

**APLIKASI AGENS HAYATI DAN BAHAN NABATI  
SEBAGAI PENGENDALIAN LAYU BAKTERI  
(*Ralstonia solanacearum*) PADA BUDIDAYA  
TANAMAN TOMAT**

Oleh :

**KHOIRUN ENISA MAHARINA  
MINAT BUDIDAYA PERTANIAN  
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN  
MALANG**

**2013**

**APLIKASI AGENS HAYATI DAN BAHAN NABATI  
SEBAGAI PENGENDALIAN LAYU BAKTERI  
(*Ralstonia solanacearum*) PADA BUDIDAYA  
TANAMAN TOMAT**



Oleh :

**KHOIRUN ENISA MAHARINA**

0910480098

MINAT BUDIDAYA PERTANIAN

PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Pertanian Strata satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN  
MALANG**

**2013**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan yang terdapat dalam skripsi ini merupakan gagasan atau hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Agustus 2013

**Khoirun Enisa Maharina**





## LEMBAR PERSETUJUAN

**Judul Skripsi** : Aplikasi Agens Hayati dan Bahan Nabati sebagai Pengendalian Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*) Pada Budidaya Tanaman Tomat

**Nama Mahasiswa** : Khoirun Enisa Maharina

**NIM** : 0910480098

**Jurusan** : Budidaya Pertanian

**Program Studi** : Agroekoteknologi

**Minat** : Fisiologi Tumbuhan

**Menyetujui** : Dosen Pembimbing

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Prof.Dr.Ir. Tatik Wardiyati, MS.

NIP. 19460201 197701 2 001

Luqman Qurata Aini, SP, MP, Ph.D

NIP. 19720919 199802 1 001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Budidaya Pertanian

Dr. Ir. Nurul Aini, MS.  
NIP. 19601012 198601 2 001

Tanggal Persetujuan :

## LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

### MAJELIS PENGUJI

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Ir. Yulia Nuraini, MS.  
NIP. 19611109 198503 2 001

Ir. Mochammad Nawawi, MS.  
NIP. 19490612 197903 1 001

Penguji III,

Penguji IV,

Prof. Dr. Ir. Tatik Wardiyati, MS.  
NIP. 19460201 197701 2 001

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

Tanggal Lulus :





UNIVERSITAS BRAWIJAYA



*Penulis mempersembahkan Skripsi ini untuk :  
Orang Tua Tercinta ( Bapak Hadi Sucipto dan  
Ibu Endang Adilyanti ), adikku M. E. Dimas Hadi,  
Sahabat, dan Teman-teman Agroekoteknologi 2009*

## RINGKASAN

**Khoirun Enisa Maharina. 0910480098.** Aplikasi Agens Hayati dan Bahan Nabati sebagai Pengendalian Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada Budidaya Tanaman Tomat. Di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Tatiek Wardiyati, MS sebagai pembimbing utama dan Luqman Qurata Aini, SP. MP., Ph.D sebagai pembimbing pendamping.

---

Buah tomat merupakan salah satu produk hortikultura yang dibutuhkan untuk konsumsi rumah tangga. Saat ini harga buah tomat mengalami peningkatan karena produksi buah sedikit menurun. Berdasarkan hasil laporan BPS (2013), telah terjadi penurunan produksi pada tahun 2012 sebesar 6,96 %. Rata-rata produksi buah tomat di Indonesia pada tahun 2011 sebesar 954.046 ton, sedangkan pada tahun 2012 hanya 887.556 ton. Kegiatan pengendalian terpadu (PHT) untuk meningkatkan produksi buah tomat di dataran menengah perlu dilakukan, mengingat di dataran menengah tanaman tomat mudah terserang penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum*. Tingkat serangan *Ralstonia solanacearum* di Indonesia dapat menyebabkan kehilangan hasil panen buah tomat sebesar 7-75 % (Purwanto dan Tjahyono, 2002).

Tindakan PHT dapat dilakukan dengan memanfaatkan agens hayati dan bahan nabati yang lebih ramah lingkungan. Terdapat beberapa jenis agens hayati yang bersifat antagonis terhadap *Ralstonia solanacearum* antara lain, *Streptomyces* sp., *Pseudomonas fluorescens*, dan *Trichoderma viride* (Paath, 1994 dalam Paath., 2005). Bahan nabati juga dapat digunakan sebagai alternatif pengendalian karena menghasilkan metabolit sekunder yang bersifat antibakteri. Daun sirih dan kubis ialah beberapa diantara bahan nabati yang memiliki kemampuan mencegah perkembangan bakteri di dalam tanah. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui potensi agens hayati dan bahan nabati sebagai pestisida alternatif dalam menekan populasi *Ralstonia solanacearum*, serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman tomat di dataran menengah, dan untuk mengetahui pengaruh interval aplikasi pestisida alternatif terhadap perkembangan populasi *Ralstonia solanacearum* pada budidaya tanaman tomat di dataran menengah.

Penelitian ini dilakukan dengan sistem *polybag* yang diletakkan di dalam rumah kaca (*screen house*). Lokasi Penelitian berada di Desa Tegal Weru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang. Terletak pada ketinggian 700 m dpl, suhu udara 25-27 °C, dan kelembaban 75 %. Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) 11 perlakuan dan 3 ulangan. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari-Mei 2013. Perlakuan yang diberikan ialah B0: Kontrol (Tanpa inokulasi dan tanpa pengendalian), B1: Kontrol (Inokulasi *Ralstonia solanacearum*, tanpa pengendalian), B2: Agens hayati interval 3 hari, B3: Agens hayati interval 6 hari, B4: Agens hayati interval 9 hari, B5: Ekstrak



daun sirih interval 3 hari, B6: Ekstrak daun sirih interval 6 hari, B7: Ekstrak daun sirih interval 9 hari, B8: Ekstrak kubis interval 3 hari, B9: Ekstrak kubis interval 6 hari, dan B10: Ekstrak kubis, interval 9 hari. Pelaksanaan penelitian meliputi penanaman pada umur 28 hari setelah semai, pemeliharaan, perlakuan mulai diberikan pada umur 7 sampai dengan 25 hst. Tanaman yang diberi perlakuan dengan interval 3 hari mendapatkan 7 kali penyiraman, interval 6 hari mendapat 4 kali penyiraman dan interval 9 hari mendapat 3 kali penyiraman dan inokulasi *Ralstonia solanacearum* pada umur 14 hst. Pengamatan dilakukan pada saat tanaman berumur 7, 14, 21, 28, dan 35 hst untuk variabel pertumbuhan sedangkan variabel jumlah bunga diamati pada saat tanaman berumur 21, 28, 35, dan 42 hst. Pengamatan jumlah buah dan bobot buah dilakukan pada saat panen umur 72, 79, dan 86 hst.

Hasil penelitian menunjukkan pestisida alternatif dan interval aplikasi berpengaruh nyata terhadap variabel tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah bunga, jumlah buah, bobot buah, persentase tanaman sakit dan populasi *Ralstonia solanacearum*. Penggunaan agens hayati sebagai pestisida alternatif berpotensi menekan tingkat serangan penyakit layu bakteri hingga 6,03 % pada interval 3 hari dan menekan populasi *Ralstonia solanacearum* dengan jumlah  $0,74 \times 10^6$  cfu  $g^{-1}$  pada interval 9 hari. Penggunaan bahan nabati ekstrak daun sirih interval 3 hari dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat dalam hal tinggi tanaman dan jumlah daun dibanding penggunaan bahan nabati lainnya. Penggunaan agens hayati dan bahan nabati juga berpotensi meningkatkan produksi tomat di dataran menengah walaupun hasilnya tidak selalu berbeda nyata. Selain itu, pestisida nabati ekstrak daun sirih juga berpotensi meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan virus Gemini yang menyebabkan tanaman mengalami gejala daun mosaik, keriting dan pertumbuhan terhambat atau kerdil. Persentase tanaman yang terserang virus pada perlakuan aplikasi ekstrak daun sirih interval 3 hari sebanyak 8,33 % paling rendah diantara perlakuan lain dan kedua kontrol.

## SUMMARY

**Khoirun Enisa Maharina. 0910480098.** Application of Biological Agents and Biopesticide to Control Bacterial Wilt (*Ralstonia solanacearum*) in Tomatoes Cultivation. Supervised by Prof. Dr. Ir. Tatiek Wardiyati, MS as the main supervisor and Luqman Qurata Aini, SP. MP., Ph.D as the second supervisor.

---

Tomato fruit is one of the horticultural products needed for house hold consumption. Currently, the price of tomatoes increased because fruit production slightly declined. Based on reports from BPS (2012), there has been a decline in production in 2012 of 6.96 %. The average production of tomatoes in Indonesia in 2011 amounted to 954,046 tons while in 2012 only 887,556 tons. Integrated pest management (IPM) can be done to increase the production of tomatoes in the medium lands, given the medium lands tomato plants susceptible to bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* infection. Attack rate of *Ralstonia solanacearum* in Indonesia can cause yield losses of tomatoes harvested at 7-75 % (Purwanto and Tjahyono, 2002).

Integrated Pest Management (IPM) can be done by utilizing biological agents and biopesticide that are more environmentally friendly. There are several types of biological agents that are antagonistic to *Ralstonia solanacearum* among others, *Streptomyces* sp., *Pseudomonas fluorescens* and *Trichoderma viride* (Paath, 1994 in Paath., 2005). Biopesticide also can be used to control because it produces secondary metabolites that are antibacterial. Betel leaves and cabbage are some of the plant materials that have the ability to prevent the development of bacteria in the soil. The purpose of this study was to determine the potential biological agents and biopesticide as an alternative control to suppressing populations of *Ralstonia solanacearum*, and its influence on the growth and development of tomato plants in the medium lands, and to determine the effect of alternative pesticide application interval on the development of populations of *Ralstonia solanacearum* in tomato cultivation in the medium lands.

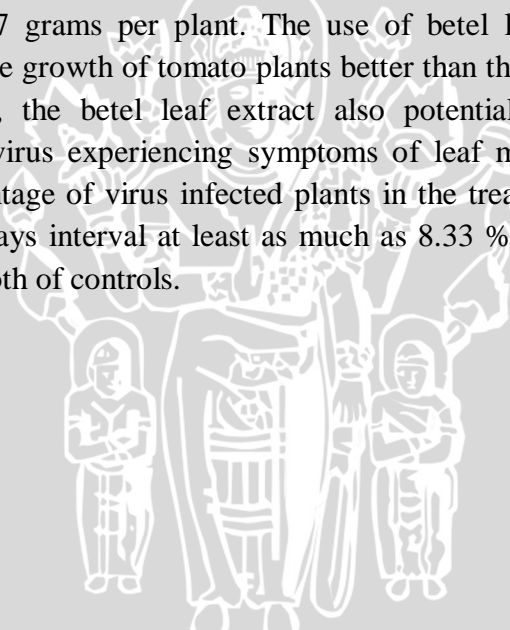
This study was conducted with a polybag system placed in the screen house. Research location in the village of Tegal Weru, Dau district, Malang regency. Located at an altitude of 700 m above sea level, air temperature 25-27 ° C, and humidity of 75 %. Research compiled using Randomized Block Design (RBD) 11 treatments and 3 replications. The research was conducted in February-May 2013. Treatment given was B0: Control (without inoculation and without controlling), B1: Control (*Ralstonia solanacearum* inoculation, without controlling), B2: Biological agents intervals of 3 days, B3: Biological agents intervals of 6 days, B4: Biological agents intervals of 9 days, B5: Betel leaf extract interval of 3 days, B6: Betel leaf extract interval of 6 days, B7: Betel leaf extract interval 9 days, B8: Cabbage extract interval of 3 days, B9: Cabbage extract interval of 6 days, and B10: Cabbage extract interval of 9 days. Implementation research



repository.ub.ac.id

involves planting at 28 days after sowing, maintenance, treatment was started at the age of 7 to 25 days after planting. Plants treated with intervals of 3 days to get 7 times watering, intervals of 6 days to get 4 times watering and 9 days interval gets 3 times watering and *Ralstonia solanacearum* inoculation at 14 dap. Observations made at the time the plant was 7, 14, 21, 28, and 35 dap for growth variable while the variable amount of interest when the plant was observed at 21, 28, 35, and 42 dap. Observations of fruit number and fruit weight at harvest age was 72, 79, and 86 dap.

The results showed alternative pesticides and application interval variables significantly affect plant height, number of leaves, number of flowers, number of fruits, fruit weight, percentage of diseased plants and populations of *Ralstonia solanacearum*. Biological agents intervals of 3 days potentially suppressed bacterial wilt disease by 6.03 %, while the 9 day intervals biological agents can suppressed populations of *Ralstonia solanacearum* to colony count of  $0.74 \times 10^6$  cfu g<sup>-1</sup>. The use of biological agents for 3 days interval is also more effective in increasing the production of tomatoes in the middle plains with a total production of 1,301.67 grams per plant. The use of betel leaf extract 3 days interval can increase the growth of tomato plants better than the use of other plant materials. In addition, the betel leaf extract also potentially increases plant resistance to Gemini virus experiencing symptoms of leaf mosaic, curling and stunted growth. Percentage of virus infected plants in the treatment of betel leaf extract application 3 days interval at least as much as 8.33 % lower than among other treatments and both of controls.





## KATA PENGANTAR

Segala Puji Bagi Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, serta kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian skripsi yang berjudul “Aplikasi Agens Hayati dan Bahan Nabati sebagai Pengendalian Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada Budidaya Tanaman Tomat ”.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Tatiek Wardiyati, MS. selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Luqman Qurata Aini, SP, MP, Ph. D selaku pembimbing pendamping atas kesempatan beliau dalam memberikan bimbingan. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada Ir. Mochammad Nawawi, MS dan Dr. Ir. Yulia Nuraini, MS selaku majelis penguji atas saran dan nasihat kepada penulis. Tak lupa penulis ucapkan terimakasih kepada Ketua Jurusan Budidaya Pertanian Dr. Ir. Nurul Aini, MS.

Ucapan terimakasih yang tulus penulis sampaikan kepada kedua orang tua atas kasih sayang, doa dan dukungan yang telah beliau berikan kepada penulis. Serta kepada teman-teman (Mas Ari Indara Prasetyo, Hajroon Jameela, Zuri Widyawati, Ilfa Ikromi, Kustanti, Istiqomah, Wiwik Jatnika, Aulya dan teman-teman Agroekoteknologi khususnya angkatan 2009) yang telah membantu dan memberikan masukan kepada penulis selama melakukan kegiatan penelitian hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa karya tulis ini masih jauh dari sempurna, namun penulis berharap agar karya ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak khususnya dalam bidang pertanian.

Malang, Agustus 2013

**PENULIS**

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Malang pada tanggal 30 November 1991 sebagai anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Hadi Sucipto, SH. dan Ibu Endang Adilyanti, SE. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak pada tahun 1996 di TK ABA IX Malang, melanjutkan Pendidikan Sekolah Dasar di SD SRIWEDARI Malang (1997-2003), SMP Negeri 8 Malang (2003-2006) dan SMA Negeri 4 Malang (2006-2009). Pada tahun 2009 penulis diterima di Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya melalui jalur PSB.

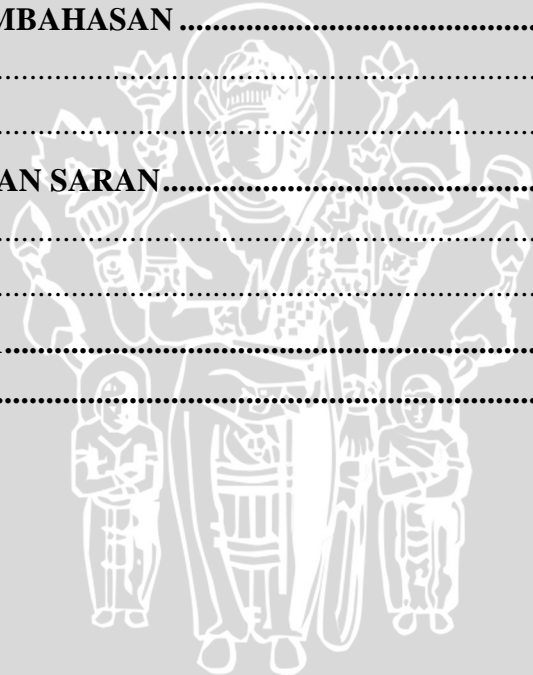
Selama menjadi mahasiswa, penulis memiliki pengalaman menjadi asisten praktikum mata kuliah Dasar Penyakit Tanaman (2010-2011 dan 2011-2012); Pemuliaan Tanaman (2011-2012); Bioteknologi Pertanian (2011-2012 dan 2012-2013) dan Biokimia (2012-2013). Penulis memiliki pengalaman mengikuti kegiatan organisasi bidang kewirausahaan LSUM BURSA Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang sebagai Manajer Bidang Penelitian dan Pengembangan (LITBANG) periode 2011-2012. Pengalaman bekerja di bidang produksi benih tanaman tomat juga penulis miliki saat melakukan kegiatan magang di PT. BISI Internasional, Tbk. *Farm Pujon*. Saat ini (2013) penulis menjalani kegiatan magang kerja di Pusat Pengembangan, Pemberdayaan dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P4M), Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM), Universitas Brawijaya Malang.

## DAFTAR ISI

<b>RINGKASAN.....</b>	<b>i</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>RIWAYAT HIDUP.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xi</b>
<b>I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1. Latar Belakang.....	1
2. Tujuan.....	3
3. Hipotesis.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
1. Syarat Tumbuh dan Botani Tanaman Tomat.....	4
2. Penyakit Layu Bakteri ( <i>Ralstonia solanacearum</i> ).....	5
2.1 Klasifikasi dan Morfologi Bakteri <i>Ralstonia solanacearum</i> .....	5
2.2 Gejala Penyakit Layu Bakteri.....	6
3. Agens Hayati.....	7
3.1 <i>Streptomyces</i> sp.....	8
3.2 <i>Pseudomonas fluorescens</i> .....	9
3.3 <i>Trichoderma viride</i> .....	10
4. Bahan Nabati.....	11
4.1 Ekstrak Daun Sirih.....	12
4.2 Ekstrak Kubis.....	13
<b>III. BAHAN DAN METODE.....</b>	<b>15</b>
1. Tempat dan Waktu.....	15
2. Alat dan Bahan.....	15
3. Metode Penelitian.....	15
4. Persiapan Penelitian.....	16
4.1 Persemaian dan Persiapan Media Tanam.....	16
4.2 Persiapan Suspensi <i>Ralstonia solanacearum</i> .....	16
4.3 Persiapan Agens hayati.....	17

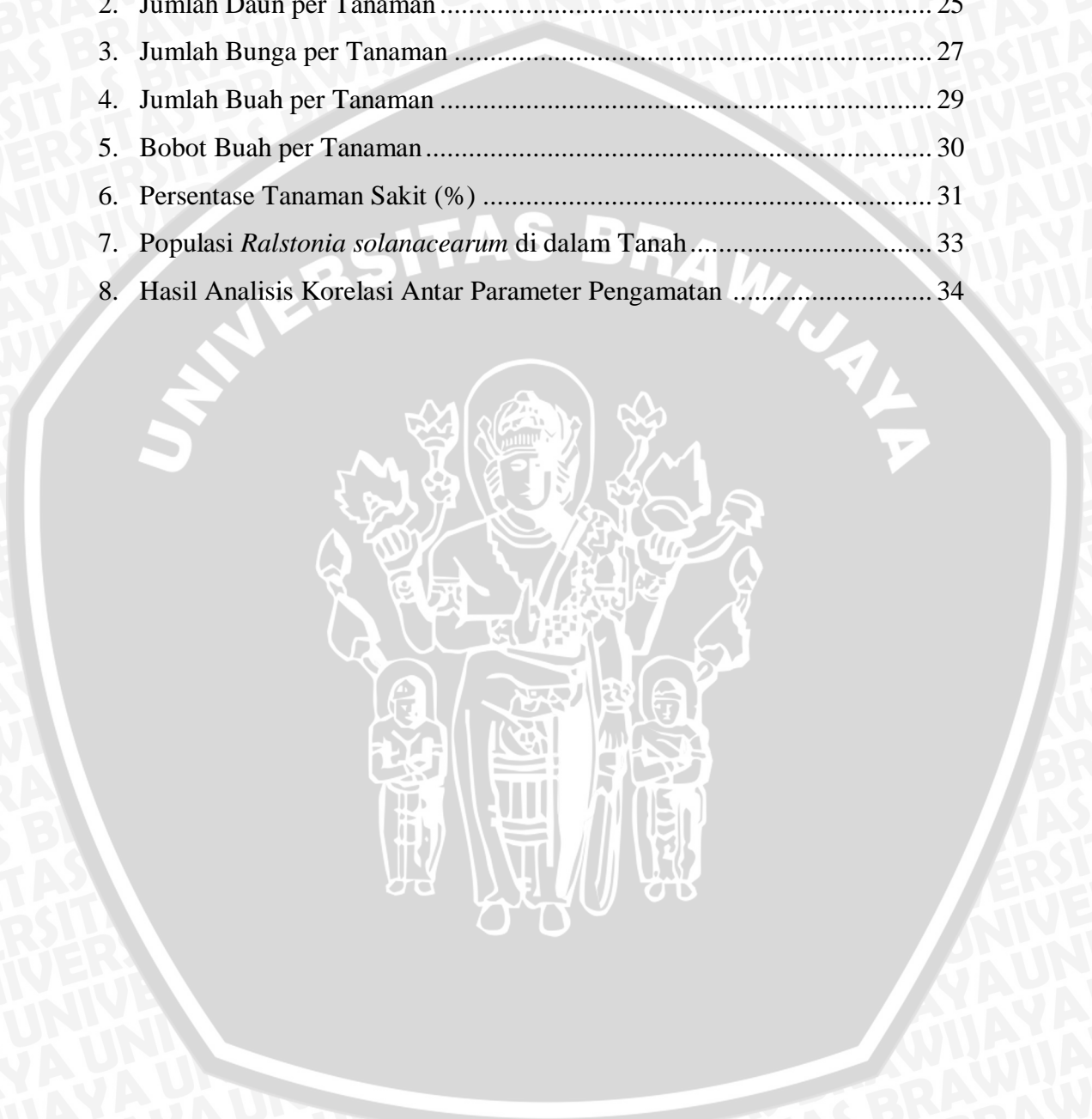


4.4	Persiapan Pestisida Nabati .....	18
5.	Pelaksanaan Penelitian .....	18
5.1	Penanaman .....	18
5.2	Pemeliharaan.....	18
5.3	Pemberian Agens Hayati .....	20
5.4	Pemberian Pestisida Nabati.....	20
5.5	Inokulasi <i>Ralstonia solanacearum</i> .....	20
6.	Pengamatan .....	20
6.1	Pengamatan Variabel Pertumbuhan.....	21
6.2	Pengamatan Variabel Produksi .....	21
6.3	Pengamatan Persentase Tanaman Sakit .....	21
6.4	Pengamatan Populasi <i>Ralstonia solanacearum</i> .....	22
7	Analisis Data .....	22
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>23</b>
1.	Hasil.....	23
2.	Pembahasan .....	37
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>44</b>
1.	Kesimpulan .....	44
2.	Saran.....	44
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>45</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>48</b>



**DAFTAR TABEL**

<b>Nomor</b>	<b>Teks</b>	<b>Halaman</b>
1.	Tinggi Tanaman .....	23
2.	Jumlah Daun per Tanaman .....	25
3.	Jumlah Bunga per Tanaman .....	27
4.	Jumlah Buah per Tanaman .....	29
5.	Bobot Buah per Tanaman .....	30
6.	Persentase Tanaman Sakit (%) .....	31
7.	Populasi <i>Ralstonia solanacearum</i> di dalam Tanah .....	33
8.	Hasil Analisis Korelasi Antar Parameter Pengamatan .....	34



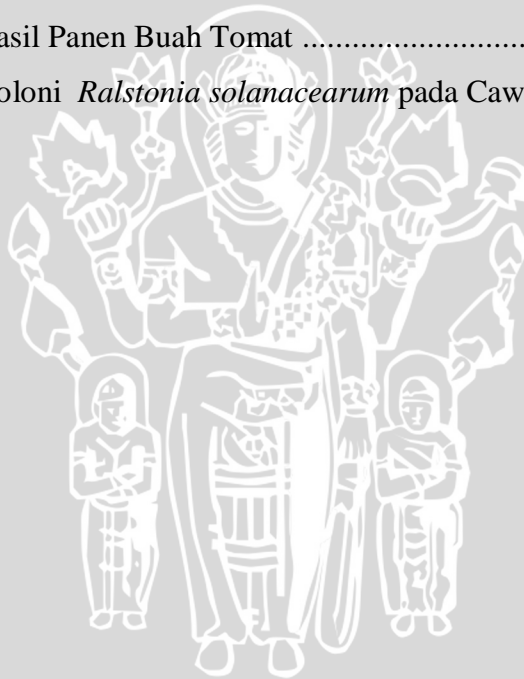
## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Koloni <i>Ralstonia solanacearum</i> pada Media TTC di dalam Cawan Petri .	6
2.	Tanaman Tomat .....	7
	a. Sehat .....	7
	b. Terserang penyakit layu bakteri .....	7
3.	Biakan <i>Streptomyces</i> sp. pada Media PDA di dalam Cawan Petri .....	9
4.	Biakan <i>P. fluorecens</i> pada Media Kings B di dalam Cawan Petri.....	10
5.	Biakan <i>T. viride</i> pada Media PDA di dalam Cawan Petri.....	11
6.	Metode Pengenceran Larutan Tanah.....	22
7.	Daun Tanaman Tomat Mengering akibat Penyakit Layu Bakteri .....	31
8.	Grafik Persentase Serangan Patogen.....	35
	a. Virus .....	35
	b. Jamur .....	35
9.	Gejala Serangan Penyakit akibat Virus Dan jamur.....	37
	a. Daun berwarna mosaik.....	37
	b. Daun menebal, menggulung dan tanaman kerdil .....	37
	c. Bercak daun <i>Alternaria solani</i> .....	37
	d. Bercak daun <i>Phytophthora infestans</i> .....	37
11.	Koloni <i>Ralstonia solanacearum</i> Non-virulens pada Cawan Petri .....	39
12.	Buah Tomat Perlakuan Kontrol B0 pada Berbagai Ulangan.....	57
13.	Buah Tomat Hasil Perlakuan Kontrol B1 pada Berbagai Ulangan.....	57
14.	Buah Tomat Hasil Perlakuan B2 pada Berbagai Ulangan.....	57
15.	Buah Tomat Hasil Perlakuan B3 pada Berbagai Ulangan.....	57
16.	Buah Tomat Hasil Perlakuan B4 pada Berbagai Ulangan.....	58
17.	Buah Tomat Hasil Perlakuan B5 pada Berbagai Ulangan.....	58
18.	Buah Tomat Hasil Perlakuan B6 pada Berbagai Ulangan.....	58
19.	Buah Tomat Hasil Perlakuan B7 pada Berbagai Ulangan.....	58
20.	Buah Tomat Hasil Perlakuan B8 pada Berbagai Ulangan.....	59
21.	Buah Tomat Hasil Perlakuan B9 pada Berbagai Ulangan.....	59
22.	Buah Tomat Hasil Perlakuan B10 pada Berbagai Ulangan.....	59
23.	Koloni <i>Ralstonia solanacearum</i> Perlakuan Kontrol B1 .....	60
24.	Koloni <i>Ralstonia solanacearum</i> Perlakuan Agens Hayati .....	60
25.	Koloni <i>Ralstonia solanacearum</i> Perlakuan Ekstrak Daun Sirih.....	60
26.	Koloni <i>Ralstonia solanacearum</i> Perlakuan Ekstrak Kubis .....	60



## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Denah Percobaan.....	48
2.	Denah Jarak Antar Tanaman dalam Satu Perlakuan.....	49
3.	Perhitungan.....	50
4.	Deskripsi Tomat Hibrida Varietas Lentana F1.....	51
5.	Hasil Analisis Sidik Ragam Tinggi Tanaman.....	53
6.	Hasil Analisis Sidik Ragam Jumlah Daun.....	54
7.	Hasil Analisis Sidik Ragam Jumlah Bunga.....	55
8.	hasil Analisis Sidik Ragam Jumlah Buah, Bobot Buah, Pesentase Tanaman Sakit, dan Populasi <i>Ralstonia solanacearum</i> .....	56
9.	Dokumentasi Hasil Panen Buah Tomat.....	57
10.	Dokumentasi Koloni <i>Ralstonia solanacearum</i> pada Cawan Petri.....	60



## I. PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Buah tomat termasuk salah satu komoditas hortikultura yang dibutuhkan untuk konsumsi rumah tangga. Permintaan terhadap buah tomat selalu mengalami peningkatan, namun jika peningkatan permintaan tidak diiringi dengan peningkatan produksi maka akan menyebabkan terjadi kelangkaan dan harga menjadi lebih mahal. Saat ini, buah tomat mengalami peningkatan harga karena produksinya sedikit menurun. Berdasarkan hasil laporan BPS (2013), telah terjadi penurunan produksi pada tahun 2012 sebesar 6,96 %. Rata-rata produksi buah tomat di Indonesia pada tahun 2011 sebesar 954.046 ton, sedangkan pada tahun 2012 hanya 887.556 ton. Upaya untuk meningkatkan kembali produksi perlu dilakukan diantaranya dengan perluasan lahan tanam di dataran menengah dan menerapkan kegiatan pengendalian terpadu (PHT) untuk menekan biaya produksi.

Kegiatan PHT untuk meningkatkan produksi buah tomat di dataran menengah perlu dilakukan, mengingat di dataran menengah tanaman tomat mudah terserang penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh infeksi patogen *Ralstonia solanacearum*. Tingkat serangan *Ralstonia solanacearum* pada tanaman tomat di Indonesia dapat menyebabkan penurunan panen buah sebesar 7-75% (Purwanto dan Tjahyono, 2002). Tanaman yang terinfeksi layu bakteri mengalami gejala layu mendadak tanpa diawali menguningnya daun, namun pada varietas tahan tanaman mengalami gejala layu, daun menguning dan terjadi pengkerdilan (Winarni, 1984). Gejala terberat yang dialami oleh tanaman ialah jaringan pengangkut menjadi berwarna coklat tua, mengeluarkan eksudat kotor, berlendir, dan berbau tidak sedap. Gejala fisiologis yang dialami oleh tanaman yaitu proses pengangkutan oleh xylem menjadi terhambat sehingga menghambat proses fotosintesis (Nasrun *dkk.*, 2007).

Salah satu upaya pengendalian dilakukan dengan memanfaatkan agens hayati dan bahan nabati yang lebih ramah lingkungan. Agens hayati dan bahan nabati berperan dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap infeksi patogen. Agens hayati memiliki sifat antagonis terhadap aktivitas patogen, dengan cara menghambat perkembangan populasi patogen agar tidak menimbulkan gejala kerusakan dan penurunan produksi. Agens hayati telah banyak dimanfaatkan



untuk pengendalian penyakit layu bakteri antara lain mikroba antagonis *Trichoderma* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* (Paath, 1994 dalam Paath., 2005). Bahan nabati juga dapat digunakan sebagai pestisida alternatif karena menghasilkan metabolit sekunder yang bersifat antibakteri dan antifungi (Sekarsari, Prasetyo, dan Maryono, 2013). Daun sirih dan kubis ialah beberapa diantara bahan nabati yang memiliki kemampuan mencegah perkembangan patogen di dalam tanah.

Berdasarkan hasil penelitian Shanmugaiah *dkk.* (2009), pemanfaatan agens hayati secara tunggal membuktikan bahwa bakteri *Pseudomonas fluorescens* dan jamur *Trichoderma viride* dapat menghambat aktivitas *Ralstonia solanacearum* yang menyerang tanaman kapas. Sebuah penelitian mengenai pemanfaatan bahan nabati menunjukkan bahwa, daun sirih mengandung senyawa aktif kavikol, eugenol, dan tannin yang dapat menghambat pertumbuhan *Ralstonia solanacearum* di dalam tanah dan menurunkan tingkat serangan layu bakteri pada tanaman tomat (Hartawa, 2000 dalam Paath., 2005). Hasil pengujian di laboratorium, senyawa fenol dan kavikol dapat menghambat pertumbuhan bakteri dengan cara membentuk daerah hambatan di sekitar koloni bakteri (Paath, 2005). Selain itu juga banyak penelitian dengan memanfaatkan kubis sebagai biofumigan untuk mengendalikan patogen tanah, hama dan menghambat pertumbuhan bibit gulma (Karavina dan Ronald, 2005).

Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa, penggunaan beberapa agens hayati dan bahan nabati secara tunggal dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit layu bakteri. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini akan dilakukan untuk menguji potensi beberapa agens hayati yang dikombinasikan antara bakteri, jamur, dan Actynomicetes serta bahan nabati sebagai biopestisida untuk menekan perkembangan populasi *Ralstonia solanacearum* pada tanaman tomat. Pengujian terhadap interval aplikasi pestisida juga dilakukan guna mengetahui ketepatan pengendalian terhadap perkembangan populasi *Ralstonia solanacearum* penyebab layu bakteri pada tanaman tomat.



## 2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini ialah :

1. Mengetahui potensi agens hayati dan bahan nabati sebagai pestisida alternatif dalam menekan populasi *Ralstonia solanacearum*.
2. Mengetahui potensi agens hayati dan bahan nabati terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman tomat di dataran menengah.
3. Mendapatkan interval aplikasi pestisida alternatif yang paling optimal dalam mengendalikan penyakit layu bakteri pada budidaya tanaman tomat di dataran menengah.

## 3. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini ialah :

1. Aplikasi agens hayati lebih optimal dalam menekan populasi *Ralstonia solanacearum*.
2. Pestisida nabati ekstrak daun sirih dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat di dataran menengah.
3. Semakin tinggi frekuensi aplikasi pestisida alternatif, semakin optimal dalam menekan serangan penyakit layu bakteri pada budidaya tanaman tomat di dataran menengah.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Syarat Tumbuh dan Botani Tanaman Tomat

Tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tergolong dalam famili Solanaceae dan genus *Lycopersicon* (Steenis, 1997). Tanaman tomat berasal dari Negara Peru dan Ekuador, kemudian menyebar ke seluruh Benua Amerika sebagai tumbuhan gulma. Tanaman tomat telah tersebar ke seluruh dunia, baik di daerah tropik maupun subtropik. Tomat dapat tumbuh pada ketinggian 100-1000 m dpl. Suhu optimum untuk perkecambahan benih ialah 25-30°C. Suhu optimum pertumbuhan dan pembungaan tomat 21-24°C, suhu malam 18-22°C (Rismunandar, 2001).

Kelembaban relatif untuk merangsang pertumbuhan tanaman muda berkisar antara 70-80 %. Kelembaban udara tinggi menyebabkan asimilasi CO<sub>2</sub> menjadi lebih baik karena stomata dapat membuka lebih banyak, namun juga akan merangsang pertumbuhan patogen di dalam tanah (Wiriyanta, 2008). Tanaman tomat membutuhkan curah hujan sebesar 750-1250 mm tahun<sup>-1</sup> untuk menunjang pertumbuhan. Tanaman tomat membutuhkan intensitas cahaya matahari sebesar 0,25 mj m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup> dengan lama penyinaran 12-14 jam hari<sup>-1</sup> (Rismunandar, 2001).

Morfologi tanaman tomat menurut Rubatzky dan Yamaguchi (1999), memiliki tipe perakaran tunggang dan serabut. Akar tunggang berfungsi untuk menembus tanah sedangkan akar serabut berfungsi untuk menyerap unsur hara di daerah perakaran. Batang berbentuk silinder, berwarna hijau dan cabang tumbuh dari tunas di ketiak daun. Daun berbentuk bulat telur, tepi membentuk celah melengkung ke dalam dan tulang daun menyirip. Tomat memiliki daun majemuk berwarna hijau berjumlah 5-7 helai. Bunga tumbuh dari cabang yang masih muda dengan letak menggantung. Bunga terangkai dalam tandan bunga yang terdiri dari 4-12 kuntum. Buah tomat mulai muncul pada saat 14 hari setelah muncul bunga. Kulit buah berwarna hijau ketika masih muda kemudian menjadi berwarna merah kekuningan hingga merah ketika masak (Wiriyanta, 2008).



## 2. Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*)

### 2.1 Klasifikasi dan Morfologi Bakteri *Ralstonia solanacearum*

Yabuuchi *dkk.* (1995, dalam Yulianah., 2007) menyatakan bahwa penyakit layu bakteri termasuk penyakit penting tanaman tomat yang disebabkan oleh infeksi *Ralstonia solanacearum* atau sebelumnya bernama *Pseudomonas solanacearum*. *Ralstonia solanacearum* mendominasi patogen tanah pada tanaman Solanaceae antara lain; tanaman tomat, tembakau, cabai, terung, dan kentang, selain itu juga terdapat pada tanaman kacang tanah, pisang, serta wijen (Paath, 2005). *Ralstonia solanacearum* dapat menyebabkan penyakit di daerah tropis maupun sub-tropis.

Karakteristik *Ralstonia solanacearum* memiliki gram negatif, berbentuk batang lurus atau bengkok, ukuran 0,5-1  $\mu\text{m}$  x 1,5-4  $\mu\text{m}$  memiliki satu atau lebih flagela polar, katalase positif, dan bersifat aerob. Hasil penelitian Sastra (2009), menyatakan bahwa masa inkubasi *Ralstonia solanacearum* pada beberapa klon kentang tergantung pada ketahanan tanaman terhadap serangan patogen. Masa inkubasi pada kultivar rentan terjadi pada 6 hari setelah inokulasi (hsi), sedangkan pada kultivar Granola yang dianggap sebagai kultivar tahan, masa inkubasi berlangsung selama 15 hsi. Masa inkubasi paling lama terjadi pada kultivar resisten yaitu pada 21 hsi. Semakin panjang masa inkubasi bakteri maka semakin rendah kemungkinan terjadi serangan penyakit layu bakteri (Sastra, 2009).

*Ralstonia solanacearum* berkembang di dalam tanah pada suhu 20-28°C, dan mampu bertahan pada suhu 41°C selama 18 hari. Media selektif untuk isolasi *Ralstonia solanacearum* ialah 2,3,5 *Triphenyl Tetrazolium Chloride* (TTC). Bakteri tumbuh setelah diinkubasi selama 24-48 jam pada suhu 27-28 °C. Koloni bakteri virulen yang tumbuh di media TTC menunjukkan bentuk koloni tidak beraturan, berlendir, berwarna merah muda di bagian tengah dan dikelilingi oleh lendir berwarna putih susu kotor dan berbentuk cembung. Sedangkan koloni non-virulen, berwarna merah tua, tidak berlendir, bulat dan elevasi agak menonjol (Gunawan, 2006). Virulensi *Ralstonia solanacearum* cenderung cepat menurun pada media biakan. Isolat bakteri yang disimpan pada media cair juga dapat kehilangan virulensi, dan viabilitasnya dengan cepat berubah menjadi koloni yang tidak virulen (Hooker, 1990 dalam Yulianah., 2007 ).





Gambar 1. Koloni *Ralstonia solanacearum* pada media TTC di dalam cawan petri  
(Sumber : [http://plantpath.ifas.ufl.edu/rsol/Photo\\_Gallery/RsolCulture\\_Photo5.html](http://plantpath.ifas.ufl.edu/rsol/Photo_Gallery/RsolCulture_Photo5.html))

## 2.2 Gejala Penyakit Layu Bakteri

Tingkat serangan *Ralstonia solanacearum* di Indonesia dapat menyebabkan kehilangan hasil panen buah tomat sebesar 7-75 % (Purwanto dan Tjahyono, 2002). Gejala serangan layu bakteri yang muncul pada tanaman ialah gejala layu mendadak tanpa di dahului menguningnya daun, namun pada varietas yang tahan menyebabkan tanaman mengalami gejala layu, daun menguning dan terjadi pengkerdilan (Winarni, 1984). Jika kondisi lingkungan kurang baik bagi perkembangan patogen, tanaman akan layu secara perlahan bahkan tidak muncul gejala layu namun pertumbuhan tanaman menjadi terhambat, kerdil, daun menguning, dan lama kelamaan menjadi kering (Ditjen Tanaman Pangan dan Hortikultura Direktorat Bina Perlindungan Tanaman, 1999). Gejala tersebut menyebabkan jaringan pengangkut pada batang menjadi berwarna coklat tua, mengeluarkan eksudat kotor, berlendir, dan berbau tidak sedap. Eksudat tersebut ialah masa bakteri atau disebut *oose* yang terdapat di dalam jaringan batang. Hal ini yang dapat membedakan dengan gejala layu fusarium.



(a)

(b)

Gambar 2. Tanaman tomat (a) sehat dan (b) terserang penyakit layu bakteri  
(Sumber : <http://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5473710>)

Faktor virulensi *Ralstonia solanacearum* berupa toksin ekstraseluler polisakarida, enzim, dan hormon tubuh yang menginduksi gejala menguning, busuk lunak, hiperplasia, nekrosis, dan layu. Ekstra polisakarida yang disekresikan oleh bakteri berperan dalam patogenesis, terutama dalam menghambat translokasi unsur hara dan air yang menyebabkan kelayuan pada tanaman. Aspek lain yang menyebabkan layu ialah pengaliran terbatas dan transportasi air menuju ke daun menjadi terhambat. Viskositas cairan dalam jaringan pembuluh meningkat, terjadi penyumbatan terhadap transport air serta dapat menyebabkan kerusakan pada membran sel (Wyndra *dkk.*, 1993). Pengendalian yang selama ini dilakukan menggunakan pestisida berbahan aktif Streptomycin sulfat 20 % (Afrianto, 2008). Pengendalian secara teknik dilakukan dengan memanfaatkan bibit varietas tahan, sistem sanitasi serta rotasi tanaman. Penggunaan agens hayati dan bahan nabati dapat dijadikan sebagai alternatif pengendalian yang lebih ramah lingkungan.

### 3. Agens Hayati

Pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) menggunakan bahan kimia sintetik secara terus-menerus dapat merusak lingkungan dan menimbulkan dampak negatif bagi komponen ekosistem. Dampak akibat penggunaan bahan



kimia sintetik ialah resistensi patogen, meninggalkan residu, menyebabkan keracunan, kepunahan musuh alami dan penurunan hasil produksi tanaman. Penggunaan agens hayati untuk mengendalikan OPT mempunyai beberapa keunggulan, antara lain; tidak berdampak negatif terhadap lingkungan, mencegah ledakan OPT sekunder, menghasilkan produk bebas residu senyawa kimia, dan menurunkan biaya produksi karena mengurangi biaya untuk pestisida kimia yang cukup mahal (Tombe, 2002 dalam Hanudin dan Marwoto., 2012).

Agens hayati ialah mikroorganisme dari kelompok bakteri, cendawan, Actinomycetes, maupun virus yang dapat menekan atau menghambat perkembangan organisme pengganggu tanaman secara selektif. Cook (1991 dalam Hanudin dan Marwoto, 2012) menyatakan bahwa, pengendalian secara hayati ialah tindakan pengendalian OPT yang bertujuan untuk mengurangi tingkat kepadatan populasi atau aktivitas patogen, sehingga tidak menimbulkan gejala kerusakan pada tanaman inang. Agens hayati secara umum memiliki mekanisme penghambatan terhadap patogen melalui antibiotik yang dihasilkan, selain itu kompetisi terhadap nutrisi atau parasitisme langsung terhadap patogen juga dapat dilakukan.

Beberapa peneliti telah menemukan agens hayati yang dapat menghambat penyebaran penyakit layu bakteri, antara lain; *Streptomyces* sp., *Pseudomonas fluorescens*, dan *Tricoderma viride*.

### 3.1 *Streptomyces* sp.

*Streptomyces* ialah genus dari famili Actinomycetes yang memiliki struktur hifa bercabang menyerupai fungi dan dapat menghasilkan spora. Hal yang membedakan antara Actinomycetes dengan fungi, jika fungi organisme eukariot sedangkan actinomycetes ialah organisme prokariot. Sedangkan perbedaan Actinomycetes dengan bakteri dapat diamati ketika di dalam media agar, koloni Actinomycetes muncul perlahan menunjukkan konsistensi berbutuk dan melekat erat pada permukaan agar, sedangkan koloni bakteri di lapisi oleh lendir. *Streptomyces* memiliki hifa ramping, bercabang tanpa sekat melintang, dengan diameter antara 0,5-2  $\mu\text{m}$  (Wikipedia, 2012).

*Streptomyces* sp. non-patogen memiliki potensi menghambat patogen tular tanah dengan cara memproduksi senyawa antibiotik, senyawa hidrolitik glukonase



dan kitinase yang mampu mendegradasi dinding sel bakteri (Ulya, 2009). Senyawa antibiotik yang dihasilkan oleh *Streptomyces* sp. ialah antibiotik yang efektif melawan bakteri antara lain; streptomisin, tetrasiklin dan kloramfenikol. Senyawa antimikroba secara umum dapat menghambat perkembangan bakteri dengan mekanisme sebagai berikut ini; menghambat pembentukan dinding sel dengan cara merubah permeabilitas sel, menyebabkan kerusakan membran dan menghambat pertumbuhan sel, menghambat kerja enzim yang mengakibatkan metabolisme sel terganggu, penghambatan sintesa asam nukleat (DNA dan RNA) dan protein mengakibatkan aktivitas metabolisme terganggu (Ulya, 2009).



Gambar 3. Biakan *Streptomyces* sp. pada Media PDA di dalam cawan petri  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

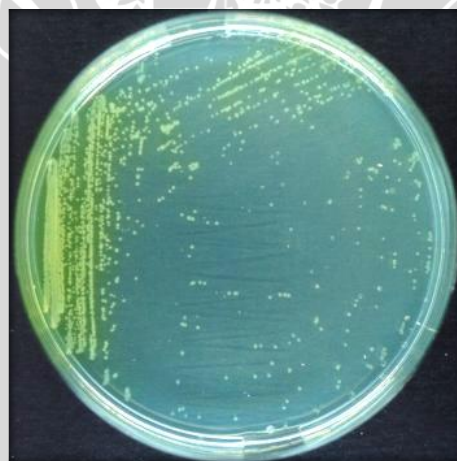
### 3.2 *Pseudomonas fluorescens*

*Pseudomonas* ialah organisme prokariot yang masuk dalam famili Pseudomonaceae. Satu diantara beberapa sub-grup bakteri ini ialah sub-grup *Fluorecens*. Bakteri ini bersifat gram negatif, aerob, dan memiliki flagela polar. Ciri morfologi lain yaitu berbentuk batang lurus atau melengkung namun tidak berbentuk heliks, bersel tunggal, dan berukuran  $0,5-1 \times 1,5-4 \mu\text{m}$ . *Pseudomonas fluorescens* membentuk pigmen berpendar yang dikenal dengan nama fluorescein atau pyoverdin. Pyoverdin mempunyai kemampuan sebagai senyawa pengikat besi dan pengangkut besi yang akan berperan dalam aktivitas antagonis melawan patogen (Soesanto, 2004).

*Pseudomonas fluorescens* termasuk dalam bakteri kelompok *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). PGPR mempunyai peran sebagai *biofertilizer*, *biostimulus*, dan *bioprotectant*. *Pseudomonas fluorescens* dapat digunakan sebagi

*bioprotectant* yang dapat mencegah perkembangan patogen di dalam tanah. Penyiraman *Pseudomonas fluorescens* pada tanah mampu menekan serangan penyakit layu bakteri pada tanaman tomat (Hanudin *dkk.*, 2011). Mekanisme pengendalian yang dilakukan *Pseudomonas fluorescens* ialah mensekresikan antibiotik, siderofor, dan metabolit sekunder lain yang bersifat menghambat aktivitas mikroorganisme patogen. Siderofor seperti pyoverdinin atau pseudobacillin diproduksi pada kondisi lingkungan tumbuh yang kekurangan ion Fe. Senyawa ini mengkelat ion Fe sehingga tidak tersedia bagi mikroorganisme lain.

Berbagai jenis antibiotik telah dihasilkan oleh *Pseudomonas fluorescens*, antara lain; pyoluteorin, oomycin, phenazine-1-carboxylic acid atau 2,4-diphloroglucinol. Produksi antibiotik ini telah dibuktikan merupakan faktor utama yang menghambat perkembangan populasi dan penyakit yang ditimbulkan oleh *Gaeumannomyces tritici*, *Thielaiopsis basicola*, dan *Ralstonia solanacearum* (Mulya, 1997 dalam Hanudin *dkk.*, 2011). Di samping menekan perkembangan populasi dan aktivitas patogen, *Pseudomonas fluorescens* dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit. *Pseudomonas fluorescens* mendominasi rizosfer berbagai jenis tanaman, sehingga mudah diperoleh (Hanudin *dkk.*, 2011).



Gambar 4. Biakan *P. fluorescens* pada Media Kings B di dalam cawan petri  
(Sumber : [http://atlas.life.ku.dk/microatlas/food/pheno\\_tests/Kings\\_B\\_Agar/](http://atlas.life.ku.dk/microatlas/food/pheno_tests/Kings_B_Agar/))

### 3.3 *Trichoderma viride*

*Trichoderma viride* termasuk dalam famili Hypocreaceae, genus *Trichoderma*. Genus *Trichoderma* terdiri atas beberapa jamur saprofit yang umumnya ditemukan dalam tanah, kayu lapuk, dan sisa tanaman. Hifa pada jamur *Trichoderma viride* berbentuk pipih, bersekat, dan bercabang membentuk



anyaman yang disebut miselium. Miselium dapat tumbuh dengan cepat dan dapat memproduksi jutaan spora. *Trichoderma* berkembang biak secara aseksual dengan membentuk spora di ujung fialid atau cabang hifa, karena sifat inilah *Trichoderma viride* dikatakan memiliki daya kompetitif yang tinggi (Cook, 1991 dalam Hanudin dan Marwoto., 2012). *Trichoderma* memiliki respon kemotropik dapat melakukan parasitisme pada inang, melakukan ekskresi dari enzim ekstra selular serta dapat melisis sel inang (Mey, 2009).

*Trichoderma viride* kelompok jamur selulolitik yang dapat menguraikan glukosa dengan menghasilkan enzim kompleks selulase. Enzim selulase berfungsi sebagai enzim pengurai spesifik untuk menghidrolisis ikatan kimia dari selulosa dan turunan selulosa. *Trichoderma viride* mampu menghancurkan selulosa tingkat tinggi dan memiliki kemampuan mensintesis beberapa faktor esensial untuk melarutkan bagian selulosa yang terikat kuat dengan ikatan hidrogen. *Trichoderma viride* mampu melawan bakteri patogen karena memiliki kemampuan mikoparasit dan persaingan yang kuat dengan patogen (Cook, 1991 dalam Hanudin dan Marwoto., 2012).



Gambar 5. Biakan *T. viride* pada Media PDA di dalam cawan petri  
(Sumber : <http://www.flickr.com/photos/sruilk/6840616639/>)

#### 4. Bahan Nabati

Tanaman dapat menghasilkan metabolit sekunder yang berfungsi sebagai biofumigan untuk mengendalikan patogen. Biofumigan ialah senyawa dari bahan alami yang mudah menguap yang bersifat biosida terhadap serangga dan patogen (Sarwar *dkk.*, 1998 dalam Yulianti, 2009). Bahan nabati mengandung senyawa kimia seperti minyak atsiri dan dapat berperan sebagai antibakteri dan antifungi (Sekarsari *dkk.*, 2013). Senyawa tersebut dapat diperoleh dari hasil ekstraksi daun,



bunga, biji, atau kulit berbagai jenis tanaman yang menghasilkan minyak. Beberapa diantara tanaman yang memiliki kemampuan sebagai biofumigan ialah daun sirih, kayu manis, daun mimba, gambir, tanaman herba (kunyit, temulawak, dan sereh) dan tanaman Brassicaceae (kubis dan sawi). Beberapa diantara bahan nabati tersebut dapat mengendalikan *Ralstonia solanacearum* penyebab layu bakteri, antara lain; daun sirih dan kubis.

#### 4.1 Ekstrak Daun Sirih

Daun sirih mengandung minyak atsiri sebanyak 4,2 %, terdiri atas kavikol, chavibetol, allylprocatechol (hydroxykavikol), allypyrocatechol-mono, diacetate, karvakrol, eugenol, cymene, cineole, caryophyllene, cadinene, esragol, terpenena, seskuiterpena, fenil propane, tannin, diastase, karoten, tiamin, riboflavin, asam nikotinat, vitamin C, gula, pati, dan asam amino (Kartasapoetra, 2004). Kandungan senyawa kavikol dalam daun sirih menyebabkan daun berbau khas dan memiliki khasiat antibakteri dengan daya bunuh bakteri lima kali lebih kuat daripada fenol biasa (Rahayu, 2002 dalam Paath., 2005). Minyak atsiri pada daun sirih larut di dalam alkohol, eter dan kloroform namun tidak larut di dalam air, sehingga untuk membuat ekstrak daun sirih harus ditambahkan pelarut alkohol. Hasil sebuah penelitian menyebutkan bahwa ekstrak daun sirih mampu mengendalikan perkembangan koloni *Ralstonia solanacearum* yang menyebabkan penyakit layu bakteri pada tanaman tomat (Paath, 2005). Ekstrak daun sirih juga telah digunakan dalam pengendalian layu bakteri pada tanaman jahe.

Perlakuan perendaman benih dengan ekstrak daun sirih atau penyiraman pangkal batang menggunakan ekstrak daun sirih dapat dijadikan sebagai perlakuan dalam upaya pengendalian penyakit layu bakteri pada tanaman tomat (Novizan, 2002). Senyawa fenol, minyak ester, dan zat penyamak tertentu pada tanaman penghasil metabolit sekunder dapat menghambat fitopatogenik. Semua ini merupakan sistem pertahanan alami yang dimiliki oleh tanaman untuk mencegah serangan patogen penyebab penyakit. Pemilihan umur daun sirih juga menentukan kemampuan antibakteri yang dihasilkan oleh ekstrak daun sirih. Daun sirih muda belum mampu menurunkan intensitas serangan bakteri karena kandungan senyawa fenol yang bersifat antibakteri masih sedikit sehingga tidak mampu menghambat pertumbuhan bakteri.

Paath (2005) menyebutkan bahwa penggunaan ekstrak daun sirih, dan bubuk kayu manis dapat menurunkan persentase tanaman tomat yang terserang *Ralstonia solanacearum*. Kedua bahan nabati tersebut mampu menekan populasi bakteri, sebab dari hasil pengujian penggunaan kombinasi kedua bahan tersebut menghasilkan jumlah koloni bakteri yang paling sedikit diantara perlakuan lain namun belum dapat menguji interval aplikasi yang tepat.

#### 4.2 Ekstrak Kubis

Kubis dapat berperan sebagai biofumigan karena mengandung senyawa glukosinolat (GSL) (Rosa *dkk.*, 1997). Biofumigan ialah senyawa yang mudah menguap dari hasil dekomposisi bagain tanaman untuk menekan patogen tanah, serangga dan mengambat pertumbuhan bibit gulma (Karavina dan Ronald, 2012). GSL ialah senyawa yang mengandung nitrogen dan belerang hasil metabolit sekunder tanaman Brassicaceae (Harborne *dkk.*, 1999 dalam Yulianti, 2009). GSL terdapat pada seluruh bagian tanaman, mulai dari akar, batang, daun, bunga sampai biji. GSL bukanlah senyawa yang toksik terhadap mikroorganisme, namun setelah melalui proses hidrolisis akan menghasilkan senyawa yang berperan dalam berbagai fungsi fisiologis antara lain, rasa menyengat pada mustard, bau spesifik pada kubis atau sebagai sistem pertahanan tanaman terhadap serangan hama dan patogen. Hidrolisis GSL terjadi apabila terdapat kontak antara GSL dengan mirosinase, biasanya melalui pelukaan jaringan tanaman.

Hasil hidrolisis senyawa GSL adalah senyawa yang bersifat volatil maupun tidak, misalnya isotiosianat (ITS), ion tiosianat ( $\text{SCN}^+$ ), nitril, epitionitril (Rosa *dkk.*, 1997), indolil alkohol, amin, sianid organik, dan oksazo-lidinetion. Diantara senyawa yang dihasilkan, ITS merupakan senyawa yang paling toksik sehingga berperan sebagai biofumigan. Senyawa ITS yang terkandung di dalam tanaman sangat beracun bagi patogen tular tanah. Gamliel dan Stapleton (1993) menyatakan bahwa tanah yang dicampur dengan sisa tanaman kubis 2 % kemudian dipanaskan akan menghasilkan senyawa turunan ITS yang lebih efektif dibandingkan dengan tanah dan campuran sisa kubis yang tidak dipanaskan. Setiap jenis ITS memiliki tingkat toksisitas yang berbeda terhadap mikroorganisme yang berbeda.



Penggunaan tanaman Brassicaceae sebagai pengganti biofumigan di negara maju cukup banyak dan mulai diperkenalkan di beberapa negara berkembang. Negara Filipina telah memanfaatkan tanaman Brassicaceae sebagai tanaman rotasi untuk mengendalikan *Ralstonia solanacearum* dan *Meloidogyne* spp. pada tanaman Solanaceae (Kirkegaard, Wong, dan Desmarchelier, 1996). Serangan *Ralstonia solanacearum* pada tanaman tomat menurun 65 % ketika tanahnya diberi sisa tanaman kubis, bahkan produksi buah tomat meningkat 10 kali lipat (2,5-20 ton ha<sup>-1</sup>). Hingga saat ini efisiensi pelepasan GSL dari jaringan tanaman serta persistensi ITS yang relatif singkat masih menjadi persoalan dalam penggunaan biofumigan. Molina dan Vargas (2013) menyatakan bahwa ITS masih dapat dideteksi 8-12 hari setelah perlakuan dengan efisiensi pelepasan 26-56 %. Hal ini menunjukkan bahwa GSL di dalam jaringan tanaman belum terhidrolisis sempurna, karena jaringan tanaman yang ditanam masih utuh atau kadar air kurang optimum untuk proses hidrolisis (Mathiessen, 2002 dalam Yulianti., 2009). Upaya mengatasi hal tersebut dilakukan dengan perusakan jaringan tanaman sehingga proses hidrolisis dapat berjalan lebih cepat. Proses perusakan jaringan dapat dilakukan dengan mencacah sisa tanaman sebelum ditanam agar GSL lebih cepat terlepas dan terhidrolisis. Proses perusakan jaringan tanaman kubis dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu dicacah, dihaluskan hingga diperoleh sari atau ekstraknya maupun membenamkan sisa panen tanaman kubis ke dalam tanah.



### III. BAHAN DAN METODE

#### 1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan dengan sistem *polybag* yang diletakkan di dalam rumah kaca (*screen house*). Lokasi Penelitian berada di Desa Tegal Weru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang. Terletak pada ketinggian 700 m dpl, suhu udara 25-27°C, dan kelembaban 75 %. Kegiatan isolasi patogen dan agens hayati dilakukan di Laboratorium Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Penelitian dilakukan pada bulan Februari-Mei 2013.

#### 2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan; *tray*, *polybag* berdiameter 30 cm, blender, gelas ukur, meteran, alat tulis, tali raffia, ajir bambu, timbangan analitik, dan kamera. Alat yang digunakan selama kegiatan di laboratorium antara lain; cawan petri, jarum ose, *beaker glass*, *erlenmeyer*, kompor listrik, *bunsen*, *autoclave*, *incubator*, *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC), *shaker*, *plastic wrap*, aluminium foil, kapas, kertas label, *haemocytometer*, dan *hand counter*.

Bahan yang digunakan; benih tomat varietas Lentana F1, pupuk kompos, tanah, pupuk kandang ayam, pupuk NPK (16:16:16), pupuk Ca CNO, media agar *Triphenyl Tetrazolium Chloride* (TTC), *Natrium Agar* (NA), *Potato Dextrose Agar* (PDA), media biakan cair ekstrak kentang gula (EKG), alkohol 70 %, aquades, batang tanaman tomat yang terinfeksi *Ralstonia solanacearum*, isolat murni *Streptomyces* sp. dan jamur *Trichoderma viride*, biakan bakteri *Pseudomonas fluorescens*, daun sirih, dan kubis.

#### 3. Metode Penelitian

Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) 11 perlakuan dan 3 ulangan. Dalam satu perlakuan terdapat 4 tanaman yang ditanam dan diamati sebagai tanaman contoh. Perlakuan mulai diberikan pada umur 7 sampai dengan 25 hst. Tanaman yang diberi perlakuan dengan interval 3 hari mendapatkan 7 kali penyiraman, interval 6 hari mendapat 4 kali penyiraman dan interval 9 hari mendapat 3 kali penyiraman. Perlakuan yang diberikan yaitu :

- B0 = Kontrol (Tanpa inokulasi dan tanpa pengendalian)
- B1 = Kontrol (Inokulasi *Ralstonia solanacearum*, tanpa pengendalian)
- B2 = Agens hayati interval 3 hari
- B3 = Agens hayati interval 6 hari
- B4 = Agens hayati interval 9 hari
- B5 = Ekstrak daun sirih interval 3 hari
- B6 = Ekstrak daun sirih interval 6 hari
- B7 = Ekstrak daun sirih interval 9 hari
- B8 = Ekstrak kubis interval 3 hari
- B9 = Ekstrak kubis interval 6 hari
- B10 = Ekstrak kubis interval 9 hari

#### 4. Persiapan Penelitian

##### 4.1 Persemaian dan Persiapan Media Tanam

Persemaian benih tomat dilakukan selama 28 hari di media kompos yang diletakkan di dalam *tray*. Kriteria bibit yang akan ditanam yaitu, bibit tumbuh sempurna, memiliki 2-4 helai daun sempurna, tinggi batang seragam dan tidak layu. Setelah bibit berumur 28 hari atau 4 minggu lalu dipindahkan ke *polybag* yang telah berisi media tanah dan pupuk kandang ayam yang telah disterilkan dengan metode pemanasan. Sterilisasi media tanam dilakukan dengan cara memanaskan tanah tidak steril diatas tungku selama satu jam. Media perlu disterilkan terlebih dahulu agar tidak menimbulkan gejala penyakit lain yang bersumber dari dalam tanah. Media tanah yang dibutuhkan sebanyak 6 kg *polybag*<sup>-1</sup>, sedangkan kebutuhan terhadap pupuk kandang ayam sebanyak 22 g *polybag*<sup>-1</sup> (Lampiran 3).

##### 4.2 Persiapan Suspensi *Ralstonia solanacearum*

###### 4.2.1 Isolasi *Ralstonia solanacearum*

Bagian pangkal batang tanaman yang terinfeksi layu bakteri dipotong, kemudian dibersihkan dari sisa tanah. Pangkal batang dibersihkan dari bagian akar dan dipotong sekitar 3 cm. Potongan tersebut dicuci dengan alkohol 70 %, kemudian direndam dengan aquades steril. Potongan tersebut dikering anginkan dan dicacah menggunakan scalpel steril. Cacahan batang direndam dengan



aquades 10 ml dan diamkan selama 30 menit. Larutan yang mengandung bakteri tersebut digoreskan dengan jarum ose pada media selektif TTC diinkubasi selama 24 jam pada suhu 27-28 °C. Setelah diinkubasi selama 24 jam maka akan tumbuh koloni bakteri *Ralstonia solanacearum*. Ciri isolat bakteri yang virulen ditandai dengan warna merah muda dengan tepi berwarna putih susu.

#### 4.2.2 Pembuatan Suspensi *Ralstonia solanacearum*

Koloni bakteri virulen yang tumbuh pada media TTC kemudian diambil sebanyak satu ose lalu digoreskan pada media biakan NA dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 27-28 °C. Bakteri yang tumbuh pada media NA kemudian diremajakan setiap 24 jam, agar virulensi bakteri tidak menurun. Setelah dibiakkan dalam jumlah yang banyak, bakteri yang berada pada media NA dipanen dengan cara, menambahkan 10 ml aquades steril ke dalam cawan petri berisi bakteri, kemudian digores menggunakan jarum ose agar koloninya terpisah dari media agar. Suspensi bakteri kemudian di encerkan hingga mencapai *optical density* (OD) 1, lalu dihitung kerapatan koloni menggunakan metode pengenceran. Kerapatan koloni bakteri yang digunakan untuk inokulasi ialah  $5,07 \times 10^{12}$  colony forming unit (cfu) ml<sup>-1</sup>.

#### 4.3 Persiapan Agens hayati

Jamur *Trichoderma viride* dan Actinomycetes *Streptomyces sp.* diperbanyak dari biakan murni pada media agar miring. Isolat murni jamur dan Actinomycetes kemudian dipindahkan ke media PDA dan diinkubasi selama 4x24 jam. Isolat *Pseudomonas fluorescens* diperoleh dari isolat yang sudah dibiakkan di dalam media Kings B kemudian dipindahkan ke media NA untuk diinkubasi selama 2x24 jam. Setelah dibiakkan pada media padat, masing-masing isolat diambil sebanyak dua ose dan dimasukkan ke dalam 100 ml media EKG. Larutan isolat agens hayati kemudian dikocok menggunakan alat *shaker* selama 2x24 jam, dengan kecepatan 100 rpm untuk menghomogenkan larutan. Suspensi agens hayati dibuat dua hari sekali sebelum aplikasi penyiraman dilakukan, sehingga suspensi yang digunakan selalu dalam keadaan baru. Kerapatan bakteri yang digunakan yaitu 10<sup>12</sup> cfu ml<sup>-1</sup>, sedangkan kerapatan jamur dan Actinomycetes yang digunakan yaitu 10<sup>9</sup> cfu ml<sup>-1</sup>.



#### 4.4 Persiapan Bahan Nabati

Larutan bahan nabati ekstrak daun sirih dibuat dengan cara menimbang 100 g daun sirih segar dicampur dengan 1000 ml air kemudian dihaluskan menggunakan blender. Ekstrak yang telah jadi kemudian disaring menggunakan kain untuk memisahkan antara ampas dengan sarinya. Sari ekstrak daun sirih kemudian dicampur dengan alkohol 70 % sebanyak 10 ml, sebagai pelarut untuk melarutkan kandungan senyawa sekunder yang dihasilkan oleh daun sirih. Ekstrak daun sirih diinkubasi selama 24 jam dalam kondisi tertutup. Setelah itu larutan dapat diaplikasikan ke tanaman.

Ekstrak kubis dibuat dengan cara menimbang 100 g kubis yang telah dicacah, kemudian dicampur dengan 1000 ml air, setelah itu dihaluskan menggunakan blender. Setelah ekstrak terbentuk kemudian disaring dengan kain untuk memisahkan ampas dengan sari. Kemudian diinkubasi selama 24 jam dalam kondisi tertutup. Kedua ekstrak bahan nabati selalu dibuat satu hari sebelum penyiraman pada tanaman dilakukan, sehingga larutan yang digunakan selalu dalam keadaan baru.

### 5. Pelaksanaan Penelitian

#### 5.1 Penanaman

Pada usia 28 hari setelah semai, bibit dari persemaian dipindahkan ke *polybag* yang telah diisi media tanah steril dan pupuk kandang ayam. Media tanam yang telah dimasukkan ke dalam *polybag* disiram terlebih dahulu agar tanah menjadi lembab, kemudian dibuat lubang tanam dengan menggunakan tugal. Dalam satu *polybag* ditanam satu bibit tanaman tomat. Penanaman diatur dengan jarak 40 cm antar tanaman dalam satu perlakuan (Lampiran 2), 50 cm jarak tanaman antar perlakuan dan 100 cm jarak tanaman antar ulangan (Lampiran 1).

#### 5.2 Pemeliharaan

Kegiatan pemeliharaan tanaman tomat yang dilakukan antar lain :

##### 1) Penyiraman

Penyiraman dilakukan setiap pagi hari dengan volume air sebanyak 500 ml *polybag*<sup>-1</sup>.

2) Penyiangan Gulma

Penyiangan gulma dilakukan dengan cara membersihkan gulma atau tanaman lain yang tumbuh di dalam *polybag*.

3) Pemupukan

Dosis anjuran pupuk NPK (16:16:16) untuk tanaman tomat ialah dosis 250 g ha<sup>-1</sup>. Aplikasi pemupukan diberikan sebanyak dua kali selama masa tanam tomat yaitu pada 0 dan 30 hst dengan dosis 0,5 g *polybag*<sup>-1</sup> (Lampiran 3). Pupuk diberikan dengan cara dimasukkan ke lubang tanah yang telah di tugal di sekitar perakaran tanaman tomat. Selain pupuk NPK tomat juga memerlukan unsur lain untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan satu diantaranya ialah unsur kalsium (Ca). Pupuk kalsium diberikan pada tanaman saat fase pembentuk buah. Hal tersebut untuk mencegah terjadinya busuk pangkal buah pada buah tomat akibat defisiensi unsur Ca. Pupuk kalsium yang digunakan mengandung unsur Ca, N, dan O. Pupuk berbentuk granul dan diaplikasikan dengan cara dilarutkan di dalam air kemudian disiramkan pada perakaran tanaman tomat. Dosis rekomendasi pupuk Ca untuk tanaman tomat yaitu 10 g 10 L<sup>-1</sup>. Larutan tersebut disiramkan pada tanaman sebanyak 100 ml *polybag*<sup>-1</sup> (Lampiran 3).

4) Pemasangan Ajir

Pemasangan ajir dilakukan pada saat tanaman masih berumur 7 hst agar tidak melukai atau mengganggu pertumbuhan akar tanaman tomat.

5) Pengikatan Batang pada Ajir

Pengikatan batang dilakukan setelah tinggi batang mencapai 50 cm agar batang tidak mudah patah.

6) Pengendalian Hama dan Penyakit lain

Pengendalian hama dilakukan dengan cara menyemprot pestisida berbahan aktif Curacron 500 EC dengan dosis 5 gram L<sup>-1</sup> dan interval 2 minggu sekali untuk mengurangi serangan ulat daun dan belalang yang merusak daun tanaman tomat. Penyemprotan fungisida Kocide 77 WP dilakukan untuk mengendalikan penyebaran penyakit yang diakibatkan oleh jamur *Phytophthora infestans* dan *Alternaria solani*. Penyemprotan dilakukan pada daun tanaman



tomat menggunakan alat *sprayer* agar tidak mengganggu bagian tanaman yang diberi perlakuan dan menutup permukaan tanah dengan plastik.

#### 7) Panen Buah Tomat

Panen buah tomat dilakukan pada saat buah mulai berwarna jingga kemerahan. Tanaman mulai dipanen pada umur 72-86 hst secara berkala hingga semua buah per tanaman habis dipanen.

### 5.3 Pemberian Agens Hayati

Suspensi agens hayati yang telah di kocok menggunakan *shaker* selama 2x24 jam kemudian diencerkan sebanyak 24 ml L<sup>-1</sup> (Lampiran 3) ke dalam aquades. Dosis larutan yang diberikan pada tanaman sebanyak 100 ml per tanaman dengan cara menyiram larutan ke bagian pangkal batang. Waktu aplikasi perlakuan mulai dilakukan pada saat tanaman berumur 7 sampai dengan 25 hst. Penyiraman larutan agens hayati diberikan sebanyak 7 kali untuk interval perlakuan 3 hari, 4 kali untuk interval perlakuan 6 hari dan 3 kali untuk interval perlakuan 9 hari.

### 5.4 Pemberian Pestisida Nabati

Pestisida nabati yang telah diinkubasi selama 24 jam kemudian siap digunakan untuk disiramkan ke bagian pangkal batang tanaman tomat sebanyak 100 ml per tanaman. Penyiraman pestisida nabati dilakukan pada bagian pangkal batang. Waktu aplikasi perlakuan mulai dilakukan pada saat tanaman berumur 7 sampai dengan 25 hst. Penyiraman pestisida nabati diberikan sebanyak 7 kali untuk interval perlakuan 3 hari, 4 kali untuk interval perlakuan 6 hari dan 3 kali untuk interval perlakuan 9 hari.

### 5.5 Inokulasi *Ralstonia solanacearum*

Suspensi *Ralstonia solanacearum* dibuat dua hari sebelum inokulasi dilakukan. Inokulasi patogen dilakukan pada saat tanaman berumur 14 hst. Sebelum diinokulasi bakteri patogen, perakaran tanaman tomat dilukai dengan cara dipotong menggunakan pisau yang telah disterilkan dengan cara dipanaskan. Setelah akar dilukai kemudian inokulasi dilakukan dengan cara menyiramkan 50 ml suspensi *Ralstonia solanacearum* pada setiap *polybag* di sekitar daerah perakaran. Kerapatan bakteri patogen yang digunakan yaitu  $5,07 \times 10^{12}$  cfu ml<sup>-1</sup>.

## 6. Pengamatan

Pengamatan tanaman tomat dilakukan terhadap variabel pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman dan jumlah daun), variabel produksi (jumlah bunga, jumlah buah dan bobot buah), persentase tanaman sakit, dan populasi *Ralstonia solanacearum* yang terdapat di dalam tanah. Pengamatan dilakukan pada saat tanaman berumur 7, 14, 21, 28, dan 35 hst untuk variabel pertumbuhan sedangkan variabel jumlah bunga diamatai pada saat tanaman berumur 21, 28, 35, dan 42 hst. Pengamatan jumlah buah dan bobot buah dilakukan pada saat panen umur 72, 79, dan 86 hst.

### 6.1 Pengamatan Variabel Pertumbuhan

1. Tinggi tanaman (cm)

Pengamatan tinggi tanaman dilakukan dengan cara mengukur tinggi tanaman dari pangkal batang hingga tajuk tertinggi menggunakan penggaris atau meteran.

2. Jumlah daun (per tanaman)

Pengamatan jumlah daun dilakukan dengan cara menghitung daun yang terdapat pada tanaman tomat dengan ciri daun berwarna hijau dan tumbuh menjadi helai daun sempurna.

### 6.2 Pengamatan Variabel Produksi

1. Jumlah bunga (per tanaman)

Jumlah bunga ditentukan dengan cara menghitung semua bunga yang muncul pada setiap tanaman dengan ciri mahkota bunga berwarna kuning dan mahkota bunga telah membuka secara sempurna.

2. Jumlah buah (per tanaman)

Jumlah buah ditentukan dengan cara menghitung seluruh buah per tanaman yang telah dipanen pada umur 72, 79, dan 86 hst.

3. Bobot buah (gram per tanaman)

Bobot buah ditentukan dengan cara menimbang seluruh buah yang telah dipanen dari masing-masing tanaman contoh. Buah tomat di dataran menengah dapat dipanen pada umur 72, 79 dan 86 hst.

### 6.3 Persentase Tanaman Sakit

Perhitungan persentase bertujuan untuk menghitung tingkat efektifitas perlakuan terhadap serangan penyakit. Perhitungan dilakukan dengan rumus:



$$P = \frac{n}{N} \times 100\% \text{ (Abadi, 2003 dalam Paath., 2005)}$$

P = Intensitas serangan penyakit (%)

n = Jumlah tanaman yang terserang penyakit

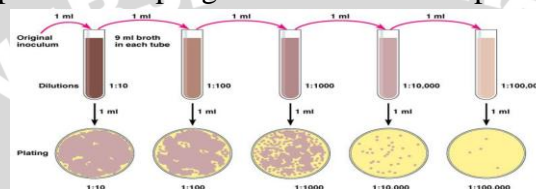
N = Jumlah tanaman yang diamati

#### 6.4 Pengamatan Populasi *Ralstonia solanacearum*

5 g sampel tanah diambil dari masing-masing perlakuan

Sampel tanah dilarutkan ke dalam 50 ml aquades steril

Larutan sampel tanah diambil 100 µl kemudian diencerkan dengan 900 µl aquades steril hingga diperoleh seri pengenceran  $10^{-1} - 10^{-5}$  pada mikrotube



Gambar 6. Metode pengenceran larutan tanah

100 µl larutan yang telah diencerkan  $10^{-4}$  dan  $10^{-5}$  diambil kemudian dituang ke dalam cawan petri yang telah berisi media TTC dan disebar menggunakan spatula

Inkubasi selama 48 jam pada suhu 27-28 °C

Hitung jumlah koloni *Ralstonia solanacearum* yang muncul pada masing-masing perlakuan

#### 7. Analisis Data

Analisis data pengamatan dilakukan dengan menggunakan uji F taraf 5 %. Analisis dilanjutkan dengan menggunakan uji beda nyata terkecil (BNT) taraf 5 % apabila terdapat perbedaan antar perlakuan. Analisis korelasi juga dilakukan untuk mengetahui keeratan hubungan antar parameter pengamatan, rumus yang digunakan yaitu:

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{(\sum(x - \bar{x})^2)(\sum(y - \bar{y})^2)}}$$

r = koefisien korelasi

x = peubah x

$\bar{x}$  = rata-rata peubah x

y = peubah y

$\bar{y}$  = rata-rata peubah y

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil

#### 1.1 Tinggi Tanaman

Hasil analisis ragam pada umur 7 dan 35 hst menunjukkan bahwa aplikasi pestisida alternatif dan interval tidak berpengaruh terhadap peningkatan tinggi tanaman tomat. Perlakuan berpengaruh terhadap peningkatan tinggi tanaman tomat pada umur 14, 21, dan 28 hst (Lampiran 5). Hasil analisis sidik ragam tinggi tanaman umur 7 sampai dengan 35 hst terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tinggi Tanaman (cm)

Perlakuan	Umur (hst)				
	7	14	21	28	35
B0 Kontrol tanpa inokulasi, tanpa pengendalian	16,92	30,10 abcd	44,33 abc	67,92 abc	87,43
B1 Kontrol inokulasi, tanpa pengendalian	17,33	30,22 abcd	41,75 ab	66,50 abc	83,58
B2 Agens hayati interval 3 hari	17,58	32,17 cde	46,33 bc	72,25 bcd	91,50
B3 Agens hayati interval 6 hari	15,33	26,50 a	39,67 a	56,33 a	74,42
B4 Agens hayati interval 9 hari	16,17	31,08 bcde	45,33 abc	71,33 bcd	90,92
B5 Ekstrak sirih interval 3 hari	16,42	34,57 e	48,75 c	81,42 d	101,70
B6 Ekstrak sirih interval 6 hari	14,67	28,67 abc	44,33 abc	69,58 abcd	88,50
B7 Ekstrak sirih interval 9 hari	15,75	27,17 ab	40,75 a	63,42 ab	76,08
B8 Ekstrak kubis interval 3 hari	16,25	27,67 ab	43,67 abc	66,83 abc	87,50
B9 Ekstrak kubis interval 6 hari	17,75	33,25 de	48,67 c	77,33 cd	89,83
B10 Ekstrak kubis interval 9 hari	15,25	27,08 ab	39,75 a	60,75 ab	77,75
BNT 5%	tn	4,02	5,83	13,28	tn

Keterangan : Bilangan yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perlakuan tersebut tidak berbeda nyata berdasarkan Uji BNT taraf 5%



Hasil analisis ragam tinggi tanaman tomat (Tabel 1) menunjukkan bahwa, rerata tinggi tanaman pada umur 7 hst tidak terdapat perbedaan pengaruh antar perlakuan pestisida alternatif dan interval aplikasi yang diberikan pada tanaman tomat. Pada umur 0 sampai dengan 7 hst tanaman tumbuh secara normal, karena belum dipengaruhi oleh perlakuan maupun aktivitas *Ralstonia solanacearum*. Hasil pengamatan yang dilakukan pada umur 7 hst menunjukkan tinggi tanaman berkisar antara 14,67 hingga 17,75 cm.

Hasil analisis ragam tinggi tanaman pada umur 28 hst saat semua perlakuan telah diberikan secara lengkap, terdapat pengaruh antar perlakuan pemberian pestisida alternatif dan interval aplikasi. Perlakuan ekstrak daun sirih interval 3 hari memiliki rerata tinggi tanaman 81,42 cm. Hasil tersebut menyatakan bahwa pengaruh perlakuan ekstrak daun sirih interval 3 hari berbeda dengan seluruh perlakuan kontrol baik kontrol tanpa inokulasi tanpa pengendalian maupun kontrol inokulasi tanpa pengendalian. Pengaruh perlakuan tersebut tidak berbeda dengan perlakuan ekstrak kubis interval 6 hari, agens hayati interval 3 hari, agens hayati interval 9 hari, dan ekstrak daun sirih interval 6 hari. Hal ini dapat membuktikan bahwa pemberian bahan nabati dan agens hayati sesungguhnya memiliki kemampuan yang sama dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tanaman yang diberi perlakuan ekstrak daun sirih, agens hayati dan ekstrak kubis lebih baik dibandingkan dengan tanaman yang tidak diberi perlakuan pestisida alternatif. Ketiga bahan tersebut memberikan dampak tersendiri bagi pertumbuhan tanaman tomat, namun jika dilihat dari tingkat pertumbuhan yang paling cepat pemberian ekstrak daun sirih interval 3 hari berpotensi meningkatkan ketahanan tanaman sehingga pertumbuhan tanaman dapat berlangsung lebih baik.

Pada umur 35 hst, hasil analisis ragam tidak terdapat pengaruh perlakuan pestisida alternatif dan interval aplikasi terhadap tinggi tanaman tomat. Pengaruh penggunaan bahan nabati dan agens hayati tidak dapat bertahan lama apabila perlakuan tersebut tidak lagi diberikan pada tanaman. Perlakuan pemberian pestisida alternatif yang berasal dari agens hayati maupun bahan nabati perlu diberikan berulang kali agar mendapatkan hasil yang lebih optimal. Selain itu, pada umur 35 hst tomat mulai memasuki fase generatif ditandai dengan kemunculan bunga, sehingga pertumbuhan vegetatif akan semakin berkurang.

## 1.2 Jumlah Daun

Hasil analisis ragam jumlah daun tanaman tomat, menunjukkan aplikasi pestisida alternatif dan interval tidak berpengaruh terhadap jumlah daun pada umur 7 hst. Perlakuan berpengaruh terhadap pertumbuhan jumlah daun tanaman tomat pada umur 14, 21, 28, dan 35 hst (Lampiran 6). Hasil analisis ragam jumlah daun tanaman tomat pada umur 7 sampai dengan 35 hst ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah daun per tanaman

Perlakuan	Umur (hst)				
	7	14	21	28	35
B0 Kontrol tanpa inokulasi, tanpa pengendalian	16,67	48,33 abc	65,33 abc	77,00 bc	92,33 ab
B1 Kontrol inokulasi, tanpa pengendalian	16,33	47,67 abc	63,67 abc	74,33 abc	91,33 ab
B2 Agens hayati interval 3 hari	17,33	51,67 bc	67,67 bcd	79,00 bc	110,00 bc
B3 Agens hayati interval 6 hari	14,67	43,00 a	59,33 a	64,67 a	85,00 a
B4 Agens hayati interval 9 hari	14,00	50,67 bc	67,67 bcd	83,33 c	101,67 abc
B5 Ekstrak sirih interval 3 hari	17,33	53,33 c	74,33 d	84,00 c	120,33 c
B6 Ekstrak sirih interval 6 hari	14,67	48,67 abc	67,00 abcd	78,33 bc	97,00 ab
B7 Ekstrak sirih interval 9 hari	14,33	47,33 ab	60,67 abc	71,33 ab	91,33 ab
B8 Ekstrak kubis interval 3 hari	17,33	48,00 abc	66,33 abc	77,00 bc	92,33 ab
B9 Ekstrak kubis interval 6 hari	17,67	52,67 bc	68,33 cd	78,33 bc	93,67 ab
B10 Ekstrak kubis interval 9 hari	14,67	44,00 a	60,33 ab	66,00 a	90,00 a
BNT 5%	tn	5,91	7,67	10,46	19,46

Keterangan : Bilangan yang diikuti oleh huruf yang sama pada umur pengamatan yang sama, menunjukkan perlakuan tersebut tidak berbeda nyata berdasarkan Uji BNT taraf 5%

Hasil analisis ragam pengamatan jumlah daun pada umur 7 hst (Tabel 2) tidak menunjukkan adanya perbedaan antar perlakuan pestisida alternatif dan interval. Pengamatan jumlah daun tanaman tomat pada umur 7 hst dilakukan pada saat tanaman belum diberi perlakuan pestisida alternatif, sehingga pengaruh perlakuan belum nampak pada waktu pengamatan tersebut. Rerata jumlah daun pada 7 hst berkisar antara 14,00-17,67 helai daun per tanaman. Hasil pengamatan



menunjukkan bahwa sebelum perlakuan diberikan, sebagian besar tanaman memiliki jumlah rerata daun yang seragam. Namun, terdapat satu faktor yang menyebabkan pertumbuhan daun terhambat pada tanaman yang akan diberi perlakuan agens hayati interval 6 hari, yaitu adanya pengaruh infeksi virus yang mulai nampak pada tanaman tersebut. Gejala infeksi virus terjadi pada umur 7 hst menyebabkan tanaman mengalami pertumbuhan terhambat satu diantaranya menghambat pembentukan daun.

Pada umur 28 hst, perlakuan ekstrak daun sirih interval 3 hari memiliki rerata jumlah daun 84,00. Pengaruh perlakuan tersebut tidak berbeda dengan kontrol tanpa inokulasi tanpa pengendalian, kontrol inokulasi tanpa pengendalian juga tidak berbeda dengan perlakuan agens hayati interval 9 hari, agens hayati interval 3 hari, ekstrak daun sirih interval 6 hari, ekstrak kubis interval 6 hari dan ekstrak kubis interval 3 hari. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh penggunaan bahan nabati maupun agens hayati belum mampu meningkatkan pertumbuhan daun tanaman tomat pada tanaman yang terinfeksi penyakit layu bakteri. Pemberian pestisida nabati maupun agens hayati tidak dapat bertahan lama hingga fase akhir pertumbuhan tanaman karena masing-masing memiliki kemampuan bertahan yang berbeda. Bahan nabati yang digunakan sebagai biofumigan mengandung senyawa yang mudah menguap sehingga efektifitasnya menurun apabila tidak diaplikasikan lagi ke tanaman terutama ekstrak kubis yang mengandung senyawa mudah menguap. Sedangkan, peran agens hayati dapat terus beraktivitas di dalam tanah selama bahan organik tetap tersedia.

### **1.3 Jumlah Bunga**

Pada saat tanaman berumur 21 hst atau tiga minggu setelah tanam (mst) bunga mulai muncul pada beberapa tanaman contoh. Jumlah bunga ditentukan dengan cara menghitung jumlah bunga tomat yang telah mekar sempurna. Pengamatan dilakukan pada saat tanaman berumur 21, 28, 35, dan 42 hst. Hasil analisis ragam pada umur 21 hst perlakuan tidak berpengaruh terhadap jumlah bunga. Kemudian, pada umur 28, 35, dan 42 hst (Lampiran 7) terdapat pengaruh berbeda terhadap jumlah bunga tanaman tomat. Hasil analisis ragam variabel jumlah bunga tanaman tomat ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah bunga per tanaman

Perlakuan	Umur (hst)			
	21	28	35	42
B0 Kontrol tanpa inokulasi, tanpa pengendalian	1,67	20,33 d	26,67 ab	51,33 cdef
B1 Kontrol inokulasi, tanpa pengendalian	1,00	12,00 abcd	26,33 ab	46,33 abcd
B2 Agens hayati interval 3 hari	2,00	20,67 d	40,67 c	66,00 f
B3 Agens hayati interval 6 hari	0,33	7,33 a	21,33 a	30,33 a
B4 Agens hayati interval 9 hari	1,00	19,67 cd	36,67 bc	64,33 ef
B5 Ekstrak sirih interval 3 hari	1,00	18,00 bcd	35,67 bc	61,00 def
B6 Ekstrak sirih interval 6 hari	1,33	17,00 bcd	31,67 abc	48,00 bcde
B7 Ekstrak sirih interval 9 hari	1,00	8,33 a	22,67 a	32,67 ab
B8 Ekstrak kubis interval 3 hari	1,00	16,67 bcd	30,33 abc	45,67 abcd
B9 Ekstrak kubis interval 6 hari	1,33	13,33 abcd	23,00 a	41,00 abc
B10 Ekstrak kubis interval 9 hari	1,00	11,33 ab	24,67 a	39,33 abc
BNT 5%	tn	8,02	10,57	17,01

Keterangan : Bilangan yang diikuti oleh huruf yang sama pada umur pengamatan yang sama, menunjukkan perlakuan tersebut tidak berbeda nyata berdasarkan Uji BNT taraf 5%

Pengamatan jumlah bunga pada umur 21 hst digunakan sebagai acuan terhadap pembentukan bunga pada fase awal generatif dengan fase akhir pembentukan bunga. Pada umur 21 hst tanaman tomat belum mendapatkan aplikasi perlakuan secara lengkap, sehingga pengamatan yang dilakukan belum dapat mewakili hasil dari seluruh perlakuan interval yang diberikan. Hasil analisis jumlah bunga pada umur 28, 35, dan 42 hst (Tabel 3) menunjukkan bahwa perlakuan aplikasi agens hayati ialah perlakuan agens hayati interval 3 hari mampu meningkatkan perkembangan tanaman tomat dalam hal pembentukan bunga lebih baik dibanding perlakuan lain.

Hasil analisis ragam jumlah bunga pada umur 28 hst, perlakuan yang memiliki rerata jumlah bunga tertinggi ialah agens hayati interval 3 hari, dengan rerata 20,67. Hasil perlakuan tersebut berbeda dengan perlakuan kontrol inokulasi tanpa pengendalian, namun tidak berbeda dengan kontrol tanpa inokulasi tanpa pengendalian. Beberapa perlakuan lain yang pengaruhnya tidak berbeda dengan perlakuan tersebut ialah agens hayati interval 9 hari, ekstrak daun sirih interval 3 hari, ekstrak daun sirih interval 6 hari, ekstrak kubis interval 3 hari, dan ekstrak kubis 6 hari. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlakuan agens hayati, ekstrak daun sirih dan ekstrak kubis memiliki pengaruh yang sama terhadap proses pembungaan tanaman tomat di dataran menengah. Penggunaan ketiganya dapat



meningkatkan kemampuan tanaman yang terserang penyakit layu bakteri dalam proses pembentukan bunga.

Hasil analisis jumlah bunga pada umur 35 hst dari ketiga bahan yang digunakan, perlakuan yang memiliki jumlah bunga tertinggi ialah agens hayati interval 3 hari dengan rerata 40,67. Hasil tersebut berbeda dengan perlakuan kontrol tanpa inokulasi tanpa pengendalian dan kontrol tanpa inokulasi tanpa pengendalian. Perlakuan tersebut tidak berbeda dengan perlakuan agens hayati interval 9 hari, ekstrak daun sirih interval 3 hari, ekstrak daun sirih interval 6 hari, dan ekstrak kubis interval 3 hari. Hasil analisis pada umur 42 hst, perlakuan yang memiliki rerata jumlah bunga tertinggi ialah perlakuan agens hayati interval 3 hari yaitu 66,00. Hasil tersebut berbeda dengan perlakuan kontrol inokulasi tanpa pengendalian, namun tidak berbeda dengan kontrol tanpa inokulasi tanpa pengendalian. Pengaruh perlakuan tersebut juga tidak berbeda dengan perlakuan agens hayati interval 9 hari dan ekstrak daun sirih interval 3 hari. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan agens hayati sama dengan pengaruh pemberian ekstrak daun sirih terhadap proses pembentukan bunga pada tanaman tomat yang terserang penyakit layu bakteri, dengan pemberian pestisida alternatif tersebut tanaman menjadi lebih tahan dibandingkan tanaman yang tidak dikendalikan dengan pestisida alternatif. Namun, aplikasi agens hayati mampu meningkatkan aktifitas pembungaan pada fase pertumbuhan generatif tanaman tomat lebih baik dibanding perlakuan lainnya.

#### **1.4 Jumlah Buah**

Pengamatan jumlah buah dilakukan pada saat panen umur 72, 79, dan 86 hst. Tujuan pengamatan jumlah buah untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap hasil produksi tanaman tomat yaitu buah. Pada saat fase pembentukan buah laju pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun akan berkurang karena nutrisi yang diserap oleh tanaman akan lebih banyak digunakan dalam proses pembentukan buah dan perkembangan generatif tanaman. Hasil analisis ragam jumlah buah tanaman tomat terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Jumlah buah per tanaman

Perlakuan		Jumlah buah	
B0	Kontrol tanpa inokulasi, tanpa pengendalian	48,00	abc
B1	Kontrol Inokulasi, tanpa pengendalian	36,00	ab
B2	Agens hayati interval 3 hari	63,33	c
B3	Agens hayati interval 6 hari	26,67	a
B4	Agens hayati interval 9 hari	63,00	c
B5	Ekstrak sirih interval 3 hari	59,67	bc
B6	Ekstrak sirih interval 6 hari	42,67	abc
B7	Ekstrak sirih interval 9 hari	28,67	a
B8	Ekstrak kubis interval 3 hari	37,00	abc
B9	Ekstrak kubis interval 6 hari	29,67	a
B10	Ekstrak kubis interval 9 hari	27,33	a
BNT 5%		25,50	

Keterangan : Bilangan yang diikuti oleh huruf yang sama pada umur pengamatan yang sama, menunjukkan perlakuan tersebut tidak berbeda nyata berdasarkan Uji BNT taraf 5%

Perlakuan yang memiliki jumlah buah paling banyak ialah perlakuan agens hayati interval 3 hari dengan jumlah buah 63,33 (Tabel 4). Rerata jumlah buah perlakuan tersebut lebih banyak dibanding jumlah buah perlakuan kontrol tanpa inokulasi tanpa pengendalian dan kontrol inokulasi tanpa pengendalian. Berdasarkan uji beda nyata terkecil (BNT) taraf 5% pengaruh agens hayati interval 3 hari tidak berbeda dengan perlakuan kontrol tanpa inokulasi tanpa pengendalian, namun berbeda dengan perlakuan kontrol inokulasi tanpa pengendalian. Pengaruh perlakuan tersebut juga tidak berbeda dengan perlakuan agens hayati interval 6 hari, ekstrak daun sirih interval 3 hari, ekstrak daun sirih interval 6 hari, dan ekstrak kubis interval 3 hari. Hal tersebut menunjukkan bahwa agens hayati, ekstrak daun sirih dan ekstrak kubis berpotensi dalam meningkatkan produksi tanaman tomat. Berdasarkan jenis bahan alternatif yang digunakan, agens hayati memiliki potensi yang lebih besar dalam meningkatkan hasil panen tanaman tomat. Agens hayati yang diaplikasikan setiap 3 hari dan 9 hari sekali mampu meningkatkan produksi buah, namun tidak demikian dengan hasil buah pada perlakuan agens hayati interval 6 hari. Produktifitas pada perlakuan agens hayati interval 6 hari rendah terjadi karena adanya pengaruh faktor lain yang menghambat pertumbuhan tanaman tomat, diantaranya ialah infeksi virus Gemini pada tanaman yang juga menyebabkan proses pembentukan buah pada tanaman tomat menjadi terganggu.



### 1.5 Bobot Buah

Pengamatan bobot buah dilakukan bersamaan dengan pengamatan jumlah buah tomat yaitu pada saat panen umur 72, 79, dan 86 hst. Bobot buah tanaman tomat dipengaruhi oleh jumlah buah dalam satu tanaman dan bobot per buah. Hasil pengamatan rerata bobot buah tomat ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Bobot buah per tanaman

Perlakuan		Rata-rata bobot buah (g)	
B0	Kontrol tanpa inokulasi, tanpa pengendalian	1003,33	abc
B1	Kontrol inokulasi, tanpa pengendalian	626,67	ab
B2	Agens hayati interval 3 hari	1301,67	c
B3	Agens hayati interval 6 hari	556,67	a
B4	Agens hayati interval 9 hari	1236,67	bc
B5	Ekstrak sirih interval 3 hari	1005,00	abc
B6	Ekstrak sirih interval 6 hari	881,67	abc
B7	Ekstrak sirih interval 9 hari	540,00	a
B8	Ekstrak kubis interval 3 hari	786,67	abc
B9	Ekstrak kubis interval 6 hari	571,67	a
B10	Ekstrak kubis interval 9 hari	562,00	a
BNT 5%		651,24	

Keterangan : Bilangan yang diikuti oleh huruf yang sama pada umur pengamatan yang sama, menunjukkan perlakuan tersebut tidak berbeda nyata berdasarkan Uji BNT taraf 5%

Berdasarkan hasil uji BNT taraf 5 %, perlakuan agens hayati interval 3 hari memiliki rerata bobot buah 1301,67 gram per tanaman (Tabel 5). Pengaruh perlakuan tersebut tidak berbeda dengan perlakuan kontrol tanpa inokulasi tanpa pengendalian dan perlakuan kontrol inokulasi tanpa pengendalian. Perlakuan tersebut juga tidak berbeda dengan hasil perlakuan agens hayati interval 6 hari, ekstrak daun sirih interval 3 hari, ekstrak daun sirih interval 6 hari, dan ekstrak kubis interval 3 hari. Ketiga bahan alternatif tersebut memiliki kemampuan yang sama dalam meningkatkan bobot buah tanaman tomat. Dari hasil pengamatan bentuk dan ukuran buah perlakuan agens hayati memiliki ukuran dan bentuk buah lebih seragam dibandingkan perlakuan ekstrak daun sirih dan ekstrak kubis. Hal ini dapat disebabkan karena agens hayati juga memiliki kemampuan untuk menghasilkan hormon yang dapat meningkatkan dan mempercepat pembentukan buah pada tanaman tomat, sedangkan bahan nabati ekstrak daun sirih dan ekstrak kubis tidak memiliki kemampuan tersebut.

### 1.6 Persentase Tanaman Sakit

Gejala penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum* sebagian besar muncul pada tanaman setelah 28 hsi atau 4 minggu setelah inokulasi (msi). Gejala awal yang muncul pada tanaman yaitu, daun mulai layu, kemudian daun menguning hingga seluruh daun menjadi kering (Gambar 7). Hasil persentase tanaman sakit ditampilkan pada Tabel 6.



Gambar 7. Daun tanaman tomat mengering akibat penyakit layu bakteri (Sumber : Dokumentasi pribadi)

Tabel 6. Persentase tanaman sakit

Perlakuan	Persentase tanaman sakit (%)	
	Asli	Transformasi
B0 Kontrol tanpa inokulasi, tanpa pengendalian	0,00	0,71 a
B1 Kontrol inokulasi, tanpa pengendalian	83,33	9,13 c
B2 Agens hayati interval 3 hari	50,00	6,03 b
B3 Agens hayati interval 6 hari	75,00	8,61 bc
B4 Agens hayati interval 9 hari	66,67	8,16 bc
B5 Ekstrak sirih interval 3 hari	83,33	8,08 bc
B6 Ekstrak sirih interval 6 hari	66,67	8,08 bc
B7 Ekstrak sirih interval 9 hari	66,67	9,13 c
B8 Ekstrak kubis interval 3 hari	83,33	9,13 c
B9 Ekstrak kubis interval 6 hari	75,00	8,37 bc
B10 Ekstrak kubis interval 9 hari	91,67	9,58 c
BNT 5%		3,07

Keterangan : Bilangan yang diikuti oleh huruf yang sama pada umur pengamatan yang sama, menunjukkan perlakuan tersebut tidak berbeda nyata berdasarkan Uji BNT taraf 5%. Data yang dianalisis terlebih dahulu ditransformasi ke dalam bentuk  $\sqrt{x + 0,5}$



Hasil pengamatan terhadap tanaman tomat yang terserang penyakit layu bakteri menunjukkan bahwa aplikasi ketiga jenis pestisida mampu menekan perkembangan penyakit layu bakteri. Dari hasil analisis ragam data yang telah ditransformasi menunjukkan serangan layu bakteri tertinggi terdapat pada tanaman yang diberi perlakuan ekstrak kubis interval 9 hari sebesar 9,58 %, dapat dikatakan bahwa mayoritas tanaman pada perlakuan tersebut mengalami gejala layu bakteri. Hal ini menyatakan bahwa perlakuan ekstrak kubis interval 9 hari kurang efektif dalam menekan serangan layu bakteri pada tanaman tomat. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan tersebut tidak berbeda nyata dengan pengaruh perlakuan lain kecuali perlakuan kontrol tanpa inokulasi tanpa pengendalian dan perlakuan agens hayati interval 3 hari.

Tanaman yang mengalami gejala layu paling sedikit terdapat pada tanaman yang diberi perlakuan agens hayati interval 3 hari, dari data yang telah ditransformasi menunjukkan tingkat serangan sebesar 6,03 %. Perlakuan tersebut berbeda dengan perlakuan kontrol inokulasi tanpa pengendalian dan kontrol tanpa inokulasi tanpa pengendalian. Namun, pengaruh perlakuan tersebut tidak berbeda dengan perlakuan agens hayati interval 6 hari, agens hayati interval 9 hari, ekstrak daun sirih interval 3 hari, agens hayati interval 6 hari, dan ekstrak kubis interval 6 hari. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi agens hayati interval 3 hari mampu mengendalikan aktifitas patogen di dalam tanah sehingga tidak menimbulkan gejala kerusakan yang cukup berat terhadap tanaman tomat. Agens hayati memiliki kemampuan antagonis lebih baik dibanding perlakuan bahan nabati sebagai pestisida alternatif dalam mengendalikan *Ralstonia solanacearum*.

### 1.7 Populasi *Ralstonia solanacearum*

*Ralstonia solanacearum* dapat berkembang di dalam tanah terutama di daerah sekitar perakaran. Pengamatan populasi bakteri dilakukan pada saat 72 hari setelah inokulasi (hsi) patogen tepatnya pada saat akhir tanam. Perhitungan populasi bakteri dilakukan dengan menggunakan metode pengenceran tanah yang terdapat pada Gambar 6. Hasil perhitungan populasi *Ralstonia solanacearum* pada tanah ditampilkan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Populasi *Ralstonia solanacearum* di dalam tanah

Perlakuan	Populasi bakteri <i>Ralstonia solanacearum</i> ( $\times 10^6$ cfu $g^{-1}$ )	
	Asli	Transformasi
B0 Kontrol tanpa inokulasi, tanpa pengendalian	0,00	0,71 a
B1 Kontrol inokulasi, tanpa pengendalian	2,25	1,56 a
B2 Agens hayati interval 3 hari	0,35	0,90 a
B3 Agens hayati interval 6 hari	1,20	1,26 a
B4 Agens hayati interval 9 hari	0,05	0,74 a
B5 Ekstrak sirih interval 3 hari	20,15	4,29 ab
B6 Ekstrak sirih interval 6 hari	1,70	1,41 a
B7 Ekstrak sirih interval 9 hari	1,15	1,24 a
B8 Ekstrak kubis interval 3 hari	1,95	1,53 a
B9 Ekstrak kubis interval 6 hari	1,70	1,41 a
B10 Ekstrak kubis interval 9 hari	3,60	1,93 a
BNT 5%		1,41

Keterangan : Bilangan yang diikuti oleh huruf yang sama pada umur pengamatan yang sama, menunjukkan perlakuan tersebut tidak berbeda nyata berdasarkan Uji BNT taraf 5%. Data yang dianalisis terlebih dahulu ditransformasi ke dalam bentuk  $\sqrt{x + 0,5}$

Hasil analisis ragam terhadap data transformasi jumlah populasi bakteri patogen di dalam tanah (Tabel 7) menunjukkan bahwa perlakuan pemberian pestisida alternatif dan interval aplikasi berpengaruh terhadap perkembangan populasi *Ralstonia solanacearum* di dalam tanah namun pengaruhnya tidak berbeda antar perlakuan. Berdasarkan hasil perhitungan populasi menggunakan metode pengenceran (Gambar 6), perlakuan agens hayati interval 9 hari memiliki jumlah populasi  $0,74 \times 10^6$  cfu  $g^{-1}$ . Jumlah populasi pada perlakuan agens hayati interval 9 hari tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol inokulasi tanpa pengendalian dan perlakuan pestisida alternatif lainnya. Pengaruh perlakuan agens hayati tidak berbeda dengan perlakuan bahan nabati ekstrak daun sirih dan ekstrak kubis sebagai pestisida alternatif. Hal tersebut menunjukkan bahwa ketiga bahan yang digunakan sebagai pestisida alternatif memiliki kemampuan yang sama dalam mengendalikan jumlah populasi patogen di dalam tanah di akhir tanam. Selain pengaruh perlakuan diduga terdapat juga pengaruh lain yang mempengaruhi perkembangan patogen di dalam tanah sehingga pengaruh perlakuan tidak dapat jelas terlihat.



## 1.8 Korelasi antar Parameter Pengamatan

Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui keeratan hubungan antar parameter pengamatan. Keeratan tersebut dicerminkan dari nilai korelasi yang semakin tinggi di antara nilai 0 sampai dengan 1. Tanda positif menunjukkan hubungan dua variabel searah sedangkan tanda negatif menunjukkan hubungan kedua variabel berlawanan. Hasil analisis korelasi antar parameter ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil analisis korelasi antar parameter pengamatan

Parameter	TT	JD	JBu	JB	BB	% TS
JD	0,863**					
JBu	0,748**	0,822**				
JB	0,783**	0,826**	0,930**			
BB	0,690*	0,706*	0,919**	0,969**		
% TS	-0,246	-0,106	-0,162	-0,401	-0,484	
JP	0,469	0,584	0,149	0,121	-0,075	0,303

Keterangan :

\* : berkorelasi nyata

\*\* : berkorelasi sangat nyata

TT : Tinggi tanaman

JD : Jumlah daun

JBu : Jumlah bunga

JB : Jumlah buah

BB : Bobot buah

% TS : Persentase tanaman sakit

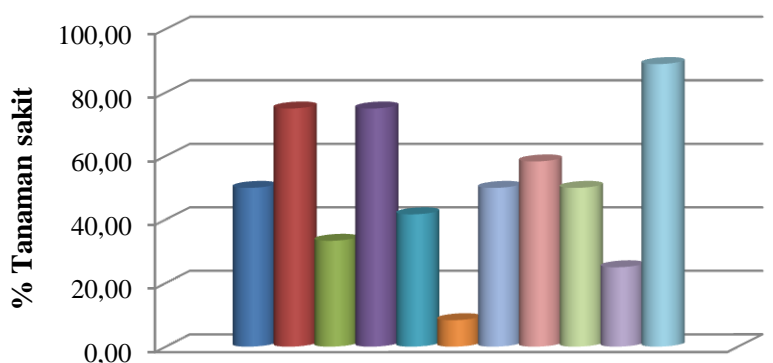
JP : Jumlah populasi *Ralstonia solanacearum*

Berdasarkan hasil analisis korelasi antar parameter pengamatan terdapat korelasi positif dan korelasi negatif. Parameter tinggi tanaman berkorelasi positif dengan parameter jumlah daun, jumlah bunga, jumlah buah, bobot buah dan jumlah populasi *Ralstonia solanacearum*. Diantara parameter yang berkorelasi positif dengan tinggi tanaman, hasil korelasi dengan jumlah daun memiliki nilai paling tinggi yaitu 0,863. Besarnya nilai korelasi menunjukkan bahwa kedua parameter memiliki hubungan yang erat, artinya peningkatan tinggi tanaman akan diikuti oleh peningkatan jumlah daun tanaman tomat. Analisis korelasi persentase tanaman sakit dengan seluruh parameter pengamatan kecuali

jumlah populasi bakteri *Ralstonia solanacearum* menunjukkan korelasi negatif, artinya semakin tinggi tingkat serangan penyakit layu bakteri dapat menyebabkan penurunan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah bunga, jumlah buah, dan bobot buah tomat. Nilai korelasi antara persentase tanaman sakit dengan jumlah populasi *Ralstonia solanacearum* menunjukkan nilai korelasi positif namun nilainya sangat rendah yaitu 0,303. Hal tersebut menunjukkan hubungan kedua parameter tersebut searah namun tidak terlalu erat.

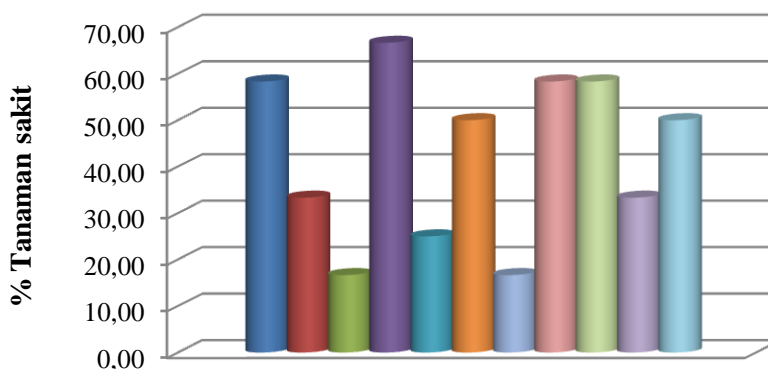
### 1.9 Persentase Serangan Penyakit Lain

Tanaman tomat juga mengalami gejala kerusakan akibat serangan penyakit lain. Gejala penyakit lain yang muncul diantaranya disebabkan oleh virus dan jamur. Persentase tanaman yang terserang virus dan jamur ditampilkan pada Gambar 8.



**Virus**

(a)



**Jamur**

(b)

■ B0 ■ B1 ■ B2 ■ B3 ■ B4 ■ B5 ■ B6 ■ B7 ■ B8 ■ B9 ■ B10

Gambar 8. Grafik persentase serangan (a) virus dan (b) jamur



Grafik persentase serangan virus (Gambar 8a) menunjukkan bahwa, ekstrak kubis interval 9 hari (B10) mengalami kerusakan paling parah dengan persentase kerusakan sebesar 83,33%. Persentase kerusakan paling ringan terdapat pada tanaman yang diberi ekstrak daun sirih interval 3 hari (B5) sebesar 8,33 %. Pada grafik persentase serangan jamur (Gambar 8b) menunjukkan tingkat serangan jamur pada tanaman yang diberi perlakuan agens hayati interval 6 hari (B3) mengalami tingkat kerusakan paling parah dibanding perlakuan lainnya yaitu sebesar 66,67 %. Tingkat serangan jamur paling rendah terdapat pada perlakuan agens hayati interval 3 hari dan ekstrak daun sirih interval 6 hari, yaitu sebesar 16,67 %. Meskipun pengendalian tidak ditujukan untuk mengendalikan serangan virus dan jamur, namun pengendalian alternatif tersebut secara tidak langsung juga berpengaruh terhadap ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit lain baik yang disebabkan virus maupun jamur.

Infeksi virus muncul lebih awal dibanding infeksi bakteri dan jamur. Beberapa tanaman mulai terinfeksi virus pada umur 7 hst. Infeksi virus pada tanaman menyebabkan tanaman mengalami gejala daun berwarna hijau kekuningan atau mosaik (Gambar 9a), keriting, daun menggulung dan terhambat (Gambar 9b). Tanaman tidak dapat tumbuh dan berkembang secara normal atau kerdil dan beberapa tanaman tidak dapat berbuah. Gejala penyakit ini diduga disebabkan oleh serangan penyakit virus Gemini yang menyebabkan virus kuning.

Gejala penyakit lain yang diduga disebabkan oleh jamur yaitu bercak daun. Terdapat dua gejala berbeda yang muncul yaitu bercak kecil berwarna kecolatan pada daun tua hingga menyebabkan tanaman layu dan mati gejala tersebut diduga disebabkan oleh infeksi jamur *Alternaria solani* (Gambar 9c). Gejala bercak daun lain yang muncul yaitu terdapat pada ujung daun kemudian menyebar keseluruhan bagian daun sehingga daun berwarna kuning hingga kecoklatan, gejala tersebut diduga akibat infeksi jamur *Phytophthora infestans* (Gambar 9d).



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 9. Gejala serangan penyakit akibat virus dan jamur (a) daun berwarna mosaik, (b) daun menebal, menggulung, dan tanaman kerdil (c) gejala bercak daun *Alternaria solani*, (d) gejala bercak daun *Phytophthora infestans*

## 2. Pembahasan

### 2.1 Variabel Pertumbuhan Tanaman Tomat

Pengamatan terhadap faktor pertumbuhan tanaman antara lain dilakukan dengan mengamati tinggi tanaman dan jumlah daun. Secara umum, tinggi tanaman mengalami peningkatan pada umur 7 sampai dengan 35 hst, namun berdasarkan hasil analisis ragam pada umur 7 dan 35 hst perlakuan tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman. Pertumbuhan pada umur 7 hst belum dipengaruhi oleh perlakuan pestisida alternatif karena pada fase tersebut belum



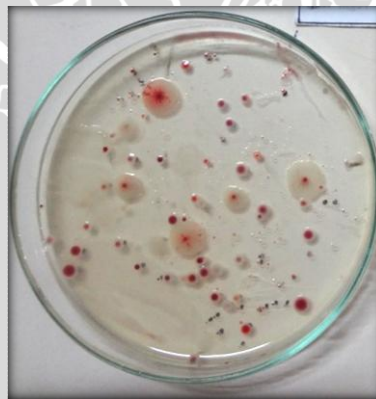
dilakukan aplikasi perlakuan. Pada saat tanaman berumur 35 hst perlakuan juga tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman karena pada fase tersebut tanaman mulai memasuki fase generatif sehingga unsur hara yang diserap oleh tanaman tidak lagi digunakan dalam proses pertumbuhan vegetatif melainkan digunakan untuk pertumbuhan generatif. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Arsensi (2012) menyatakan bahwa semakin bertambah umur tanaman, maka penambahan perkembangan tanaman akan mengalami penghentian seiring dengan perubahan dari masa vegetatif ke masa generatif, hal ini biasa terjadi karena unsur hara yang tersedia di dalam tanah dimanfaatkan untuk pembentukan bunga dan buah.

Aplikasi pestisida alternatif dan interval aplikasi berpengaruh terhadap variabel tinggi tanaman pada umur 14, 21, dan 28 hst (Tabel 1). Indikator pertumbuhan tanaman juga diamati dari jumlah daun yang terdapat dalam setiap tanaman. Perlakuan pestisida alternatif dan interval aplikasi berpengaruh terhadap jumlah daun tanaman tomat pada umur 14 sampai dengan 35 hst (Tabel 2). Pemberian ekstrak daun sirih interval 3 hari terbukti paling baik dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat. Tanaman memerlukan nutrisi untuk melakukan proses pertumbuhan. Nutrisi yang diperlukan oleh tanaman dihasilkan melalui proses fotosintesis yang terjadi di dalam daun yang mengandung klorofil. Proses fotosintesis memerlukan unsur hara dan air yang diserap melalui akar. Gangguan yang terjadi pada akar dapat menyebabkan unsur hara tidak diserap secara optimal oleh tanaman. Gangguan pada akar satu diantaranya disebabkan oleh aktifitas patogen tular tanah yang menghambat proses translokasi unsur hara dan air menuju ke daun.

Aktivitas patogen tular tanah dapat dihambat satu diantaranya dengan memanfaatkan pestisida nabati. Bahan nabati dapat menghasilkan metabolit sekunder yang berfungsi sebagai senyawa antibakteri alami untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit. Bahan nabati juga berperan dalam meningkatkan ketahanan sistemik tanaman dari serangan penyakit. Kardinan dan Ruhayat (2002, dalam Arsensi., 2012), menyatakan bahwa daun sirih mengandung minyak atsiri 0,8-1,8 % yang terdiri atas senyawa fenol (chavikol) berfungsi sebagai senyawa antibakteri yang mampu menghambat perkembangan patogen. Senyawa fenol yang dihasilkan oleh daun sirih menghambat

perkembangan bakteri selama masa inkubasi dengan cara membentuk zona hambatan di sekitar koloni bakteri (Paath, 2005). Daun sirih juga mampu menurunkan tingkat virulensi *Ralstonia solanacearum* menjadi koloni non-virulen, sehingga koloni yang muncul tidak menyebabkan gejala kerusakan pada tanaman.

Hal ini dibuktikan dengan hasil pengamatan populasi bakteri *Ralstonia solanacearum* pada saat 72 hsi, meskipun jumlah populasi bakteri tinggi, namun koloni tersebut merupakan koloni bakteri non-virulen sehingga tidak menimbulkan gejala kerusakan pada tanaman. Gunawan (2006) menyatakan ciri koloni bakteri *Ralstonia solanacearum* non-virulen yaitu koloni berwarna merah tua, tidak berlendir, berbetuk bulat, dan elevasi agak menonjol seperti yang terlihat pada Gambar 10. Kelemahan ekstrak daun sirih yang diberikan dalam bentuk cair bersifat lebih mudah terurai dan mudah menguap melalui proses transpirasi dibandingkan dengan seresah daun yang ditanamkan di dalam tanah, agar kandungan ekstrak daun sirih dapat diserap secara optimal oleh tanaman maka aplikasi dilakukan dengan jarak interval yang tepat yaitu tiga hari sekali.



Gambar 11. Koloni *Ralstonia solanacearum* non-virulens pada cawan petri  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

## 2.2 Variabel Produksi Tanaman Tomat

Hasil analisis ragam terhadap variabel jumlah bunga, jumlah buah, dan bobot buah menunjukkan hasil yang berbeda dengan hasil analisis variabel pertumbuhan. Aplikasi agens hayati interval 3 hari dapat meningkatkan pertumbuhan bunga hingga menghasilkan jumlah buah paling banyak diantara perlakuan lain. Bobot buah tanaman yang diberi perlakuan agens hayati interval 3 hari cenderung lebih seragam dibanding bobot buah perlakuan lain yang lebih



bervariasi. Larutan agens hayati yang digunakan sebagai pestisida alternatif mengandung beberapa jenis mikroorganisme yaitu *Streptomyces* sp., bakteri *Pseudomonas fluorescens*, dan jamur *Trichoderma viride*. Secara umum, agens hayati memiliki mekanisme penghambatan terhadap patogen dengan cara menghasilkan senyawa antibiotik, kompetisi terhadap nutrisi, maupun parasitisme langsung terhadap patogen.

Beberapa jenis mikroorganisme dapat berperan sebagai PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) satu diantaranya ialah *Pseudomonas fluorescens*. Berdasarkan sebuah hasil penelitian *Pseudomonas fluorescens* dapat meningkatkan hasil panen dan perpanjangan akar pada tanaman tomat (Scippers, 1988 dalam Soesanto., 2004). Mikroorganisme lain yaitu *Streptomyces* sp. memiliki kemampuan untuk menghasilkan metabolit sekunder berupa antibiotik, toksin, enzim dan hormon. Hormon yang dihasilkan oleh *Streptomyces* sp. ialah hormon auksin IAA (*Indole-3-Acetic Acid*) yang berperan untuk menstimulasi pertumbuhan tanaman. Larutan tersebut juga terdapat jamur *Trichoderma viride* sebagai organisme pengurai, dapat pula berfungsi sebagai agen hayati dan stimulator pertumbuhan tanaman. Peran *Trichoderma viride* sebagai agens hayati yaitu dapat mengurangi munculnya gejala penyakit. Sedangkan sebagai dekomposer, *Trichoderma viride* berperan dalam penyediaan unsur hara agar cepat tersedia dan mudah diserap oleh tanaman.

### 2.3 Persentase Tanaman Sakit Layu Bakteri dan Penyakit Lain

Penggunaan agens hayati sebagai pestisida alternatif berpengaruh terhadap persentase tanaman yang terinfeksi layu bakteri (Tabel 6) dan populasi *Ralstonia solanacearum* yang terdapat di dalam tanah (Tabel 7). Persentase tanaman sakit paling rendah ditunjukkan oleh hasil perlakuan ekstrak daun sirih interval 3 hari dengan tingkat serangan 6,03 %. Perlakuan agens hayati interval 9 hari mampu menekan perkembangan populasi *Ralstonia solanacearum* yang terdapat di dalam tanah dengan jumlah koloni  $0,74 \times 10^6$  cfu g<sup>-1</sup>. Dalam hal ini, agens hayati bekerja mensekresikan antibiotik, siderofor, dan metabolit sekunder atau ekszim yang bersifat menghambat aktivitas bakteri patogen di dalam tanah. *Streptomyces* sp. dapat memproduksi senyawa antibiotik streptomycin yang berfungsi untuk mendegradasi dinding sel *Ralstonia solanacearum* dan

menghambat sintesis asam nukleat dan protein dalam proses metabolisme bakteri (Ulya, 2009). *Pseudomonas fluorescens* memiliki kemampuan untuk menghasilkan senyawa Pyoverdin yang dapat mengikat dan mengangkut Fe sehingga tidak tersedia bagi mikroorganisme patogen (Soesanto, 2004). Sedangkan, peran *Trichoderma viride* dalam mekanisme penghambatan patogen yaitu dengan cara menghasilkan enzim selulase yang dapat menghidrolisis ikatan kimia selulosa dan turunannya (Cook, 1991 dalam Hanudin dan Marwoto., 2012). Berbeda dengan perlakuan agens hayati lainnya, aplikasi agens hayati interval 6 hari tidak menunjukkan hasil yang baik terhadap seluruh variabel yang diamati. Hal ini terjadi karena tanaman pada perlakuan tersebut telah mengalami gangguan sejak awal pertumbuhan akibat terinfeksi patogen lain sebelum dilakukan aplikasi pengendalian dan inokulasi patogen *Ralstonia solanacearum*.

Gejala penyakit lain yang muncul pada tanaman tomat menyebabkan kerusakan tanaman semakin parah. Gejala penyakit diantaranya disebabkan oleh virus dan jamur. Gejala infeksi virus muncul lebih awal dibanding penyakit lain yaitu pada saat tanaman berumur 7 hst. Gejala ringan yang nampak pada tanaman yaitu daun muda menguning atau berwarna mosaik (gambar 9a), sedangkan gejala yang berat menyebabkan daun mengalami penebalan, berkerut, muncul beberapa tonjolan berwarna hijau tua dan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat atau kerdil (Gambar 9b). Alex (2012) menyatakan bahwa gejala seperti itu menandakan bahwa tanaman terserang virus kuning atau lebih dikenal dengan virus Gemini yang disebarkan oleh serangga vektor Aphid, Trips dan kutu kebul (*Bemisia tabaci*). Tanaman yang terinfeksi virus tidak menunjukkan hasil pertumbuhan yang baik, namun dengan upaya aplikasi pestisida alternatif setidaknya dapat membantu tanaman dalam meningkatkan ketahanan dan mengurangi penyebaran penyakit.

Berdasarkan hasil penelitian ini, penggunaan ekstrak daun sirih interval 3 hari menunjukkan tingkat serangan virus paling rendah diantara perlakuan lainnya. Persentase tanaman yang terserang virus pada tanaman yang diberi ekstrak daun sirih interval 3 hari yaitu sebesar 8,33 % (Gambar 8a). Hasil penelitian ini juga mengungkapkan bahwa ekstrak daun sirih berpotensi dalam menginduksi ketahanan tanaman tomat yang terserang virus Gemini. Setiap tanaman memiliki



sistem ketahanan untuk mempertahankan diri dari serangan patogen. Terdapat sistem ketahanan yang terdapat di dalam tubuh tanaman yaitu SAR (*Systemic Acquired Resistance*) diterjemahkan menjadi ketahanan sistemik terinduksi (Oka, 2002 dalam Duriat., 2008). Usaha untuk memperoleh SAR disebut sebagai imunisasi tanaman. Ketahanan sistemik terinduksi yang dimiliki oleh tanaman dapat dipicu oleh aktifitas mikroorganisme non-patogen, bahan organik, maupun bahan kimia yang dapat mengaktifkan gen pertahanan tanaman (*plant activator*) (Duriat, 2008).

Ketika tanaman terinfeksi virus akan menghasilkan asam salisilat yang berfungsi sebagai sinyal transduksi yang dapat mengaktifkan sistem ketahanan tanaman (Murphy *dkk.*, 2001). Asam salisilat berperan sebagai penghambat pergerakan sistemik virus secara tidak langsung melalui pembuluh tanaman inang, sehingga menunda gejala penyakit. Meningkatnya kandungan asam salisilat dapat memicu terekspresinya gen ketahanan yang berpengaruh terhadap penyebaran virus pada jaringan yang terinfeksi. Selain menginduksi ketahanan tanaman, bahan nabati juga berfungsi untuk menghalau serangga vektor yang menyebarkan virus. Pada penelitian ini virus yang terdapat pada tanaman tomat diduga disebarkan oleh serangga Aphid dan kutu kebul (*Bemisia tabaci*). Penggunaan ekstrak bahan nabati akan mengendalikan aktifitas serangga hama maupun vektor penyakit dengan cara menimbulkan rasa yang menyengat pada mustard, bau spesifik sehingga tanaman inang tidak disukai oleh serangga vektor.

Gejala penyakit lain yang disebabkan oleh infeksi jamur juga nampak pada tanaman tomat diantaranya bercak kecil berwarna coklat dan bercak coklat pada ujung daun kemudian menyebar keseluruh bagian sehingga daun berwarna kuning kecoklatan. Gejala bercak kecil berwarna daun pada tingkat serangan yang berat dapat menyebabkan tanaman layu dan mati, gejala penyakit tersebut diduga disebabkan oleh infeksi jamur *Alternaria solani* (Gambar 9c). Gejala tersebut sama dengan yang dijelaskan oleh Winarni (1984) bahwa gejala penyakit *Alternaria solani* pada tanaman tomat muncul pada daun tua berupa bercak kecil, bentuk tidak beraturan, berwarna coklat gelap, apabila bercak muncul dalam jumlah banyak maka daun tampak berwarna kuning, kemudian layu dan gugur. Gejala bercak daun lainnya diduga disebabkan oleh infeksi jamur *Phytophthora*

*infestans* (Gambar 9d). Gejala penyakit busuk daun terjadi pada daun tua berupa bercak coklat sampai hitam yang muncul pada ujung daun, tangkai daun, dan batang. Pada keadaan lembab bercak daun dapat berkembang dengan cepat sehingga daun lainnya mengalami perubahan warna menjadi berwarna kuning pucat bercampur dengan warna hijau normal (Winarni, 1984).

Berdasarkan hasil penelitian ini, penggunaan agens hayati interval 3 hari dan ekstrak daun sirih interval 6 hari menunjukkan tingkat serangan jamur paling rendah diantara perlakuan lainnya dan perlakuan kontrol. Persentase tanaman yang terserang jamur kedua perlakuan tersebut menunjukkan hasil yang sama yaitu 16,67 % (Gambar 8b). Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian agens hayati dan ekstrak daun sirih sebagai pestisida alternatif juga dapat mengendalikan aktivitas jamur yang menginfeksi tanaman tomat. Agens hayati secara umum memiliki mekanisme penghambatan terhadap patogen melalui antibiotik yang dihasilkan, kompetisi nutrisi maupun aktifitas parasitisme secara langsung terhadap patogen. Bahan nabati mengandung senyawa kimia seperti minyak atsiri dan dapat berperan sebagai antibakteri dan antifungal (Sekarsari *dkk.*, 2013). Pada daun yang terinfeksi jamur mengandung spora yang mudah menyebar melalui angin maupun pergerakan saat melewati tanaman yang sakit. Jarak antar tanaman di dalam rumah kaca yang tidak terlalu lebar menyebabkan penyakit sangat mudah sekali menyebar ke tanaman yang sehat. Selain itu, kondisi udara di dalam rumah kaca juga mempengaruhi tingkat penyebaran spora jamur, dalam keadaan lembab dan kurangnya cahaya matahari akan memudahkan jamur untuk berkembang biak. Gejala penyakit layu bakteri dan bercak daun muncul disaat yang hampir bersamaan yaitu pada saat tanaman berumur 42 hst atau 28 hsi.



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Agens hayati berpotensi menekan persentase tanaman sakit akibat layu bakteri dan populasi *Ralstonia solanacearum* di dalam tanah.
2. Pestisida nabati ekstrak daun sirih interval 3 hari dapat membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat, sedangkan agens hayati interval 3 hari dapat meningkatkan produksi buah tomat hingga 1301,67 gram per tanaman.
3. Interval aplikasi agens hayati 3 hari berpotensi menekan persentase tanaman sakit akibat layu bakteri sebesar 6,03 %, sedangkan agens hayati interval 9 hari dapat menekan populasi bakteri *Ralstonia solanacearum* dengan jumlah koloni  $0,74 \times 10^6$  cfu  $g^{-1}$ .

### 2. Saran

1. Pestisida alternatif agens hayati dan bahan nabati sebaiknya diberikan pada saat awal tanam agar lebih optimal dalam membantu proses pertumbuhan dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen.
2. Pestisida alternatif perlu diberikan secara rutin dengan jarak aplikasi yang tidak terlalu jauh agar lebih efektif dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen.
3. Pestisida nabati ekstrak daun sirih juga berpotensi dalam mengendalikan serangan virus Gemini pada tanaman tomat, maka perlu dilakukan sebuah penelitian lanjutan untuk mengkaji pengaruh bahan nabati ekstrak daun sirih terhadap ketahanan tanaman tomat akibat infeksi virus Gemini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto. 2008. Kajian Keracunan Pestisida pada Petani Penyemprot Cabai di Desa Candi Kecamatan Bandungan Kabupaten Semarang. Thesis Universitas Diponegoro. Semarang.
- Alex. 2012. Usaha Tani Cabai. Pustaka Baru Press. Jogyakarta. 160 hal.
- Arsensi. 2012. Pengaruh Pemberian Ekstrak Daun Sirih Terhadap Penyebab Penyakit Bulai pada Tanaman Jagung Manis (*Zea mays L.Sacaracharata*). Ziraa'ah 33 (1) : 17-21.
- BPS. 2013. Produksi Sayuran di Indonesia Tahun 1997-2012. [online] [http://www.bps.go.id/tab\\_sub/view.php?kat=3&tabel=1&daftar=1&id\\_subyek=55&notab=70/Produksi Sayuran di Indonesia, 1997-2012](http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?kat=3&tabel=1&daftar=1&id_subyek=55&notab=70/Produksi Sayuran di Indonesia, 1997-2012). Diakses 24 Juni 2013.
- Ditjen Tanaman Pangan dan Hortikultura Direktorat Bina Perlindungan Tanaman. 1999. Pengenalan dan Pengendalian Penyakit Layu. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dan Hortikultura Direktorat Bina Perlindungan Tanaman. Jakarta.
- Duriat, A.S. 2008. Pengaruh Ekstrak Bahan Nabati dalam Menginduksi Ketahanan Tanaman Cabai terhadap Vektor dan Penyakit Kuning Keriting. J. Hort. 18 (4) : 446-456.
- Gamliel, A. and J.J. Stapleton. 1993. Characterisation of Antifungal Volatile Compounds Evolved from Solarised Soil Amended with Cabbage Residues. Phytopathology 83 : 899-905.
- Gunawan, O.S. 2006. Virulensi dan Ras *Rasltonia solaacearum* pada Pertanaman Kentang di Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Jurnal Hortikultura. 16 (3) : 211-218.
- Hanudin dan B. Marwoto. 2012. Pengendalian penyakit layu bakteri dan akar gada pada tomat dan caisim menggunakan *Pseudomonas fluorescens*. Jurnal Hortikultura. (13) : 58-66.
- Hanudin., W. Nuryani., E.S. Yusuf., dan B. Marwoto. 2011. Biopestisida Organik Berbahan Aktif *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* untuk Mengendalikan Penyakit Layu Fusarium pada Anyelir. J. Hort. 21 (2) : 152-163.
- Karavina, C. and R. Mandumbu. 2012. Biofumigation for Crop Protection: Potential for Adoption in Zimbabwe. Journal of Animal & Plant Sciences, 14 (3) : 1996-2005.

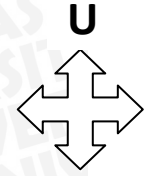


- Kartasapoetra, G. 2004. *Budidaya Tanaman Berkhasiat Obat*. Rineke Cipta. Jakarta. 135 hal.
- Keputusan Menteri Pertanian. 2005. Pelepasan Tomat Hibrida Lentana Sebagai Varietas Ungul. Lampiran KEPMENTAN No. 468/Kpts/SR.120/12/2005 tgl 26 Desember 2005.
- Kirkegaard, J.A., P.T.W. Wong., and J.M. Desmarchelier. 1996. *In vitro* suppression of Fungal Root Pathogens of Cereals by *Brassica* Tissues. *Plant Pathology*. 45 (3) : 593-603.
- Mey, L. 2009. *Trichoderma viride*, Sebagai Salah Satu Jamur Yang Menguntungkan[online].<http://mey46lovers.blogspot.com/2009/03/trichoderma-viride-sebagai-salah-satu.html>. Diakses tanggal 18 Desember 2012.
- Molina, L.F. and Vargas. 2013. Mechanism of Action of Isothiocyanates. A Review. *Agronomia Colombiana* 31 (1) : 68-75.
- Murphy, A.M., A. Gilliland., C.E. Wong., J. West., D.P. Shingh., and J.P. Carr. 2001. Signal Transduction in Resistance to Plant Viruses. *Euro.J.Plant Pathol.* 107 : 121-128.
- Nasrun., Christanti., T. Arwiyanto., dan I. Mariska. 2007. Karakteristik Fisiologis *Ralstonia solanacearum* Penyebab Penyakit Layu Bakteri Nilam. *Jurnal Litri* 13 (2) : 43-48.
- Novizan. 2002. *Membuat dan Memanfaatkan Pestisida Ramah Lingkungan*. Agromedia Pustaka. Jakarta. 192 hal.
- Paath, J.M. 2005. Pengendalian Penyakit Layu Bakteri Pada Tanaman Tomat Dengan Pestisida Nabati. *Eugenia* 11 (1) : 47-55.
- Purwanto dan B. Tjahjono. 2002. Pengamatan Penyakit Layu Bakteri Pada Tanaman Tomat di Greenhouse dan Pengujian Antagonis. 245-251. Dalam Prosiding Kongr. XVI dan Seminar Ilmiah Nasional PFI. Agustus 2011. Bogor.
- Rismunandar. 2001. *Tanaman Tomat. Sinar Baru Algensindo*. Bandung.
- Rosa, E.A.S., R.K. Heaney., G.R. Fenwick., and C.A.M. Portas. 1997. Glucosinolates in Crop Plants. *Hort. Rev.* 19 : 99- 215.
- Rubatzky, E. dan M. Yamaguchi. 1999. *Sayuran Dunia: Prinsip, Produksi, dan Gizi*, Jilid 3 (Diterjemahkan dari: *World Vegetables: Principles, Production, and Nutritive Values*, Penerjemah: C. Herison). Institut Teknologi Bandung. Bandung. 320 hal.

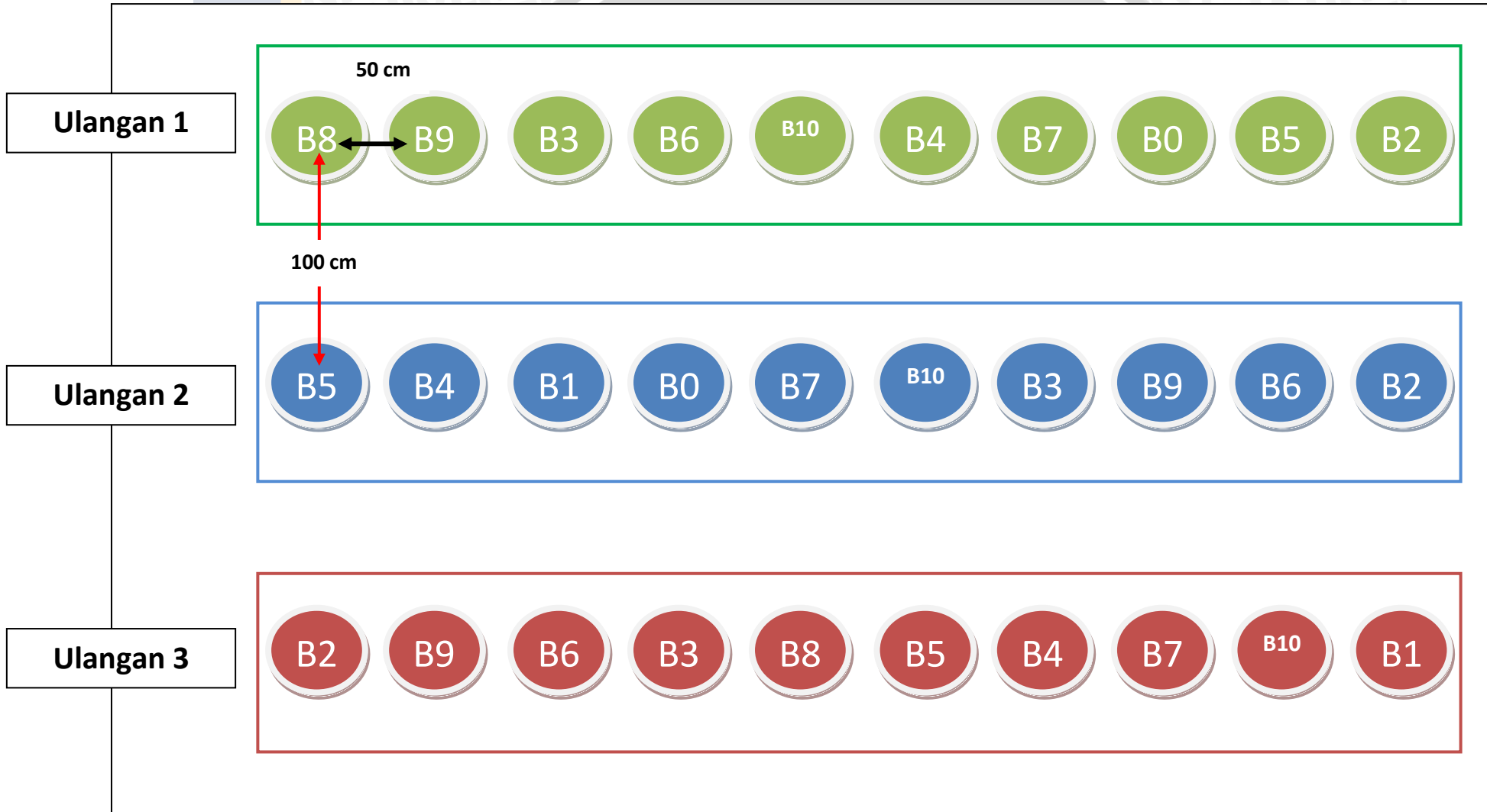
- Sastra, D. R. 2009. Masa Inkubasi Bakteri Patogenik *Ralstonia solanacearum* Ras 3 pada Beberapa Klon Kentang. Jurnal Agronomi 8 (1) : 63-67.
- Sekarsari, R.A., J. Prasetyo., dan T. Maryono. 2013. Pengaruh Beberapa Fungisida Nabati Terhadap Keterjadian Penyakit Bulai pada Jagung Manis (*Zea mays saccharata*). Agrotek Tropika. 1 (1) : 98-101.
- Shanmugaiah, V., N. Balasubramanian., S. Gomathinayagam., P.T. Manoharan., and A. Rajendran. 2009. Effect of single application of *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* on growth promotion in cotton plants. African Journal of Agricultural Research 4 (11) : 1220-1225.
- Soesanto, L. 2004. Kemampuan *Pseudomonas fluerecens* P60 Sebagai Agensia Pengendali Hayati Penyakit Busuk Batang Kacang Tanah In vivo. Eugenia 10 (1) : 8-17.
- Steenis, C.G.G.J. 1997. Flora. PT. Pradnya Paramita. Jakarta. 495 hal.
- Ulya, J. 2009. Kemampuan Penghambatan *Streptomyces spp.* Terhadap Mikroba Patogen Tular Tanah Pada Beberapa Kondisi Pertumbuhan [online].[http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/4626/Tinjauan%20Pustaka\\_2009j ul-3.pdf?sequence=9](http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/4626/Tinjauan%20Pustaka_2009j%20ul-3.pdf?sequence=9). Diakses 15 Oktober 2012.
- Wikipedia. 2012. Streptomyces [online]. <http://id.wikipedia.org/wiki/Streptomyces>. Diakses 4 Desember 2012.
- Winarni, S. 1984. Penamatan Penyakit pada Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) di Kecamatan Cisaat dan Kecamatan Sukabumi Kabupaten DATI II Sukabumi Provinsi Jawa Barat. Laporan Praktek Lapang, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wiriyanta, B.T.W. 2008. Bertanam Tomat. Agromedia Pustaka. Jakarta. 102 hal.
- Wyndra, K., R. Klaus., S. Sofyan., S. Alexander., K. Yuriy., W. Frank., and M. Athenasios. 1993. Structure of The O-Polysaccharide of *Xanthomonas casavae*. GSPB 2437. Carbohydrate Research. 339 (1) : 157-163.
- Yulianah, I. 2007. Studi Pewarisan Karakter Ketahanan Cabai (*Capsicum annum* L.) terhadap Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*). Thesis Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Yulianti, T. 2009. Biofumigan untuk Pengendalian Patogen Tular Tanah Penyebab Penyakit Tanaman yang Ramah Lingkungan. Pengembangan Inovasi Pertanian 3 (2) : 154-170.



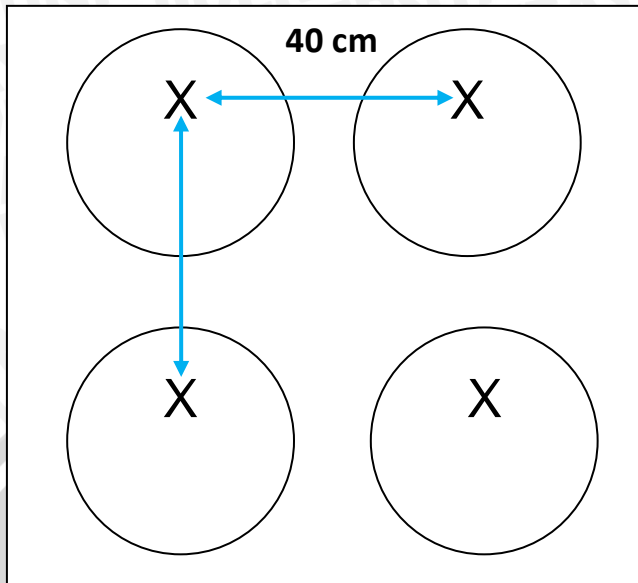
# Lampiran



Lampiran 1. Denah Percobaan



Lampiran 2. Denah Jarak Antar Tanaman dalam Satu Perlakuan



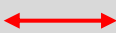
Keterangan :



: Perlakuan



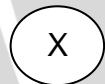
: Jarak antar perlakuan dalam satu ulangan (50 cm)



: Jarak antar ulangan (100 cm)



: Jarak antar tanaman dalam satu perlakuan (40 cm)



: Tanaman contoh



### Lampiran 3. Perhitungan

#### 1. Kebutuhan pupuk kandang ayam

Dosis anjuran pupuk kandang ayam : 10 ton  $\text{Ha}^{-1}$

Massa tanah per polybag : 6 kg = 6000 g

HLO per polybag :  $27,5 \cdot 10^8$  g

Kebutuhan pupuk per polybag :

$$= \frac{\text{Massa tanah}}{\text{HLO}} \times \text{dosis rekomendasi (Ha}^{-1}\text{)}$$

$$= \frac{6000 \text{ g}}{27,5 \cdot 10^8} \times 10.000.000 \text{ g}$$

$$= 22 \text{ g per polybag}$$

#### 2. Kebutuhan pupuk NPK (16:16:16)

Dosis anjuran pupuk NPK (16:16:16) : 250 kg  $\text{Ha}^{-1}$  untuk tanaman tomat

Massa tanah per polybag : 6 kg = 6000g

HLO per polybag :  $27,5 \cdot 10^8$  g

Kebutuhan pupuk per polybag :

$$= \frac{\text{Massa tanah}}{\text{HLO}} \times \text{dosis rekomendasi (Ha}^{-1}\text{)}$$

$$= \frac{6000 \text{ g}}{27,5 \cdot 10^8} \times 250.000 \text{ g}$$

$$= 0,5 \text{ g per polybag}$$

#### 3. Dosis anjuran pupuk Calsium CNO : 10 g per 10 liter air

Dosis aplikasi pada tanaman : 100 ml per polybag

#### 4. Kebutuhan suspensi agens hayati

Dosis Anjuran Aplikasi Agens Hayati : 1.500 liter  $\text{Ha}^{-1}$

Populasi Tanaman  $\text{Ha}^{-1}$  : 62.500 tanaman

Dosis Aplikasi per tanaman :

$$= \frac{\text{dosis anjuran Ha}^{-1}}{\text{populasi tanaman Ha}^{-1}}$$

$$= \frac{1.500 \text{ liter}}{62.500 \text{ tanaman}}$$

$$= 0,024 \text{ liter} = 24 \text{ ml}$$

#### 5. Kebutuhan Bahan Nabati

Pembuatan bahan nabati : 100 g bahan nabati per 1000 ml air

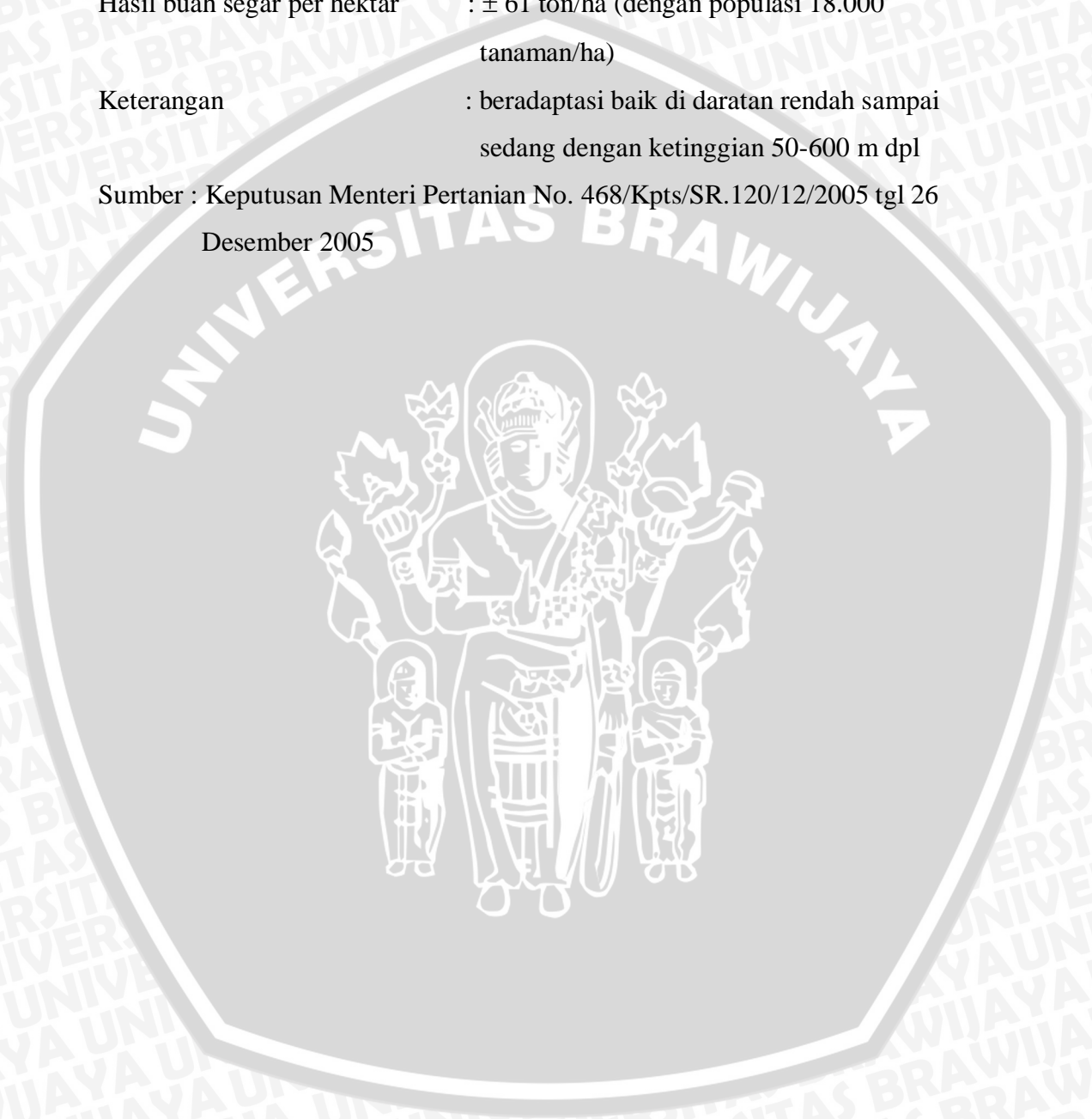
Dosis aplikasi ke tanaman : 100 ml per tanaman

#### Lampiran 4. Deskripsi Tomat Hibrida Varietas Lentana F1

Asal	: PT.East West Seed Indonesia
Silsilah	: 23173 (F) x 23173 (M)
Golongan Varietas	: hibrida sidang tunggal
Umur mulai berbunga	: $\pm$ 23 hari setelah tanam
Umur mulai panen	: $\pm$ 60 setelah tanam
Umur akhir panen	: $\pm$ 110 hari setelah tanam
Frekuensi panen	: 4 hari sekali
Tipe tumbuh	: determinate
Tinggi tanaman	: 105 cm
Diameter batang	: 1,5 cm
Tipe daun	: lebar, tidak bergerigi
Permukaan daun	: halus, lembut
Kedudukan daun	: datar menurun
Panjang tangkai daun	: $\pm$ 9 cm
Ukuran daun majemuk	: panjang $\pm$ 32cm, lebar 32 cm
Ukuran daun tunggal	: panjang $\pm$ 9 cm, lebar $\pm$ 6 cm
Warna daun	: hijau
Warna mahkota bunga	: kuning
Jumlah bunga per tandan	: 6 – 8 bunga
Jumlah tandan bunga	: 13 – 15 tandan
Jumlah buah per tandan	: 4 – 8 buah
Bentuk buah	: lonjong hati
Ukuran buah	: tinggi 5,8 cm; diameter $\pm$ 4,9 cm
Warna buah muda	: hijau keputihan
Warna pundak buah	: hijau keputihan
Warna buah tua	: merah
Tebal daging buah	: $\pm$ 6 mm
Jumlah rongga buah	: 2 – 3 rongga
Kekerasan buah	: keras
Tekstur daging buah	: agak renyah



- Rasa daging buah : manis-masam  
Berat per buah : 75 – 80 g  
Jumlah buah per tanaman : ±55 buah  
Berat 1000 biji : ± 2,4 g  
Hasil buah segar per hektar : ± 61 ton/ha (dengan populasi 18.000 tanaman/ha)  
Keterangan : beradaptasi baik di daratan rendah sampai sedang dengan ketinggian 50-600 m dpl  
Sumber : Keputusan Menteri Pertanian No. 468/Kpts/SR.120/12/2005 tgl 26 Desember 2005



## Lampiran 5. Hasil Analisis Sidik Ragam Tinggi Tanaman

- Tinggi tanaman 7 hst (KK = 9,24 %)

No.	SK	db	JK	KT	Fhit.		F tabel	
							5%	1%
1	Ulangan	2	361,32	180,66	79,46	**	3,49	5,85
2	Perlakuan	10	30,71	3,07	1,35	tn	2,35	3,37
3	Galat	20	45,47	2,27				
4	Total	32	437,50					

- Tinggi tanaman 14 hst (KK= 7,9 %)

No.	SK	db	JK	KT	Fhit.		F tabel	
							5%	1%
1	Ulangan	2	926,65	463,32	83,20	**	3,49	5,85
2	Perlakuan	10	219,41	21,94	3,94	**	2,35	3,37
3	Galat	20	111,38	5,57				
4	Total	32	1257,43					

- Tinggi tanaman 21 hst (KK= 7,79 %)

No.	SK	db	JK	KT	Fhit.		F tabel	
							5%	1%
1	Ulangan	2	1799,69	899,84	76,87	**	3,49	5,85
2	Perlakuan	10	323,21	32,32	2,76	*	2,35	3,37
3	Galat	20	234,11	11,71				
4	Total	32	2357,00					

- Tinggi tanaman 28 hst (KK = 11,37 %)

No.	SK	db	JK	KT	Fhit.		F tabel	
							5%	1%
1	Ulangan	2	1338,80	669,40	11,02	**	3,49	5,85
2	Perlakuan	10	1527,53	152,75	2,51	*	2,35	3,37
3	Galat	20	1215,03	60,75				
4	Total	32	4081,37					

- Tinggi tanaman 35 hst (KK= 14,01 %)

No.	SK	db	JK	KT	Fhit.		F tabel	
							5%	1%
1	Ulangan	2	578,84	289,42	1,98	tn	3,49	5,85
2	Perlakuan	10	1894,92	189,49	1,30	tn	2,35	3,37
3	Galat	20	2921,63	146,08				
4	Total	32	5395,39					



## Lampiran 6. Hasil Analisis Sidik Ragam Jumlah Daun

- Jumlah daun 7 hst (KK= 12,6 %)

No.	SK	db	JK	KT	Fhit.		F tabel	
							5%	1%
1	Ulangan	2	110,36	55,18	13,74	**	3,49	5,85
2	Perlakuan	10	62,06	6,21	1,55	tn	2,35	3,37
3	Galat	20	80,30	4,02				
4	Total	32	252,73					

- Jumlah daun 14 hst (KK= 7,13 %)

No.	SK	db	JK	KT	Fhit.		F tabel	
							5%	1%
1	Ulangan	2	1400,24	700,12	58,08	**	3,49	5,85
2	Perlakuan	10	324,00	32,40	2,69	*	2,35	3,37
3	Galat	20	241,09	12,05				
4	Total	32	1965,33					

- Jumlah daun 21 hst (KK= 6,87 %)

No.	SK	db	JK	KT	Fhit.		F tabel	
							5%	1%
1	Ulangan	2	1617,52	808,76	39,92	**	3,49	5,85
2	Perlakuan	10	569,58	56,96	2,81	*	2,35	3,37
3	Galat	20	405,15	20,26				
4	Total	32	2592,24					

- Jumlah daun 28 hst (KK= 8,11 %)

No.	SK	db	JK	KT	Fhit.		F tabel	
							5%	1%
1	Ulangan	2	1642,97	821,48	21,76	**	3,49	5,85
2	Perlakuan	10	1176,06	117,61	3,12	*	2,35	3,37
3	Galat	20	755,03	37,75				
4	Total	32	3574,06					

- Jumlah daun 35 hst (KK= 11,8 %)

No.	SK	db	JK	KT	Fhit.		F tabel	
							5%	1%
1	Ulangan	2	5396,91	2698,45	20,68	**	3,49	5,85
2	Perlakuan	10	3140,24	314,02	2,41	*	2,35	3,37
3	Galat	20	2609,76	130,49				
4	Total	32	11146,91					

## Lampiran 7. Hasil Analisis Sidik Ragam Jumlah Bunga

- Jumlah bunga 21 hst (KK= 64,32 %)

No.	SK	db	JK	KT	Fhit.		F tabel	
							5%	1%
1	Ulangan	2	7,70	3,85	7,02	**	3,49	5,85
2	Perlakuan	10	5,58	0,56	1,02	tn	2,35	3,37
3	Galat	20	10,97	0,55				
4	Total	32	24,24					

- Jumlah bunga 28 hst (KK= 31,46 %)

No.	SK	db	JK	KT	Fhit.		F tabel	
							5%	1%
1	Ulangan	2	259,88	129,94	5,86	**	3,49	5,85
2	Perlakuan	10	679,64	67,96	3,07	*	2,35	3,37
3	Galat	20	443,45	22,17				
4	Total	32	1382,97					

- Jumlah bunga 35 hst (KK= 21,36 %)

No.	SK	db	JK	KT	Fhit.		F tabel	
							5%	1%
1	Ulangan	2	565,88	282,94	7,34	**	3,49	5,85
2	Perlakuan	10	1243,21	124,32	3,23	*	2,35	3,37
3	Galat	20	770,79	38,54				
4	Total	32	2579,88					

- Jumlah bunga 42 hst (KK= 20,89 %)

No.	SK	db	JK	KT	Fhit.		F tabel	
							5%	1%
1	Ulangan	2	836,91	418,45	4,19	**	3,49	5,85
2	Perlakuan	10	4350,24	435,02	4,36	**	2,35	3,37
3	Galat	20	1995,76	99,79				
5	Total	32	7182,91					



**Lampiran 8. Hasil Analisis Sidik Ragam Jumlah Buah, Bobot Buah, Persentase Tanaman Sakit dan Populasi *Ralstonia solanacearum***

- Jumlah buah (KK=35,72%)

No.	SK	db	JK	KT	Fhit.		F tabel	
							5%	1%
1	Ulangan	2	884,36	442,18	1,97	tn	3.49	5.85
2	Perlakuan	10	6257,33	625,73	2,78	*	2.35	3.37
3	Galat	20	4500,30	225,02				
4	Total	32	11642,00					

- Bobot buah (KK= 46,36 %)

No.	SK	db	JK	KT	Fhit.		F tabel	
							5%	1%
1	Ulangan	2	367338,24	183669,12	1,26	tn	3.49	5.85
2	Perlakuan	10	7064730,91	706473,09	4,83	**	2.35	3.37
3	Galat	20	2923969,09	146198,45				
4	Total	32	10356038,24					

- Persentase tanaman sakit (KK= 35,41 %)

No.	SK	db	JK	KT	Fhit.		F tabel	
							5%	1%
1	Ulangan	2	2765,15	1382,58	2,43	tn	3,49	5,85
2	Perlakuan	10	18939,39	1893,94	3,32	*	2,35	3,37
3	Galat	20	11401,52	570,08				
4	Total	32	33106,06					

- Populasi bakteri *Ralstonia solanacearum* (KK= 41,29 %)

No.	SK	db	JK	KT	Fhit.		F tabel	
							5%	1%
1	Ulangan	1	3,82	3,82	7,41	*	4,96	10,04
2	Perlakuan	10	25,42	2,54	4,93	**	2,98	4,85
3	Galat	10	5,16	0,52				
4	Total	21	34,40					

Lampiran 9. Dokumentasi Hasil Panen Buah Tomat



Gambar 12. Buah tomat perlakuan kontrol tanpa inokulasi tanpa pengendalian (B0) pada berbagai ulangan



Gambar 13. Buah tomat hasil perlakuan kontrol inokulasi tanpa pengendalian (B1) pada berbagai ulangan



Gambar 14. Buah tomat hasil perlakuan agens hayati interval 3 hari (B2) pada berbagai ulangan



Gambar 15. Buah tomat hasil perlakuan agens hayati interval 6 hari (B3) pada berbagai ulangan



Lampiran 9. (Lanjutan)



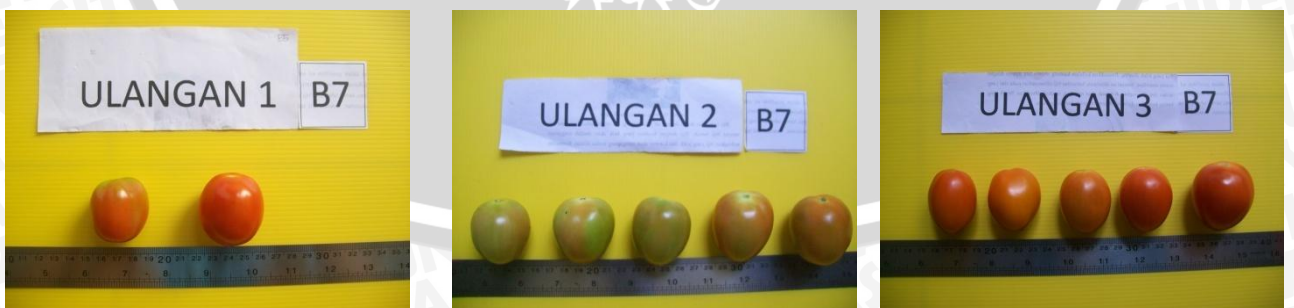
Gambar 16. Buah tomat hasil perlakuan agens hayati interval 9 hari (B4) pada berbagai ulangan



Gambar 17. Buah tomat hasil perlakuan ekstrak daun sirih interval 3 hari (B5) pada berbagai ulangan



Gambar 18. Buah tomat hasil perlakuan ekstrak daun sirih interval 6 hari (B6) pada berbagai ulangan



Gambar 19. Buah tomat hasil perlakuan ekstrak daun sirih interval 9 hari (B7) pada berbagai ulangan

Lampiran 9. (Lanjutan)



Gambar 20. Buah tomat hasil perlakuan ekstrak kubis interval 3 hari (B8) pada berbagai ulangan



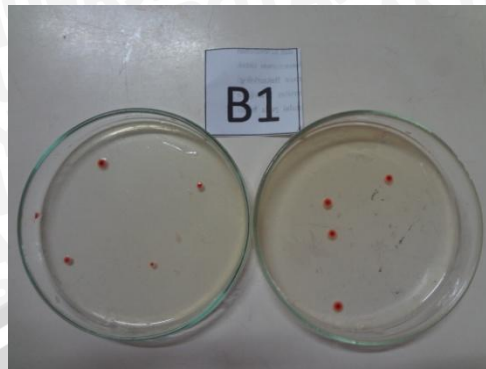
Gambar 21. Buah tomat hasil perlakuan ekstrak kubis interval 6 hari (B9) pada berbagai ulangan



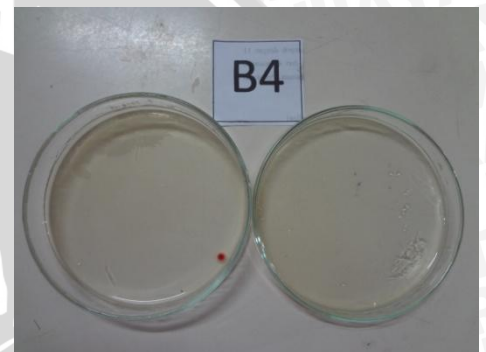
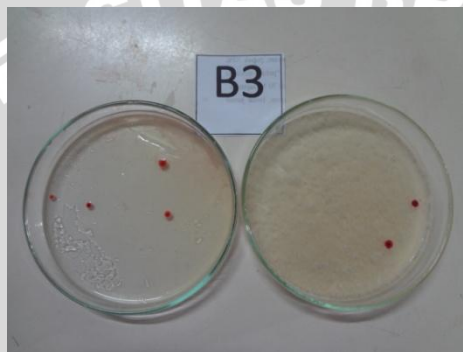
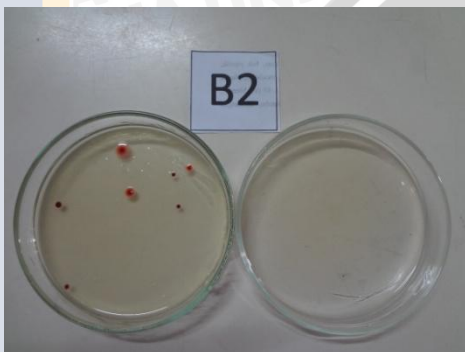
Gambar 22. Buah tomat hasil perlakuan ekstrak kubis interval 9 hari (B10) pada berbagai ulangan



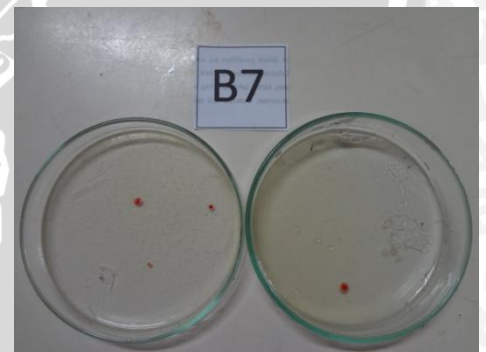
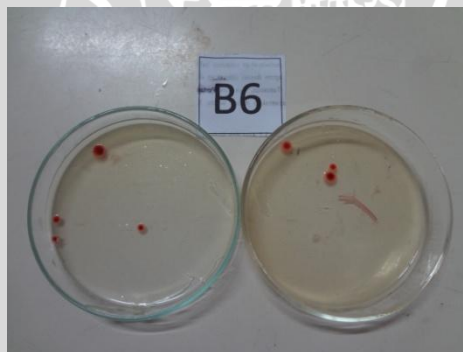
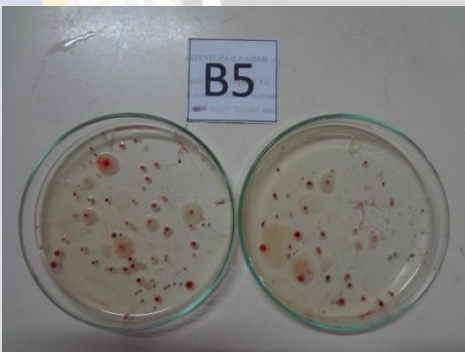
Lampiran 10. Dokumentasi Koloni *Ralstonia solanacearum* pada Cawan Petri



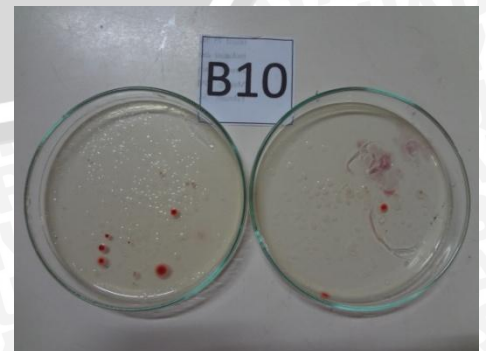
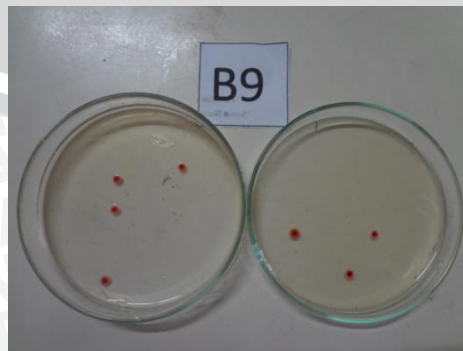
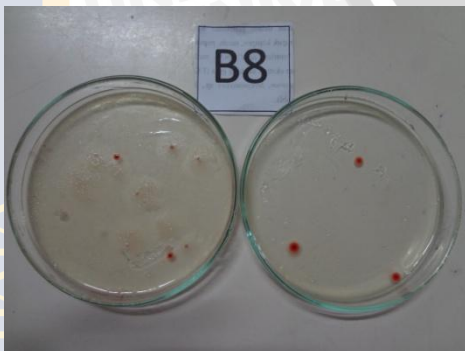
Gambar 23. Koloni *Ralstonia solanacearum* perlakuan kontrol inokulasi tanpa pengendalian (B1)



Gambar 24. Koloni *Ralstonia solanacearum* perlakuan agens hayati (B2: interval 3 hari, B3: 6 hari, B4: 9 hari)



Gambar 25. Koloni *Ralstonia solanacearum* perlakuan ekstrak daun sirih (B5: interval 3 hari, B6: 6 hari, B7: 9 hari)



Gambar 26. Koloni *Ralstonia solanacearum* perlakuan ekstrak kubis (B8: interval 3 hari, B9: 6 hari, B10: 9 hari)

