

**PENGENDALIAN PENYAKIT HAWAR (*LATEBLIGHT*) PADA  
KENTANG (*Solanum tuberosum* L.) MELALUI PENERAPAN  
SOLARISASI TANAH DAN APLIKASI AGEN HAYATI  
*Trichoderma harzianum***

---

**SKRIPSI**

---

Oleh

**EIRENE BRUGMAN**



**PROGRAM STUDI S1 AGROEKOTEKNOLOGI  
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2017**

PENGENDALIAN PENYAKIT HAWAR (*LATEBLIGHT*) PADA KENTANG  
(*Solanum tuberosum* L.) MELALUI PENERAPAN SOLARISASI TANAH  
DAN APLIKASI AGEN HAYATI (*Trichoderma harzianum*)

Oleh

EIRENE BRUGMAN  
NIM : 23030113190069

Salah satu syarat untuk memperoleh  
gelar Sarjana Pertanian pada Program Studi S1 Agroekoteknologi  
Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro

**PROGRAM STUDI S1 AGROEKOTEKNOLOGI  
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2017**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Eirene Brugman  
NIM : 23030113190069  
Program Studi : S1 Agroekoteknologi

Dengan ini menyatakan sebagai berikut :

1. Skripsi yang berjudul: **Pengendalian Penyakit Hawar (*Lateblight*) pada Kentang (*Solanum tuberosum* L.) melalui Penerapan Solarisasi Tanah dan Aplikasi Agen Hayati *Trichoderma harzianum*** dan penelitian yang terkait merupakan karya penulis sendiri.
2. Setiap ide atau kutipan dari karya orang lain berupa publikasi atau bentuk lainnya dalam skripsi ini, telah diakui sesuai dengan standar prosedur disiplin ilmu.
3. Penulis juga mengakui bahwa skripsi ini dapat dihasilkan berkat bimbingan dan dukungan penuh dari Pembimbing yaitu : **Dr. Ir. Endang Dwi Purbajanti, M.S.** dan **Dr. Ir. Eny Fuskhah, M.Si**

Apabila di kemudian hari dalam skripsi ini ditemukan hal-hal yang menunjukkan telah dilakukannya kecurangan akademik maka penulis bersedia gelar sarjana yang telah penulis dapatkan ditarik sesuai dengan ketentuan dari Program Studi S1 Agroekoteknologi, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro

Semarang, April 2017  
Penulis,

materai

Eirene Brugman

Mengetahui :

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Dr. Ir. Endang Dwi Purbajanti, M.S

Dr. Ir. Eny Fuskhah, M.Si

Judul Skripsi : PENGENDALIAN PENYAKIT HAWAR  
(*LATEBLIGHT*) PADA KENTANG (*Solanum  
tuberosum* L.) MELALUI PENERAPAN  
SOLARISASI TANAH DAN AGEN  
HAYATI *Trichoderma harzianum*

Nama Mahasiswa : EIRENE BRUGMAN

Nomor Induk Mahasiswa : 23030113190069

Program Studi/Departemen : S1 AGROEKOTEKNOLOGI/PERTANIAN

Fakultas : PETERNAKAN DAN PERTANIAN

Telah disidangkan di hadapan Tim Penguji  
dan dinyatakan lulus pada tanggal .....

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Dr. Ir. Endang Dwi Purbajanti, M.S

Dr. Ir. Eny Fuskhah, M.Si

Ketua Panitia Ujian Akhir Program

Ketua Program Studi

Dr. Ir. Endang Dwi Purbajanti, M.S

Prof. Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Si.

Dekan

Ketua Departemen

Prof. Dr. Ir. Mukh Arifin M.Sc

Ir. Didik Wisnu Widjajanto, M.Sc., Ph.D

## RINGKASAN

**EIRENE BRUGMAN**. 23030113190069. 2017. Pengendalian Penyakit Hawar (*Lateblight*) pada Kentang (*Solanum tuberosum* L.) melalui Penerapan Solarisasi Tanah dan Aplikasi Agen Hayati *Trichoderma harzianum*. (Pembimbing : **ENDANG DWI PURAJANTI** dan **ENY FUSKHAH**)

Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas dari penerapan solarisasi tanah dan agen hayati *Trichoderma harzianum* baik secara terpisah maupun dikombinasikan dalam mengendalikan penyakit hawar (*lateblight*) pada tanaman kentang. Penelitian dilakukan di Lahan Pertanian Balai Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura (BBTPH) Kopeng, Laboratorium Ekologi dan Produksi Tanaman, dan Laboratorium Terpadu Undip bagian Mikrobiologi dan Bakteriologi dari bulan Oktober 2016 – Maret 2017.

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan petak terbagi. Petak utama adalah perlakuan solarisasi tanah ( $A_1$ = solarisasi,  $A_2$  = non-solarisasi) dan anak petak adalah perlakuan aplikasi *Trichoderma* pada lima taraf dosis ( $B_1$  = 0 g/1000cm<sup>3</sup>,  $B_2$  = 10 g/1000cm<sup>3</sup>,  $B_3$  = 20 g/1000cm<sup>3</sup>,  $B_4$  = 30 g/1000cm<sup>3</sup> dan  $B_5$  = 40 g/1000cm<sup>3</sup>) yang diulangi sebanyak tiga kali. Parameter yang diamati adalah suhu tanah, intensitas serangan penyakit (x), laju infeksi penyakit (r), kepadatan populasi patogen dan produksi tanaman.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan solarisasi tanah dapat meningkatkan suhu tanah sebesar 7,6°C atau sebesar 30,76% dibanding dengan perlakuan non solarisasi. Rataan suhu tanah pada perlakuan non solarisasi adalah 25,3 °C dan pada perlakuan solarisasi adalah 32,7°C. Perlakuan tunggal dari *Trichoderma harzianum* secara signifikan menurunkan tingkat intensitas serangan patogen dan laju infeksi penyakit. Pemberian *Trichoderma harzianum* sebesar  $\geq 20$  g/1000 cm<sup>3</sup> ( $2 \times 10^7$  cfu/l) terbukti efektif dalam menurunkan tingkat intensitas serangan patogen hingga 87,61% dan laju infeksi hingga menjadi 0,044 unit/hari. Perlakuan tunggal solarisasi meningkatkan produksi tanaman sebesar 14,28% dibanding non solarisasi. Perlakuan solarisasi dan *Trichoderma harzianum*, baik tunggal maupun dikombinasikan tidak berpengaruh nyata terhadap kepadatan populasi patogen *Phytophthora infestans*.

Solarisasi tanah dapat meningkatkan suhu tanah sebesar 30,76% dan produksi tanaman kentang sebesar 14,28% dibanding produksi non-solarisasi. Dosis 20 g/1000cm<sup>3</sup> telah efektif untuk menurunkan intensitas serangan dan laju infeksi penyakit.

## KATA PENGANTAR

Solarisasi tanah dan aplikasi agen hayati *Trichoderma harzianum* merupakan teknik pengendalian penyakit secara alami yang bersifat preventif. Solarisasi tanah dapat meningkatkan suhu tanah dan mengubah lingkungan tumbuh dari patogen tular tanah sehingga dapat menekan pertumbuhannya. Agen hayati *Trichoderma harzianum* merupakan agen antagonis yang dapat menyerang patogen tular tanah baik secara langsung maupun tidak langsung.

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas semua kehidupan, Anugrah dan Kasih yang telah dicurahkan, sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengendalian Penyakit Hawar (*Lateblight*) pada Kentang (*Solanum tuberosum* L.) melalui Penerapan Solarisasi Tanah dan Aplikasi Agen Hayati *Trichoderma harzianum*”, yang merupakan syarat penyelesaian studi sebagai Sarjana Pertanian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penelitian dan penyusunan skripsi:

1. Dekan Fakultas Peternakan dan Pertanian beserta jajarannya di Fakultas Peternakan dan Pertanian dan Ketua Program Studi S1-Agroekoteknologi Prof. Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Si, atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk mengikuti program S1.
2. Dr. Ir. Endang Dwi Purbajanti, M.S sebagai dosen pembimbing utama dan Dr. Ir. Eny Fuskhah, M.Si sebagai pembimbing anggota yang telah banyak

memberikan bimbingan dan arahan, sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.

3. Prof. Dr. Sumarsono, MS selaku dosen wali serta seluruh jajaran dosen dan laboran Agroekoteknologi yang telah memberikan arahan, ilmu motivasi, dan membentuk karakter penulis selama masa studi.
4. Balai Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura Kopeng atas fasilitas lahan, Bapak Muchlasim, Bapak Suramin dan Bapak Mardi atas segala ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
5. Ayah, Ibu, Abang dan Adek yang senantiasa memberi dukungan dan do'a, serta dorongan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman-teman Agroekoteknologi Angkatan 2013, AGT-B41, PMK FPP UNDIP, dan KTB AGB13 atas kebersamaan dan semangatnya dalam melalui masa-masa perkuliahan.
7. Team Urban Farming (Ian, Rey, Wisnu), Team Moca-organomineral (Imam-art), PKL Squad (Jeni, Dea, Desta, Muzakki), Tim Asisten DBT, Hortikultura dan Pemuliaan Tanaman (Neli, Vidi, Arif, Oka, Dian, Biba, Ian, Natali) yang telah banyak memberi pengalaman kepada penulis selama masa studi.
8. Tim KKN Tajuksquad (Ria, Hani, Vid, Sheila, Mas irwan, Bayu, Indra, dan Adi ) atas pengalaman dan pelajaran hidup selama 35 hari.
9. Saudara Artha, Dedi, Dimas, Fahri, Indah, Imam, Maja, Muzakki, Sari atas segala perhatian dan kebersamaan yang penulis lalui selama masa studi

10. Rekan-rekan penelitian yang telah bersedia membantu dan bekerjasama dalam menyelesaikan penelitian ini.
11. Seluruh pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, April 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR ILUSTRASI.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Tanaman Kentang ... ..	5
2.2. Penyakit Hawar Daun ( <i>Lateblight</i> ) .....	9
2.3. Solarisasi Tanah .....	13
2.4. <i>Trichoderma harzianum</i> .....	15
BAB III. MATERI DAN METODE .....	19
3.1. Materi .....	19
3.2. Metode .....	20
3.3. Analisis Data .....	24
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1. Evaluasi Suhu Tanah.....	26
4.2. Perkembangan Gejala Penyakit <i>Lateblight</i> .....	28
4.3. Intensitas Serangan Patogen.....	31
4.4. Laju Infeksi Penyakit .....	34
4.5. Kepadatan Populasi Patogen .....	35
4.6. Produksi Tanaman.....	38

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN.....	40
5.1. Simpulan .....	40
5.2. Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA .....	41
LAMPIRAN.....	45
RIWAYAT HIDUP .....	72

## DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Kandungan Gizi dalam 100 g Kentang .....	6
2. Skala Serangan Penyakit Hawar .....	23
3. Intensitas Serangan Patogen 45 HST .....	31
4. Laju Infeksi Penyakit .....	34
5. Kepadatan Populasi <i>Phytophthora infestans</i> .....	36
6. Produksi Kentang .....	38

## DAFTAR ILUSTRASI

Nomor	Halaman
1. Tanaman Kentang .....	7
2. Siklus hidup <i>Phytophthora infenstans</i> pada tanaman kentang .....	10
3. Alur Pelaksanaan Penelitian.....	21
4. Perubahan Suhu Tanah Selama Solarisasi .....	26
5. Perkembangan penyakit <i>lateblight</i> pada kentang.....	28
6. Penampang Melintang Jaringan Batang Terinfeksi .....	30

## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Prosedur Sterilisasi Tanah.....	45
2. Isolasi <i>Phytophthora infestans</i> .....	46
3. Data Curah Hujan Wilayah Kopeng .....	48
4. Data Intensitas Serangan dan Produksi.....	49
5. Data Kepadatan Populasi Patogen .....	50
6. Data Produksi Tanaman .....	51
7. Analisis Data Intensitas Serangan Patogen.....	52
8. Analisis Data Laju Infeksi Penyakit .....	56
9. Analisis Data Kepadatan Populasi <i>Phytophthora infestans</i> .....	60
10. Analisis Data Produksi Tanaman.....	63
11. Dokumentasi Solarisasi Tanah.....	67
12. Dokumentasi Tanaman Kentang 30 dan 45 HST.....	68
13. Dokumentasi Panen .....	69
14. Kultur <i>Phytophthora infestans</i> .....	70
15. Layout Percobaan.....	71

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan komoditas pertanian yang berpotensi sebagai bahan pengganti pangan pokok. Kandungan kalori, karbohidrat, mineral, dan vitamin dalam kentang menjadikan kentang layak untuk dijadikan makanan pokok. Kentang merupakan salah satu komoditas pilihan untuk mendukung program diversifikasi pangan dalam rangka mewujudkan ketahanan pangan berkelanjutan. Produksi kentang nasional pada tahun 2014 adalah 1.347.815 ton dengan produktivitas sebesar 17,67 ton/ha (BPS, 2015). Produktivitas tersebut masih jauh lebih rendah dibandingkan dengan potensi produksi kentang yang mencapai 25 ton/ha (The International Potato Center, 2008). Upaya peningkatan produksi kentang tidak terlepas dari kegiatan pengendalian hama dan penyakit kentang.

Tanaman kentang merupakan tanaman yang mempunyai hama penyakit terbanyak. Tanaman kentang mempunyai 266 hama dan penyakit yang terdiri dari 23 virus, 38 cendawan, 6 bakteri, 2 mikoplasma, 1 viroid, 68 nematoda dan 128 insekta (Sastrahidayat, 2011). *Phytophthora infestans* merupakan penyebab penyakit hawar kentang (*lateblight*) yang merupakan penyakit utama kentang. Patogen ini menyebabkan bercak luka dan busuk pada jaringan tanaman yang diinfeksi dan mengakibatkan kehilangan hasil antara 10-100% tergantung pada tingkat serangan, musim, ketinggian, dan varietas kentang.

Solarisasi tanah merupakan pendekatan alami yang dapat diterapkan dalam mengendalikan patogen tular tanah. Solarisasi tanah bekerja dengan menangkap radiasi matahari dan menaikkan suhu tanah. Solarisasi tanah dapat meningkatkan suhu tanah hingga 12°C, suhu rata-rata tanah dengan perlakuan solarisasi tanah pada kedalaman 5 cm dapat mencapai 40,5°C sedangkan tanah tanpa solarisasi suhunya hanya mencapai 29,7°C. Solarisasi tanah dapat menekan pertumbuhan patogen tular tanah. Efisiensi dari solarisasi tanah menurun sesuai dengan kedalaman tanah. Efisiensi tersebut dapat ditingkatkan dengan mengkombinasikan solarisasi tanah dan pemanfaatan agen hayati. Dampak dari faktor pengendalian penyakit dapat melebihi batas toleransi dari patogen sehingga meningkatkan kerentanannya terhadap faktor lain. Solarisasi tanah dapat memacu aktivitas dan kinerja dari mikroorganisme antagonis melawan patogen.

*Trichoderma* merupakan salah satu mikroorganisme yang kinerjanya meningkat akibat efek solarisasi tanah. *Trichoderma harzianum* merupakan agen hayati yang dilaporkan dapat mengendalikan penyakit hawar kentang yang disebabkan oleh *Pytophthora infestans*. *Trichoderma harzianum* merupakan cendawan antagonis dengan kemampuan rekolonisasi yang cepat sehingga solarisasi tanah tidak terlalu berpengaruh terhadap populasinya.

Penelitian mengenai solarisasi tanah telah banyak dilakukan sebelumnya, baik untuk tujuan pengendalian penyakit (Carrieri dkk., 2013; Zayed, 2013; Shofiyani dan Budi, 2014) maupun peningkatan produksi tanaman (Poras dkk., 2007; Gasoni dkk., 2008; Scopa dkk., 2009; Candido dkk. 2011). Namun, penelitian solarisasi tanah dan *trichoderma* untuk pengendalian *Phytophthora*

*infestans* pada kentang belum pernah dilakukan sebelumnya. Selain itu, kebaharuan penelitian ini juga terletak pada prosedur pelaksanaannya. Penelitian sebelumnya menerapkan solarisasi tanah langsung pada lahan pertanian yang terinfeksi oleh patogen tanah sedangkan dalam penelitian ini solarisasi tanah dilakukan pada pot percobaan yang berisi tanah steril dan isolat penyakit spesifik sehingga hasil yang didapatkan diharapkan lebih spesifik. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas dari penerapan solarisasi tanah dan agen hayati *Trichoderma harzianum* dalam mengendalikan penyakit hawar (*lateblight*) pada tanaman kentang yang disebabkan oleh patogen tular tanah *Pytophthora infestans*.

## **1.2. Tujuan dan Manfaat**

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui efektivitas penerapan solarisasi tanah dalam mengendalikan *Pytophthora infestans*, untuk mengetahui dosis yang efektif dari aplikasi *Trichoderma harzianum* dalam mengendalikan *Pytophthora infestans*, dan untuk mengetahui interaksi antara solarisasi tanah dan aplikasi *Trichoderma harzianum* dalam pengendalian penyakit hawar kentang oleh *Pytophthora infestans*. Penelitian ini diharapkan dapat memberi masukan mengenai teknik pengendalian yang efektif untuk mengatasi penyakit hawar dengan penerapan solarisasi tanah dan aplikasi agen hayati *Trichoderma harzianum*.

### 1.3. Hipotesis

Hipotesis yang diangkat oleh peneliti adalah 1) Solarisasi tanah dapat mengendalikan penyakit hawar pada kentang oleh *Pytophthora infestans*, 2) Dosis aplikasi *Trichoderma harzianum* yang efektif dalam mengendalikan penyakit hawar kentang oleh cendawan *Pytophthora infestans* adalah 40 g/1000 cm<sup>3</sup> tanah dan 3) Kombinasi solarisasi tanah dan aplikasi *Trichoderma harzianum* menurunkan indeks kejadian penyakit hawar kentang oleh *Pytophthora infestans*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Tanaman Kentang**

Tanaman kentang berasal dari Amerika Selatan di daerah pegunungan Andes yang meliputi Negara Bolivia, Chili dan Peru. Kentang masuk ke Indonesia di sekitar Cimahi sejak penjajahan Belanda pada tahun 1794. Kentang mulai dikembangkan secara umum di Jawa pada tahun 1920-an dengan luas tanam 18.000 ha. Tanaman kentang dibudidayakan pada daerah dataran tinggi yang memiliki suhu udara rendah dan curah hujan sedang hingga tinggi. Tanaman kentang saat ini banyak dikembangkan di sentra-sentra budidaya kentang seperti Brastagi (Sumatera Utara), Toraja (Sulawesi Selatan), Dieng (Jawa Tengah), Lembang (Jawa Barat) dan Tengger (Jawa Timur). Produksi kentang nasional pada tahun 2014 adalah 1.347.815 ton dengan produktivitas sebesar 17,67 ton/ha (BPS, 2015). Permintaan kentang baik untuk konsumsi maupun keperluan industri semakin meningkat karena kentang dapat mensubstitusi beras sebagai makanan pokok. Kentang merupakan salah satu komoditas pilihan untuk mendukung program diversifikasi dalam rangka mewujudkan ketahanan pangan berkelanjutan (The International Potato Center, 2008). Kandungan kalori, karbohidrat, mineral, dan vitamin dalam kentang menjadikan kentang layak untuk dijadikan makanan pokok. Kandungan gizi tanaman kentang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Gizi Kentang (Per 100 g Bahan)

Zat Makanan	Kandungan
Kalori (kal) <sup>1)</sup>	83
Protein (g) <sup>1)</sup>	2
Lemak (g) <sup>1)</sup>	0,1
Karbohidrat (g)	19,1
Sukrosa (%) <sup>2)</sup>	0,5 – 1,0
Fruktosa (%) <sup>2)</sup>	0,5 – 2,0
Kalsium (mg) <sup>1)</sup>	11
Fosfor (mg) <sup>1)</sup>	56
Besi (mg) <sup>1)</sup>	0,7
Solanine (mg) <sup>2)</sup>	
Vit. A (S.I) <sup>1)</sup>	-
Vit. B1 (mg) <sup>1)</sup>	0,11
Vit. C <sup>1)</sup>	17
Carotertoid (mg) <sup>2)</sup>	
Air (g)	77,8
Bagian yang dapat dimakan (%)	85

<sup>1)</sup>Depkes (1989); <sup>2)</sup> Sastrahidayat (2011)

### 2.1.1. Taksonomi kentang

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) termasuk jenis tanaman sayuran semusim, berumur pendek dan berbentuk perdu/semak. Kentang termasuk tanaman semusim karena hanya satu kali berproduksi, setelah itu mati. Umur tanaman kentang antara 90-180 hari. Taksonomi kentang adalah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Ordo	: <i>Solanales</i>
Famili	: <i>Solanaceae</i>
Genus	: <i>Solanum</i>
Spesies	: <i>Solanum tuberosum</i> L.

Berdasarkan warna kulit dan daging umbinya, terdapat tiga golongan varietas kentang, yaitu kentang kuning (Granola, Cipanas, Cosima, Segunung, Thung, Cattela, Agria), kentang putih (Marita, Diamant) dan kentang merah (Desiree, Kondor). Selain itu juga terdapat beberapa varietas lain yang tidak termasuk ketiga golongan tersebut seperti Draga, Cardinal, Alpha, Atlante dan lain-lain (Setiadi, 2009).

### 2.1.2. Botani kentang

Kentang memiliki daun tunggal dan daun majemuk. Pertumbuhan awal pada kentang diawali dengan munculnya daun kentang berupa daun tunggal, lalu selanjutnya berupa daun majemuk *imparipinnate* dengan anak daun primer dan sekunder. Satu tangkai daun majemuk umumnya terdiri dari 8-12 anak daun. Bunga kentang merupakan bunga sempurna yang tumbuh di ketiak daun teratas. Bunga kentang berwarna putih kekuningan atau ungu kemerahan. Mahkota bunga kentang menyerupai terompet yang merupakan salah satu ciri famili solanaceae (Setiadi, 2009).



Ilustrasi 1. Tanaman Kentang

Batang tanaman kentang bervariasi tergantung pada varietasnya. Panjang batang kentang umumnya 40–100 cm. Tanaman yang berasal dari biji akan menghasilkan satu batang utama, tanaman yang berasal dari umbi akan menghasilkan beberapa batang utama. Jenis perakaran kentang adalah perakaran tunggang dengan akar utama dapat menembus hingga kedalaman 45 cm. Kentang memiliki stolon yang merupakan modifikasi dari batang. Stolon terletak pada batang dibawah permukaan tanah. Stolon akan masuk kedalam tanah dan pada ujung stolon akan terbentuk umbi kentang. Pertanaman dapat menghasilkan 30 umbi kecil, tetapi hanya sekitar 5-15 umbi yang dapat mencapai masak (Suryana, 2013).

### **2.1.3. Syarat tumbuh kentang**

Daerah yang sesuai untuk budidaya tanaman kentang adalah dataran tinggi atau daerah pegunungan dengan ketinggian 1000 – 3000 m di atas permukaan laut. Keadaan iklim yang ideal untuk tanaman kentang adalah suhu rendah (dingin) dengan suhu rata-rata harian antara 15 – 20°C. Kelembaban udara yang sesuai berkisar antara 80- 90%, cukup mendapat sinar matahari (moderat ) dan curah hujan antara 200– 300 mm per bulan atau rata-rata 1000 mm selama pertumbuhan (Suryana, 2013). Suhu tanah optimum untuk pembentukan umbi yang normal berkisar antara 15 – 18°C. Pertumbuhan umbi akan sangat terhambat apabila suhu tanah kurang dari 10°C dan lebih dari 30°C. Tanaman kentang membutuhkan tanah yang subur, gembur, banyak mengandung bahan organik,

bersolum dalam, aerasi dan drainasenya baik dengan reaksi tanah (pH) 5–7 tergantung varietas yang dibudidayakan (Samadi, 2007).

Secara fisik, tanah yang baik untuk budidaya tanaman kentang adalah yang remah, gembur, banyak mengandung bahan organik, berdrainase baik dan memiliki lapisan olah tanah yang dalam (Suryana, 2013). 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. Jenis tanah Andosol memiliki kandungan unsur hara sedang sampai tinggi, produktivitas sedang sampai tinggi dan reaksi tanah masam sampai netral. Daerah dengan curah hujan tinggi harus dilakukan pengairan yang cukup dan sering dilakukan pengontrolan keadaan tanah karena angin kencang yang berkelanjutan berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap pertumbuhan tanaman dan penularan bibit penyakit ke tanaman dan ke areal pertanaman yang lain (Setiadi, 2009).

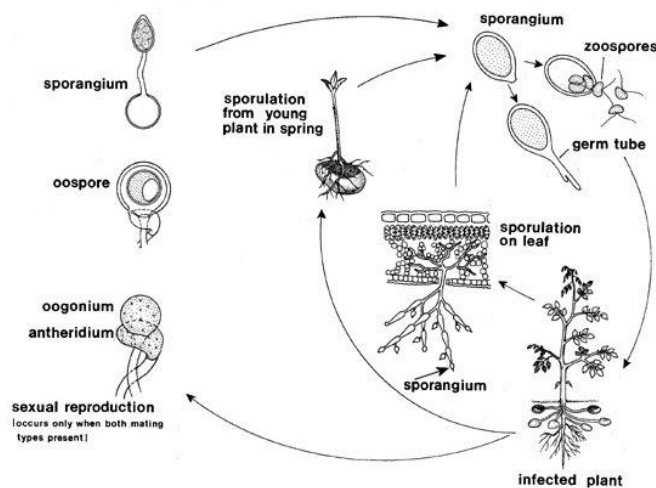
## **2.2. Penyakit Hawar Daun (*Lateblight*)**

Hama dan penyakit utama kentang di Indonesia terdiri dari (1) Virus kentang (PVX, PVY, PLRV), (2) hawar daun (*Phytophthora infestans*), layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*), busuk umbi (*Erwinia carotovora*), nematode bintil akar (*Meloidogyne* spp.), lalat leaf miner (*Liriomiza huidobrensis*) dan penggerek batang umbi (*Phthorimea operculella*) (Sastrahidayat, 2011). Penyakit hawar daun atau lebih dikenal dengan penyakit busuk cendawan disebabkan oleh cendawan *Phytophthora infestans*. Cendawan tersebut tergolong sebagai patogen

ganas berdasarkan patogenisitasnya. Patogen ini dapat menyebabkan bercak luka dan busuk pada jaringan tanaman yang diinfeksi dan kehilangan hasil antara 10-100% bergantung pada tingkat serangan, musim, ketinggian, dan varietas kentang (Nathasia dkk., 2014). *Phytophthora infestans* pada dasarnya bukanlah patogen asli tanah, namun merupakan patogen tular tanah yang penyebarannya dapat melalui tanah dan sporanya paling banyak di temukan pada lahan (Soesanto dkk., 2011).

### 2.2.1. Biologi dan ekologi jamur *Phytophthora infestans*

*Phytophthora infestans* termasuk dalam kelas *Oomycetes*, Ordo *Peronosorales*, dan Famili *Pythiaceae*. *Phytophthora infestans* dapat berkembang biak secara seksual menghasilkan oospore maupun secara aseksual menghasilkan konidiaspora. Siklus hidup *Phytophthora infestans* di tanaman kentang dapat dilihat pada Ilustrasi 2.



Ilustrasi 2. Siklus hidup *Phytophthora infestans* pada tanaman kentang  
Sumber: bioweb.uwlax.edu

Reproduksi seksual dari *Phytophthora infestans* terjadi saat terdapat oogonium dan antheridium dan membentuk Oospora. Oospora tersebut akan membentuk sporangium. Sporangium akan menghasilkan spora yang berbentuk zoospore pada saat kondisi lingkungan mendukung. Zoospore tersebut kemudian akan menginfeksi jaringan tanaman kentang. Jamur *Phytophthora infestans* berwarna putih pada jaringan yang terinfeksi, permukaan jaringan akan tertutupi oleh konidiospora dan konidiofor yang juga merupakan zoosporangium. Ukuran konidiospora adalah  $22 - 23 \times 16 - 24 \mu\text{m}$ . Konidiofor terbentuk pada saat kelembaban udara 90% dan suhu udara  $18 - 21^\circ\text{C}$ . Zoosporangium *Phytophthora infestans* dapat langsung berkecambah pada kondisi suhu lebih dari  $20^\circ\text{C}$  (suhu optimum  $24^\circ\text{C}$ ), tabung kecambahnya melakukan penetrasi kedalam jaringan tanaman. Sporangium kemudian akan melepaskan 10-20 zoospora yang berflagela pada suhu  $12 - 16^\circ\text{C}$ , dan pada kondisi tertentu flagel terlepas dan selanjutnya membentuk tabung kecambah pada dinding sel inang. Suhu untuk pertumbuhan hifa yang telah menyerang kedalam sel berkisar pada  $20^\circ\text{C}$  (Sastrahidayat, 2011). Zoosporangium pada jaringan yang terinfeksi akan menyebar pada jaringan sehat dan akan kembali melepaskan zoospore.

Biakan *Phytophthora infestans* berbentuk melingkar, tipis, berwarna putih halus. Sporangiumnya berbentuk oval, menyerupai buah pir dengan ukuran  $15 - 24,17 \times 21,67 - 42,5 \mu\text{m}$ , berdinding agak tebal, zoospore bulat dan berflagel pada medium V8-juice (Domsch dkk., 1993). Komponen utama pembentuk dinding sel *Phytophthora* adalah kitin,  $\beta$ -glukan dan selulosa. Zoospore dari *Phytophthora*

*infestans* tidak dapat mensintesis sterol yang merupakan target dari banyak fungisida sehingga sulit dikendalikan dengan fungisida (Gaulin dkk., 2010).

### **2.2.2. Gejala**

Penyakit hawar dapat menyerang daun, batang dan umbi tanaman kentang. Penyebaran spora patogen ini dapat melalui tanah, angin, air atau serangga. Patogen ini menginfeksi tanaman dengan mengeluarkan zoosporanya pada permukaan jaringan atau dengan membentuk tabung kecambah kemudian masuk ke bagian tanaman dan membentuk koloni (Suwandi dkk., 2001). Spora yang ada ditanah akan menginfeksi umbi dan hidup dalam umbi sehingga pembusukannya dapat terjadi didalam tanah atau tempat penyimpanan. Gejala awal penyakit ini adalah adanya bercak nekrotik kecil yang berminyak pada permukaan jaringan tanaman yang kemudian melebar sehingga membentuk daerah berwarna coklat tua. Bercak aktif diliputi oleh massa sporangium seperti tepung putih dengan latar belakang hijau kelabu kemudian yang mudah menyebar ke bagian lain tanaman (Duriat dkk., 2006). Batang dan tangkai daun yang terinfeksi menjadi jaringan lunak dan menyisakan bagian struktural dari batang saja sehingga pada kondisi intensitas serangan tinggi terjadi kerontokan daun. Pinggiran daun yang sakit akan menggulung keatas, layu, berwarna coklat tua dan membusuk (Sastrahidayat, 2011).

Faktor utama yang mempengaruhi laju infeksi penyakit hawar adalah suhu dan kelembaban udara. Perkembangan optimal gejala bercak terjadi pada suhu 18 – 20°C dan akan terhambat pada suhu diatas 30°C. Kelembaban yang dibutuhkan

oleh *Phytophthora infestans* untuk membentuk konidia adalah diatas 80%. Pada kelembaban udara 50 – 80 % konidia *Phytophthora infestans* akan mati dalam 3 – 6 jam (Semangun, 2007). Gejala awal serangan akan mulai nampak pada tanaman kentang umur 35 hari dan akan meningkat pada saat tanaman berumur 42 hari (Nathasia dkk., 2014).

### **2.3. Solarisasi Tanah**

Solarisasi tanah merupakan teknik yang digunakan untuk menutupi permukaan tanah dengan lembaran polietilen transparan selama musim panas, untuk menangkap radiasi matahari agar menaikkan suhu tanah. Penggunaan lembaran polietilen transparan pada solarisasi tanah akan mempengaruhi sifat fisik dan kimia tanah seperti distribusi air tanah, evaporasi, suhu tanah, bahan organik dan kandungan kimia tanah. Lembaran polietilen transparan akan menyerap radiasi gelombang pendek dan meneruskan radiasi gelombang panjang. Radiasi gelombang pendek tersebut kemudian akan meningkatkan aliran panas ketanah. Pertukaran panas antara tanah dan sekelilingnya terjadi pada lapisan udara yang terjebak antara permukaan tanah. Gap udara antara permukaan atas tanah dan permukaan bawah mulsa transparan bekerja sebagai insulator yang akan mengurangi kehilangan panas ke lingkungan (Katan dan DeVay, 1991). Solarisasi tanah dapat meningkatkan suhu tanah sebesar 22%. Suhu rata-rata tanah dengan perlakuan solarisasi tanah pada kedalaman 5 cm dapat mencapai 40,5°C sedangkan tanah tanpa solarisasi suhunya hanya mencapai 29,7°C (Culman dkk., 2006).

Solarisasi tanah merupakan salah satu teknik pengendalian patogen tular tanah, gulma, dan hama. Solarisasi tanah mempengaruhi patogen dengan mekanisme langsung maupun tidak langsung. Mekanisme langsung berkaitan inaktivasi proses seluler oleh panas sedangkan mekanisme tidak langsung berkaitan dengan pelemahan sel dan meningkatnya sensitivitas patogen terhadap mikroorganisme antagonis, pestisida maupun stres abiotik pada lingkungan tanah (Katan dan DeVay, 1991). Beberapa penelitian terdahulu menyimpulkan bahwa solarisasi tanah dapat menekan pertumbuhan patogen tular tanah seperti *Sclerotium rolfsii* (Kartini dan Widodo, 2000), *Armillaria* sp. (Otieno dkk., 2003), *Fusarium* sp. (Shofiyani dan Budi, 2014), dan *Sclerotium cepivorum* (Melero-vala dkk., 2000) serta menurunkan kejadian penyakit busuk akar teh (Otieno dkk., 2003) dan busuk umbi bawang (Carrieri dkk., 2013). Pengendalian patogen tersebut biasanya juga akan meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman.

Solarisasi tanah dapat mengurangi populasi dari patogen pada permukaan atas tanah, namun hal ini tidak pada tanah yang dalam (Katan, 2000). Penambahan agen biokontrol dapat meningkatkan efisiensi dari solarisasi (Zayed dkk., 2013). Solarisasi tanah dapat meningkatkan kemanjuran dari mikroorganisme antagonis melawan patogen (Gasoni dkk., 2008). Kombinasi perlakuan metode kontrol yang melemahkan patogen biasanya menyebabkan patogen tersebut lebih rentan terhadap perlakuan metode kontrol lainnya (Porrás dkk., 2007). Efek solarisasi tanah dalam menekan beberapa penyakit tumbuhan juga berkontribusi meningkatkan kerja dari agen antagonis seperti *Trichoderma* (Otieno dkk., 2003).

## **2.4. *Trichoderma harzianum***

*Trichoderma* merupakan cendawan askomisetik yang ditemukan di tanah. *Trichoderma* spp. merupakan agen biokontrol yang telah banyak dikembangkan dan dikomersialisasikan di Indonesia. *Trichoderma* efektif bekerja melawan berbagai macam patogen tanaman terutama patogen tular tanah. *Trichoderma* bekerja melawan patogen secara langsung dengan cara mikoparasitisme, memproduksi enzim pemecah dinding sel dan senyawa anti mikroba, atau secara tidak langsung dengan kompetisi nutrisi dan tempat, memodifikasi lingkungan tumbuh dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Vos dkk., 2015). *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma virens*, dan *Trichoderma viridae* merupakan jenis *Trichoderma* antagonis dari *phytopatogen* (Romao-Dumareq dkk., 2012). *Trichoderma harzianum* merupakan cendawan antagonis dengan kemampuan rekolonisasi yang cepat sehingga solarisasi tanah tidak terlalu berpengaruh terhadap populasinya (Poras dkk., 2007).

### **2.4.1. Antagonisme langsung**

*Trichoderma* melawan patogen secara langsung dengan mekanisme mikoparasitisme dan antibiosis (Vos dkk., 2015). Parasitisme merupakan serangan berupa kontak langsung yang dilakukan suatu mikroba terhadap mikroba lain yang dijadikan sebagai sumber nutrisinya. Jenis parasitisme dari kelompok cendawan dikenal dengan hiperparasitisme. Hiperparasitisme merupakan serangan berupa penetrasi langsung pada hifa patogen untuk mengambil isi dari hifa tersebut. *Trichoderma* melakukan hiperparasitisme dengan langsung

mempenetrasi dinding sel patogen atau langsung mempenetrasi hifa (Purnomo, 2010). Proses hiperparasitisme ini dapat dievaluasi dengan metode uji dual kultur antara *Trichoderma* dan patogen. Uji dual kultur dari *Trichoderma harzianum* dan patogen *Sclerotinia sclerotium* terbukti efisien dalam menghambat pertumbuhan miselium *Sclerotinia sclerotium* sebesar 56,3% tujuh hari setelah dual kultur. Hasil observasi mikroskopis menunjukkan bahwa hifa dari *Trichoderma* tumbuh membelit pada hifa *Sclerotinia sclerotium* dan menghasilkan cabang yang melekat pada hifa *Sclerotinia sclerotium* (Zhang dkk., 2016). Hasil dual kultur dari *Trichoderma harzianum* dan *Ralstonia solani* menunjukkan bahwa pertumbuhan kultur *T. harzianum* melampaui *Ralstonia solani* sehingga samasekali tidak terbentuk sclerotia dari *Ralstonia solani* (Youssef dkk., 2016).

Serangan langsung *Trichoderma* terhadap patogen juga dapat melalui antibiosis. Antibiosis melibatkan produksi dari beberapa senyawa antimikroba yang berfungsi sebagai inhibitor dari phytopathogen. Terdapat lebih dari 100 senyawa anti mikroba yang telah teridentifikasi berasal dari *Trichoderma* (Vinale dkk., 2008). Evaluasi efisiensi dari metabolit *Trichoderma* sebelumnya telah dilakukan dengan metode *disk difusion* terhadap beberapa jenis phytopathogen. Evaluasi tersebut menunjukkan bahwa metabolit *Trichoderma* dapat menghambat laju pertumbuhan dari *P. sojae* sebesar 100%, *Phytophthora infestans* sebesar 93%, *P. drechsleri* sebesar 79% dan beberapa jenis phytopathogen lain sebesar <50% (Bae dkk., 2016). Penelitian uji antagonisme *Trichoderma* terhadap patogen dengan menggunakan filtrat dari kultur *Trichoderma* menyimpulkan bahwa filtrat kultur *Trichoderma* dengan dilusi sepersepuluh signifikan dalam

menghambat pertumbuhan *Sclerotinia sclerotium* sebesar 48%. (Zhang dkk., 2016).

Pada proses mikoparasitisme, *Trichoderma* akan menghasilkan metabolit berupa enzim degradasi dinding sel yang akan mendegradasi dinding sel dari phytopatogen (Reithner dkk., 2010). Metabolit dari *Trichoderma* secara langsung maupun tidak langsung dapat mengintervensi sintesis dinding sel dari patogen yang mengakibatkan perubahan morfologi pada patogen. Penggunaan metabolit *Trichoderma* terhadap beberapa jenis phytopatogen terbukti dapat merusak struktur dari dinding sel dan mengakibatkan miselia phytopathogen mengalami perubahan seperti pembengkakan, penggumpalan, pengeriputan, perataan, pecah hingga nekrosis (Bae dkk., 2016).

#### **2.4.3. Antagonisme tidak langsung**

*Trichoderma* melawan patogen secara tidak langsung melalui kompetisi sumberdaya dan lingkungan dengan patogen, meningkatkan resistensi tanaman terhadap patogen dan memacu pertumbuhan tanaman (Vos dkk., 2015). Kompetisi sumberdaya dan lingkungan terjadi saat dua jenis mikroba membutuhkan sumberdaya yang jumlahnya terbatas pada suatu mikrohabitat. Mikrohabitat seperti rhizosfer memiliki kondisi lingkungan dan sumberdaya yang terbatas dan umumnya didominasi oleh suatu jenis mikroba sehingga tidak tersedia bagi mikroba lain (Purnomo, 2010). *Trichoderma* melakukan pengendalian patogen secara tidak langsung dengan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Beberapa penelitian dengan menggunakan *Trichoderma* sebagai agen hayati menyimpulkan

bahwa *Trichoderma* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat (Al-Hazmi dan Tariqjaveed, 2016), meningkatkan berat segar, panjang dan tinggi bibit tomat (Youssef dkk., 2016), meningkatkan kualitas dan produksi anggur (Pascale dkk., 2017).

*Trichoderma* juga melawan patogen secara tidak langsung dengan meningkatkan resistensi tanaman terhadap patogen. *Trichoderma* dilaporkan dapat meningkatkan aktivitas dari enzim APX (*Ascorbate peroxidase*), GPX (*Guaicol peroxidase*), SOD (*Superoxide dismutase*) dan CAT (*Catalase*) pada tanaman tomat yang berfungsi untuk menginisiasi sistem pertahanan diri pada tanaman dan menekan kelebihan produksi dari spesi oksigen reaktif yang dikeluarkan tanaman saat terjadi infeksi oleh patogen (Youssef dkk., 2016). Evaluasi molekuler respon phytopathogen terhadap ekstrak *Trichoderma* menunjukkan bahwa *Trichoderma* dapat meningkatkan regulasi ATPase sebesar 48%, MAPKs (mitogen-activated protein kinase) sebesar 10%, dan NLPs sebesar 37% yang ketiganya berperan dalam mengatasi beberapa jenis stress pada tanaman. *Trichoderma* juga meningkatkan regulasi gen CES1 sebesar 736% yang terlibat dalam sintesis selulosa (Bae dkk., 2016). *Trichoderma* juga meningkatkan kandungan total fenol sebesar 70% pada daun kedelai (Zhang dkk., 2016).

## BAB III

### MATERI DAN METODE

#### 3.1. Materi Penelitian

Penelitian mengenai pengendalian penyakit hawar daun pada kentang melalui penerapan solarisasi tanah dan aplikasi agen hayati *Trichoderma harzianum* telah dilaksanakan pada tanggal 18 Oktober 2016 sampai dengan 07 Maret 2017 di Balai Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura Kopeng, Laboratorium Terpadu Undip, dan Laboratorium Ekologi dan Produksi Tanaman, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro.

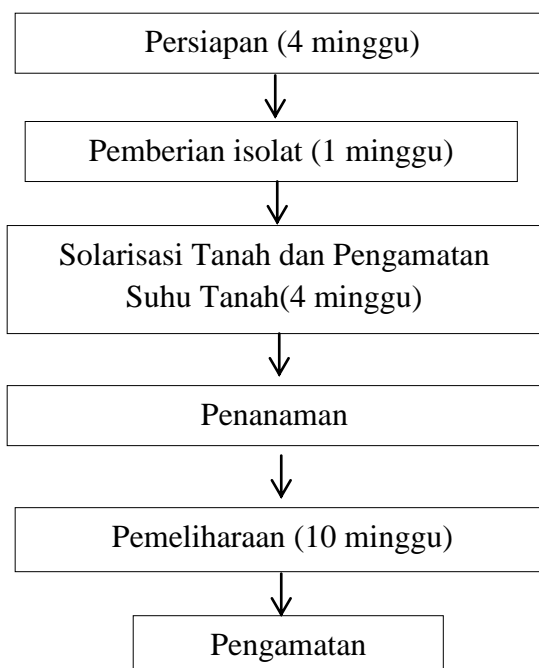
Materi yang digunakan dalam penelitian antara lain benih kentang varietas granola (G2) sebanyak 60 knol, media tanam tanah steril sebanyak 12 kg per pot percobaan, inokulum *Trichoderma harzianum* sebanyak 600 g dengan kepadatan  $10^7$  cfu/g, isolat murni patogen *Phytophthora infestans* dengan kepadatan  $10^5 - 10^6$  cfu/ml, media kultur PDA, Basamid-G sebagai bahan sterilisasi tanah dan pupuk urea 225 kg/ha, ZA 150 kg/ha, KCl 150 kg /ha, dan TSP 300 kg /ha. Peralatan yang digunakan antara lain timbangan digital dengan kapasitas 1.000 g ketelitian  $\pm 0,002$  g untuk menimbang bahan dan sampel untuk isolasi patogen, timbangan digital 5000 g dengan ketelitian  $\pm 0,005$  g untuk menimbang pupuk dan inokulum *Trichoderma harzianum*, timbangan manual dengan kapasitas 20 kg untuk menimbang tanah, pot diameter 45 cm sebanyak 30 buah, plastik polietilen bening dengan ketebalan 40  $\mu$ m untuk solarisasi tanah, termometer tanah, termometer udara, alat penunjang budidaya tanaman seperti cangkul dan ember, alat

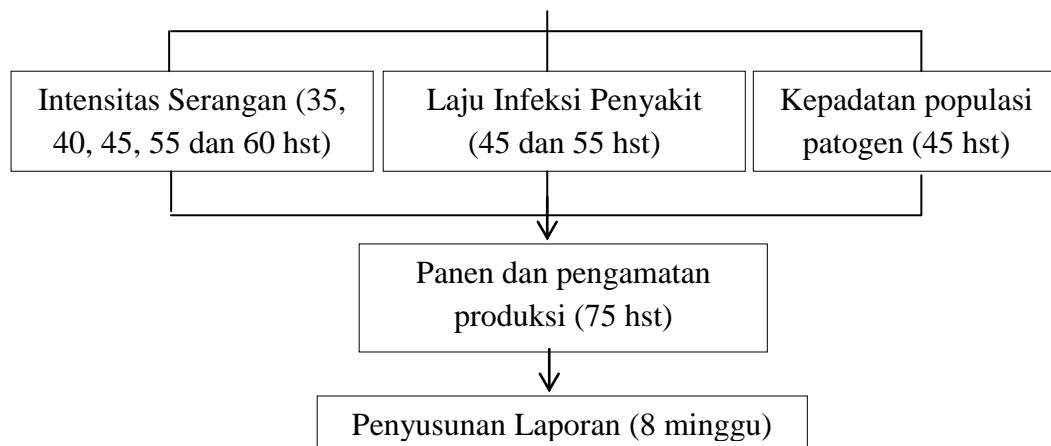
penunjang irigasi seperti selang dan gembor, alat penunjang isolasi cendawan, dan alat penunjang untuk mengumpulkan data.

### 3.2. Metode Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Petak Terbagi dasar Rancangan Acak Kelompok. Petak utama adalah solarisasi tanah ( $A_1$ = solarisasi,  $A_2$ = non-solarisasi) dan anak petak adalah aplikasi *Trichoderma harzianum* pada empat taraf dosis  $B_1= 0$  g,  $B_2 = 10$  g ( $10^7$  cfu),  $B_3= 20$  g ( $2 \times 10^7$  cfu),  $B_4 = 30$  g ( $3 \times 10^7$  cfu) dan  $B_5 = 40$  g ( $4 \times 10^7$  cfu) untuk setiap 12 kg tanah. Pengulangan dilakukan sebanyak 3 kali membentuk 30 unit percobaan. Analisis data dilakukan dengan menggunakan Analisis Ragam dan jika berbeda nyata akan dilanjutkan dengan uji LSD (*Least Significant Difference*) pada taraf  $\alpha = 5\%$ .

Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahap yang dapat dilihat pada Ilustrasi 3.





Ilustrasi 3. Tahapan penelitian

Tahap persiapan dilakukan selama 4 minggu. Kegiatan yang dilaksanakan selama tahap persiapan meliputi persiapan media tanam, sterilisasi media tanam (Lampiran 1) dan pembuatan isolat murni patogen (Lampiran 2). Tahap pemberian isolat dilakukan dengan menginfeksi tanah yang telah disterilisasi dengan isolat patogen *Phytophthora infestans* sebanyak 5 ml untuk setiap pot percobaan dan diikuti dengan pemberian inokulum *Trichoderma harzianum* 3 hari selanjutnya sesuai dengan dosis perlakuan. Tahap solarisasi dilakukan satu minggu setelah pemberian inokulum *Trichoderma harzianum* dan dilakukan selama 4 minggu.

Solarisasi tanah dilakukan dengan menutup pot percobaan dengan menggunakan lembaran polietilen bening yang ujung-ujungnya ditutup rapat. Pot percobaan di letakkan pada tempat yang mendapat matahari penuh sepanjang hari. Penanaman bibit tanaman kentang dilakukan saat perlakuan solarisasi telah selesai. Lembaran polietilen bening dilepaskan lalu pada setiap pot percobaan di tanam dua bibit kentang. Pemeliharaan berupa penyiraman dan pemupukan

menggunakan Urea 225 kg/ha, ZA 150 kg/ha, KCl 150 kg /ha, dan TSP 300 kg /ha.

Parameter yang diamati antara lain adalah 1) Suhu tanah kedalaman 5 cm pada pukul 12:00, 2) Perhitungan kepadatan populasi sampel patogen setelah percobaan, 3) Intensitas serangan, 4) Laju Infeksi Penyakit dan 5) Produksi tanaman. Pengamatan suhu tanah dan suhu rata-rata harian dilakukan selama proses solarisasi. Pengukuran suhu tanah harian pada kedalaman tanah 5 cm dilakukan dengan menggunakan termometer tanah yang ditancapkan pada tanah dari atas pot percobaan yang telah dilubangi pada pukul 12:00, setelah pengukuran suhu tanah, lubang pot percobaan ditutup dengan selotip. Penentuan intensitas serangan patogen dilakukan dengan mengamati pertumbuhan dan perkembangan morfologi tanaman khususnya pada daun dan batang kentang. Pengamatan serangan penyakit dilakukan pada saat kentang berumur 30 hst, 35 hst, 40 hst, 45 hst, 50 hst, 55 hst, 60 hst dan saat panen. Perhitungan intensitas serangan patogen dilakukan pada 45 hst dengan metode langsung. Perhitungan Intensitas Serangan Penyakit secara langsung menurut Sastrahidayat dan Djauhari (2014) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{\sum(n.v)}{N.Z} \times 100\%$$

Keterangan :

I = Intensitas serangan

Z = Nilai skala dari kategori serangan tertinggi

N = Banyaknya daun yang diamati

n = Jumlah daun tanaman pada setiap kategori serangan

v = Nilai skala dari setiap kategori serangan

Tabel 2. Skala kerusakan penyakit hawar

Skala	Tingkat serangan
0	Tidak ada serangan
1	Terbatas bercak-bercak sebanyak $\pm 10$ buah per daun contoh
2	Terdapat bercak-bercak sebanyak $\pm 50$ buah per daun contoh
3	Bercak terdapat pada hamper seluruh daun, tanaman masih tampak muda
4	Kurang lebih 50% dari daun sudah hancur
5	Daun yang hancur sudah 50-75%
6	Daun hijau yang hancur sudah lebih dari 75% atau pangkal batang terserang/pucuk mati terserang

Perhitungan Laju infeksi penyakit dilakukan dengan menggunakan data tingkat intensitas serangan patogen pada 45 hst dan 55 hst menggunakan rumus perhitungan laju infeksi. Perhitungan laju infeksi dihitung berdasarkan perkembangan penyakit (Oka, 1993) menggunakan formula berikut:

$$r = \frac{2,3}{t} \left( \text{Log} \frac{X1}{1 - X1} - \text{Log} \frac{X0}{1 - X0} \right) \text{Unit. Waktu}^{-1}$$

Keterangan:

r = laju infeksi (UnitWaktu<sup>-1</sup>)

2,3 = bilangan hasil konversi logaritma alami logaritma biasa

t = selang waktu pengamatan

X0 = proporsi penyakit hawar pada pengamatan pertama

X1 = proporsi penyakit hawar pada pengamatan berikut

Perhitungan kepadatan populasi patogen setelah perlakuan dilakukan dengan mengambil sampel tanah dari setiap unit percobaan, lalu melakukan

isolasi dan enumerasi. Untuk memperoleh isolat murni *Phytophthora infestans* dilakukan identifikasi sesuai dengan ciri koloninya (Barnet dan Hunter, 1998). Pengamatan produksi dilakukan setelah panen dengan menghitung total produksi setiap unit percobaan.

### 3.3. Analisis Data

Model linier dari rancangan penelitian menurut Ireland (2010) adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_k + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ik} + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Keterangan:

$\mu$  = rata-rata populasi

$\rho_k$  = pengaruh dari kelompok

$\alpha_i$  = pengaruh taraf ke-i dari faktor solarisasi tanah

$\beta_j$  = pengaruh taraf ke-j dari faktor aplikasi *Trichoderma harzianum*

$\gamma_{ik}$  = galat petak utama

$(\alpha\beta)_{ij}$  = pengaruh interaksi dari solarisasi tanah dan *Trichoderma harzianum*

$\epsilon_{ijk}$  = galat percobaan anak petak

Hipotesis statistika dari penelitian ini adalah :

Pengaruh perlakuan solarisasi tanah terhadap parameter yang diamati

H<sub>0</sub>:  $\mu_0 = \mu_1$  tidak terdapat pengaruh perlakuan solarisasi tanah terhadap parameter yang diamati

H<sub>1</sub>:  $\mu_0 \neq \mu_1$  terdapat pengaruh perlakuan solarisasi tanah terhadap parameter yang diamati

Pengaruh aplikasi *Trichoderma harzianum* terhadap parameter yang diamati

H<sub>0</sub>:  $\mu_0 = \mu_1$  tidak terdapat pengaruh perlakuan aplikasi *Trichoderma harzianum* terhadap parameter yang diamati

H<sub>1</sub>:  $\mu_0 \neq \mu_1$  terdapat pengaruh perlakuan aplikasi *Trichoderma harzianum* Terhadap parameter yang di amati.

Interaksi perlakuan solarisasi tanah dan aplikasi *Trichoderma harzianum*

H<sub>0</sub>:  $\mu_0 = \mu_1$  tidak terdapat interaksi perlakuan solarisasi tanah dan aplikasi *Trichoderma harzianum*.

H<sub>1</sub>:  $\mu_0 \neq \mu_1$  terdapat interaksi perlakuan solarisasi tanah dan aplikasi *Trichoderma harzianum* terhadap parameter yang di amati.

Data yang tidak homogen ditransformasi kedalam bentuk akar kuadrat dan arcsin sebelum dianalisis ragam. Transformasi arcsin adalah transformasi yang cocok untuk data proporsi yang dinyatakan sebagai pecahan desimal atau presentase (Steel dan Torie, 1995). Syarat-syarat data yang ditransformasi adalah sebagai berikut:

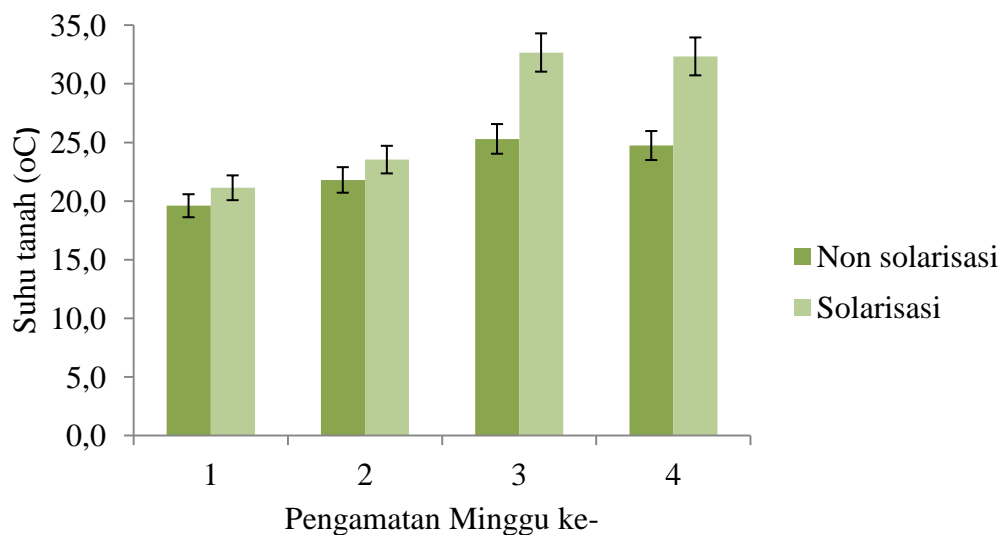
1. Data presentase yang berada dalam wilayah (range) 30 – 70% tidak perlu ditransformasi.
2. Data presentase yang berada dalam wilayah (range) 0 – 30% atau 70 – 100%, tetapi tidak pada keduanya, menggunakan transformasi akar kuadrat.
3. Data presentasi yang berada dalam dua wilayah antara (range) 0 – 30% atau 70 – 100% maka menggunakan transformasi arcsin.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Evaluasi Suhu Tanah

Suhu tanah merupakan salah satu penyusun mikroklimat. Suhu tanah di pengaruhi oleh faktor klimat lainnya seperti suhu udara, kelembaban udara, radiasi matahari dan kelembaban tanah. Hasil pengamatan perubahan suhu tanah selama perlakuan solarisasi tanah disajikan pada Ilustrasi 4.



Ilustrasi 4. Perubahan suhu tanah selama perlakuan solarisasi tanah minggu ke 1 sampai minggu ke 4.

Hasil pengamatan suhu tanah pada Ilustrasi 4. menunjukkan bahwa suhu tanah dengan perlakuan solarisasi tanah selama minggu pertama hingga minggu keempat yang diukur pada pukul 12:00 berturut-turut adalah 21,1, 23,5, 32,7 dan 32,3°C sedangkan pada perlakuan non solarisasi suhu tanah berturut-turut adalah

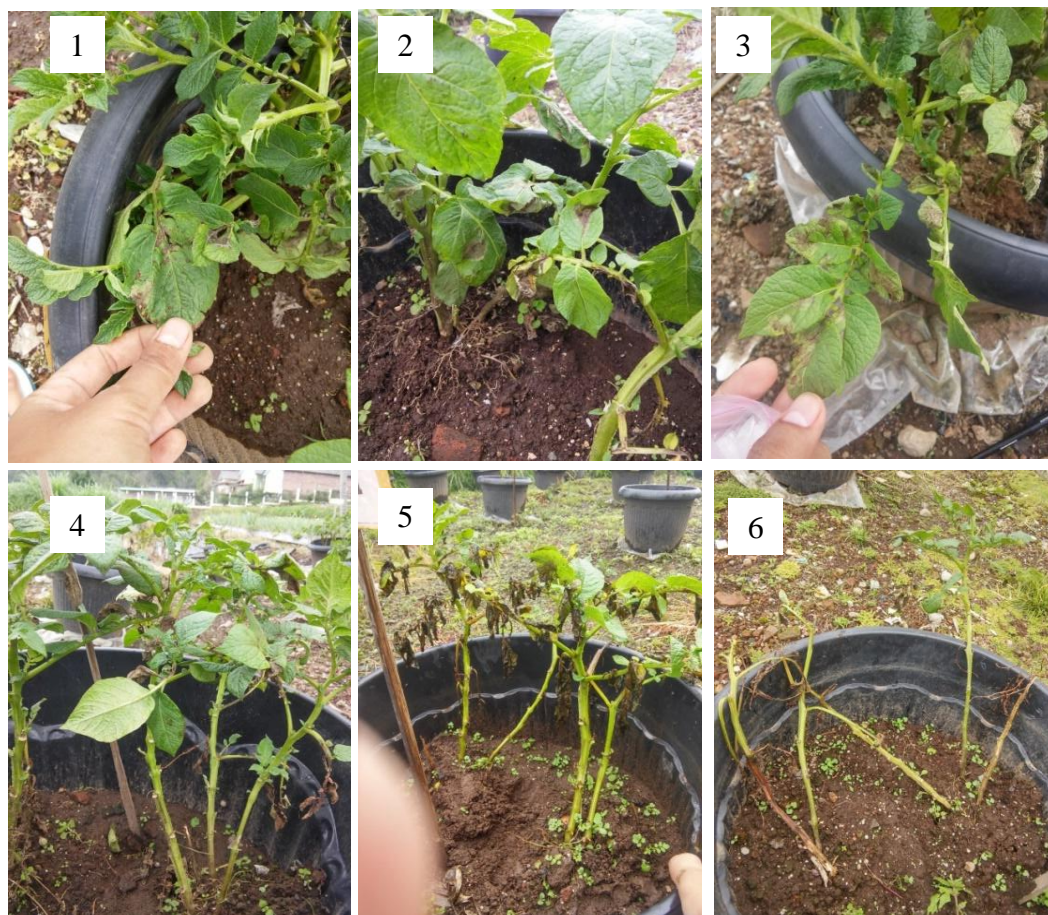
19,6, 21,8, 25,3 dan 24,7°C. Data tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata suhu tanah pada perlakuan solarisasi dan non solarisasi. Suhu tanah pada perlakuan solarisasi lebih tinggi dibanding dengan perlakuan non solarisasi dan memiliki tren yang cenderung meningkat. Perbedaan suhu tanah antara perlakuan solarisasi dan non solarisasi pada minggu pertama adalah 1,5 °C, minggu kedua 1,7 °C, minggu ketiga 7,4 °C dan minggu keempat 7,6 °C. Solarisasi tanah merupakan teknik yang digunakan untuk menangkap radiasi matahari untuk menaikkan suhu tanah dengan menggunakan lembaran polietilen bening (Candido dkk. 2011). Lembaran polietilen akan menerima radiasi gelombang panjang dan pendek, gelombang panjang kemudian akan dipanulkan dan gelombang pendek terhalang oleh polietilen. Radiasi gelombang pendek tersebut kemudian akan meningkatkan aliran panas ke tanah (Katan dan DeVay, 1991). Perbedaan suhu tanah tertinggi dalam penelitian ini diperoleh pada minggu keempat. Suhu tanah pada perlakuan solarisasi tanah lebih besar 7,6°C atau 30,76% dibanding dengan perlakuan non solarisasi. Hasil ini sesuai dengan beberapa penelitian solarisasi sebelumnya (Culman dkk., 2006; Candido dkk., 2011) yang menyimpulkan bahwa solarisasi tanah meningkatkan suhu sebesar 22% dan dapat mencapai suhu 40,5 °C pada kedalaman tanah 5 cm.

Suhu tanah pada perlakuan solarisasi minggu ketiga adalah 32,7 °C dan pada minggu keempat mengalami penurunan menjadi 32,2 °C. Hal ini disebabkan oleh tidak optimalnya kondisi klimatologi setempat selama perlakuan berlangsung, pada minggu terakhir (15-22 Desember) perlakuan solarisasi tanah

curah hujan mencapai 100 mm dengan suhu rata-rata harian 18 °C dan kelembaban udara rata-rata adalah 95% (Lampiran 3).

#### 4.2. Perkembangan Penyakit Hawar (*Lateblight*) pada Kentang

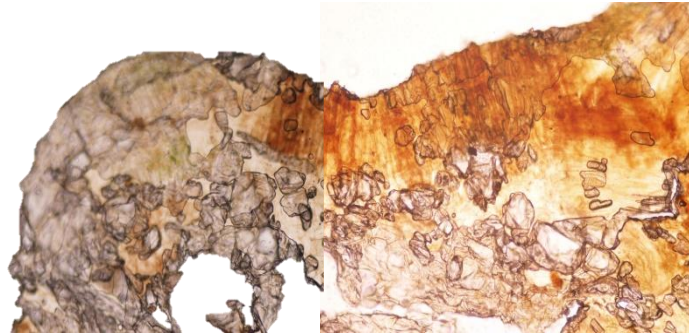
Pengamatan perkembangan gejala penyakit tanaman bertujuan untuk menentukan skala serangan yang digunakan dalam menghitung tingkat intensitas serangan patogen. Perkembangan gejala penyakit hawar kentang hingga 60 HST dapat dilihat pada Ilustrasi 5.



Ilustrasi 5. Perkembangan penyakit *lateblight* pada 1) 30 HST, 2) 35HST, 3) 40HST, 4) 45HST, 5) 55 HST dan 6) 60 HST

Gejala serangan pertama terlihat pada tanaman kentang 30 HST. Terdapat bintik coklat pada permukaan daun dan batang tanaman. Gejala awal penyakit ini adalah adanya bercak nekrotik kecil yang berminyak pada permukaan jaringan tanaman (Duriat dkk., 2006). Bercak nekrotik coklat kecil tersebut kemudian melebar sehingga membentuk daerah berwarna coklat tua. Serangan penyakit terus menyebar dengan pesat setelah tanaman kentang berumur 35 HST. Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa tanaman kentang berumur 30 HST mulai menunjukkan gejala bercak-bercak coklat sebanyak  $\pm 10$  buah per daun contoh. Gejala penyakit terus menyebar, tanaman kentang 35 HST menunjukkan adanya bercak-bercak sebanyak  $\pm 50$  buah per daun contoh. Gejala bercak pada tanaman kentang 40 HST terdapat pada hampir seluruh daun namun tanaman masih tampak muda. Tanaman kentang 45 HST menunjukkan terdapat kurang lebih 50% dari daun sudah hancur. Tanaman kentang 55 HST menunjukkan bahwa daun tanaman hancur sebanyak 50 – 75% dan pada pengamatan tanaman kentan 60 HST, sudah lebih dari 75% atau pangkal batang/pucuk mati. Perkembangan gejala penyakit tersebut sesuai dengan penelitian terdahulu yang menyimpulkan bahwa gejala awal serangan akan mulai nampak pada tanaman kentang umur 35 hari dan akan meningkat pada saat tanaman berumur 42 hari (Nathasia dkk., 2014).

Bercak coklat pada permukaan jaringan tanaman merupakan gejala utama dari penyakit *lateblight*. Bercak coklat tersebut dipenuhi oleh massa zoosporangium dari *Phytophthora infestans*. Kenampakan jaringan tanaman yang terinfeksi dapat dilihat pada Ilustrasi 6.



Ilustrasi 6. Penampang melintang jaringan batang yang terinfeksi pada perbesaran 4 x 10

Ilustrasi 6 menunjukkan bahwa terdapat wilayah berwarna coklat pada pinggiran jaringan yang merupakan indikasi adanya infeksi. Patogen *Phytophthora infestans* pertama kali menginfeksi tanaman dengan mengembangkan konidiofor pada permukaan jaringan tanaman. Konidiofor terbentuk pada saat kelembaban udara 90% dan suhu udara 18 – 21°C. Saat kondisi lingkungan memungkinkan konidiofor tersebut akan membentuk buluh kecambah yang mempenetrasi jaringan tanaman. Konidiofor yang juga merupakan zoosporangium tersebut akan melepaskan 10-20 zoospora dalam jaringan tanaman. Zoospora tersebut kemudian akan melepas flagelnya dan membentuk tabung kecambah pada dinding sel inang. Suhu untuk pertumbuhan hifa yang telah menyerang kedalam sel berkisar pada 20°C. Zoospora tersebut kemudian akan kembali membentuk zoosporangium. Zoosporangium pada jaringan yang terinfeksi akan menyebar pada jaringan sehat dan akan kembali melepaskan zoospore (Sastrahidayat, 2011).

### 4.3. Intensitas Serangan Patogen (ISP)

Intensitas Serangan Patogen merupakan persentase luasnya jaringan tanaman yang terserang oleh patogen dari total luasan yang diamati. Pengukuran ISP bertujuan untuk mengetahui tingkat keparahan penyakit tanaman. Data hasil pengamatan ISP dari masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Intensitas Serangan Patogen pada Tanaman Kentang 45 HST akibat solarisasi tanah dan pemberian *Trichoderma harzianum*

Dosis <i>Trichoderma</i> .....(g/1000cm <sup>3</sup> ).....	Intensitas Serangan Patogen (ISP)		Rerata
	Solarisasi	Non-solarisasi	
	.....(%).....		
B1 = 0	27,11	28,10	27,61 <sup>ab</sup>
B2 = 10	22,72	28,14	25,43 <sup>a</sup>
B3 = 20	10,88	18,83	14,85 <sup>b</sup>
B4 = 30	3,22	3,63	3,42 <sup>b</sup>
B5 = 40	7,65	6,25	9,95 <sup>b</sup>
Rerata	14,32 <sup>a</sup>	16,99 <sup>a</sup>	

Superskrip berbeda pada kolom atau baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05).

Tingkat intensitas serangan patogen pada tanaman dengan perlakuan solarisasi tanah dan dosis *Trichoderma harzianum* 0 g/1000 cm<sup>3</sup>, 10 g/1000 cm<sup>3</sup>, 20 g/1000 cm<sup>3</sup>, 30 g/1000 cm<sup>3</sup> dan 40 g/1000 cm<sup>3</sup> masing-masing adalah 27,11; 22,72; 10,88; 3,22 dan 7,65% sedangkan pada perlakuan tanpa solarisasi berturut-turut adalah 28,10; 28,14; 18,83; 3,63 dan 6,25%. Hasil analisis ragam pada Lampiran 5 menunjukkan bahwa tidak ada interaksi dari perlakuan solarisasi tanah dan dosis *Trichoderma harzianum* terhadap intensitas serangan patogen. Intensitas serangan patogen diukur menggunakan rumus perhitungan ISP khusus untuk penyakit hawar pada kentang yang terdapat pada Lampiran 1. Perhitungan ISP dilakukan pada saat kentang berumur 45 HST. Gejala awal serangan akan

mulai tampak pada tanaman kentang umur 35 hari dan akan meningkat pada saat tanaman berumur 42 hari (Nathasia dkk., 2014).

Perlakuan solarisasi tanah tidak memberikan pengaruh nyata terhadap intensitas serangan patogen. Intensitas serangan patogen pada perlakuan solarisasi adalah 14,32% dan perlakuan non solarisasi adalah 16,99%. Tidak adanya pengaruh dari solarisasi tanah disebabkan tidak optimalnya kenaikan suhu tanah pada perlakuan solarisasi tanah akibat suhu udara yang fluktuatif selama perlakuan. Suhu tertinggi dari perlakuan solarisasi adalah 34°C dan perlakuan non solarisasi adalah 27°C, suhu tersebut tidak cukup untuk mematikan dan menekan populasi dari patogen *Phytophthora infestans*. *Phytophthora infestans* dapat hidup pada kisaran suhu 12 – 24°C dan termasuk dalam kategori cendawan mesofilik (Sastrahidayat, 2011). Suhu yang dibutuhkan untuk mematikan (ED90) cendawan mesofilik adalah pada kisaran 37°C selama 2 - 4 minggu atau 47°C selama 1 – 6 jam (Kartini dan Widodo, 2000).

Perlakuan aplikasi agen hayati *Trichoderma harzianum* memberikan pengaruh nyata terhadap intensitas serangan patogen. Perlakuan B3 (20 g/1000cm<sup>3</sup>), B4 (30 g/1000cm<sup>3</sup>) dan B5 (40 g/1000cm<sup>3</sup>) efektif dalam menekan tingkat intensitas serangan. Pemberian *Trichoderma* dapat menurunkan intensitas serangan patogen *Phytophthora infestans* sebesar 87,61%. *Trichoderma harzianum* merupakan cendawan askomisetik yang bekerja melawan patogen terutama patogen tular tanah, termasuk *Phytophthora infestans*. *Trichoderma* bekerja melawan patogen secara langsung dengan cara mikoparasitisme, memproduksi enzim pemecah dinding sel dan senyawa antimikroba, atau secara

tidak langsung dengan kompetisi nutrisi dan tempat, memodifikasi lingkungan tumbuh dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Vos dkk., 2015). *Trichoderma* melakukan parasitisme dengan langsung mempenetrasi dinding sel patogen atau langsung mempenetrasi hifa patogen untuk mengambil isinya (Purnomo, 2010). Uji dual kultur *Trichoderma* dengan patogen *Sclerotinia sclerotium* sebelumnya menunjukkan bahwa hifa dari *Trichoderma* tumbuh membelit dan menghasilkan cabang yang melekat pada hifa *Sclerotinia sclerotium* sehingga menghambat pertumbuhan *Sclerotinia sclerotium* sebesar 56,3% (Zhang dkk., 2016). Evaluasi efektivitas metabolit *Trichoderma* sebagai anti *phytopatogen* telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan metode *disk diffusion* untuk melihat pengaruh ekstrak *Trichoderma* terhadap laju pertumbuhan *phytopathogen* dan memberikan hasil bahwa ekstrak *Trichoderma* dapat menghambat laju pertumbuhan *P. sojae* sebesar 100%, *Phytophthora infestans* sebesar  $93\% \pm 0,5$ , *P. drechsleri* sebesar  $79\% \pm 3$  dan beberapa jenis *phytopathogen* lain sebesar  $<50\%$  (Bae dkk., 2016).

Tingkat intensitas serangan patogen terendah diperoleh pada perlakuan dosis *Trichoderma* B4 ( $30\text{g}/1000\text{cm}^3$ ) dengan tingkat intensitas serangan patogen sebesar 3,42%. Kepadatan populasi *Trichoderma* yang bekerja secara antagonis terhadap *phytopathogen* akan mempengaruhi aktivitas dari *Phytophthora infestans*. Kepadatan populasi *Trichoderma* pada perlakuan B4 dan B5 adalah  $3 \times 10^8$  cfu/l dan  $4 \times 10^8$  cfu/l. Hasil penelitian tersebut sesuai dengan penelitian terdahulu dengan menguji efisiensi tingkat kepadatan *Trichoderma* dalam pengendalian hayati yang menyimpulkan bahwa perlakuan dengan tingkat kepadatan tertinggi yaitu  $10^8$  dan  $10^{10}$  spora/g tanah memberikan hasil terbaik

dalam menekan jumlah telur nematode (Al-Hazmi dan Tariqjaveed, 2016). Pada uji invitro *Trichoderma* terbukti menunjukkan aktivitas antagonism yang tinggi terhadap phytopathogen dengan menghambat pertumbuhannya hingga 100% (Baedkk., 2016).

#### 4.4. Laju Infeksi Penyakit

Laju infeksi ( $r$ ) adalah suatu angka yang menunjukkan seberapa cepat populasi patogen berkembang atau yang menunjukkan perkembangan populasi patogen per unit per satuan waktu. Perhitungan laju infeksi penyakit hawar kentang dilakukan pada tanaman kentang 45 hst sampai 55 hst. Hasil pengamatan laju infeksi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Laju infeksi penyakit akibat perlakuan solarisasi tanah dan pemberian *Trichoderma harzianum*

Dosis <i>Trichoderma</i> ...(g/1000cm <sup>3</sup> )...	Laju Infeksi Penyakit		Rerata
	Solarisasi	Non-solarisasi	
	.....(unit/hari).....		
B1 = 0	0,113	0,124	0,118 <sup>a</sup>
B2 = 10	0,198	0,113	0,155 <sup>ab</sup>
B3 = 20	0,025	0,109	0,067 <sup>b</sup>
B4 = 30	0,036	0,053	0,044 <sup>b</sup>
B5 = 40	0,034	0,074	0,054 <sup>b</sup>
Rerata	0,081 <sup>a</sup>	0,087 <sup>a</sup>	

Superskrip berbeda pada kolom atau baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ( $P < 0,05$ ).

Hasil analisis ragam data laju infeksi penyakit pada Lampiran 8 menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara perlakuan solarisasi tanah dan *Trichoderma harzianum*. Perlakuan tunggal dosis *Trichoderma harzianum* memiliki pengaruh nyata terhadap laju infeksi. Perlakuan B3 (20 g/1000 cm<sup>3</sup>), B4 (30 g/1000 cm<sup>3</sup>) dan B5 (40 g/1000 cm<sup>3</sup>) memiliki laju infeksi berturut-turut

0,067 unit/hari, 0,044 unit/hari dan 0,054 unit/hari. Laju infeksi pada tanaman merupakan jumlah pertambahan infeksi per satuan waktu. Infeksi tersebut dinyatakan dengan kerusakan pada satu tanaman atau bagian tanaman baik lokal maupun sistemik (Nirwanto, 2007). Pengaruh penurunan laju infeksi oleh perlakuan *Trichoderma harzianum* diakibatkan oleh aktivitas antagonisme yang dilakukan oleh *Trichoderma harzianum*. *Trichoderma harzianum* bekerja melawan patogen secara langsung dengan cara mikoparasitisme, memproduksi enzim pemecah dinding sel dan senyawa antimikroba, atau secara tidak langsung dengan kompetisi nutrisi dan tempat, memodifikasi lingkungan tumbuh dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Vos dkk., 2015). Senyawa antimikroba yang diproduksi oleh *Trichoderma* berfungsi sebagai inhibitor dari phytopathogen yang dapat menekan aktivitas dari patogen (Vinale dkk, 2008). *Trichoderma harzianum* merupakan cendawan antagonis dengan kemampuan rekolonisasi yang cepat sehingga solarisasi tanah tidak terlalu berpengaruh terhadap populasinya (Poras dkk., 2007).

#### **4.5. Kepadatan Populasi Patogen**

Data kepadatan populasi patogen diperoleh dari isolasi patogen pada sampel tanah dari masing-masing unit percobaan. Kultur patogen ditumbuhkan pada media PDA dan kemudian dilakukan identifikasi sesuai dengan ciri koloni (Barnet dan Hunter, 1998). Perhitungan kepadatan populasi patogen dilakukan setelah inkubasi selama 72 jam dengan menghitung jumlah koloni patogen yang

tumbuh. Data hasil analisis kepadatan populasi patogen dari masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kepadatan Populasi *Phytophthora infestans* akibat Perlakuan Solarisasi Tanah dan Aplikasi *Trichoderma harzianum*

Dosis <i>Trichoderma</i> .....(g/1000cm <sup>3</sup> ).....	Populasi Patogen		Rerata
	Solarisasi	Non-solarisasi	
	.....(10 <sup>4</sup> cfu/ml).....		
B1 = 0	20,33	26,00	23,17 <sup>a</sup>
B2 = 10	21,67	27,33	24,50 <sup>a</sup>
B3 = 20	23,00	26,00	24,50 <sup>a</sup>
B4 = 30	20,00	25,67	22,83 <sup>a</sup>
B5 = 40	20,67	22,67	21,67 <sup>a</sup>
Rerata	21,13 <sup>a</sup>	25,53 <sup>a</sup>	

Superskrip berbeda pada kolom atau baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05)

Data kepadatan populasi *Phytophthora infestans* di tanah pada 45 HST yang disajikan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh nyata baik dari perlakuan solarisasi tanah maupun dosis *Trichoderma harzianum* terhadap kepadatan populasi patogen. Hal ini dimungkinkan karena kemampuan adaptasi *Phytophthora infestans* yang tinggi. Spora dari *Phytophthora infestans* memiliki toleransi yang tinggi terhadap lingkungan yang kurang baik dan dapat bertahan di tanah selama musim penanaman hingga beberapa tahun (Turkensteen dkk., 2000). *Phytophthora infestans* dapat berkembang biak dengan pesat pada kondisi lingkungan yang mendukung. Faktor utama yang menentukan pertumbuhan *Phytophthora infestans* adalah suhu dan kelembaban udara. *Phytophthora infestans* dapat berkembang pesat pada daerah dataran tinggi dengan suhu udara 18 – 21°C, dan kelembaban udara diatas 80% (Soesanto dkk., 2011). Data klimatologi dari BBTPH Kopeng menunjukkan bahwa selama kegiatan penelitian

yang berlangsung 96 hari, 66 hari diantaranya merupakan hari hujan dengan kelembaban udara mencapai 100%.

Perlakuan dosis *Trichoderma harzianum* juga tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kepadatan populasi *Phytophthora infestans*. Hal ini dapat dikarenakan aktivitas antagonisme tidak langsung dari *Trichoderma harzianum* lebih dominan dari aktivitas mikoparasitisme yang merupakan antagonisme langsung. *Trichoderma* melawan patogen secara tidak langsung dengan meningkatkan resistensi tanaman terhadap patogen (Vos dkk., 2015). Evaluasi mengenai antagonisme tidak langsung dari *Trichoderma* telah dilakukan beberapa penelitian terdahulu. *Trichoderma* dilaporkan dapat meningkatkan aktivitas dari enzim-enzim pada tanaman tomat yang berfungsi untuk menginisiasi sistem pertahanan diri pada tanaman dan menekan kelebihan produksi dari spesies oksigen reaktif yang dikeluarkan tanaman saat terjadi infeksi oleh patogen (Youssef dkk., 2016). *Trichoderma* juga melakukan serangan terhadap patogen dengan antibiosis. Antibiosis melibatkan produksi dari beberapa senyawa antimikroba yang berfungsi sebagai inhibitor dari phytopathogen. Terdapat lebih dari 100 senyawa antimikroba yang telah teridentifikasi berasal dari *Trichoderma* (Vinale dkk., 2008). Metabolit dari *Trichoderma* terbukti dapat menekan patogenesis dari phytopatogen dengan menghambat laju pertumbuhannya (Bae dkk., 2016). Produksi metabolit tersebut dapat menekan keagresifan patogen didalam tanah namun tidak sampai menurunkan jumlah populasi dari patogen.

#### 4.6. Produksi Tanaman Kentang

Hasil pengamatan dan analisis pengaruh solarisasi tanah dan *Trichoderma harzianum* terhadap produksi tanaman kentang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Produksi Tanaman Kentang akibat Perlakuan Solarisasi Tanah dan Pemberian *Trichoderma harzianum*

Dosis <i>Trichoderma</i> .....(g/1000cm <sup>3</sup> ).....	Produksi		Rerata
	Solarisasi	Non-solarisasi	
	.....(g/pot).....		
B1 = 0	173,33	146,67	160,00 <sup>a</sup>
B2 = 10	186,67	170,00	178,33 <sup>a</sup>
B3 = 20	206,67	203,33	188,33 <sup>a</sup>
B4 = 30	250,00	196,67	205,00 <sup>a</sup>
B5 = 40	223,33	193,33	208,33 <sup>a</sup>
Rerata	208,00 <sup>a</sup>	182,00 <sup>b</sup>	

Superskrip berbeda pada kolom atau baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05)

Data produksi tanaman pada Tabel 5 menunjukkan bahwa tidak ada interaksi dari perlakuan solarisasi dan dosis *Trichoderma* terhadap produksi tanaman. Perlakuan dosis *Trichoderma* tidak berpengaruh nyata terhadap produksi tanaman. *Trichoderma* merupakan agen hayati yang bekerja melawan patogen baik secara langsung maupun tidak langsung. Tidak adanya pengaruh dari perlakuan *Trichoderma* terhadap produksi tanaman dimungkinkan karena aktivitas dari *Trichoderma* tidak memiliki pengaruh langsung terhadap produksi tanaman. Aktivitas antagonisme dari *Trichoderma* diharapkan dapat menurunkan tingkat serangan patogen yang nantinya dapat memaksimalkan potensi produksi dari tanaman.

Hasil pengamatan pada Tabel 5 menunjukkan bahwa perlakuan solarisasi tanah berpengaruh nyata terhadap produksi tanaman. Rataan produksi tanaman

pada perlakuan solarisasi tanah terbukti lebih tinggi dari perlakuan non solarisasi. Pada perlakuan solarisasi rata-rata produksi adalah 208 g/pot (12,75 ton/ha) sedangkan pada perlakuan non solarisasi adalah 182 g/pot (11,45 ton/ha). Perlakuan solarisasi dapat meningkatkan produksi sebesar 14,28%. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu mengenai solarisasi yang menunjukkan bahwa solarisasi tanah dapat meningkatkan produksi paprika baik kualitas maupun kuantitas (Zayed dkk., 2013), meningkatkan jumlah tanaman dan berat kering selada (Candido dkk., 2011) dan meningkatkan produksi stroberi sebesar 17,6% (Porras dkk., 2006). Solarisasi tanah mempengaruhi komposisi faktor biotik, struktur tanah dan senyawa-senyawa mineral yang tersedia bagi tanaman (Shofiyani dan Budi, 2014). Pelepasan nutrisi tanah akibat rangsangan panas yang merupakan efek samping dari solarisasi dilaporkan dapat memacu pertumbuhan tanaman (Stapleton dan Devay, 1995). Peningkatan produksi tanaman oleh solarisasi tanah juga berkaitan dengan perubahan fisiologi tanaman seperti peningkatan aktivitas fotosintesis, percepatan perkembangan jaringan dan penundaan senesens yang terjadi pada masa akhir perkembangan tanaman yang ditanam di tanah solarisasi (Gruenzweig dkk., 1993).

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan solarisasi tanah dapat meningkatkan suhu tanah sebesar 7,6°C atau sebesar 30,76% dibanding dengan perlakuan non solarisasi. Perlakuan tunggal solarisasi berpengaruh nyata terhadap produksi tanaman dengan meningkatkan produksi sebesar 14,28% dibanding non solarisasi. Perlakuan tunggal dari *Trichoderma harzianum* secara signifikan dapat menurunkan tingkat intensitas serangan patogen dan laju infeksi penyakit. Pemberian *Trichoderma harzianum*  $\geq 20$  g/1000 cm<sup>3</sup> ( $2 \times 10^7$  cfu/l) terbukti efektif menurunkan tingkat intensitas serangan patogen hingga 87,61% dan laju penyakit menjadi 0,044 unit/hari. Tidak ada interaksi antara perlakuan solarisasi dan *Trichoderma* pada semua parameter yang diamati.

#### 5.2. Saran

Perlakuan solarisasi tanah sebaiknya dilakukan di musim kemarau atau musim dengan jumlah hari panas yang lebih banyak dibanding hari hujan untuk mengoptimalkan peningkatan suhu tanah. Waktu solarisasi tanah sebaiknya lebih dari empat minggu dan diterapkan pada permukaan tanah yang luas. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui bagaimana mekanisme dan tingkat antagonisme dari *Trichoderma harzianum* terhadap *Phytophthora infestans* di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hazmi, A.S. and M. TariqJaveed. 2016. Effects of different inoculum densities of *Trichoderma harzianum* ant *Trichoderma viridae* againts *Meloidogyne javanica* on Tomato. Saudi J. Biological Sciences. 23 : 288-292.
- Bae, S.J., T.K. Mohanta, J.Y. Chung, M. Ryu, G. Park, S. Shim, S. Hong, H. Seo, D.W. Bae, I. Bae, J. Kim and H. Bae. 2016. *Trichoderma* metabolites as biological control agents against Phytophthora pathogens. Biological Control 92:128-138.
- Barnett, H.L. and B.B. Hunter. 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi 4<sup>th</sup> Edition. American Phytopathological Society Press, Minnesota.
- Candido, Vincenzo, D.A. Trifone, M. Vito, and D. Castronuovo. 2011. Scientia horticulturae weed control and yield response of soil solarization with different plastic films in lettuce. J. Scientia Horticulturae. 130 (3): 491–97.
- Carrieri, F., F. Raimo, A. Pentangelo, and E. Lahoz. 2013. *F.poliferatum* and *F. tricintum* as casual agent of pink root of onion bulbs and the effect of soil solarization combined with compost amendment in cotrolling their infections in field. Crop Protection. 43 : 31-37.
- Culman, S.W., J.M. Duxbury, J.G. Lauren and J.E. Thies. 2006. Microbial community response to soil solarization in Nepal's rice wheat cropping system. Crop Protection. 38 : 3359-71.
- Domsch, K.H., Gams, W., and T.H. Anderson. 1993. Compendium of Soil Fungi. Verlag. Braunschweig.
- Duriat. A.S., Setiani O., dan N. Gunaeni. 2006. Penerapan Teknologi PHT pada Tanaman Kentang. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura. Bandung.
- Departemen Kesehatan. 1989. Pedoman Gizi Seimbang. Kementerian Kesehatan RI.
- Gasoni, Laura, K. Nancy, Y. Viviana, Kobayashi, B. Silvana, B. Viviana, and G. Zumelzu. 2008. Effect of soil solarization and biocontrol agents on plant stand and yield ´ Rdoba on table beet. Crop Protection 27: 337–42.
- Gaulin, E., A. Bottin, and B. Dumas. 2010. Sterol biosynthesis in oomycete pathogens. J. Plant Signal Behaviour. 5 : 258–260.

- Gruenzweig, J.M., Rabinowitch, H.D., and Katan, J., 1993. *Physiological And Developmental Aspects Of Increased Plant Growth In Solarized Soils*. CRC Press. London
- Ireland, C.R. 2010. *Experimental Statistic for Agriculture and Horticulture*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Kartini dan Widodo. 2000. Pengaruh solarisasi tanah terhadap pertumbuhan *Sclerotium rolfsii* SACC. dan patogenisitasnya pada kacang tanah. *Buletin Hama dan Penyakit Tumbuhan*. 12(2) : 53-59
- Katan. J. 2000. Solar heating of the soil for control of soilborne pest. *Phytopathology*. 77 : 992-994.
- Katan, J and J.E. DeVay. 1991. *Soil Solarization*. CRC Press. London.
- Melero-Vara, J.M., A.M. Prados-Ligero, and M.J. Basallote-Ureba 2000. Comparison of physical, chemical and biological methods of controlling garlic white rot. *J. Plant Pathology*. 106 : 581–588.
- Nathasia, A.A.V., Abadi, A.L., dan T. Wardiyati. 2014. Uji ketahanan 7 klon tanaman kentang terhadap penyakit hawar daun (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Barry). *J. Produksi Tanaman*. 1 (6) : 540-548
- Nirwanto, H. 2007. *Pengantar Epidemi dan Manajemen Penyakit Tanaman*. UPN Veteran Jawa Timur. Surabaya.
- Oka, IY. 1993. *Pengantar Epidemiologi Penyakit Tanaman*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Otieno, Washington, T. Aad, J. Mike, and C.O. Othieno. 2003. Efficacy of soil solarization, *Trichoderma harzianum*, and coffee pulp amendment against *Armillaria Sp.*. *Plant Protection*. 22: 325–31.
- Pascale, A., F. Vinale, G. Manganielo, M. Nigro, S. Lanzuise, M. Ruocco, R. Marra, N. Lombardi, S.L. Woo and M. Lorito. 2017. *Trichoderma* and its secondary metabolites improve yield and quality of grapes. *Crop Protection*. 92: 176-181.
- Porrás, M. A., C. Barrau, and F. Romero. 2007. Effects of soil solarization and *trichoderma* on strawberry production. *Crop Protection*. 26: 782–87.
- Purnomo, H. 2010. *Pengantar Pengendalian Hayati*. ANDI, Yogyakarta.

- Purwantisari, S., Ferniah, R.S., dan B. Raharjo. 2008. Pengendalian hayati penyakit lodoh (busuk umbi kentang) dengan agen hayati jamur-jamur antagonis isolat lokal. *BIOMA* 10 (2) : 13-19
- Reithner, B., E. Ibarra-Laclette, R.L. Mach, and A. Herrera-Estrella. 2011. Identification of mycoparasitism related genes in *Trichoderma atroviride*. *Appl. Environmental Microbiology* 77 : 4361 – 4370
- Romao-Dumareq, A.S., N.J. Talbolt, and C.R. Thornton. 2012. RNA interference of endochitinases in the sugarcane endophyte *Trichoderma virens* 223 reduces its fitness as a biocontrol agent of pineapple disease. *PloS One* 7, e47888
- Samadi, B. 2007. Kentang dan Analisis Usaha Tani. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Sastrahidayat, I. R., dan S. Djauhari. 2014. Teknik Penelitian Fitopatologi. Universitas Brawijaya Press. Malang.
- Sastrahidayat, I.R. 2011. Tanaman Kentang dan Pengendalian Penyakitnya. UB Press, Malang.
- Scopa, Antonio, V. Candido, S. Dumontet, V. Pasquale, and V. Miccolis. 2009. Repeated solarization and long-term effects on soil microbiological parameters and agronomic traits. *Crop Protection* 28 (10) : 18–24.
- Semangun, H. 2007. Penyakit-penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Setiadi. 2009. Budidaya Kentang. Pilihan berbagai Varietas dan Pengadaan Benih. Penerbit Swadaya. Jakarta.
- Shofiyani, A. dan G.P. Budi. 2014. Efektivitas solarisasi tanah terhadap penekanan perkembangan jamur fusarium ada lahan tanaman pisang yang terinfeksi. Prosiding Seminar Nasional Hasil-hasil penelitian dan Pengabdian LPPM UMP 2014
- Soesanto, L., E. Mugiastuti, dan R.F. Rahayuniati. 2011. Inventarisasi dan identifikasi patogen tular-tanah pada pertanaman kentang di Kabupaten Purbalingga. *J. Hortikultura* 21 (3) : 254-264
- Stapleton, J.J. and DeVay, J.E. 1995. Soil Solarization: a Natural Mechanism of Integrated Pest Management. CRC Press. London.
- Suryana, D. 2013. Budidaya Kentang. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

- Suwandi, W.M., Pradjadinata D., Ruswandi, P., Leksono dan M. Nobuo. 2001. Visualisasi Gejala Infeksi Penyakit dan Hama pada Tanaman dan Ubi Kentang Varietas Granola. BPSB-TPH. Jawa Barat.
- The International Potato Center. 2008. Facts and Figures: 2008 – The International Year of the Potato. CIP
- Vinale, F., K. Sivasithamparam, L. Ghisalberti, R. Marra, and M. Lorito. 2008. *Trichoderma*-plant pathogen interactions. Soil Biol. Biochemical. 40 : 1-10.
- Vos, C.M.F., De Cremer, K., Cammue, B.P.A., and B. Connick. 2015. The toolbox of *Trichoderma spp.* in the biocontrol of botrytis cinerea disease. Mol. Plant Pathology 16 : 400 – 412.
- [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id) (diakses pada 16 April 2016)
- Youssef, S.A., A.K. Tartoura, and G.A. Abdelraouf. 2016. Evaluation of *Trichoderma harzianum* and *Serratia proteamaculans* effect on disease suppression, stimulation of ROS-scavenging enzymes and improving tomato growth infected by *Rhizoctonia solani*. Biological Control. 100 :79-86.
- Zayed, M. S. 2013. Productivity of pepper crop (*Capsicum Annuum* L.) as affected by organic fertilizer, soil solarization, and endomycorrhizae. Annals of Agricultural Sciences 58 (2) : 131 – 137
- Zhang, F., H. Ge, F. Zhang, N. Guo, Y. Wang, L. Chen, X. Ji and C. Li. 2016. Biocontrol Potential of *Trichoderma harzianum* isolate T-aloe against *Sclerotinia sclerotiorum* in soybean. Plant Physiology and Biochemistry. 100: 64-74.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Prosedur Sterilisasi Tanah

Sterilisasi tanah dilakukan secara kimia menggunakan Basamid-G yang berbentuk bubuk. BasamidG merupakan fumigant tanah yang memiliki bahan aktif dazomet 98%. Tata cara penggunaan BasamidG adalah sebagai berikut:

- Membasahi bedengan/tanah hingga cukup dan lembab
- Menaburkan BasamidG sebanyak 20 – 40 g/m<sup>2</sup> secara merata dengan menggunakan sarung tangan dengan menggunakan sarung tangan dan mengaduk tanah secara merata sambil dibolak balik dengan menggunakan cangkul pada kedalaman 20 – 30 cm
- Menyiram permukaan tanah bedengan sampai cukup basah sambil dipadatkan agar gas “methyl isothiocyanate” dari Basamid-G segera bereaksi sebagai fumigant
- Biarkan tanah selama 7 – 14 hari

## Lampiran 2. Isolasi *Phytophthora infestans*

### 1) Prosedur pembuatan medium PDA

**Bahan.** Adapun bahan yang digunakan pada praktikum ini adalah air, kentang, dextrose, aquades, dan agar-agar 20 gram.

**Alat.** Adapun alat yang digunakan pada praktikum ini adalah cawan, petri, kompor gas, panci, pisau, telenan, kertas muslin, sarung tangan, penutup kepala, glass beaker, Erlenmeyer, kulkas, hot plate, ding warp, kapas, kertas stensil

### Prosedur Percobaan

- Di kupas kentang yang dijadikan PDA
- Dicuci kentang yang telah di kupas pakai air bersih
- Ditimbang kentang sebanyak 250 gr kemudian ditimbang agar-agar sebanyak 20 gr dan dextrose 20 gr
- Dipotong kentang yang telah ditimbang menjadi bentuk dadu kecil-kecil
- Direbus kentang di masukkan kedalam panci lalu dimasukkan aquades secukupnya
- Direbus kentang sampai empuk atau sampai kentang dapat diperas
- Diambil gelas beaker dan kain muslin, diletakkan diatas gelas beaker
- Diperas kentang yang sudah empuk menggunakan kain muslin dan dimasukkan kedalam beaker glass
- Dimasukkan agar dan dextrose yang telah ditimbang kain muslin kedalam beaker glass yang telah berisi larytan kentang
- Dimasukkan aquadest sampai larutan 1000ml
- Dimasukkan beaker glass yang berisi larutan kedalam panci yang sudah berisi air  $\frac{1}{4}$  dari ketinggian panci tersebut.
- Diletakkan panci tersebut diatas kompor
- Diaduk larutan terus menerus sampai mendidih agar larutan hetrogen
- Dimasukkan larutan kedalam Erlenmeyer
- Ditutup mulut Erlenmeyer menggunakan kapas dibungkus dengan aluminium foil dan dibungkus lagi menggunakan cling wrap
- Dimasukkan Erlenmeyer tersebut kedalam autoklaf tunggu sampai 11-15 menit
- Dimasukkan kedalam kulkas setelah selesai

## Lampiran 2. (lanjutan)

### 2) Pengambilan sampel, isolasi, dan enumerasi *Phytophthora infestans*

Isolat bakteri *Phytophthora infestans* diambil dari jaringan tanaman yang sakit maupun dari sampel tanah lahan pertanaman kentang. Isolasi dari sampel tanah dilakukan dengan *direct plating*, yaitu tanah lokal diambil dan diletakkan pada cawan petri yang berisi medium TEA steril yang telah ditambahkan chloramfenikol 50 ppm, kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 3 hari. Koloni jamur yang menunjukkan ciri-ciri morfologi yang berbeda dipisahkan dan dipindahkan pada medium PDA kemudian diidentifikasi menurut Barnett dan Hunter, 1972.

Isolat dari jaringan tanaman juga dilakukan dengan *direct plating* dengan mengambil daun kentang yang diduga terinfeksi *Phytophthora infestans* dan diletakkan pada medium TEA steril yang telah ditambahkan chloramfenikol 50 ppm, kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 3 hari. Koloni yang menunjukkan ciri-ciri *Phytophthora infestans* kemudian dipindahkan dalam medium PDA secara aseptik dan diinkubasi pada suhu ruang selama 3 hari. Untuk memperoleh isolate murni *Phytophthora infestans* dilakukan identifikasi menurut Barnet dan Hunter, 1972.

### 3) Teknik infestasi tanah

Tanah dapat diinfestasi oleh sisa tanaman sakit atau kolonisasi buatan menggunakan jerami atau bijian. Dapat juga dengan cara membiakkan jamur dalam kultur bergoyang (cair) dan ditambahkan ke tanah. Beberapa jamur dapat dibiakkan pada medium oatmeal atau cornmealsand nutrient yang kemudian dicampur dengan tanah.

**Lampiran 3.** Data Curah Hujan Wilayah Kopeng November 2016 – Januari 2017

Tanggal	Nov-2016	Des-2016	Januari-2017	Feb-2017
1	12	7	28	4
2	1	96	6	9
3	6	3	-	13
4	-	9	-	6
5	9	5	4	-
6	33	2	2	69
7	-	-	36	-
8	16	-	29	27
9	-	13	5	-
10	75	-	-	-
11	39	-	2	2
12	-	-	130	34
13	18	-	23	-
14	9	-	69	-
15	-	3	2	3
16	31	6	69	37
17	47	72	26	-
18	5	8	10	-
19	13	3	7	9
20	-	1	6	32
21	-	7	2	26
22	-	-	-	9
23	3	17	-	10
24	85	84	1	-
25	17	37	-	-
26	21	13	-	-
27	6	6	-	5
28	3	39	-	-
29	42	7	4	
30	48	-	6	
31		-	-	
Jumlah CH (mm)	532	438	467	318
Jumlah hari hujan	21	21	21	16

Sumber: BBTPH Kopeng, 2017.

**Lampiran 4.** Data Intensitas Serangan Patogen dan Laju Infeksi

Unit Percobaan	Intensitas Serangan Patogen				Laju infeksi (r)	r'
	35 hst	40 hst	45 hst	55 hst		
	.....(%).....				.....(unit/hari).....	
A1B1U1	0.00	20.00	38.33	70.31	0.130	1.063
A1B1U2	0.00	6.98	13.73	34.00	0.072	1.035
A1B1U3	0.00	12.02	29.27	58.56	0.137	1.066
A1B2U1	0.00	1.85	15.63	27.03	0.052	1.026
A1B2U2	29.44	43.86	47.30	78.13	0.377	1.173
A1B2U3	0.00	1.79	5.25	17.24	0.166	1.080
A1B3U1	0.00	2.08	3.03	15.79	0.017	1.008
A1B3U2	0.00	2.29	13.73	23.15	0.012	1.006
A1B3U3	0.00	3.27	15.87	30.56	0.048	1.024
A1B4U1	0.00	1.06	0.00	0.00	0.050	1.025
A1B4U2	0.00	2.13	3.10	4.95	0.012	1.006
A1B4U3	0.00	1.75	5.56	15.08	0.048	1.024
A1B5U1	0.00	1.45	0.00	3.75	0.030	1.015
A1B5U2	0.00	1.00	15.74	21.21	0.033	1.016
A1B5U3	0.00	3.26	6.20	10.00	0.039	1.019
A2B1U1	0.00	3.21	22.62	51.67	0.134	1.065
A2B1U2	0.00	1.33	28.95	45.61	0.117	1.057
A2B1U3	1.64	10.14	32.73	65.79	0.123	1.060
A2B2U1	4.29	35.71	11.11	17.33	0.069	1.034
A2B2U2	10.00	24.00	69.44	99.00	0.138	1.067
A2B2U3	0.00	0.00	3.88	17.50	0.132	1.064
A2B3U1	0.00	2.72	12.88	14.89	0.179	1.086
A2B3U2	0.00	0.00	11.46	12.75	0.064	1.031
A2B3U3	0.00	1.82	32.14	43.42	0.085	1.041
A2B4U1	0.00	0.71	2.63	4.27	0.000	1.000
A2B4U2	0.00	2.84	4.41	4.95	0.049	1.024
A2B4U3	0.00	2.12	3.85	6.06	0.110	1.054
A2B5U1	0.00	0.00	0.00	1.35	0.135	1.065
A2B5U2	0.00	0.00	5.56	7.54	0.037	1.018
A2B5U3	0.00	1.74	12.18	17.02	0.052	1.026

r' merupakan hasil transformasi akar (SQRT (X+1)) dari nilai r.

**Lampiran 5.** Data Kepadatan Populasi Patogen

Unit Percobaan	Kepadatan Populasi (cfu/ml)
A1B1U1	10 x 10 <sup>4</sup>
A1B1U2	23 x 10 <sup>4</sup>
A1B1U3	28 x 10 <sup>4</sup>
A1B2U1	24 x 10 <sup>4</sup>
A1B2U2	27 x 10 <sup>4</sup>
A1B2U3	14 x 10 <sup>4</sup>
A1B3U1	27 x 10 <sup>4</sup>
A1B3U2	41 x 10 <sup>4</sup>
A1B3U3	11 x 10 <sup>4</sup>
A1B4U1	23 x 10 <sup>4</sup>
A1B4U2	19 x 10 <sup>4</sup>
A1B4U3	18 x 10 <sup>4</sup>
A1B5U1	14 x 10 <sup>4</sup>
A1B5U2	21 x 10 <sup>4</sup>
A1B5U3	27 x 10 <sup>4</sup>
A2B1U1	19 x 10 <sup>4</sup>
A2B1U2	22 x 10 <sup>4</sup>
A2B1U3	37 x 10 <sup>4</sup>
A2B2U1	29 x 10 <sup>4</sup>
A2B2U2	28 x 10 <sup>4</sup>
A2B2U3	25 x 10 <sup>4</sup>
A2B3U1	26 x 10 <sup>4</sup>
A2B3U2	23 x 10 <sup>4</sup>
A2B3U3	29 x 10 <sup>4</sup>
A2B4U1	33 x 10 <sup>4</sup>
A2B4U2	23 x 10 <sup>4</sup>
A2B4U3	21 x 10 <sup>4</sup>
A2B5U1	21 x 10 <sup>4</sup>
A2B5U2	17 x 10 <sup>4</sup>
A2B5U3	30 x 10 <sup>4</sup>

**Lampiran 6. Data Produksi Tanaman**

Unit Percobaan	Produksi (g/pot)	Jumlah Umbi
A1B1U1	140	7
A1B1U2	210	7
A1B1U3	170	9
A1B2U1	180	11
A1B2U2	120	7
A1B2U3	260	10
A1B3U1	200	11
A1B3U2	260	10
A1B3U3	160	16
A1B4U1	270	7
A1B4U2	290	6
A1B4U3	190	5
A1B5U1	220	4
A1B5U2	200	11
A1B5U3	250	13
A2B1U1	150	6
A2B1U2	160	7
A2B1U3	130	10
A2B2U1	210	4
A2B2U2	120	12
A2B2U3	180	4
A2B3U1	230	10
A2B3U2	170	7
A2B3U3	210	8
A2B4U1	180	9
A2B4U2	260	10
A2B4U3	150	9
A2B5U1	170	10
A2B5U2	210	8
A2B5U3	200	14

**Lampiran 7.** Analisis Data Pengaruh Solarisasi Tanah dan Dosis *Trichoderma* terhadap Intensitas Serangan Patogen

**Tabulasi data awal**

12	Trichoderma (B)	Kelompok			Jumlah	Rerata
		1	2	3		
Solarisasi	0 g	38,33	13,73	29,27	81,33	27,11
	10 g	15,63	47,30	5,25	68,18	22,73
	20 g	3,03	13,73	15,87	16,76	10,88
	30 g	0,00	3,10	5,56	8,66	2,89
	40 g	0,00	15,74	6,20	21,94	7,31
Non-Solarisasi	0 g	22,62	28,95	32,73	84,30	28,10
	10 g	11,11	69,44	3,88	84,43	28,14
	20 g	12,88	11,46	32,14	56,48	18,83
	30 g	2,63	4,41	3,85	10,89	3,63
	40 g	0,00	5,56	12,18	17,74	5,91
Jumlah		106,23	213,42	146,93	<b>466,58</b>	
Rerata		10,62	21,34	14,69		

**Tabulasi data setelah transformasi arcsin\***

Solarisasi (A)	Trichoderma (B)	Kelompok			Jumlah	Rerata
		1	2	3		
Solarisasi	0 g	38,8	22,95	34,56	96,31	32,10
	10 g	24,57	47,30	13,98	85,85	28,62
	20 g	10,58	22,95	24,47	58,00	19,33
	30 g	0,00	10,70	14,39	25,09	8,36
	40 g	0,00	24,66	15,21	39,87	13,29
Non-Solarisasi	0 g	29,96	34,35	32,73	97,04	32,35
	10 g	20,54	69,44	11,99	101,97	33,99
	20 g	22,19	20,88	32,14	75,21	25,07
	30 g	9,85	12,79	11,94	34,58	11,53
	40 g	0,00	14,39	21,55	35,94	11,98
Jumlah		156,49	280,41	212,96	<b>649,86</b>	
Rerata		15,65	28,04	21,30		

\*Fungsi transformasi arcsin =DEGREES(ASIN((DATA/100)^0,5))

$$KK(a) = \sqrt{KT(Galat a)}/Y \times 100\% = 12,76\%$$

$$KK(b) = \sqrt{KT(Galat b)}/Y \times 100\% = 30,18\%$$

### Lampiran 7. (lanjutan)

#### 1. Perhitungan Derajat Bebas

$$\begin{aligned}
 \text{db kelompok} &= r - 1 &= 2 \\
 \text{db A} &= a - 1 &= 1 \\
 \text{db galat A} &= (a - 1)(r - 1) &= 2 \\
 \text{db B} &= b - 1 &= 4 \\
 \text{db AB} &= (a - 1)(b - 1) &= 4 \\
 \text{db galat B} &= a(r - 1)(b - 1) &= 16 \\
 \text{db total} &= abr - 1 &= 29
 \end{aligned}$$

#### 2. Perhitungan Jumlah Kuadrat

$$\text{FK} = \frac{Y_{...}^2}{abr} = \frac{(649,86)^2}{30} = 14077,27$$

$$\begin{aligned}
 \text{JKT} &= \sum_{i,j,k} Y_{ijk}^2 - \text{FK} \\
 &= (38,8)^2 + (22,95)^2 + \dots + (21,55)^2 - 14077,27 \\
 &= 6156,26
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JKR} &= \sum_k (r_k)^2 / ab - \text{FK} = 148470,8/10 - 14077,27 \\
 &= 769,81
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JKA} &= \sum_i (a_i)^2 / rb - \text{FK} = 211943,9/15 - 14077,27 \\
 &= 52,32
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JKGa} &= \sum_{i,k} (a_{ik})^2 / b - \text{FK} - \text{JKR} - \text{JKA} \\
 &= 74573,48 - 14077,27 - 769,81 - 52,32 = 15,28
 \end{aligned}$$

**Lampiran 7. (lanjutan)**

$$\begin{aligned} \text{JKB} &= \sum_j (b_j)^2 / r_a - FK = 99713,14/6 - 14077,27 \\ &= 2541,59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKAB} &= \sum_{i,j} (a_i b_j)^2 / r - FK - JKA - JKB \\ &= 50187,61/3 - 14077,27 - 52,32 - 2541,59 \\ &= 58,02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKGb} &= \text{JKT} - \text{JKK} - \text{JKA} - \text{JKGa} - \text{JKB} - \text{JKAB} \\ &= 6156,46 - 769,81 - 52,32 - 15,28 - 2541,59 - 58,02 \\ &= 2719,42 \end{aligned}$$

**3. Perhitungan Kuadrat Tengah**

KTA	= JKA/db A	= 52,32/1	= 52,32
KTR	= JKR/db kelompok	= 769,82/2	= 384,91
KTGa	= JKGa / db galat A	= 15,29/2	= 7,64
KTB	= JKB / db B	= 2541,59/4	= 635,40
KTAB	= JKAB/ db AB	= 58,02/4	= 14,51
KTGb	= JKGb/ db galat B	= 2719,42/16	= 169,96

### Lampiran 7. (lanjutan)

#### 4. Tabel ANOVA

Sumber Ragam	db	JK	KT	Fhit	F.05
<b>Petak Utama</b>					
Kelompok (K)	2	769,82	384,91	50,36*	19,00 <sub>(0,05,2,2)</sub>
Solarisasi (A)	1	52,32	52,32	6,85tn	18,51 <sub>(0,05,1,2)</sub>
Galat (a)	2	15,29	7,64		
<b>Anak Petak</b>					
Trichoderma (B)	4	2541,59	635,40	3,74*	3,01 <sub>(0,05,4,16)</sub>
AXB	4	58,02	14,51	0,09tn	3,01 <sub>(0,05,4,16)</sub>
Galat (b)	16	2719,4	169,96		
Total	29				

$$S_y = \sqrt{\frac{2KT(\text{Galat } b)}{r.a}}$$

$$= \sqrt{56,65} = 7,53$$

$$\text{LSD} = t(\alpha, \text{dbg}(b)) \times S_y = 2,119 \times 7,53 = 15,95$$

No Urut	Trichoderma	B4	B5	B3	B2	B1	subset	
		9,95	12,64	22,2	31,3	32,23		
1	B4	9,95	0				b	
2	B5	12,64	2,69*	0			b	
3	B3	22,2	12,25*	9,56*	0		b	
4	B2	31,3	21,35tn	18,66tn	9,1*	0	ab	
5	B1	32,23	22,28tn	19,59tn	10,03*	0,93*	0	a

**Lampiran 8.** Analisis Data Pengaruh Solarisasi Tanah dan Dosis *Trichoderma* terhadap Laju Infeksi Penyakit

Tabulasi Data Awal

Solarisasi (A)	Trichoderma (B)	Kelompok			Jumlah	Rerata
		1	2	3		
Solarisasi	0 g	0,132	0,072	0,137	0,341	0,11
	10 g	0,052	0,377	0,166	0,595	0,20
	20 g	0,017	0,012	0,048	0,077	0,03
	30 g	0,050	0,012	0,048	0,110	0,04
	40 g	0,030	0,033	0,039	0,102	0,03
Non-Solarisasi	0 g	0,134	0,117	0,123	0,374	0,12
	10 g	0,069	0,138	0,132	0,339	0,11
	20 g	0,179	0,064	0,085	0,328	0,11
	30 g	0,000	0,049	0,110	0,159	0,05
	40 g	0,135	0,037	0,052	0,224	0,07
Jumlah		0,798	0,911	0,940	<b>2,649</b>	
Rerata		0,08	0,09	0,09	0,08	

Tabulasi data setelah transformasi akar\*

Solarisasi (A)	Trichoderma (B)	Kelompok			Jumlah	Rerata
		1	2	3		
Solarisasi	0 g	1,063	1,035	1,066	3,164	1,05
	10 g	1,026	1,173	1,080	3,279	1,09
	20 g	1,008	1,006	1,024	3,038	1,01
	30 g	1,025	1,006	1,024	3,055	1,02
	40 g	1,015	1,016	1,019	3,050	1,02
Non-Solarisasi	0 g	1,065	1,057	1,060	3,182	1,06
	10 g	1,034	1,067	1,064	3,165	1,06
	20 g	1,086	1,031	1,041	3,158	1,05
	30 g	1,000	1,024	1,054	3,078	1,03
	40 g	1,065	1,018	1,026	3,109	1,04
Jumlah		10,387	10,433	10,458	<b>31,278</b>	
Rerata		1,04	1,04	1,05		

\*Transformasi akar dilakukan dengan menggunakan rumus  $\sqrt{(data + 1)}$

$$KK(a) = \sqrt{KT(Galat a)}/Y \times 100\% = 2,306\%$$

$$KK(b) = \sqrt{KT(Galat b)}/Y \times 100\% = 3,014\%$$

### Lampiran 8. (lanjutan)

#### 1. Perhitungan Derajat Bebas

$$\begin{aligned}
 \text{db kelompok} &= r - 1 &= 2 \\
 \text{db A} &= a - 1 &= 1 \\
 \text{db galat A} &= (a - 1)(r - 1) &= 2 \\
 \text{db B} &= b - 1 &= 4 \\
 \text{db AB} &= (a - 1)(b - 1) &= 4 \\
 \text{db galat B} &= a(r - 1)(b - 1) &= 16 \\
 \text{db total} &= abr - 1 &= 29
 \end{aligned}$$

#### 2. Perhitungan Jumlah Kuadrat

$$FK = \frac{Y_{...}^2}{abr} = \frac{(31,278)^2}{30} = 32,61$$

$$\begin{aligned}
 JKT &= \sum_{i,j,k} Y_{ijk}^2 - FK \\
 &= (1,063)^2 + (1,035)^2 + \dots + (1,026)^2 - 32,61 \\
 &= 0,0344
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKR &= \frac{\sum_k (r_k)^2}{ab} - FK = 326,11/10 - 32,61 \\
 &= 0,0003
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKA &= \frac{\sum_i (a_i)^2}{rb} - FK = 489,16/15 - 32,61 \\
 &= 0,0004
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKGa &= \frac{\sum_{i,k} (a_{ik})^2}{b} - FK - JKR - JKA \\
 &= 163,06 - 32,61 - 0,0003 - 0,0004 = 0,0004
 \end{aligned}$$

**Lampiran 8. (lanjutan)**

$$\begin{aligned} \text{JKB} &= \sum_j (b_j)^2 / r_a - FK = 195,73/6 - 32,61 \\ &= 0,0119 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKAB} &= \sum_{i,j} (a_i b_j)^2 / r - FK - JKA - JKB \\ &= 97,883/3 - 32,61 - 0,0004 - 0,0119 \\ &= 0,0049 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKGb} &= \text{JKT} - \text{JKK} - \text{JKA} - \text{JKGa} - \text{JKB} - \text{JKAB} \\ &= 0,0344 - 0,0003 - 0,0004 - 0,0012 - 0,0119 - 0,0049 \\ &= 0,0158 \end{aligned}$$

**3. Perhitungan Kuadrat Tengah**

KTR	= JKR/db kelompok	= 0,0003/2	= 0,00013
KTA	= JKA/db A	= 0,0004/1	= 0,00037
KTGa	= JKGa / db galat A	= 0,0012/2	= 0,00058
KTB	= JKB / db B	= 0,0119/4	= 0,00298
KTAB	= JKAB/ db AB	= 0,0049/4	= 0,00123
KTGb	= JKGb/ db galat B	= 0,0158/16	= 0,00099

### Lampiran 8. (lanjutan)

#### 4. Tabel ANOVA

Sumber Ragam	db	JK	KT	Fhit	F.05
<b>Petak Utama</b>					
Kelompok (K)	2	0,00026	0,00013	0,224tn	19,00 <sub>(0,05,2,2)</sub>
Solarisasi (A)	1	0,00037	0,00037	0,647tn	18,51 <sub>(0,05,1,2)</sub>
Galat (a)	2	0,00116	0,00058		
<b>Anak Petak</b>					
Trichoderma (B)	4	0,01193	0,00298	3,020*	3,01 <sub>(0,05,4,16)</sub>
AXB	4	0,00491	0,00123	1,244tn	3,01 <sub>(0,05,4,16)</sub>
Galat (b)	16	0,01580	0,00099		
Total	29				

$$\begin{aligned}
 S_y &= \sqrt{\frac{2KT(\text{Galat } b)}{r.a}} \\
 &= \sqrt{0,017512} = 0,036 \\
 \text{LSD} &= t(\alpha, \text{dbg}(b)) \times S_y = 2,119 \times 0,033 = 0,036
 \end{aligned}$$

No Urut	Trichoderma	B4	B5	B3	B1	B2	
		1,022	1,027	1,033	1,058	1,074	
1	B4	1,022	0				b
2	B5	1,027	0,0050*	0			b
3	B3	1,033	0,0110*	0,006*	0		b
4	B1	1,058	0,0360tn	0,031*	0,025*	0	ab
5	B2	1,074	0,0520tn	0,047tn	0,041tn	0,016*	0 a

**Lampiran 9.** Analisis Data Pengaruh Solarisasi Tanah dan Dosis *Trichoderma* terhadap Kepadatan Populasi Patogen

Tabulasi Data

Solarisasi (A)	Trichoderma (B)	Kelompok			Jumlah	Rerata
		1	2	3		
Solarisasi	0 g	10	23	28	61	20,33
	10 g	24	27	14	65	21,67
	20 g	27	41	11	79	26,33
	30 g	23	19	18	60	20,00
	40 g	14	21	27	62	20,67
Non-Solarisasi	0 g	19	22	37	78	26,00
	10 g	29	28	25	82	27,33
	20 g	26	23	29	78	26,00
	30 g	33	23	21	77	25,67
	40 g	21	21	17	59	19,67
Jumlah		106,23	213,42	146,93	<b>466,58</b>	
Rerata		22,60	24,80	22,70	22,60	

$$KK(a) = \sqrt{KT(\text{Galat } a)}/Y \times 100\% = 8,42\%$$

$$KK(b) = \sqrt{KT(\text{Galat } b)}/Y \times 100\% = 24,69\%$$

1. Perhitungan Derajat Bebas

$$\text{db kelompok} = r - 1 = 2$$

$$\text{db A} = a - 1 = 1$$

$$\text{db galat A} = (a - 1)(r - 1) = 2$$

$$\text{db B} = b - 1 = 4$$

$$\text{db AB} = (a - 1)(b - 1) = 4$$

$$\text{db galat B} = a(r - 1)(b - 1) = 16$$

$$\text{db total} = abr - 1 = 29$$

## Lampiran 9. (lanjutan)

### 2. Perhitungan Jumlah Kuadrat

$$FK = \frac{Y_{...}^2}{abr} = \frac{(701)^2}{30} = 16380,03$$

$$\begin{aligned} JKT &= \sum_{i,j,k} Y_{ijk}^2 - FK \\ &= (10)^2 + (23)^2 + \dots + (17)^2 - 16380,03 \\ &= 1384,97 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKR &= \frac{\sum_k (r_k)^2}{ab} - FK = 164109/10 - 16380,03 \\ &= 30,87 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKA &= \frac{\sum_i (a_i)^2}{rb} - FK = 246805/15 - 16380,03 \\ &= 73,63 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKGa &= \frac{\sum_{i,k} (a_{ik})^2}{b} - FK - JKR - JKA \\ &= 83083 - 16380,03 - 30,87 - 73,63 = 137,02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKB &= \frac{\sum_j (b_j)^2}{ra} - FK = 98989/6 - 16380,03 \\ &= 118,13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKAB &= \frac{\sum_{i,j} (a_i b_j)^2}{r} - FK - JKA - JKB \\ &= 49933/3 - 16380,03 - 52,32 - 118,13 \\ &= 72,53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JKGb} &= \text{JKT} - \text{JKK} - \text{JKA} - \text{JKGa} - \text{JKB} - \text{JKAB} \\
 &= 1384,97 - 30,87 - 73,63 - 137,02 - 118,13 - 72,53 \\
 &= 957,73
 \end{aligned}$$

### 3. Perhitungan Kuadrat Tengah

$$\begin{aligned}
 \text{KTR} &= \text{JKR/db kelompok} = 30,87/2 = 15,43 \\
 \text{KTA} &= \text{JKA/db A} = 73,63/1 = 73,63 \\
 \text{KTGa} &= \text{JKGa / db galat A} = 132,07/2 = 66,03 \\
 \text{KTB} &= \text{JKB / db B} = 118,13/4 = 29,53 \\
 \text{KTAB} &= \text{JKAB/ db AB} = 72,53/4 = 18,13 \\
 \text{KTGb} &= \text{JKGb/ db galat B} = 957,73/16 = 59,86
 \end{aligned}$$

### 4. Tabel ANOVA

Sumber Ragam	db	JK	KT	Fhit	F.05
<b>Petak Utama</b>					
Kelompok (K)	2	30,87	15,43	0,23tn	19,00 <sub>(0,05,2,2)</sub>
Solarisasi (A)	1	73,63	73,63	1,12tn	18,51 <sub>(0,05,1,2)</sub>
Galat (a)	2	132,07	66,03		
<b>Anak Petak</b>					
Trichoderma (B)	4	118,13	29,53	0,49tn	3,01 <sub>(0,05,4,16)</sub>
AXB	4	72,53	18,13	0,30tn	3,01 <sub>(0,05,4,16)</sub>
Galat (b)	16	957,73	59,86		
Total	29				

**Lampiran 10.** Analisis Data Pengaruh Solarisasi Tanah dan Dosis *Trichoderma* terhadap Produksi Tanaman Kentang

Tabulasi data produksi tanaman kentang

Solarisasi (A)	Trichoderma (B)	Kelompok			Jumlah	Rerata
		1	2	3		
Solarisasi	0 g	140	210	170	520	173,33
	10 g	180	120	260	560	186,67
	20 g	200	260	160	620	206,67
	30 g	270	290	190	750	250,00
	40 g	220	200	250	670	223,33
Non- Solarisasi	0 g	150	160	130	440	146,67
	10 g	210	120	180	510	170,00
	20 g	230	170	210	610	203,33
	30 g	180	260	150	590	196,67
	40 g	170	210	200	580	193,33
Jumlah		1950	2000	1900	<b>5850</b>	
Rerata		195,00	200,00	190,00		

$$KK(a) = \sqrt{KT(Galat a)}/Y \times 100\% = 33,77\%$$

$$KK(b) = \sqrt{KT(Galat b)}/Y \times 100\% = 33,11\%$$

1. Perhitungan Derajat Bebas

$$db \text{ kelompok} = r - 1 = 2$$

$$db \text{ A} = a - 1 = 1$$

$$db \text{ galat A} = (a - 1)(r - 1) = 2$$

$$db \text{ B} = b - 1 = 4$$

$$db \text{ AB} = (a - 1)(b - 1) = 4$$

$$db \text{ galat B} = a(r - 1)(b - 1) = 16$$

$$db \text{ total} = abr - 1 = 29$$

## Lampiran 10. (lanjutan)

### 2. Perhitungan Jumlah Kuadrat

$$FK = \frac{Y_{...}^2}{abr} = \frac{(5850)^2}{30} = 1140750$$

$$\begin{aligned} JKT &= \sum_{i,j,k} Y_{ijk}^2 - FK \\ &= (140)^2 + (210)^2 + \dots + (200)^2 - 1140750 \\ &= 60750 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKR &= \frac{\sum_k (r_k)^2}{ab} - FK = 11417300/10 - 1140750 \\ &= 500 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKA &= \frac{\sum_i (a_i)^2}{rb} - FK = 17187300/15 - 1140750 \\ &= 5070 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKGa &= \frac{\sum_{i,k} (a_{ik})^2}{b} - FK - JKR - JKA \\ &= 5734300 - 1140750 - 500 - 5070 = 620 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKB &= \frac{\sum_j (b_j)^2}{ra} - FK = 6937500/6 - 1140750 \\ &= 15500 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKAB &= \frac{\sum_{i,j} (a_i b_j)^2}{r} - FK - JKA - JKB \\ &= 3490100/3 - 1140750 - 5070 - 15500 \\ &= 2046,67 \end{aligned}$$

$$JKGb = JKT - JKR - JKA - JKGa - JKB - JKAB$$

$$= 60750 - 500 - 5070 - 620 - 15500 - 2046,67$$

$$= 37093,33$$

### 3. Perhitungan Kuadrat Tengah

KTR	= JKR/db kelompok	= 500/2	= 250
KTA	= JKA/db A	= 5070/1	= 5070
KTGa	= JKGa / db galat A	= 540/2	= 270
KTb	= JKB / db B	= 15500/4	= 3875
KTAB	= JKAB/ db AB	= 2046,67/4	= 511,67
KTGb	= JKGb/ db galat B	= 37093,33/16	= 2318,33

### 4. Tabel ANOVA

Sumber Ragam	db	JK	KT	Fhit	F.05
<b>Petak Utama</b>					
Kelompok (K)	2	500,00	250,00	0,93tn	19,00 <sub>(0,05,2,2)</sub>
Solarisasi (A)	1	5070,00	5070,00	18,78*	18,51 <sub>(0,05,1,2)</sub>
Galat (a)	2	540,00	270,00		
<b>Anak Petak</b>					
Trichoderma (B)	4	15500,00	3875,00	1,67tn	3,01 <sub>(0,05,4,16)</sub>
AXB	4	2046,67	511,67	0,22tn	3,01 <sub>(0,05,4,16)</sub>
Galat (b)	16	37093,33	2318,33		
Total	29				

$$t_a = t(\alpha/2, db_a) = t(0,05/2; 2) = 4,3027$$

$$t_b = t(\alpha/2, db_b) = t(0,05/2; 18) = 2,119$$

$$b = \text{taraf anak petak} = 5$$

$$t' = \frac{(b-1)(KTGb)(t_b) + (KTGa)(t_a)}{(b-1)(KTGb) + (KTGa)}$$

$$= 20811,92/9543,33 = 2,18$$

**Lampiran 10. (lanjutan)**

$$\begin{aligned} S_y &= \sqrt{\frac{2((b-1)KT(\text{Galat } b) + KT(\text{Galat } a))}{r \cdot b}} \\ &= \sqrt{2 \times 9543,33/15} &&= 35,67 \\ \text{LSD} &= t' \times S_y = 2,18 \times 35,67 &&= 77,79 \end{aligned}$$

### Lampiran 11. Solarisasi Tanah



Tampak samping dan atas solarisasi tanah



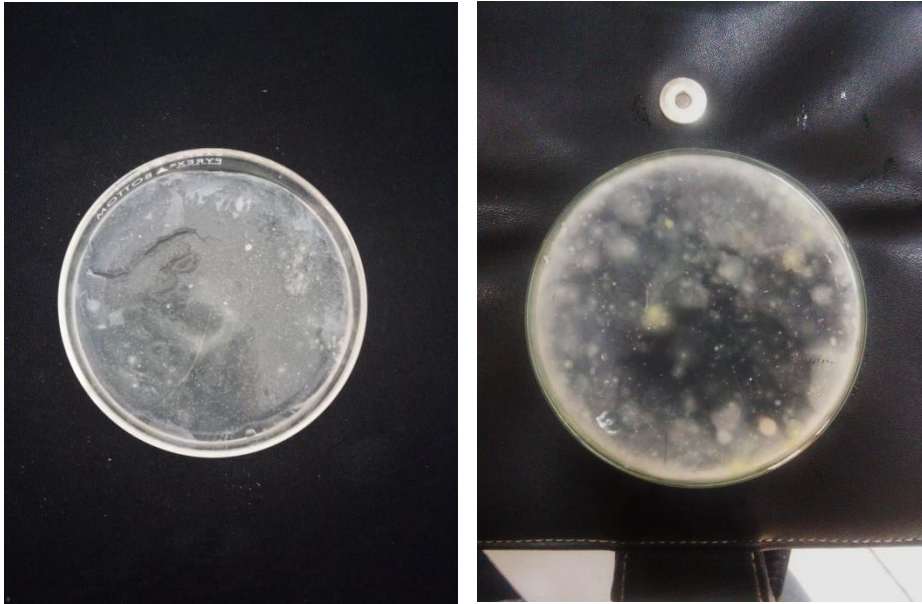
Perlakuan solarisasi dan non solarisasi tanah

**Lampiran 12. Tanaman Kentang 35 dan 40 HST****Tanaman Kentang 35 HST****Tanaman Kentang 40 HST**

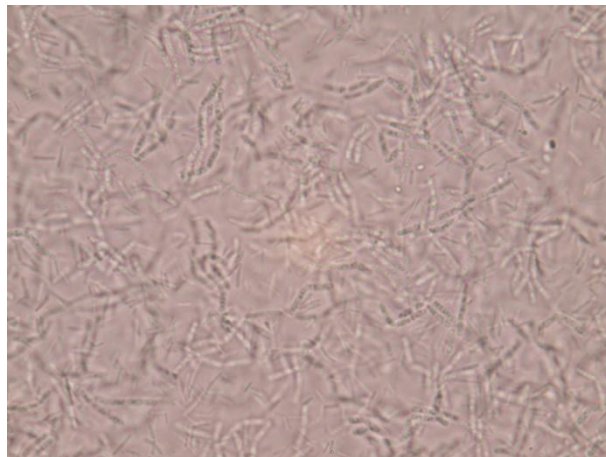
**Lampiran 13. Panen**

Panen

**Lampiran 14.** Kultur *Phytophthora infestans*



Kultur *Phytophthora infestans* pada media PDA



Kumpulan hifa *Phytophthora infestans* pada perbesaran 100x

### Lampiran 15. Layout Percobaan

Rancangan Acak Petak Terbagi

Main plot = Solarisasi Tanah

Subplot = Dosis trichoderma

I

A <sub>2</sub> B <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>5</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>

II

A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>5</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>

III

A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>
A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>
A <sub>1</sub> B <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>5</sub>

## RIWAYAT HIDUP



Nama lengkap penulis ialah Eirene Brugman. Lahir di Kalaena Kiri, Luwu Timur, Sulawesi Selatan pada tanggal 15 Maret 1995. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Pieter Maurids Brugman dan Ribka. Adapun riwayat pendidikan penulis, yaitu pada tahun 2007 lulus dari SDN 156 Kalaena, pada tahun 2010 lulus dari SMPN 1 Kalaena dan melanjutkan pendidikan ke SMAN 3 Palopo dan lulus pada tahun 2013. Setelah itu kuliah di Universitas Diponegoro dengan mengambil Program Studi S-1 Agroekoteknologi. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam beberapa organisasi, yaitu UKM Research and Bussiness (R'n B) 2013-2015, PMK FPP UNDIP (2015-2016) dan International Association of Student in Agricultural and Related Sciences (IAAS) 2014-2016. Penulis berhasil mempertahankan Praktik Kerja Lapangan (PKL) pada tanggal 15 Desember 2016 dengan judul “Teknologi Produksi Benih Kentang dan Distribusi Pemasaran di Balai Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura Kopenng”.