baker, K. Fand J. J Scher. 1987. *Biotechnology in Plant Disease Control*. John Willey and sons inc Publication. New York
- Busquets, M., Calvet, C, Camprubí, A., and Estaún, V. 2010. *Differential Effects of Two Species of Arbuscular Mycorrhiza on the Growth and Water Relations of Spartium junceum and Anthyllis cytisoides Symbiosis*. no. 52. p. 95-101.
- Carpenter, J.W., R.E, Corsvet., J.P, Thilsted., J.C, Lewis and J.A, Morrison. 1972. *A Bacteriologic Survey of The Respiratory Tract of Mouring Doves in Oklahoma and A Serologic Survey of Those Doves for Antibodies to Certain Pathogens*. Avian DIS. 16(3) : 671-670
- Chailani, S.R. 2010. *Penyakit-penyakit Pasca Panen Tanaman Pangan*. UB Press. Malang. Hal 22-23. 152 Hal
- Cook, R.J. and F. F. Baker. 1983. *Biological Control of Plants Pathogens*. WH. Freeman and Company. San Fransisco.
- Dalpé, Y., Souza, F., A., D., and Declerck, S. 2005. *Life Cycle of Glomus Species in Monoxenic Culture*, in Declerck, S., Strullu, D.-G. and Fortin, J.-A. (ed.) *In Vitro Culture of Mycorrhizas*. Springer: Heidelberg.
- Daulay, D., M. 2015. *Potensi Bakteri Bermanfaat Dari Lumpur Sidoarjo Untuk Mengendalikan Penyakit Busuk Lunak Erwinia sp. Pada Umbi Kentang*. Skripsi Jurusan HPT. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya: Malang.
- De Vaus, D.A. 2002. *Survey in Social Research 5th Edition*. Allenard Unwin: New South Wales.



- Djafaruddin. 2000. *Dasar-dasar Perlindungan Penyakit Tanaman*. Budi Aksara: Jakarta.
- Duffy, B. K and G, Défago. 1999. *Environmental Factors Modulating Antibiotic and Siderophore Biosynthesis by Pseudomonas fluorescens Biocontrol Strains*. *Appl. Environmental Microbiology*.65:2429-2438.
- Duriat, A. S. 2006. *Penerapan Teknologi PHT Pada Tanaman Kentang*. DIPA Balitsa: Bandung.
- Food and Agriculture Organization.1997. *Code of conduct for the import and release of exotic biological control agents*. *Biocontrol News and Information* 18 (4): 119–124
- Fernie, A.R and L. Willmitzer. 2001. *Molecular and Biochemical Triggers of Potato Tuber Development*. *Plant Physiol*. 127:1459-1465.
- Goto, M. 1990. *Fundamental of Bacterial Plant Pathology*. Faculty of Agriculture Shizouka, University Shizouka. Academic Academic Press, INC: Japan.
- Gultom, J.,M. 2008. *Pengaruh Pemberian Beberapa Jamur Antagonis dengan Berbagai Tingkat Konsentrasi Untuk Menekan Perkembangan Jamur Phytium sp Penyebab Rebah Kecambah pada Tanaman Tembakau (Nicotiana tabaccum L.)*<http://repository.usu.ac.id.pdf>. Diakses tanggal 20 Maret 2016.
- Haas, D. and G, Défago. 2005. *Biological Control of Soil Borne Pathogens by Pseudomonas fluorescens*. *Nature Reviews Microbiology*.Vol.3. pp. 307-319.
- Habazar, T. dan Yaherwandi. 2006. *Pengendalian Hayati Hama dan Penyakit Tumbuhan*. Andalas University Press: Padang. hal 100-137.
- Hamdan, H., Weller, D.M., Thomashow, L.S. 1991. *Relative Importance of Fluorescent Siderophores and Other Factors in Biological Control of Gaeumannomyces graminis var tritici by UB-PF2-79 and M4-80R*. *Applied and Environmental Microbiology*.57(11):3270-3277.
- Hartus, T. 2001. *Usaha pembibitan Kentang Bebas Virus*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Harwati, C.T. 2008. *Pengaruh Suhu dan Panjang Penyinaran Terhadap Umbi Kentang (Solanum tuberosum, spp.)*. *J. Inovasi Pertanian* 7(1):11-18.
- Haryadi. 2001. *Control of Seed-borne Late Blight (Phytophthora infestans) Development from Treated Potato Seed-pieces with Trichoderma spp. Prosiding Kongres XVI dan Seminar Nasional Perhimpunan Fiopatologi Indonesia*: Bogor, hlm 150-154.
- Hermawan, R., D, Maghfoer dan T, Wardiyati. 2013. *Aplikasi Trichoderma harzianum Terhadap Hasil Tiga Varietas Kentang di Dataran Medium*. *Jurnal Jurusan Budidaya Pertanian*. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya: Malang.
- Imas, T.A.W dan G.Y, Setiadi. 1989. *Mikrobiologi Tanah II*. Depdikbud. Dikti. PAU Bioteknologi-IPB: Bogor 145 hal.

- Imran, L. 2011. *Pengolahan Hasil Kentang*. www.epetani.deptan.go.id. Diakses 3 Maret 2016
- Javandira, C. 2012. *Pengendalian Penyakit Busuk Lunak Umbi Kentang (Erwinia carotovora) dengan Memanfaatkan Agens Hayati Bacillus subtilis dan Pseudomonas fluorescens*. Skripsi Jurusan HPT. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya: Malang.
- Kartini, E. 2014. *Pengembangan Bio-Bakterisida yang Memanfaatkan Bahan Aktif Bakteri Endofit Potensial Antagonis Untuk Mengendalikan Erwinia carotovora di Umbi Kentang*. Skripsi Jurusan HPT. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya: Malang.
- Kilian, M., U. Steiner., B. Krebs., H. Junge., G. Schmiedeknecht., and R. Hain. 2000. *FZB24(R) Bacillus subtilis - mode of action of a microbial agent enhancing plant vitality*. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer. Pflanzenschutz. dalam Muis, A. 2007. *Pengelolaan Penyakit Busuk Pelepah (Rhizoctonia solani Kuhn) pada Tanaman Jagung*. Jurnal Litbang Pertanian Vol. 26. Edisi 3.
- Lafta, A.M. and J.H. Lorenzen. 1995. *Effect of High Temperature on Plant Growth and Carbohydrate Metabolism in Potato*. Plant Physiol. 109:637-643.
- Levy, D. and R.E. Veilleux. 2007. *Adaptation of Potato to High Temperatures and Salinity: A review*. Amer J. Potato Res. 84:487-506.
- Mazolla, M., R.J. Cook., L.S. Thomashow., D.M. Weller and L.S. Pierson. 1992. *Contribution of Phenazine Antibiotic Biosynthesis to The Ecological Competence of Fluorescens pseudomonads in Soil Habitans*. Applied and Environmental Microbiology. 64(10):3563-3569.
- Menzel, C.M. 1985. *Tuberization in Potato at High Temperatures: Interaction Between Temperature and Irradiance*. Annals Botany 55:35-39.
- Merra, M.S., M.B. Shivanna, K. Kageyama and M. Hyakumachi M. 1995. *Persistence of Induced in Relation to Root Colonization by Plant Growth Promoting Fungal Isolates*. Crop Protection 14:123-130.
- Muis, A. 2007. *Pengelolaan Penyakit Busuk Pelepah (Rhizoctonia solani Kuhn) pada Tanaman Jagung*. Jurnal Litbang Pertanian Vol. 26. Edisi 3.
- Muksin, R., Rosmini dan J. Pamggeso. 2013. *Uji Antagonisme Trichoderma sp. Terhadap Jamur Patogen Alternaria porri Penyebab Penyakit Bercak Ungu Pada Bawang Merah Secara In-vitro*. Jurnal Agroteknis p: 140-144. Palu
- Pelczar, M.J., dan Chan, E., S. 2006. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Terjemahan dari: Elements of Microbiology. UI Press: Jakarta.
- Peterson, R.L., H.B. Massicotte and L.H. Melville. 2004. *Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology*. NRC Research Press: Ottawa.
- Priou, S., A.P. Aley., E. Chujoy., B. Lemaga., and E. Frenh. 2011. *Integrated Control of Bacterial Wilt of Potato*. <http://www.cipotato.org/csd/materials/Publications/guiaing.pdf>. Diakses 3 Maret 2016.



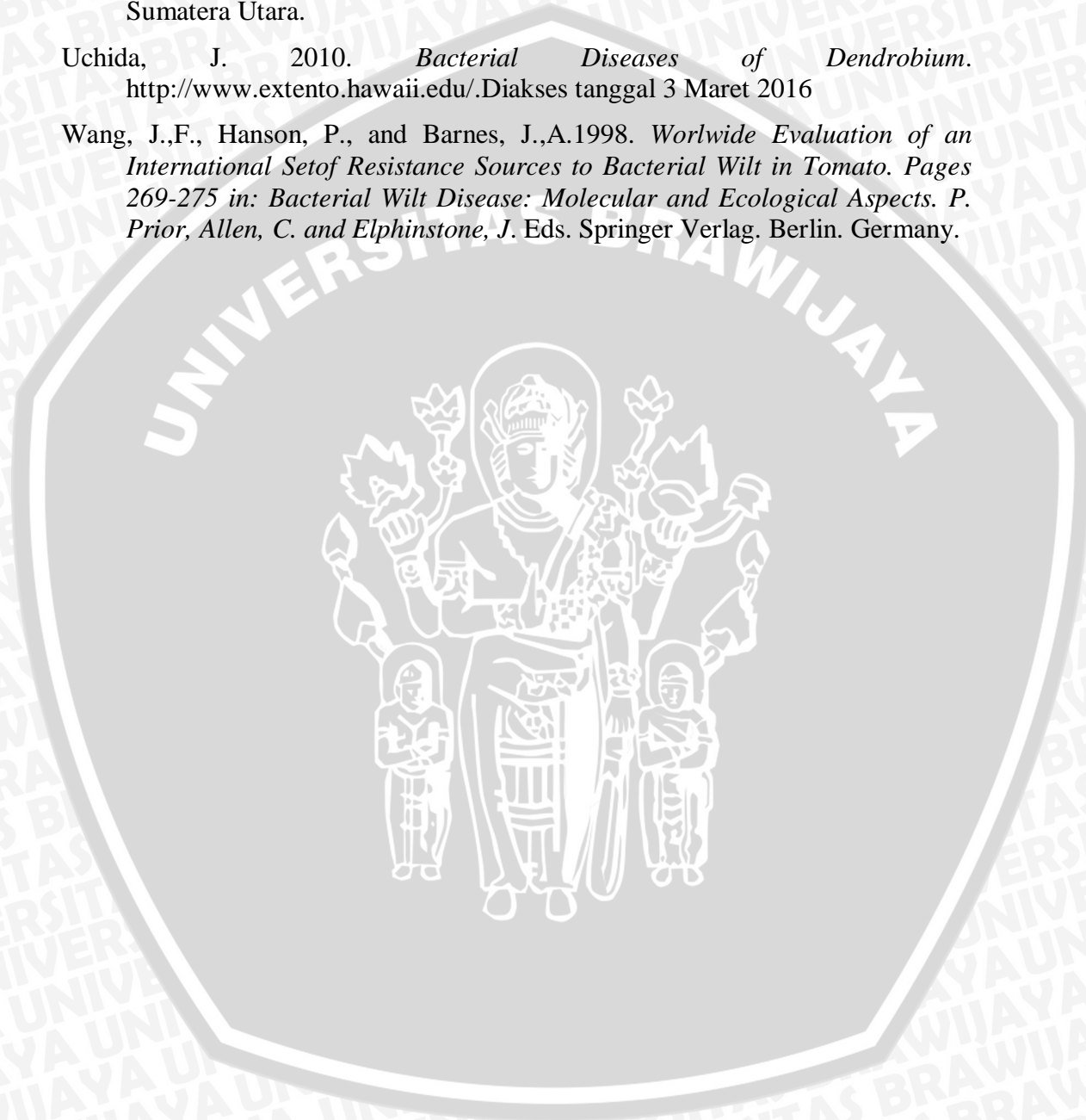
- Priyanto, D. 2008. *Mandiri Belajar SPSS*. Mediakom: Yogyakarta.
- Purwantisari, S. dan R.B. Hastuti. 2009. *Uji Antagonisme Jamur Patogen Phytophthora infestans Penyebab Penyakit Busuk Daun dan Umbi Tanaman Kentang dengan Menggunakan Trichoderma spp. Isolat Lokal*. Bioma 2(1) : 24:32
- Putro, N., S. 2014. *Pengujian Konsorsium Mikroba Antagonis Untuk Mengendalikan Penyakit Antraknosa Pada Cabai Merah Besar (Capsicum annum L.)*. Skripsi Jurusan HPT. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya : Malang.
- Ratdiana. 2007. *Kajian Pemanfaatan Air Kelapa dan Limbah Cair Peternakan Sebagai Media Alternatif Perbanyakan Pseudomonas fluorescens Serta Uji Potensi Antagonismenya Terhadap Ralstonia solanacearum*. Skripsi. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Rifai, M.N.M., L, Bartosova., and V. Puskarova. 1996. *Weed control for organic vegetable farming*. Rostlinna Vyroba 42:463–466
- Rukmana, R. 1997. *Kentang Budidaya dan Pasca Panen*. Kanisius: Yogyakarta.
- Samadi, B. 1997. *Usaha Tani Kentang*. Kanisius: Yogyakarta.
- Schaad, N., J, Jones and W, Chun. 2001. *Laboratory Guide for the Identification of Plant Pathogenic Bacteria, 3<sup>rd</sup> Edition*. APS Press: Amerika. Hal 60.
- Semangun, H. 2006. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
- Statements of Financial Accounting Concepts. 2012. [http://www.sfacindia.com/PDF/SFAC\\_Value-Chain-Analysis.pdf](http://www.sfacindia.com/PDF/SFAC_Value-Chain-Analysis.pdf) . Diakses pada tanggal 22 Februari 2016.
- Silaban, I. C. 2015. *Pengujian Konsorsium Mikroba Antagonis Untuk Mengendalikan Jamur Sclerotium rolfsii Penyebab Penyakit Rebah Semai Pada Tanaman Kedelai (Glycine max L.)*. Skripsi Jurusan HPT. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya : Malang.
- Stein, T. 2005. *Bacillus subtilis Antibiotics :Structures, Syntheses and Specific Functions*. Molecular Microbiology. Vol. 56, No. 4, pp.854-857.
- Strack, D., Fester, T., Hause, B., Schliemann, W. dan Walter, M.H. 2003. *Arbuscular Mycorrhiza: Biological, Chemical, and Molecular Aspects*. Journal of Chemical Ecology. vol. 29. no. 9. pp. 1955-1979.
- Supriadi. 2006. *Analisis Resiko Agen Hayati Untuk Pengendalian Patogen Tanaman*. J. Litbang Pertanian 25(3):75-80.
- Sulistyowati, N., L, Sulistianingsih. dan S. Santoso. 1997. *Pengaruh Inokulasi Jamur Trichoderma Sp. terhadap Penyakit Busuk Batang Vanili oleh Fusarium batatis var Vanilie Tucker*. Risalah Kongres Nasional dan Seminar Ilmiah PFI 25-27 September 1997. Mataram. Hlm: 374- 381
- Talanca, A.H., Soenartiningih dan Wakman, W. 1998. *Daya Hambat Cendawan Trichoderma sp. pada beberapa Jenis Cendawan Patogen*. Risalah Seminar

*Ilmiah dan Pertemuan Tahunan XI PEI, PFI dan HPTI Sul-sel*, Maros 5 Desember 1998. Hal 317-322.

Tindaon, H. 2008 .*Pengaruh Jamur Antagonis Trichoderma harzianum dan Pupuk Organik Untuk Mengendalikan Patogen Tular Tanah Sclerotium rolfsii Sacc. pada Tanaman Kedelai (Glycine max L) di Rumah Kaca*. Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan. Fakultas Pertanian: Universitas Sumatera Utara.

Uchida, J. 2010. *Bacterial Diseases of Dendrobium*. <http://www.extento.hawaii.edu/>. Diakses tanggal 3 Maret 2016

Wang, J.,F., Hanson, P., and Barnes, J.,A.1998. *Worldwide Evaluation of an International Setof Resistance Sources to Bacterial Wilt in Tomato*. Pages 269-275 in: *Bacterial Wilt Disease: Molecular and Ecological Aspects*. P. Prior, Allen, C. and Elphinstone, J. Eds. Springer Verlag. Berlin. Germany.





## LAMPIRAN

**Tabel Lampiran 1.** Analisa ragam rata-rata intensitas serangan penyakit busuk lunak umbi pada tanaman kentang di lapang.

SK	Db	JK	KT	F hitung	F tab 5%
Perlakuan	5	6,376815964	1,275363193	18,0324 **	2,90
Ulangan	3	0,517571182	0,172523727		
Galat	15	1,060889953	0,070725997		
Total	23	7,955277098	0,345881613		

**Tabel Lampiran 2.** Analisa ragam rata-rata produksi tanaman kentang di lapang

SK	Db	JK	KT	F hitung	F tab 5%
Perlakuan	5	2,262637	0,452527	161,337 **	2,90
Ulangan	3	0,00042	0,00014		
Galat	15	0,042073	0,002805		
Total	23	2,30513	0,100223		

**Gambar Lampiran 1.** Lahan penelitian kentang yang berada di Desa Pandanrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu Jawa Timur



**Gambar Lampiran 2.** Agens hayati yang digunakan untuk aplikasi penelitian di lahan



**Gambar Lampiran 3.** Hasil panen kentang (A) Umbi kentang sehat (B) Umbi kentang terserang penyakit busuk lunak

