

**PENGARUH PEMBERIAN PUPUK FOSFAT DAN MIKORIZA  
TERHADAP INFEKSI *Turnip Mosaic Virus* (TuMV) PADA  
TANAMAN PAKCOY (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* (L.)  
Hanelt)**

Oleh  
**DEWINDA IKA WULANDARI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
MALANG  
2016**

**PENGARUH PEMBERIAN PUPUK FOSFAT DAN MIKORIZA  
TERHADAP INFEKSI *Turnip Mosaic Virus* (TuMV) PADA  
TANAMAN PAKCOY (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* (L.)  
Hanelt)**

**OLEH  
DEWINDA IKA WULANDARI**

**125040200111168**

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

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh**

**Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN  
MALANG  
2016**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Pengaruh Pemberian Pupuk Fosfat dan Mikoriza terhadap Infeksi *Turnip Mosaic Virus* (TuMV) pada Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* (L.) Hanelt)

Nama Mahasiswa : Dewinda Ika Wulandari

NIM : 125040200111168

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping II,

Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS.  
NIP. 19590705 198601 1 003

Fery Abdul Choliq, SP., MP., MSc.  
NIK. 201503 860523 1 001

Diketahui,  
Ketua Jurusan

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

Tanggal Persetujuan :

## LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

### MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Dr. Ir. Gatot Mudjiono  
NIP. 19520125 197903 1 001

Penguji II

Fery Abdul Choliq, SP., MP., MSc.  
NIK. 201503 860523 1 001

Penguji III

Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS.  
NIP. 19590705 198601 1003

Penguji IV

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

Tanggal Lulus :

## PERNYATAAN

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

Malang, Agustus 2016

Dewinda Ika Wulandari  
NIM. 125040200111168



## RINGKASAN

**DEWINDA IKA WULANDARI. 125040200111168. Pengaruh Pemberian Pupuk Fosfat dan Mikoriza terhadap Infeksi *Turnip Mosaic Virus* (TuMV) pada Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* (L.) Hanelt). Di bawah bimbingan Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS. sebagai Pembimbing Utama dan Fery Abdul Choliq, SP., MP., M.Sc. sebagai Pembimbing Pendamping.**

Pakcoy (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* (L.) Hanelt) merupakan sayuran yang memiliki potensi untuk terus dikembangkan dilihat dari aspek ekonomi dan bisnis. Gangguan pertumbuhan pada tanaman pakcoy dapat disebabkan oleh *Turnip Mosaic Virus* (TuMV) yang telah mengakibatkan gagal panen pada lahan budidaya caisim dengan persentase kejadian penyakit sebesar 100%. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan infeksi TuMV ialah melalui penyediaan unsur hara fosfor (P) bagi tanaman. Kebutuhan unsur P dapat dipenuhi dengan pemberian pupuk fosfat jenis SP-36 serta pemanfaatan mikroba pelarut P yaitu mikoriza. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi pupuk SP-36 dan mikoriza terhadap intensitas penyakit akibat TuMV, pertumbuhan, serta produksi tanaman pakcoy.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret–Juni 2016 di Rumah Kawat Universitas Widyagama Malang dan Laboratorium Penyakit Tumbuhan Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 9 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan yang digunakan berupa pemberian pupuk SP-36 dan mikoriza secara tunggal, serta kombinasi keduanya. Data dianalisis dengan uji F taraf 5% dan apabila terdapat pengaruh nyata dilanjutkan dengan uji DMRT taraf 5%.

Infeksi TuMV pada tanaman pakcoy ditandai dengan gejala mosaik dan klorosis, serta diikuti gejala melepuh, *vein clearing*, dan *vein banding* pada daun. Masa inkubasi TuMV pada tanaman pakcoy berkisar selama 6,33-9,00 HSI, namun keseluruhan perlakuan menunjukkan pengaruh yang sama dengan kontrol terhadap masa inkubasi. Pemberian pupuk SP-36 dan mikoriza memberikan pengaruh terhadap intensitas penyakit akibat infeksi TuMV. Pemberian pupuk SP-36 secara tunggal dengan dosis 200 kg/ha mampu menurunkan infeksi TuMV dengan rerata intensitas penyakit sebesar 14,81% dibandingkan dengan kontrol yang menunjukkan rerata intensitas penyakit sebesar 32,84%. Tidak adanya pengaruh dari inokulasi mikoriza dipengaruhi oleh rendahnya infeksi mikoriza pada akar tanaman pakcoy yang memiliki kisaran persentase 1,33-21,33%. Pemberian mikoriza dan pupuk SP-36 baik tunggal maupun kombinasinya belum dapat meningkatkan tinggi tanaman, luas daun, dan bobot basah tanaman yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol.

## SUMMARY

**DEWINDA IKA WULANDARI. 125040200111168. The Influence of Phosphate Fertilizer and Mycorrhizal Toward *Turnip Mosaic Virus* (TuMV) Infection on Pak Choi Plant (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* (L.) Hanelt). Supervised by Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS. and Fery Abdul Choliq, SP., MP., MSc.**

---

Pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* (L.) Hanelt) is a kind of vegetables that has potential to be developed as seen from the economic and business aspect. The growth disorder on Pak Choi can be caused by *Turnip Mosaic Virus* (TuMV) which has caused the lost crops on the caisim cultivation areas with the percentage of infection amount of 100%. One of the ways that can be done to decrease the infection of TuMV is through the provision of phosphorus nutrient (P) for plants. The needs of phosphorus nutrient can be filled by the provision of SP-36 phosphate fertilizer and the usage of mychorriza. The purpose of this research was to know the influence of combination SP-36 phosphate fertilizer and mycorrhiza toward TuMV infection, growth, and pak choi production.

This research was conducted on March until June, 2016 in the Screen House in University of Widyagama Malang and in the Laboratory of Plant Pathology, Department of Pest and Plant Disease, Faculty of Agriculture, University of Brawijaya. This research used the provision of Complete Randomized Design with 9 treatments and 3 replications. The treatments which were used were the provision of SP-36 phosphate fertilizer, the provision of mycorrhiza singularly, and also the combination of those treatments. The data were analyzed by F test on the scale of 5%, and if it showed significant differences, it would be continued with the DMRT test on the scale of 5%.

The infection of TuMV on pakcoy were marked by the mosaic and clorotic symptoms. It was also marked by the blister symptom, vein clearing, and vein banding on the leaves. The TuMV incubation was about 6,33-9,00 days after inoculation, but the whole treatments did not show the different influence than control on incubation. The provision of SP-36 phosphate fertilizer and mycorrhiza affected the intensity of TuMV infection. The provision of SP-36 fertilizer singularly with the dosage of 200 kg/ha could decrease the infection of TuMV with the average of infection intensity amount of 14.81% compared with the control which showed the average of infection intensity amount of 32.84%. The absence of influence on mychorriza inoculation was affected by the low of mycorrhiza infection on the root of pak choi which had infection on the average around 1.33-21.33%. At last, the provision of mycorrhiza and SP-36 fertilizer either as singular or combination could not increase the height of the plant, the width of the plant, and the wet weight of the plant better than control.

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tulungagung pada tanggal 8 Januari 1994 dari pasangan bapak Parlan dan ibu Eni Lestari. Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri Pinggirsari 03, Kecamatan Ngantru pada tahun 2000 sampai tahun 2006. Pendidikan sekolah menengah pertama diselesaikan penulis di SMP Negeri 1 Tulungagung pada tahun 2009, dan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Kedungwaru pada tahun 2012. Pada tahun 2012, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata 1 Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya melalui SNMPTN tulis.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Genetika Tanaman, Dasar Budidaya Tanaman, dan Statistika pada tahun 2014, serta Ekologi Pertanian pada tahun 2015. Penulis pernah aktif dalam Himpunan Mahasiswa Perlindungan Tanaman (HIMAPTA) sebagai Ketua Departemen Administrasi dan Kesekretariatan (ADKES) pada periode 2015-2016. Penulis juga pernah aktif dalam kepanitiaan tingkat fakultas meliputi kepanitiaan INAUGURASI 2012 sebagai bendahara pelaksana III, ARTHROPODA 2014 sebagai divisi acara, Kreasi Ilmiah 2014 sebagai sekretaris pelaksana, EKSPEDISI 2015 sebagai koordinator divisi acara, PROTEKSI 2015 sebagai sekretaris pelaksana I, dan ARTHROPODA 2015 sebagai panitia pengarah. Penulis juga pernah melaksanakan magang kerja di PT. BASF Indonesia wilayah kerja Malang pada tahun 2015.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Pemberian Pupuk Fosfat dan Mikoriza terhadap Infeksi *Turnip Mosaic Virus* (TuMV) pada Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* (L.) Hanelt)”.

Dalam pembuatan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS., Fery Abdul Choliq, SP., MP., M.Sc., dan M. Akhid Syib'li, SP. MP. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, bimbingan, arahan, dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
2. Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. selaku Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya atas arahan dan fasilitas yang diberikan kepada penulis.
3. Kedua orang tua, adik, dan keluarga tercinta atas doa, kasih sayang, pengertian, motivasi, dan dukungan yang diberikan kepada penulis.
4. Rekan-rekan Veteran Dalam 7B, HIMAPTA, BASF Internship, Sublab Virologi, dan HPT angkatan 2012 atas doa, semangat, dan dukungan yang diberikan kepada penulis.

Penulis berharap semoga hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak, dan memberikan sumbangan pemikiran bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Malang, Agustus 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

RINGKASAN .....	i
SUMMARY .....	ii
RIWAYAT HIDUP .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Hipotesis .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Tanaman Pakcoy .....	4
2.1.1 Deskripsi dan Klasifikasi Tanaman Pakcoy .....	4
2.1.2 Morfologi Tanaman Pakcoy .....	4
2.1.3 Syarat Tumbuh Tanaman Pakcoy .....	5
2.2 <i>Turnip Mosaic Virus</i> (TuMV) .....	5
2.2.1 Morfologi TuMV .....	5
2.2.2 Mekanisme Infeksi TuMV pada Tanaman .....	6
2.2.3 Penularan TuMV .....	7
2.2.4 Tanaman Inang TuMV .....	8
2.2.5 Gejala Infeksi TuMV .....	8
2.3 Fosfor (P) .....	9
2.3.1 Peranan P terhadap Pertumbuhan Tanaman .....	9
2.3.2 Peranan P terhadap Infeksi Virus .....	10
2.4 Mikoriza .....	10
2.4.1 Jenis Mikoriza .....	10
2.4.2 Infeksi dan Prinsip Kerja Mikoriza .....	11
2.4.3 Peranan Mikoriza terhadap Infeksi Virus .....	13
<b>III. METODOLOGI .....</b>	<b>15</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	15
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	15
3.2.1 Alat Penelitian .....	15
3.2.2 Bahan Penelitian .....	15
3.3 Rancangan Penelitian .....	15
3.4 Metode Penelitian .....	16
3.4.1 Persiapan Penelitian .....	16
3.4.2 Pelaksanaan Penelitian .....	17

3.5 Variabel Pengamatan.....	18
3.6 Analisis Data.....	21
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>22</b>
4.1 Pengaruh Pupuk SP-36 dan Mikoriza terhadap Infeksi TuMV .....	22
4.1.1 Gejala TuMV pada Tanaman Indikator .....	22
4.1.2 Masa Inkubasi dan Gejala TuMV pada Tanaman Pakcoy .....	23
4.1.3 Intensitas Penyakit TuMV pada Tanaman Pakcoy .....	25
4.2 Pengaruh Mikoriza dan Pupuk SP-36 terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Pakcoy.....	31
4.2.1 Tinggi Tanaman dan Luas Daun.....	31
4.2.2 Bobot Basah Tanaman Pakcoy .....	33
4.3 Pembahasan Umum .....	34
<b>V. PENUTUP.....</b>	<b>37</b>
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran .....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>38</b>



**DAFTAR TABEL**

Nomor	Teks	Halaman
1.	Perlakuan Pemberian Pupuk SP-36 dan Mikoriza .....	15
2.	Penilaian Skor Daun Tanaman Sakit Berdasarkan Gejala Mosaik .....	19
3.	Pengaruh Pupuk SP-36 dan Mikoriza terhadap Rerata Masa Inkubasi TuMV pada Tanaman Pakcoy.....	23
4.	Pengaruh Pupuk SP-36 dan Mikoriza terhadap Intensitas Penyakit TuMV pada 22 Hari Setelah Inokulasi .....	26
5.	Pengaruh Pupuk SP-36 dan Mikoriza terhadap Kerapatan Spora Mikoriza .....	28
6.	Pengaruh Pupuk SP-36 dan Mikoriza terhadap Persentase Infeksi Mikoriza.....	30
7.	Pengaruh Pupuk SP-36 dan Mikoriza terhadap Tinggi Tanaman Pakcoy .31	
8.	Pengaruh Pupuk SP-36 dan Mikoriza terhadap Luas Daun Tanaman Pakcoy.....	32
9.	Pengaruh Pupuk SP-36 dan Mikoriza terhadap Bobot Basah Tanaman Pakcoy.....	33

Nomor	Lampiran	Halaman
1.	Hasil Analisis Ragam Masa Inkubasi TuMV pada Tanaman Pakcoy .....	43
2.	Hasil Analisis Ragam Intensitas Penyakit TuMV pada Tanaman Pakcoy 22 Hari Setelah Inokulasi.....	43
3.	Hasil Analisis Ragam Jumlah Spora Mikoriza pada Tanaman Pakcoy .....	43
4.	Hasil Analisis Ragam Persentase Infeksi Mikoriza pada Akar Tanaman Pakcoy.....	43
5.	Hasil Analisis Ragam Tinggi Tanaman Pakcoy.....	43
6.	Hasil Analisis Ragam Luas Daun pada Tanaman Pakcoy .....	44
7.	Hasil Analisis Ragam Bobot Basah Tanaman Pakcoy.....	44



## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Partikel Virus TuMV.....	6
2.	Variasi Gejala TuMV pada Tanaman Caisim.....	8
3.	Infeksi VAM dalam Jaringan Akar Tanaman.....	12
4.	Gejala TuMV pada Tanaman Indikator.....	22
5.	Variasi Gejala Infeksi TuMV pada Tanaman Pakcoy.....	25
6.	Spora Mikoriza dalam Jaringan Akar Tanaman Pakcoy.....	29

Nomor	Lampiran	Halaman
1.	Denah Penelitian.....	45
2.	Dokumentasi Hasil Analisis Kimia Media Tanam.....	46
3.	Dokumentasi Hasil Analisis Berat Isi Media Tanam.....	47



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pakcoy (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* (L.) Hanelt) merupakan tanaman sayuran golongan *Brassica* sp. yang sering dibudidayakan dan memiliki potensi untuk terus dikembangkan (Sa'idah *et al.*, 2013). Dilihat dari aspek ekonomi dan bisnis, tanaman pakcoy layak diusahakan untuk memenuhi permintaan konsumen yang semakin meningkat (Dahlan, 2015). Gangguan pertumbuhan dalam proses budidaya tanaman pakcoy dapat disebabkan oleh faktor biotik maupun abiotik. Salah satu faktor biotik yang mengganggu pertumbuhan yaitu penyakit yang disebabkan oleh *Turnip Mosaic Virus* (TuMV). Infeksi TuMV pada daun dapat ditandai dengan gejala mosaik, *vein clearing*, melepuh, dan berkerut (malformasi) (Sa'idah *et al.*, 2013). TuMV dapat menyerang tanaman pada fase pembibitan, pertumbuhan vegetatif, pembungaan, dan pematangan tanaman. Serangan TuMV telah mengakibatkan gagal panen pada lahan budidaya caisim di Desa Menthuk, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah pada bulan Februari 2005 dengan persentase kejadian penyakit sebesar 100% (Kartiningtyas dan Hidayat, 2006). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan infeksi TuMV ialah dengan meningkatkan ketahanan induksi tanaman melalui penyediaan unsur hara.

Ketersediaan unsur hara merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi interaksi antara tanaman inang dan virus (Bos, 1990). Secara garis besar terdapat dua fungsi hara mineral, yaitu fungsi struktural sebagai penyusun sel, jaringan, dan struktur kimia tanaman, serta fungsi aktivator sejumlah enzim. Pemberian unsur hara bertujuan meningkatkan ketahanan alami tanaman terhadap infeksi patogen (Yuliasmara *et al.*, 2011).

Salah satu unsur hara yang esensial bagi tanaman ialah Fosfor (P). Unsur P berperan dalam pembentukan komponen utama penyusun senyawa organik dalam tanaman seperti asam amino, asam nukleat, klorofil, ADP, dan ATP. Unsur P terlibat dalam proses fotosintesis, respirasi, transfer dan penyimpanan energi, serta pembelahan dan perbesaran sel. Kebutuhan unsur P tanaman dapat dipenuhi dengan pemberian pupuk fosfat jenis SP-36 dengan kandungan unsur P sebanyak 36%

(Maryani dan Nelvia, 2009). Kebutuhan P tanaman juga dapat dipenuhi melalui pemanfaatan mikroba pelarut P yaitu mikoriza (Nasahi, 2010).

Mikoriza merupakan jamur tanah obligat dengan spora yang berasosiasi dengan akar tanaman (Matsetio, 2014). Mikoriza dapat mempengaruhi respon fisiologis dan biokimia melalui peningkatan aktivitas enzim dan kandungan kimia tanaman yang menghambat perkembangan patogen (Ming dan Hui, 1996 dalam Suharti *et al.*, 2011). *Orchid mycorrhizal fungi* (OMF) yang diinokulasikan pada akar tanaman anggrek *Phalaenopsis* terbukti mampu meningkatkan ketahanan tanaman dari infeksi *Cymbidium Mosaic Virus* (CymMV) (Lee *et al.*, 2010).

Penetrasi hifa mikoriza pada akar *Brassica* sp. yang tua dan tebal diketahui tidak membentuk arbuskular dan tidak menunjukkan penetrasi percabangan hifa secara internal maupun eksternal pada akar, namun beberapa hifa internal mampu membentuk vesikel. Kenampakan ultraselular pada akar *Brassica* sp. menunjukkan bahwa penetrasi hifa terletak dalam sel di antara sel korteks yang mati (Glenn *et al.*, 1984). Mikoriza *Glomus caledonium* juga mampu menginfeksi *Brassica napus* L. yang dapat dilihat dari adanya perkecambah, hifa, dan apresoria yang terbentuk (Tommerup, 1984).

Penelitian tentang pengaruh kombinasi pupuk SP-36 dan mikoriza untuk menurunkan infeksi TuMV belum pernah dilakukan pada tanaman pakcoy. Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi keduanya terhadap intensitas serangan TuMV, pertumbuhan, serta produksi tanaman pakcoy yang terinfeksi oleh TuMV.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh mikoriza dan pupuk SP-36 baik tunggal maupun kombinasinya terhadap infeksi TuMV?
2. Bagaimana pengaruh mikoriza dan pupuk SP-36 baik tunggal maupun kombinasinya terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui peran mikoriza dan pupuk SP-36 baik tunggal maupun kombinasinya dalam menurunkan infeksi TuMV.
2. Mengetahui peran mikoriza dan pupuk SP-36 baik tunggal maupun kombinasinya terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy.

### 1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah:

1. Pemberian mikoriza, pupuk SP-36, dan kombinasi keduanya dapat menurunkan infeksi TuMV dibandingkan dengan kontrol.
2. Pemberian mikoriza, pupuk SP-36, dan kombinasi keduanya dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy dibandingkan dengan kontrol.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terkait peran mikoriza, pupuk SP-36, dan kombinasi keduanya dalam menurunkan infeksi TuMV pada tanaman pakcoy, sehingga dapat digunakan sebagai salah satu komponen pengendalian TuMV pada tanaman pakcoy.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Pakcoy

#### 2.1.1 Deskripsi dan Klasifikasi Tanaman Pakcoy

Tanaman pakcoy (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* (L.) Hanelt) termasuk dalam famili Brassicaceae yang berasal dari Cina. Pakcoy diintroduksi ke Eropa sekitar tahun 1800 kemudian secara cepat menyebar ke seluruh dunia (Nichols Garden Nursery, 2016). Pakcoy termasuk dalam Kingdom Plantae, Subkingdom Tracheophyta, Subdivisi Spermatophyta, Divisi Magnoliopsida, Kelas Dicotyledonae, Ordo Brassicales, Famili Brassicaceae, Genus Brassica, Spesies *Brassica rapa* subsp. *chinensis* (L.) Hanelt (Encyclopedia of Life, 2013).

#### 2.1.2 Morfologi Tanaman Pakcoy

Morfologi tanaman pakcoy ialah sebagai berikut:

**Akar.** Akar tanaman pakcoy berserabut membentuk cabang-cabang akar yang menyebar ke seluruh arah. Akar utama dan cabang samping masuk ke dalam tanah membentuk seperti kerucut yang semakin menyempit hingga mencapai kedalaman sekitar 30-40 cm (McCormarck, 2005).

**Batang.** Pakcoy memiliki batang yang beruas-ruas. Batang tanaman pakcoy berwarna putih atau hijau pucat, segar, dan lunak (Nichols Garden Nursery, 2016). Tinggi keseluruhan tanaman pakcoy berkisar 15-30 cm (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998 dalam Lindawati, 2015).

**Daun.** Pakcoy mempunyai daun halus, tidak berbulu, *wulet*, dan memiliki krop yang lepas (tidak padat) (Setiawati *et al.*, 2015). Daun tanaman pakcoy bertangkai, berbentuk agak oval, berwarna hijau tua dan mengkilap, tidak membentuk kepala, tumbuh agak tegak atau setengah mendatar, tersusun dalam spiral yang rapat, dan melekat pada batang yang tertekan. Tulang daun utama lebar, berwarna putih atau hijau tua, dan berdaging (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998 dalam Lindawati, 2015; Setiawati *et al.*, 2015).

**Bunga.** Struktur bunga pakcoy tersusun seperti tandan. Bunga terletak pada tangkai bunga utama maupun cabang samping. Setiap kuntum bunga terdiri atas empat helai daun mahkota yang berwarna kuning cerah. Setiap bunga memiliki

enam helai benang sari (dua helai memiliki ukuran yang lebih pendek dari yang lain) dan satu putik yang berongga dua (McCormarck, 2005).

**Biji.** Biji pakcoy terletak di dalam polong yang memiliki ukuran sekitar 2,5 cm. Biji berbentuk bulat dan berukuran kecil. Warna biji pakcoy yaitu cokelat cerah hingga cokelat kehitaman (McCormarck, 2005).

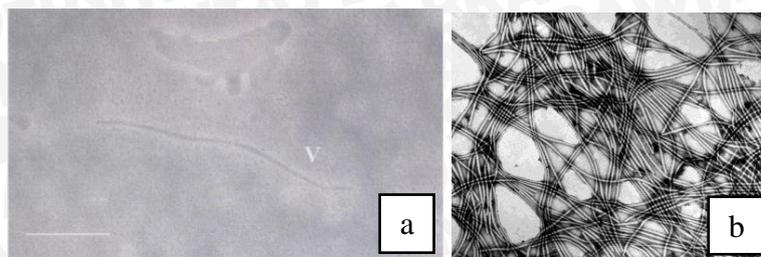
### 2.1.3 Syarat Tumbuh Tanaman Pakcoy

Pakcoy dapat ditanam di dataran tinggi maupun dataran rendah, namun pakcoy banyak ditanam di daerah pegunungan pada ketinggian lebih dari 1.000 meter di atas permukaan laut. Tanaman pakcoy dapat ditanam di daerah dengan suhu 15-30°C. Pakcoy tumbuh dengan baik dan membentuk krop di daerah beriklim sejuk dan lembab dengan suhu 12-22°C. Curah hujan yang optimal ialah lebih dari 200 mm/bulan, sehingga tanaman ini cukup tahan untuk dibudidayakan di dataran rendah. Kelembaban yang cocok untuk tanaman pakcoy antara 80-90%. Tanah yang cocok untuk budidaya pakcoy ialah tanah yang subur, gembur, mengandung banyak bahan organik, dan tidak mudah becek seperti pada tanah lempung berpasir. Kisaran pH yang optimal untuk pertumbuhan ialah 6,0-7,5, namun pakcoy masih dapat tumbuh pada kisaran pH 5,9-8,2 (Sukmawati, 2012; Syekhfani, 2013; Setiawati *et al.*, 2015). Pada fase pembibitan diperlukan intensitas cahaya yang lemah sehingga pakcoy memerlukan naungan untuk mencegah cahaya matahari secara langsung. Pada fase pertumbuhan diperlukan intensitas cahaya yang kuat (tanpa naungan) atau dengan penyinaran 10-13 jam/hari (Syekhfani, 2013).

## 2.2 Turnip Mosaic Virus (TuMV)

### 2.2.1 Morfologi TuMV

*Turnip Mosaik Virus* (TuMV) termasuk dalam golongan Potyvirus yang memiliki bentuk partikel virus yaitu batang lentur panjang (Bos, 1990). Panjang partikel virus golongan ini ialah sekitar 700-900 nm dengan diameter 11 nm. Partikel virus TuMV pada tanaman caisim di Daerah Cinangneng berbentuk batang lentur dengan panjang 700–780 nm dan diameter sekitar 11-12 nm (Gambar 1) (Firdaus, 2009).



Gambar 1. Partikel Virus TuMV: a) pada *B. campestris* di Daerah Cinangneng dengan Mikroskop Elektron (V)(Bar: 200 nm) (Firdaus, 2009), b) pada *B. napus* dengan Micrograph Elektron (Uddin *et al.*, 2015)

TuMV tersusun atas kapsid, memiliki heliks yang berserabut dan flexuous (Natasya, 2014). TuMV memiliki genom ssRNA (RNA berantai tunggal), positif-sense, dan linier dengan bobot molekul  $3 \times 10^6$ . Panjang genom sebesar 9,6–9,8 kb dan panjang *open reading frame* (ORF) sebesar 9,0–9,4 kb. Ciri lain dari golongan virus ini adalah adanya badan inklusi yang khas dengan bentuk cakera atau beberapa bentuk lainnya (Wahyuni, 2005). Badan inklusi virus juga dapat berbentuk silindris dengan lamela dan gulungan atau rol (Bos, 1990).

### 2.2.2 Mekanisme Infeksi TuMV pada Tanaman

TuMV termasuk virus yang memiliki asam nukleat berupa RNA dan *positive sense*, berarti RNA-nya langsung bertindak sebagai mRNA. Secara umum, setelah partikel virus masuk ke dalam sel, RNA akan dibebaskan dari protein mantel dan bergabung menuju mRNA inang. Virus pada awalnya menggunakan enzim RNA polimerase inang untuk menginisiasi transkripsi RNA polimerase virus. Virus (+) *sense* RNA akan langsung bertindak sebagai mRNA. RNA polimerase yang disandi virus digunakan untaian RNA-tetunya untuk mentranskripsi kopyannya menjadi untaian *negatif sense* RNA, dan berfungsi sebagai cetakan untuk membuat replika. Untaian positif dan negatif menggunakan enzim polimerase virus untuk mensintesis untaian keturunannya melalui suatu bentuk *replicative intermediate* dari RNA. Kopian RNA yang belum lengkap disintesis menjadi molekul panjang penuh dan bertindak sebagai monosistronik *messenger coat protein* yang akan mensintesis protein mantel. Subunit protein kemudian bergabung dengan untaian RNA bebas sehingga terakit sejumlah keturunan partikel virus yang terakumulasi dalam sitoplasma sel (Wahyuni, 2005).

### 2.2.3 Penularan TuMV

Penularan TuMV dapat melalui tiga cara yaitu cairan tanaman sakit, biji, dan vektor berupa aphid secara non-persisten (Bos, 1990). TuMV merupakan virus tular benih yang infeksiya dapat berasal dari sumber inokulum yang ada di lapangan atau dari benih yang membawa virus (Adiputra *et al.*, 2012). Benih yang dihasilkan petani memiliki kemungkinan terinfeksi TuMV lebih tinggi dibandingkan dengan benih yang dihasilkan oleh produsen benih. Sampel benih caisim varietas Ciherang dan Cinangneng hasil produksi petani terinfeksi TuMV dengan persentase masing-masing sebesar 15% dan 2%. (Kartiningtyas dan Hidayat, 2006).

Penularan TuMV juga dapat melalui cairan tanaman sakit atau dilakukan secara mekanik. Penularan secara mekanik dapat dilakukan dengan pemindahan virus dari cairan tumbuhan sakit ke tumbuhan sehat. Persyaratan penularan dengan cara ini ialah terjadi secara bersama-sama perlukaan kecil dan partikel virus yang infeksiif pada bagian kecil sel inang yang mudah terinfeksi. Virus yang mudah ditularkan secara mekanik ialah virus yang stabil dalam cairan perasan dan terdapat pada inang dalam konsentrasi yang tinggi (Bos, 1990). Penularan secara mekanik juga dapat dilakukan melalui penularan lesio tunggal pada tanaman indikator yaitu *C. amaranticolor* dari beberapa daun yang diketahui terinfeksi TuMV (Firdaus, 2009).

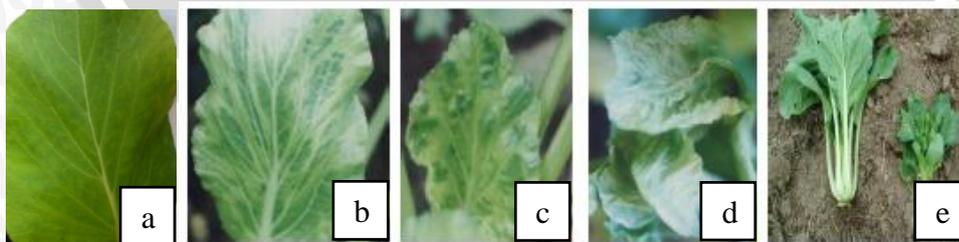
Cara penularan ketiga ialah melalui vektor non-virulifereus yang diduga sebagai proses kontaminasi stilet oleh virus (terbawa stilet). Perolehan dan inokulasi virus terjadi dalam periode makan aphid yang pendek, yaitu berkisar antara beberapa detik hingga beberapa menit. Vektor non-virulifereus segera infeksiif setelah memperoleh virus (Bos, 1990). Aphid mengambil virus dari tanaman yang terinfeksi atau gulma terinfeksi TuMV. Virus kemudian ditularkan ke tanaman yang sehat, sehingga akan timbul gejala. TuMV dapat ditularkan oleh dua spesies kutu daun yaitu *Myzus persicae* dan *Aphis craccivora*, namun *M. persicae* lebih efektif sebagai vektor TuMV dibandingkan *A. craccivora* (Firdaus, 2009). TuMV dapat ditransmisikan oleh *M. persicae* dan lebih dari 80 spesies aphid yang lain (Shattuck, 1992). Vektor yang terpenting antara lain *Myzus persicae*, *Brevicoryne brassicae*, dan *Aphis gossypii* (Kennedy *et al.*, 1962; Shukla *et al.*, 1994 dalam Kassem dan Walsh, 2008).

### 2.2.4 Tanaman Inang TuMV

TuMV memiliki kisaran inang yang luas yang terdiri atas minimal 318 spesies tanaman dari 156 genus dan 43 famili (Edwardson dan Christie, 1991 dalam Kassem dan Walsh, 2008). TuMV merupakan virus yang banyak menyerang tanaman dari golongan *Brassica* sp. dan tanaman lainnya di dunia (Kassem dan Walsh, 2008). Isolat TuMV mampu menginduksi gejala sistemik pada spesies/kultivar famili Brassicaceae antara lain pada *Raphanus sativus*, *Brassica oleracea* var *goygolodes*, *B. oleracea* var *capitata*, *B. oleracea* var *gemmifera*, *B. oleracea* var *acephala*, *B. oleracea* var *capitat*, *B. oleracea* var *bottytis*, *B. oleracea* var *amplexicaulis*, *B. oleracea* var *botrytis*, dan *B. rapa*. TuMV juga dapat menginfeksi famili Chenopodiaceae dan Solanaceae. Isolat TuMV pada tanaman dari famili Chenopodiaceae dan Solanaceae menginduksi gejala lesio lokal nekrotik (Firdaus, 2009). Inang TuMV juga mencakup beberapa gulma yang berperan sebagai sumber infeksi. Terdapat 14 famili gulma yang menjadi inang bagi TuMV (Shattuck, 1992).

### 2.2.5 Gejala Infeksi TuMV

Masa inkubasi TuMV pada tanaman sawi berkisar 6,4 hari setelah inokulasi (Natasya, 2014), sedangkan masa inkubasi TuMV pada tanaman caisim yang diinokulasi pada 4, 6, 8, dan 10 hari setelah tanam ialah sekitar 8-10 hari setelah inokulasi (Kartiningtyas dan Hidayat, 2006). Tanaman caisim yang terinfeksi TuMV memperlihatkan gejala yang bervariasi. Beberapa tanaman hanya memperlihatkan mosaik ringan, tetapi kebanyakan tanaman memperlihatkan gejala mosaik berat yang ditandai warna hijau kekuningan pada daun dan disertai gejala *vein clearing*, melepuh, serta perubahan bentuk atau malformasi (Gambar 2).



Gambar 2. Variasi Gejala TuMV pada Tanaman Caisim: a) Daun Sehat, b) Daun Mosaik Ringan Disertai *Vein Clearing*, c) Daun Melepuh, d) Daun Malformasi, dan e) Tanaman Kerdil (Firdaus, 2009)

Tanaman sakit umumnya terhambat pertumbuhannya sehingga tampak kerdil (Firdaus, 2009). Gejala lain yang ditimbulkan antara lain daun berukuran lebih kecil daripada ukuran normal, tidak terbentuk bunga, dan polong yang mengering sebelum terbentuk biji (Kartiningtyas dan Hidayat, 2006). Gejala awal tanaman sawi yang terinfeksi TuMV ditandai dengan *vein clearing*, kemudian daun yang terinfeksi menggulung atau malformasi (Natasya, 2014). Seluruh fase pertumbuhan tanaman caisim rentan terhadap infeksi TuMV. Infeksi virus pada umur tanaman yang lebih muda akan mengakibatkan tanaman semakin rentan dan gejala yang ditimbulkan akan semakin besar (Kartiningtyas dan Hidayat, 2006).

## 2.3 Fosfor (P)

### 2.3.1 Peranan P terhadap Pertumbuhan Tanaman

Fosfor (P) merupakan salah satu unsur hara makro esensial yang berperan utama dalam proses kehidupan. Keberadaan P dalam tanaman yaitu sebagai cadangan energi maupun penyusun senyawa-senyawa penting (Zuchri, 2009). P berperan dalam pembentukan asam nukleat, transfer energi, dan stimulasi aktivitas enzim-enzim, sehingga kecukupan unsur P dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman (Silahooy, 2012).

Unsur P juga berfungsi mengedarkan energi ke seluruh bagian tanaman serta berguna untuk merangsang pertumbuhan dan perkembangan akar khususnya akar tanaman muda. Unsur P juga dapat merangsang pertumbuhan akar benih, mempercepat pembungaan, serta pemasakan biji dan buah. Tanaman yang kekurangan unsur hara P akan mengakibatkan daun akan menguning dan rontok, kemudian tanaman menjadi kerdil (Sukmawati, 2012).

Penyebab kekurangan unsur P di dalam tanah sebagian besar diakibatkan oleh jumlah unsur hara (makro) yang sedikit atau ada dalam bentuk tidak tersedia yaitu diikat oleh mineral liat atau ion-ion yang terlarut dalam tanah (Nasahi, 2010). Fosfat pada pH rendah tidak banyak tersedia dalam larutan tanah karena adanya ion lain seperti Al dan Fe yang bereaksi dengan ion orthophosfat menjadi bentuk tambahan yang tidak tersedia (Silahooy, 2012).

Penambahan unsur P dalam tanah dapat dilakukan dengan kegiatan pemupukan. Pupuk SP-36 mudah diperoleh dalam jumlah banyak sebagai pemenuh

kebutuhan tanah akan unsur hara P (Sagala *et al.*, 2013). Pupuk SP-36 mengandung  $P_2O_5$  sebanyak 36 %. Kegunaan pupuk fosfat ini adalah untuk mendorong awal pertumbuhan akar, bunga, dan biji, serta memperbesar persentase terbentuknya bunga menjadi biji, meningkatkan produksi buah, memicu dan memperkuat pertumbuhan tanaman dewasa, menambah daya tahan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit, dan memperbaiki struktur hara tanah (Hayati *et al.*, 2012).

### 2.3.2 Peranan P terhadap Infeksi Virus

Unsur P berperan menjaga keseimbangan dari efek pemberian nitrogen yang berlebihan, merangsang pembentukan jaringan, dan memperkuat dinding sel sehingga diyakini dapat membuat tanaman menjadi resisten (Buckman dan Brady, 1982 dalam Rusdy, 2010). Fosfat berperan dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen melalui mekanisme *systemic acquired resistance* (SAR) berupa reaksi hipersensitif atau kematian sel secara lokal. Fosfat memediasi kematian sel yang diawali oleh reaksi cepat superoksida dan hidrogen peroksida. Pemberian fosfat secara lokal maupun sistemik akan meningkatkan asam salisilat serta memicu kematian sel di sekitar tempat infeksi virus, sehingga virus tidak dapat berkembang (Orober *et al.*, 2002).

Virus tidak dapat menginfeksi tanaman secara sistemik dikarenakan penghalang selama perpindahan dari sel pertama tempat virus melakukan replikasi atau dikarenakan adanya stimulasi pertahanan seluler inang di daerah terjadinya infeksi virus. Asam salisilat menginduksi ketahanan melalui penghambatan replikasi dan transpor jarak jauh partikel-partikel virus karena diaktivasi oleh sianida ( $CN^-$ ) dan antinomisin A (AA), atau dapat juga dihambat karena aktivitas *alternative oxidase* (AOX) yang berperan dalam menginduksi SAR (Wahyuni, 2005).

## 2.4 Mikoriza

### 2.4.1 Jenis Mikoriza

Mikoriza merupakan kelompok jamur tanah obligat yang hanya mampu tumbuh dan berproduksi apabila terdapat tanaman inang. Simbiosis antara mikoriza dan tanaman terjadi dengan membentuk hubungan biologi. Hubungan biologi ini

ditandai dengan struktur yang berasal dari cabang-cabang hifa intraradikal setelah hifa tersebut menembus dinding sel korteks, dan terbentuk antara dinding sel dan membran sel dalam akar tanaman inang (Simanungkalit, 2006; Alizadeh, 2011).

Secara umum terdapat empat jenis mikoriza yang dapat berasosiasi dengan tanaman, yaitu endomikoriza, ektomikoriza, *ericoid mycorrhizal*, dan mikoriza anggrek (*orchid mycorrhizal*) (Brundrett *et al.*, 1996). Mikoriza terdiri atas dua jenis yaitu endomikoria dan ektomikoriza yang digolongkan berdasarkan hubungan antara jamur dan tanaman (miselium jamur dan akar tanaman). Berdasarkan cara penetrasi jamur dan pembentukan stukturanya di dalam sel tanaman, mikoriza digolongkan menjadi tiga jenis yaitu endomokoriza, ektendomikoriza, dan ektomikoriza (Smith dan Read, 2008 *dalam* Alizadeh, 2011).

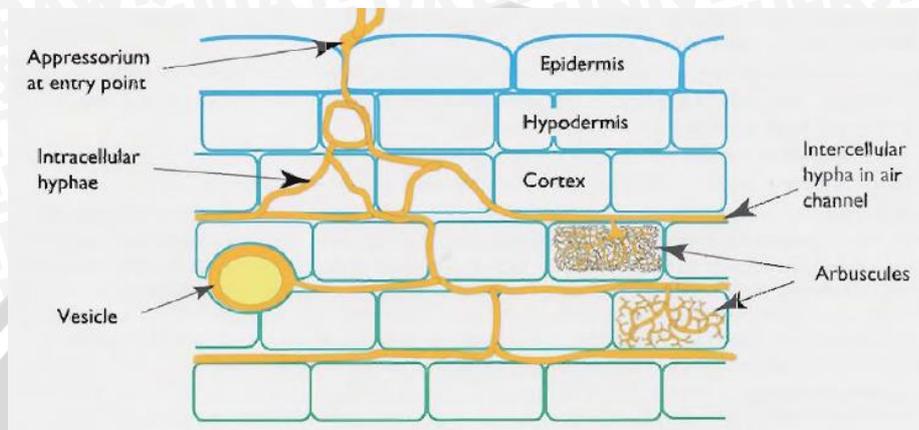
*Vesicular Arbuscular Mikoriza* (VAM) termasuk dalam golongan endomikoriza. VAM dapat bersimbiosis dengan lebih 90% spesies tanaman (Smith dan Read, 2008 *dalam* Alizadeh, 2011). VAM terdiri atas jamur-jamur yang termasuk dalam kelas Zygomycota. Terdapat 10 famili jamur yang tergolong di dalamnya, yaitu: Glomeraceae, Pacisporaceae, Acaulosporaceae, Diversisporaceae, Claroideoglomeraceae, Paraglomaceae, Geosiphonaceae Archaeosporaceae, Ambisporaceae, dan Gigasporaceae (INVAM, 2013).

#### **2.4.2 Infeksi dan Prinsip Kerja Mikoriza**

VAM dicirikan dengan adanya struktur vesikel dan atau arbuskular. Vesikel merupakan struktur berdinding tipis berbentuk bulat, lonjong, atau teratur. Vesikel ini mengandung senyawa lipid. Arbuskular merupakan struktur dalam akar tanaman yang berbentuk seperti pohon (Simanungkalit, 2006). Infeksi mikoriza pada jaringan tanaman diawali dengan adanya kontak antara hifa mikoriza pada dengan akar tanaman. Penetrasi pada akar terjadi ketika hifa membentuk apresorium dan mempenetrasi sel epidermis dan bercabang hingga sel korteks. Hifa internal kemudian menyebar di dalam sel korteks. Arbuskular kemudian terbentuk dalam korteks dari cabang hifa internal subapikal. Segera setelah terbentuknya arbuskular, vesikel terbentuk (Brundrett *et al.*, 1996).

Prinsip kerja dari mikoriza ialah dengan menginfeksi sistem perakaran tanaman inang serta memproduksi jalinan hifa secara intensif. Dengan demikian tanaman yang mengandung mikoriza tersebut akan mampu meningkatkan kapasitas

dalam penyerapan unsur hara pada daerah yang tidak mampu dijangkau akar (Iskandar, 2002 *dalam* Fuady, 2013; Kaur *et al.*, 2014). Mikoriza menerima karbon dari tanaman inangnya sekitar 12-27% dalam bentuk gula sederhana yang digunakan untuk pertumbuhan jamur (Tinker *et al.*, 1994 *dalam* Fuady, 2013).



Gambar 3. Infeksi VAM dalam Jaringan Akar Tanaman (Brundrett *et al.*, 1996)

Mikoriza dapat membantu tanaman dalam mengambil hara yang tidak mampu dijangkau oleh akar tanaman (Kaur *et al.*, 2014). Bagian penting dari mikoriza ialah miselium yang terdapat di luar akar, dimana bagian luar hifa ini berperan dalam penyerapan unsur hara tanaman. Hifa mikoriza mengeluarkan enzim fosfatase, sehingga P yang terikat di dalam tanah akan terlarut dan tersedia bagi tanaman. Fosfor terlarut dapat masuk ke dalam hifa eksternal mikoriza dan jarak tempuhnya dapat diperpendek dengan adanya mikoriza, sehingga penyerapan P lebih cepat oleh akar tanaman (Sartini, 2004; Sagala *et al.*, 2013). Mikoriza memiliki struktur hifa yang meluas di dalam tanah dan mampu melampaui jarak yang dapat dicapai oleh rambut akar. Ketika fosfat di sekitar rambut akar telah diambil oleh tanaman, maka hifa membantu menyerap fosfat di tempat yang tidak mampu dijangkau rambut akar. Hifa yang meluas dari permukaan akar membantu tanaman melintasi zona terkurasnya fosfat, sehingga dapat menyerap fosfat dari zona yang tidak dapat dicapai oleh akar yang tidak bermikoriza (Simanungkalit, 2006).

Mikoriza mampu memberikan kontribusi terhadap penurunan cekaman yang berhubungan dengan ketersediaan hara, kadar garam, logam beracun dan faktor biotik seperti patogen pada tanah tambang yang memiliki kandungan P rendah (Ulfa

*et al.*, 2011 dalam Matsetio, 2014). Mikoriza juga dapat membantu akar tanaman dalam penyerapan unsur hara makro dan mikro, meningkatkan kemampuan tanaman menahan air, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, mencegah terjadinya serangan patogen akar, serta menghindarkan tanaman dari keracunan logam berat dan tingkat salinitas (Cameron *et al.*, 2013).

#### 2.4.3 Peranan Mikoriza terhadap Infeksi Virus

Mikoriza berperan dalam meningkatkan ketahanan induksi tanaman terhadap serangan patogen. Mikoriza dapat mempengaruhi respon fisiologis dan biokimia melalui peningkatan aktivitas enzim dan kandungan kimia tanaman yang menghambat perkembangan patogen. Mikoriza mampu mensintesis enzim *chitinase* dan *glucanase* yang sangat berperan dalam pelengketan atau pengerasan dinding sel tanaman (Ming dan Hui, 1996; Kobayashi dan Branch, 1991 dalam Suharti *et al.*, 2011).

Mikoriza juga dapat berperan untuk menurunkan infeksi virus tanaman. *Orchid mycorrhizal fungi* (OMF) yang diinokulasikan pada akar tanaman anggrek *Phalaenopsis* mampu menurunkan infeksi *Cymbidium Mosaic Virus* (CymMV). Tanaman yang diinokulasi OMF menunjukkan infeksi CymMV yang lebih rendah dibandingkan dengan tanaman yang tidak diinokulasi OMF. Kolonisasi mikoriza pada *Phalaenopsis* mampu menginduksi ketahanan sistemik dari CymMV melalui mekanisme *restrictive systemic movement* yang mempengaruhi perpindahan virus pada tanaman inang. Isolat OMF *Rhizoctonia* (binukleat dan multinukleat *Rhizoctonia* (BNR dan MNR)) diinokulasikan pada transkrip CymMV pada saat perbanyakan virus selama dua dan enam bulan. Variasi efikasi dari pemberian mikoriza bergantung pada kombinasi antara isolat OMF serta kultivar anggrek sebagai tanaman inang (Lee *et al.*, 2010).

Mekanisme *restrictive systemic movement* secara umum bekerja di tingkat sel untuk menciptakan ketidaksesuaian kondisi inang bagi virus atau mengaktifkan suatu respon pertahanan tanaman terhadap virus. Mekanisme *restrictive systemic movement* dapat membentuk suatu reaksi hipersensitif inang atau membentuk suatu ketahanan sistemik melalui proses *systemic acquired resistance* (SAR) sehingga akan menghambat infeksi atau perpindahan virus dari satu sel ke sel lainnya (Chisholm *et al.*, 2001). Perpindahan dan replikasi virus dari sel ke sel tergantung

pada kompartabilitas *movement-protein* virus dengan inang, adakalanya dalam proses transpor ini dihalangi oleh sistem pertahanan inang yang dapat dipengaruhi oleh penghambatan asam salisilat secara sistemik (Wahyuni, 2005).

Peningkatan ketahanan tanaman melalui SAR terjadi setelah adanya infeksi patogen secara lokal pada tanaman. Tanaman yang terinfeksi mengaktifkan gen-gen yang berperan dalam ketahanan (*Pathogenic Related Genes (PR)*) yang memproduksi senyawa-senyawa kimia untuk pertahanan seperti asam salisilat. Apabila tanaman yang sudah terangsang ketahanannya diinfeksi oleh patogen lain maka tanaman akan dapat mempertahankan dirinya sehingga infeksi patogen tidak berkembang, misalnya terlokalisasi akibat matinya sel-sel tanaman di sekitar tempat infeksi (reaksi hipersensitif) (Pieterse *et al.*, 2009 dalam Supriadi dan Rosita, 2012).



### III. METODOLOGI

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kawat Universitas Widyagama Malang dan Laboratorium Penyakit Tumbuhan Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan (HPT) Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret–Juni 2016.

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

##### 3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu polibag 3 kg, penggaris, *Leaf Area Meter* (LAM), label, gembor, gunting, *cutter*, nampan, cetok, timbangan analitik, gelas ukur, mortar dan penumbuk, cawan Petri, tabung reaksi, kapas, kasa, *sprayer*, spuit suntik, pipet, pinset, *hand counter*, tube dan sentrifuse, botol fial, gelas beaker, saringan bertingkat ukuran 600, 180, 63, dan 38  $\mu\text{m}$ , mikroskop, kaca objek, kaca penutup, kompor, panci, dan kamera digital.

##### 3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu inokulum TuMV berupa daun tanaman sawi sakit, benih pakcoy, tanah, kompos, formalin 4%, karborundum 600 mesh, aquades, buffer fosfat 0,01 M pH 7, gula pasir, *tissue*, KOH 10%, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, HCl 1%, *lactophenol tryphan blue* 1%, tanaman indikator (*Chenopodium amaranticolor* dan *Gomphrena globosa*), pupuk SP-36, serta mikoriza.

#### 3.3 Rancangan Penelitian

Perlakuan yang digunakan dalam rancangan penelitian ini yaitu:

Tabel 1. Perlakuan Pemberian Pupuk SP-36 dan Mikoriza

Kode	Perlakuan
P0	kontrol + tidak diinokulasi TuMV
P1	kontrol + diinokulasi TuMV
P2	pupuk SP-36 100 kg/ha + diinokulasi TuMV
P3	pupuk SP-36 200 kg/ha + diinokulasi TuMV
P4	pupuk SP-36 300 kg/ha + diinokulasi TuMV
P5	mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV
P6	pupuk SP-36 100 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV
P7	pupuk SP-36 200 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV
P8	pupuk SP-36 300 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 9 perlakuan dan 3 ulangan, sehingga diperoleh 27 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan ditanam 2 tanaman, sehingga total tanaman yang digunakan sebanyak 54 tanaman.

### 3.4 Metode Penelitian

#### 3.4.1 Persiapan Penelitian

**Sterilisasi Media Tanam.** Media tanam yang digunakan dalam penelitian ini berupa campuran tanah dan kompos dengan perbandingan 2:1. Media tanam disterilkan menggunakan formalin 4%. Formalin disemprotkan ke media hingga kondisi lembab sambil diaduk hingga merata. Media tanam kemudian ditutup plastik selama 7 hari dan dilakukan pembalikan setiap 3 hari sekali. Media tanam dikeringanginkan selama 2-3 hari, kemudian diisikan ke polibag sebanyak 3 kg.

**Analisis Unsur Hara Media Tanam.** Analisis unsur hara bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur hara pada media tanam sebelum dilakukan perlakuan aplikasi pupuk SP-36 dan mikoriza. Analisis unsur hara dilakukan di Laboratorium Kimia, Universitas Muhammadiyah Malang. Unsur hara yang dianalisis antara lain N, P, K, C-organik, dan P tersedia. Selain itu juga dilakukan analisis terhadap berat isi tanah dan pH. Hasil analisis P tersedia digunakan sebagai dasar penentuan dosis pupuk SP-36 yang diaplikasikan.

**Persemaian Pakcoy.** Penelitian ini menggunakan benih pakcoy dengan varietas Nauli F1. Benih sebagai bahan tanam disemai selama 14 hari (hingga memunculkan 3-4 daun) pada nampan persemaian. Media tanam yang digunakan berupa tanah dan kompos dengan perbandingan 2:1. Tujuan persemaian ini ialah untuk mengurangi tingkat kematian bibit sewaktu awal pertumbuhan.

**Persiapan Inokulum Virus.** Inokulum virus yang digunakan yaitu daun tanaman sawi yang menunjukkan gejala terinfeksi TuMV. Inokulum diperoleh dari lahan petani di Kecamatan Tumpang, Kabupaten Malang. Gejala infeksi TuMV pada daun ditandai dengan gejala mosaik, *vein clearing*, melepuh, serta malformasi. Tanaman yang terinfeksi TuMV juga terlihat kerdil dibandingkan dengan tanaman yang tidak terinfeksi virus.

**Identifikasi Virus.** Inokulum diidentifikasi menggunakan tanaman indikator untuk mengetahui gejala yang ditimbulkan TuMV selain pada tanaman uji. Tanaman indikator yang digunakan yaitu *C. amaranticolor* dan *G. globosa*. Infeksi TuMV pada *C. amaranticolor* ditandai dengan gejala lokal yaitu lesio lokal (Plant Viruses Online, 2016) serta pada *G. globosa* ditandai dengan gejala sistemik yaitu malformasi, mosaik, dan nekrotik (Sa'idah *et al.*, 2013).

### 3.4.2 Pelaksanaan Penelitian

**Inokulasi Mikoriza.** Inokulasi mikoriza dilakukan bersamaan dengan penanaman pakcoy. Mikoriza dimasukkan dengan kedalaman sekitar 7 cm sebelum bibit dimasukkan pada lubang tanam. Mikoriza yang diinokulasikan termasuk dalam jenis endomikoriza (arbuskular mikoriza) yang diperoleh dari jurusan HPT. Bahan pembawa mikoriza ini berupa campuran tanah dan zeolit. Kerapatan spora mikoriza yang digunakan ialah sebanyak 69 spora/10 g media. Dosis mikoriza yang diinokulasikan sebanyak 32 ton/ha atau 100 g/polibag ukuran 3 kg.

**Penanaman Pakcoy.** Bibit pakcoy yang telah berumur 14 hari setelah tanam atau telah memiliki 3-4 helai daun dipindah tanam ke polibag. Masing-masing polibag ditanami satu bibit tanaman pakcoy. Bibit dimasukkan pada lubang tanam yang sama dengan tempat dilakukannya inokulasi mikoriza, kemudian lubang tersebut ditutup menggunakan media tanam.

**Aplikasi Pupuk SP-36.** Pupuk SP-36 diberikan pada saat tanaman pakcoy berumur 1 hari setelah pindah tanam ke polibag. Pemupukan dilakukan dengan cara dibenamkan. Pupuk SP-36 dimasukkan ke dalam lubang dengan kedalaman 5 cm di sekitar rhizosfer pakcoy sebanyak 100, 200, dan 300 kg/ha atau sebanyak 0,254; 0,568; dan 0,882 g/polibag ukuran 3 kg sesuai dengan perlakuan. Lubang tersebut kemudian ditutup menggunakan media tanam, dan disiram dengan air hingga kondisi media tanam lembab.

**Pembuatan Inokulum TuMV.** Inokulum TuMV dibuat dalam bentuk cairan perasan (SAP) daun tanaman pakcoy yang sakit. Daun pakcoy yang terinfeksi TuMV dihilangkan tulang daunnya dan dipotong kecil-kecil. Potongan daun ditimbang sebanyak 5 gram, dan dimasukkan ke dalam mortar. Buffer fosfat 0,01 M pH 7 sebanyak 10 ml kemudian ditambahkan ke dalam mortar. Potongan daun dan buffer fosfat dilumatkan dengan menggunakan pistil hingga halus. Larutan

daun kemudian diperas menggunakan kapas. Hasil dari saringan tersebut merupakan SAP yang siap diinokulasikan ke tanaman uji.

**Inokulasi TuMV pada Tanaman Pakcoy.** Penularan TuMV pada pakcoy dilakukan secara mekanis pada saat tanaman berumur 7 hari setelah pindah tanam. Inokulasi diawali dengan pelukaan daun muda tanaman pakcoy menggunakan karborundum 600 mesh. Karborundum diletakkan pada permukaan daun bagian atas, kemudian diusapkan menggunakan jari tangan secara lembut. SAP yang telah berisi inokulum TuMV kemudian diusapkan pada permukaan daun yang telah dilukai. Daun didiamkan beberapa saat hingga hampir kering. Setelah inokulasi selesai, daun dibilas menggunakan aquades hingga tidak ada sisa karborundum dan . SAP yang tertinggal pada daun.

**Pemeliharaan Tanaman.** Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, penyiangan gulma, dan pengendalian hama. Penyiraman dilakukan setiap hari dengan memberikan air pada tanaman hingga kondisi media tanam lembab. Penyiangan gulma dilakukan secara mekanik dengan mencabut gulma yang tumbuh di dalam polibag maupun di sekitar area penelitian. Pengendalian hama dilakukan secara mekanik dan kimiawi. Pengendalian secara mekanik dilakukan setiap hari dengan mengambil hama yang terdapat pada tanaman pakcoy, sedangkan pengendalian kimiawi dilakukan setiap satu minggu sekali dengan penyemprotan insektisida.

**Panen.** Panen dilakukan saat tanaman pakcoy berumur 29 hari setelah pindah tanam. Panen tanaman pakcoy dilakukan dengan cara membongkar masing-masing polibag, kemudian mengeluarkan seluruh bagian tanaman dari dalam polibag.

### 3.5 Variabel Pengamatan

**Masa Inkubasi TuMV.** Masa inkubasi menunjukkan lamanya waktu yang dibutuhkan virus mulai dari saat menginfeksi tanaman hingga memunculkan gejala penyakit. Pengamatan variabel ini dilakukan setiap hari setelah inokulasi TuMV hingga muncul gejala pertama. Pengamatan variabel ini meliputi lamanya waktu muncul gejala untuk pertama kali, tempat munculnya gejala, dan bentuk gejala yang muncul pada masing-masing tanaman. Pengamatan ini dilakukan pada daun muda tanaman pakcoy karena gejala infeksi TuMV bersifat sistemik.

**Intensitas Penyakit TuMV.** Intensitas penyakit diamati mulai pada 7 HSI, kemudian secara berturut-turut dilakukan setiap 3 hari sekali hingga panen (22 HSI). Intensitas penyakit akibat infeksi TuMV dapat ditentukan menggunakan rumus intensitas penyakit berdasarkan Abadi (2003) dengan skala serangan berdasarkan Triwibawa (2015) yang telah dimodifikasi (Tabel 2). Berikut merupakan rumus dan skala serangan yang digunakan:

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

Keterangan: I = intensitas serangan (%)  
 n = jumlah daun dalam setiap kategori  
 v = skala serangan  
 N = jumlah daun yang diamati  
 Z = skala kategori serangan tertinggi

Tabel 2. Penilaian Skor Daun Tanaman Sakit Berdasarkan Gejala Mosaik

Skor	Kategori Serangan
0	Daun sehat
1	Luas mosaik pada daun $\leq 25\%$
2	Luas mosaik pada daun $> 25\% \leq 50\%$ disertai daun melepuh
3	Luas mosaik pada daun $> 50\%$ disertai daun melepuh
4	Daun mosaik, melepuh, malformasi, dan tanaman kerdil

**Tinggi Tanaman.** Pengamatan tinggi tanaman dilakukan sebanyak satu kali yaitu setelah dilakukan pemanenan tanaman pakcoy. Pengukuran dilakukan dengan cara membelah tanaman pakcoy menjadi dua bagian secara membujur. Tinggi tanaman diukur mulai dari pangkal batang hingga titik tumbuh tanaman. Alat ukur yang digunakan ialah penggaris dengan satuan centimeter (cm).

**Luas Daun.** Pengukuran luas daun dilakukan setelah tanaman pakcoy dipanen. Pengukuran luas daun dilakukan dengan mengambil 18 tanaman sampel (dua tanaman pada setiap perlakuan) secara acak. Daun pakcoy diambil seluruhnya, dihilangkan tangkainya, kemudian diukur menggunakan alat *Leaf Area Meter* (LAM). Daun pakcoy ditata secara hati-hati pada permukaan LAM agar daun tidak terlipat. Setelah itu dilakukan proses *scanning* dan pencatatan terhadap hasil pengukuran yang muncul. Satuan luas daun yang digunakan ialah  $\text{cm}^2$ .

**Bobot Basah Tanaman.** Pengukuran bobot basah tanaman pakcoy dilakukan setelah panen dengan cara menimbang tanaman yang telah dibersihkan dari sisa

tanah dan kotoran yang masih menempel pada keseluruhan bagian tanaman. Pengukuran ini menggunakan timbangan analitik dengan satuan gram (g).

**Kerapatan Spora Mikoriza.** Pengamatan kerapatan spora mikoriza dilakukan dengan mengambil 10 gram media tanam per perlakuan, kemudian dilakukan isolasi spora. Isolasi spora mikoriza menggunakan teknik penyaringan basah, yang dilanjutkan dengan teknik sentrifugasi (Sastrahidayat, 2011). Prosedur kerja teknik penyaringan basah yaitu dengan mencampurkan tanah sampel sebanyak 10 gram dengan air, kemudian diaduk merata. Selanjutnya tanah disaring dalam satu set saringan bertingkat dengan ukuran 600, 180, 63, dan 38  $\mu\text{m}$  secara berurutan dari atas ke bawah. Dari saringan bagian atas disempatkan air kran untuk memudahkan bahan saringan lolos. Kemudian saringan paling atas dilepas. Tanah yang tersisa pada saringan 63 dan 38  $\mu\text{m}$  dipindahkan ke dalam tube sentrifuse, kemudian ditambahkan larutan gula 60% sebanyak 5 ml per tube. Tube kemudian disentrifuse dengan kecepatan 2500 RPM selama 5 menit. Selanjutnya larutan supernatan (larutan bening di bagian atas) pada tube dituang pada saringan ukuran 38  $\mu\text{m}$ . Hasil saringan tersebut kemudian diambil dengan cara disemprot menggunakan sprayer, kemudian dimasukkan ke dalam cawan Petri. Hasil saringan selanjutnya diamati di bawah mikroskop dan dihitung jumlah spora per 10 gram media.

**Infeksi Mikoriza pada Akar Tanaman Pakcoy.** Pengamatan infeksi mikoriza pada perakaran dilakukan dengan mengambil sampel akar pada setiap tanaman, kemudian dipotong-potong sekitar 1 cm. Teknik yang digunakan ialah teknik pemanasan sesuai metode Kormanik dan Graw (1982) dalam Sastrahidayat (2011) dengan pewarna akar *lactophenol tryphan blue*. Setelah dilakukan pemanasan, maka dilakukan perhitungan persentase infeksi mikoriza dengan menggunakan metode perkiraan slide (Sastrahidayat, 2011).

Akar yang telah dipotong, dicuci terlebih dahulu dengan air mengalir. Akar yang telah bersih kemudian ditambah dengan KOH 10% untuk menjernihkan sitoplasma dan inti sel. Akar dan KOH tersebut kemudian dipanaskan pada suhu 90°C selama lebih kurang 20 menit (tidak sampai mendidih). KOH dikeluarkan, kemudian akar dibasuh dengan air hingga tidak terlihat warna cokelat. Akar tersebut ditambahkan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> selama 10 menit untuk menjernihkan akar, kemudian

dicuci sambil dikocok untuk menghilangkan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Setelah itu, akar direndam dengan HCl 1% selama 10 menit. Setelah HCl dikeluarkan, akar kemudian direndam pada larutan *lactophenol tryphan blue* 1%. Rendaman tersebut kemudian dipanaskan pada suhu 90°C selama 10 menit. Akar kemudian dicuci dan dipisahkan.

Perhitungan jumlah koloni mikoriza dilakukan dengan menyeleksi sampel akar yang telah diwarnai sebelumnya. Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop dengan meletakkan 25 potongan akar pada kaca objek untuk satu perlakuan. Pencatatan dilakukan terkait ada atau tidaknya infeksi mikoriza pada masing-masing potongan akar dan hasilnya diekspresikan dalam persentase. Persentase akar yang terinfeksi mikoriza dapat ditentukan berdasarkan rumus berikut:

$$\% \text{ infeksi mikoriza} = \frac{\sum \text{akar yang terinfeksi mikoriza}}{25} \times 100\%$$

### 3.6 Analisis Data

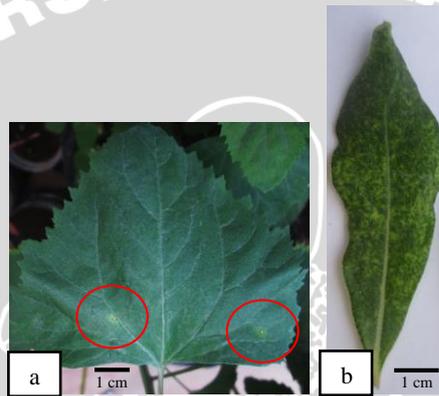
Data hasil pengamatan yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan analisis ragam (uji F) dengan taraf kesalahan 5%. Apabila terdapat data yang menunjukkan pengaruh nyata maka dilakukan pengujian lanjutan menggunakan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf kesalahan 5%.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengaruh Pupuk SP-36 dan Mikoriza terhadap Infeksi TuMV

#### 4.1.1 Gejala TuMV pada Tanaman Indikator

Masa inkubasi TuMV pada tanaman indikator *C. amaranticolor* dan *G. globosa* yaitu selama 8 dan 9 hari setelah inokulasi (HSI). Infeksi TuMV pada *C. amaranticolor* dan *G. globosa* ditandai dengan gejala yang berbeda. Hollings (1959) menyatakan bahwa strain dari satu jenis virus yang sama pada inang yang berbeda akan menimbulkan gejala yang berbeda.



Gambar 4. Gejala TuMV pada Tanaman Indikator: a) *C. amaranticolor* dan b) *G. globosa*

Gejala TuMV pada *C. amaranticolor* berupa gejala lesio lokal yang ditandai dengan adanya bercak berwarna coklat (Gambar 4a). Bercak tersebut kemudian meluas dan menghasilkan pinggiran berwarna merah. Lesio lokal yang terbentuk berdiameter 1-2 mm setelah 8 hari inokulasi, 3-4 mm setelah 14 hari inokulasi, dan sekitar 7 mm setelah 28 hari inokulasi. Berdasarkan Plant Viruses Online (2016), infeksi TuMV pada *C. amaranticolor* ditandai dengan gejala lesio lokal. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Bellardi *et al.* (2013) bahwa gejala TuMV pada *C. amaranticolor* berupa gejala lesio lokal dengan masa inkubasi selama 5 HSI. Gejala tersebut kemudian meluas membentuk lesio dengan pinggiran berwarna merah setelah 2-3 minggu. Gejala TuMV pada *C. amaranticolor* juga ditandai dengan adanya kematian jaringan (nekrosis) pada lesio yang terbentuk. Hal ini sesuai dengan pernyataan Firdaus (2009) bahwa isolat TuMV pada tanaman dari famili Chenopodiaceae menginduksi gejala lesio lokal nekrotik. Gejala TuMV pada

*G. globosa* ditandai dengan gejala mosaik (Gambar 4b), serta nekrotik dan malformasi pada beberapa tanaman. Gejala tersebut sesuai dengan hasil penelitian Sa'idah *et al.* (2013) bahwa infeksi TuMV pada *G. globosa* ditandai dengan gejala mosaik, nekrotik, dan malformasi.

#### 4.1.2 Masa Inkubasi dan Gejala TuMV pada Tanaman Pakcoy

Masa inkubasi TuMV pada tanaman pakcoy berkisar antara 5-20 HSI. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk SP-36 dan mikoriza tidak memberikan pengaruh terhadap masa inkubasi TuMV pada tanaman (Tabel Lampiran 1). Seluruh perlakuan pemberian pupuk SP-36 dan mikoriza tidak menunjukkan rerata masa inkubasi yang berbeda terhadap perlakuan kontrol yang diinokulasi TuMV. Hal tersebut menunjukkan bahwa pemberian pupuk SP-36 dan mikoriza memberikan pengaruh yang sama dengan kontrol terhadap masa inkubasi TuMV (Tabel 3).

Tabel 3. Pengaruh Pupuk SP-36 dan Mikoriza terhadap Rerata Masa Inkubasi TuMV pada Tanaman Pakcoy

Perlakuan	Rerata Masa Inkubasi TuMV (HSI)
Kontrol + tidak diinokulasi TuMV	-
Kontrol + diinokulasi TuMV	6,33
Pupuk SP-36 100 kg/ha + diinokulasi TuMV	6,83
Pupuk SP-36 200 kg/ha + diinokulasi TuMV	8,50
Pupuk SP-36 300 kg/ha + diinokulasi TuMV	9,00
Mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	8,17
Pupuk SP-36 100 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	7,17
Pupuk SP-36 200 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	8,17
Pupuk SP-36 300 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	6,50
	tn

Keterangan: 1. Notasi "tn" menunjukkan bahwa nilai F Hitung tidak berbeda nyata dengan F Tabel 5%.

2. Tanda – menunjukkan bahwa tanaman tidak terinfeksi TuMV sehingga tidak memunculkan gejala sampai pengamatan terakhir.

Masa inkubasi berhubungan dengan lamanya waktu yang dibutuhkan virus untuk dapat berpindah atau bermultiplikasi di dalam jaringan inang, sehingga salah satu faktor yang mempengaruhi ialah interaksi antar keduanya. Virus dalam tanaman harus dapat bergerak dari sel satu ke sel lain dan dapat memperbanyak diri

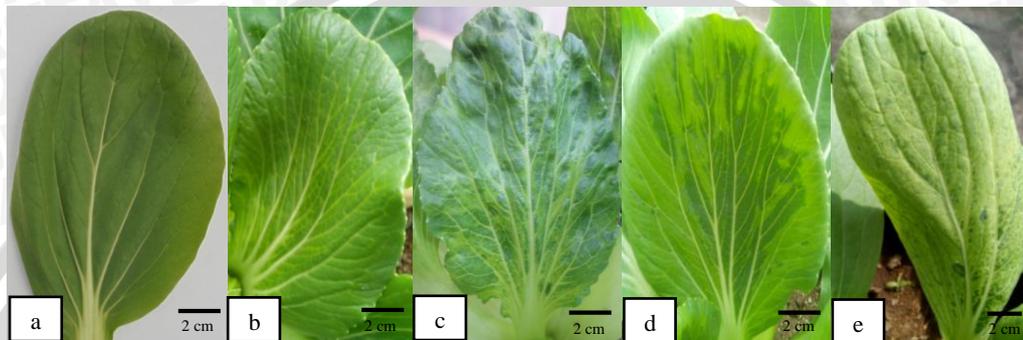
di dalam sebagian besar atau seluruh sel yang dilaluinya. Bos (1990) menyatakan bahwa faktor yang dapat mempengaruhi interaksi antara tanaman inang dan virus salah satunya ialah ketersediaan unsur hara tanaman, karena banyak jenis virus membutuhkan metabolisme yang aktif dari tanaman inang. Rerata masa inkubasi TuMV mengindikasikan bahwa ketersediaan unsur Fosfor (P) dari pemberian pupuk SP-36 dan mikoriza tidak berpengaruh terhadap masa inkubasi TuMV apabila dibandingkan dengan kontrol.

Pupuk SP-36 yang diberikan secara tunggal, maupun yang dikombinasikan dengan mikoriza tidak berpengaruh terhadap masa inkubasi TuMV. Hal ini diduga karena waktu pemupukan SP-36 dan inokulasi TuMV yang berjarak selama 6 hari mengakibatkan tanaman belum mampu menyerap unsur P yang diberikan secara maksimal. Hal tersebut memiliki kesesuaian dengan hasil penelitian Zaurisa (2007) yang menyatakan bahwa pendeknya jarak antara inokulasi virus dan pemupukan SP-36 (berjarak selama 7 hari) akan mengakibatkan unsur P yang diberikan belum menunjukkan respon terhadap ketahanan tanaman terhadap infeksi Geminivirus pada tanaman tomat. Pupuk SP-36 termasuk pupuk yang *slow release*, sehingga P tersedia bagi tanaman secara bertahap. Belum adanya respon dari pemberian pupuk SP-36 memiliki kesesuaian dengan sifat pupuk SP-36 tersebut, sehingga pengaruh dari P yang diberikan belum terlihat pada masa inkubasi TuMV.

Mikoriza yang diinokulasikan 7 hari sebelum inokulasi TuMV atau 14 hari setelah semai diduga juga belum berasosiasi secara maksimal pada akar tanaman pakcoy untuk membantu penyediaan unsur P bagi tanaman. Menurut Alizadeh (2011), mikoriza akan melakukan penetrasi pada sel tanaman setelah adanya gangguan pertumbuhan yang signifikan pada tanaman. Arbuskular yang merupakan tempat pertukaran nutrisi antara tanaman dan mikoriza, baru akan terbentuk 2-4 hari setelah proses penetrasi mikoriza pada akar terjadi. Husna *et al.* (2007) menambahkan bahwa inokulasi mikoriza perlu dilakukan pada saat tanaman dipersemaian atau pada saat biji baru berkecambah. Inokulasi yang dilakukan pada saat tanaman telah dewasa akan membutuhkan jumlah inokulum yang banyak serta kurang memberikan manfaat secara optimal.

Infeksi TuMV pada tanaman pakcoy diawali dengan munculnya gejala mosaik ringan dan klorosis, kemudian berkembang menjadi gejala melepuh, *vein*

*clearing*, dan *vein banding*. Gejala *vein clearing* ditandai dengan tulang daun yang terlihat seperti kehilangan warna atau warna tulang daun tampak lebih cerah, sedangkan gejala *vein banding* ditandai dengan warna hijau di sepanjang tulang daun. Gejala *vein banding* rata-rata muncul sekitar 16 HSI. Tanaman dengan intensitas infeksi yang tinggi juga menunjukkan gejala mosaik dan malformasi (Gambar 5).



Gambar 5. Variasi Gejala Infeksi TuMV pada Tanaman Pakcoy: a) Daun Sehat, b) Mosaik Ringan, c) Melepuh Disertai *Vein Clearing*, d) *Vein Banding*, dan e) Mosaik dan Malformasi

Shattuck (1992) menyatakan bahwa gejala serangan TuMV bergantung pada interaksi antara tanaman inang, strain TuMV, dan lingkungan. Berdasarkan hasil penelitian Firdaus (2009), infeksi TuMV menunjukkan gejala yang bervariasi di lapang. Tanaman caisim yang terinfeksi TuMV menampilkan gejala mosaik (ringan maupun berat), *vein clearing*, melepuh, dan malformasi pada daun. Tanaman terinfeksi TuMV juga memiliki ukuran yang lebih kecil (kerdil) karena terhambatnya pertumbuhan. Berdasarkan hasil penelitian Bellardi *et al.* (2013), tanaman *Ruta graveolens* yang terinfeksi TuMV juga menampilkan gejala *vein banding* yang ditandai dengan adanya warna hijau di sepanjang vena atau tulang daun.

#### 4.1.3 Intensitas Penyakit TuMV pada Tanaman Pakcoy

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk SP-36 dan mikoriza berpengaruh terhadap rerata intensitas penyakit TuMV pada pengamatan 22 HSI (Tabel Lampiran 2). Perlakuan yang menunjukkan rerata intensitas penyakit tertinggi ialah kontrol yang diinokulasi TuMV dengan rerata 32,84%, sedangkan perlakuan yang menunjukkan rerata intensitas penyakit terendah yaitu perlakuan

pupuk SP-36 dosis 200 kg/ha dengan rerata 14,81%. Pemberian pupuk SP-36 dan mikoriza secara tunggal maupun kombinasi keduanya menunjukkan rerata intensitas penyakit yang sama antar perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa keseluruhan perlakuan pemberian pupuk SP-36 dan mikoriza memberikan pengaruh yang sama terhadap intensitas penyakit akibat infeksi TuMV. Perlakuan yang menunjukkan pengaruh berbeda dengan kontrol yaitu perlakuan pupuk SP-36 dosis 200 kg/ha (Tabel 4).

Tabel 4. Pengaruh Pupuk SP-36 dan Mikoriza terhadap Intensitas Penyakit TuMV pada 22 Hari Setelah Inokulasi

Perlakuan	Rerata Intensitas Penyakit (%)
Kontrol + tidak diinokulasi TuMV	0,00 a
Kontrol + diinokulasi TuMV	32,84 c
Pupuk SP-36 100 kg/ha + diinokulasi TuMV	29,22 bc
Pupuk SP-36 200 kg/ha + diinokulasi TuMV	14,81 b
Pupuk SP-36 300 kg/ha + diinokulasi TuMV	17,05 bc
Mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	23,71 bc
Pupuk SP-36 100 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	25,71 bc
Pupuk SP-36 200 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	21,48 bc
Pupuk SP-36 300 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	28,15 bc

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT ( $\alpha = 5\%$ ). Data ditransformasikan ke akar kuadrat ( $\sqrt{x+0,5}$ ) untuk keperluan analisis statistik.

Pemberian pupuk SP-36 200 kg/ha merupakan perlakuan dengan dosis pupuk SP-36 yang paling efektif dalam menurunkan infeksi TuMV. Penambahan P dari pemberian dosis 200 kg/ha dapat menginduksi ketahanan tanaman melalui peningkatan asam salisilat untuk memicu reaksi hipersensitif oleh tanaman. Reaksi hipersensitif ini ditandai dengan adanya kematian sel di sekitar sel yang terinfeksi virus, sehingga virus tidak dapat bereplikasi serta berpindah untuk menginfeksi secara sistemik pada jaringan tanaman. Wahyuni (2005) menyatakan bahwa virus tidak dapat menginfeksi secara sistemik dikarenakan penghalang selama perpindahan dari sel pertama tempat virus melakukan replikasi atau dikarenakan adanya stimulasi pertahanan seluler inang di daerah terjadinya infeksi virus. Asam salisilat menginduksi ketahanan melalui penghambatan replikasi dan transpor jarak jauh partikel-partikel virus karena diaktivasi oleh sianida ( $CN^-$ ) dan antinomisin A

(AA), atau dapat juga dihambat karena aktivitas *alternative oxidase* (AOX) yang berperan dalam menginduksi SAR.

Kematian sel di sekitar sel yang terinfeksi virus merupakan hambatan bagi replikasi virus dan perpindahannya. Hal ini dikarenakan dalam proses replikasi, virus membutuhkan mRNA inang untuk mensintesis protein virus dalam pembentukan komponen virus secara utuh. Dengan demikian, kematian jaringan akibat aplikasi P ini dapat menghambat penyebaran virus dalam jaringan tanaman. Hasil penelitian Orober *et al.* (2002) menunjukkan bahwa fosfat juga dapat menginduksi ketahanan tanaman mentimun dari infeksi *Colletotrichum lagenarium* dengan aplikasi *dipotassium hydrogenphosphate* ( $K_2HPO_4$ ) melalui mekanisme SAR yang mampu meningkatkan asam salisilat pada tanaman. Asam salisilat ini juga dapat berperan dalam menekan infeksi virus pada tanaman mentimun.

Mikoriza yang diinokulasikan secara tunggal maupun yang dikombinasikan dengan pupuk SP-36 menunjukkan pengaruh yang sama dengan perlakuan kontrol. Hal ini diduga bahwa dari inokulasi mikoriza secara tunggal belum mampu mencukupi kebutuhan tanaman akan unsur P, mengingat ketersediaan P pada media tanam yang tergolong rendah yaitu sebesar 7,574 mg/kg. Hal tersebut memiliki kesesuaian dengan penelitian Hartanti (2013) bahwa inokulasi mikoriza secara tunggal belum mampu mencukupi kebutuhan unsur hara bagi tanaman terutama unsur P yang berperan dalam mendukung pembentukan biji pada tanaman jagung.

Besarnya pengaruh yang diberikan mikoriza, terutama pada perlakuan kombinasi mikoriza dengan pupuk SP-36 dapat diketahui melalui pengamatan variabel kerapatan spora mikoriza serta persentase infeksi mikoriza pada akar tanaman pakcoy. Hasil analisis ragam terhadap kedua variabel tersebut menunjukkan bahwa pemberian pupuk SP-36 dan mikoriza berpengaruh terhadap kerapatan spora dan persentase infeksi mikoriza pada akar tanaman pakcoy (Tabel Lampiran 3 dan 4).

Hasil pengamatan kerapatan spora menunjukkan bahwa peningkatan jumlah spora terjadi pada perlakuan yang diinokulasi mikoriza dibandingkan dengan perlakuan yang tidak diinokulasi mikoriza. Hal ini mengindikasikan bahwa mikoriza yang diberikan dapat tumbuh pada rhizosfer tanaman pakcoy. Perlakuan mikoriza 32 ton/ha menunjukkan kerapatan spora tertinggi yaitu sebesar 64,67

spora/10 g media, sedangkan perlakuan pupuk SP-36 dosis 100 kg/ha menunjukkan kerapatan spora terendah dengan rerata 20,67 spora/10 g media. Perbedaan dosis SP-36 yang diberikan pada perlakuan kombinasi pupuk SP-36 dan mikoriza tidak menunjukkan pengaruh yang berbeda terhadap kerapatan spora mikoriza pada rhizosfer tanaman pakcoy, sehingga dalam hal ini dapat diketahui bahwa pemberian SP-36 tidak memberikan pengaruh terhadap jumlah spora pada tanaman pakcoy (Tabel 5).

Tabel 5. Pengaruh Pupuk SP-36 dan Mikoriza terhadap Kerapatan Spora Mikoriza

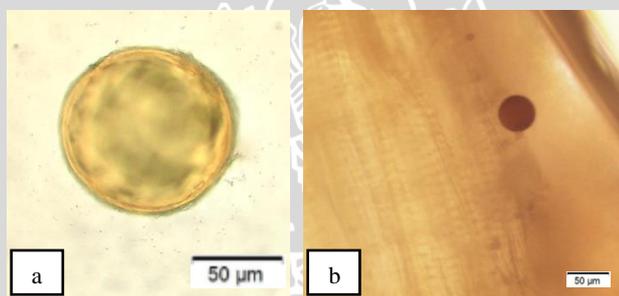
Perlakuan	Rerata Jumlah Spora Mikoriza (spora/10 g)
Kontrol + tidak diinokulasi TuMV	29,67 a
Kontrol + diinokulasi TuMV	21,67 a
Pupuk SP-36 100 kg/ha + diinokulasi TuMV	20,67 a
Pupuk SP-36 200 kg/ha + diinokulasi TuMV	25,67 a
Pupuk SP-36 300 kg/ha + diinokulasi TuMV	26,33 a
Mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	64,67 c
Pupuk SP-36 100 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	53,00 b
Pupuk SP-36 200 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	57,33 bc
Pupuk SP-36 300 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	53,00 b

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT ( $\alpha = 5\%$ ).

Hasil isolasi spora mikoriza pada perlakuan yang tidak diinokulasi mikoriza menunjukkan adanya spora dengan kerapatan antara 20,67-29,67%. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat spora mikoriza yang terbawa pada media tanam serta mampu tumbuh dan berkembang. Alizadeh (2011) menyatakan bahwa arbuskular mikoriza termasuk endomikoriza yang menginfeksi tanaman inang melalui penetrasi ke dalam sel akar tanaman. Organ mikoriza yang mampu terbentuk di dalam jaringan tanaman tersebut dapat berupa hifa, arbuskular, vesikel, maupun spora. Tumbuhnya spora pada perlakuan yang tidak diinokulasi mikoriza diduga karena spora mikoriza yang dimungkinkan berada di dalam jaringan akar tanaman sebelumnya, tidak terjangkau oleh larutan formalin 4% yang digunakan saat proses sterilisasi. Menurut CHRISP (2008), sterilisasi menggunakan formalin akan efektif dalam mematikan spora mikoriza maupun mikroorganisme tanah yang

lain apabila target yang dikendalikan mengalami kontak langsung dengan larutan formalin yang diberikan. Dengan demikian, spora mikoriza yang terdapat di dalam jaringan akar diduga tidak mengalami kontak dengan larutan formalin sehingga memungkinkan spora tersebut untuk tumbuh dan menginfeksi tanaman pakcoy.

Besarnya kerapatan mikoriza berhubungan dengan besarnya persentase infeksi mikoriza pada akar tanaman pakcoy. Pengamatan infeksi akar bertujuan untuk mengidentifikasi ada tidaknya infeksi mikoriza serta mengetahui besarnya asosiasi mikoriza atau persentase infeksi yang terbentuk pada tanaman pakcoy. Infeksi mikoriza ditandai dengan adanya organ mikoriza berupa hifa, vesikel, arbuskular, maupun spora mikoriza di dalam jaringan akar tanaman. Berdasarkan hasil pengamatan, seluruh infeksi mikoriza dalam penelitian ditandai dengan adanya spora dalam jaringan akar tanaman pakcoy (Gambar 6).



Gambar 6. Spora Mikoriza: a) Hasil Isolasi dari Rhizosfer Tanaman Pakcoy (Perbesaran 400x), b) dalam Jaringan Akar Pakcoy (Perbesaran 400x)

Persentase infeksi mikoriza yang tertinggi yaitu pada perlakuan mikoriza 32 ton/ha dengan persentase sebesar 21,33%, sedangkan infeksi terendah yaitu pada perlakuan pupuk SP-36 dosis 300 kg/ha dengan persentase 1,33%. Persentase infeksi mikoriza semakin menurun seiring dengan meningkatnya dosis pupuk SP-36 yang diberikan secara tunggal maupun yang dikombinasikan dengan mikoriza. Infeksi mikoriza pada perlakuan kombinasi mikoriza dan dosis pupuk SP-36 100 kg/ha lebih tingginya dibandingkan dengan perlakuan kombinasi mikoriza dan dosis 200 kg/ha maupun 300 kg/ha. Terdapat interaksi antara pemupukan P dan inokulasi mikoriza terhadap persentase infeksi mikoriza pada akar tanaman pakcoy. Aplikasi pemupukan P dengan dosis rendah atau sedang mampu meningkatkan populasi mikoriza, sedangkan aplikasi P dengan dosis tinggi menurunkan populasi dan persentase infeksi mikoriza. Hal tersebut menunjukkan

kesesuaian dengan pernyataan Anggarini *et al.* (2012), bahwa infeksi dan pengaruh mikoriza berkurang dengan meningkatnya P tersedia di tanah. Apabila P tersedia dalam jumlah berlebihan, maka pertumbuhan tanaman bermikoriza tidak akan lebih baik dibandingkan dengan tanaman yang tidak bermikoriza. Namun demikian, persentase infeksi pada seluruh perlakuan kombinasi mikoriza dan pupuk SP-36 memberikan hasil yang sama secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan dosis P tidak berpengaruh pada besarnya persentase infeksi mikoriza (Tabel 6).

Tabel 6. Pengaruh Pupuk SP-36 dan Mikoriza terhadap Persentase Infeksi Mikoriza

Perlakuan	Rerata Infeksi Mikoriza (%)
Kontrol + tidak diinokulasi TuMV	2,67 a
Kontrol + diinokulasi TuMV	2,67 a
Pupuk SP-36 100 kg/ha + diinokulasi TuMV	4,00 ab
Pupuk SP-36 200 kg/ha + diinokulasi TuMV	2,67 a
Pupuk SP-36 300 kg/ha + diinokulasi TuMV	1,33 a
Mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	21,33 d
Pupuk SP-36 100 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	17,33 cd
Pupuk SP-36 200 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	16,00 cd
Pupuk SP-36 300 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	9,33 bc

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT ( $\alpha = 5\%$ ). Data ditransformasikan ke akar kuadrat ( $\sqrt{(x+0,5)}$ ) untuk keperluan analisis statistik.

Rerata intensitas penyakit akibat infeksi TuMV pada perlakuan kombinasi mikoriza dan pupuk SP-36 tidak memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan SP-36 secara tunggal. Hal ini diakibatkan oleh rendahnya persentase infeksi mikoriza pada akar tanaman pakcoy yang memiliki kisaran nilai antara 1,33-21,33% (Tabel 6). Menurut Setiadi (1992) dalam Muis *et al.* (2013), persentase infeksi mikoriza yang berada pada kisaran 1-25% berada pada kategori persentase infeksi rendah. Rendahnya persentase infeksi menunjukkan bahwa dari jumlah spora mikoriza yang diinokulasikan, hanya sedikit yang dapat berasosiasi dengan akar tanaman pakcoy.

Rendahnya infeksi mikoriza pada tanaman pakcoy juga memiliki kesesuaian dengan hasil penelitian Tommerup (1984), bahwa mikoriza pada akar *Brassica* sp. memiliki perkecambahan spora dan pembentukan apresoria yang lebih rendah

dibandingkan pada akar *Trifolium* (dikategorikan sebagai inang potensial dari mikoriza). Vesikel sebagai salah satu organ mikoriza yang menandakan adanya infeksi pada akar juga tidak terbentuk pada akar *Brassica* sp. El-Atrach *et al.* (1989) menyatakan bahwa rendahnya infeksi mikoriza pada akar *Brassica* disebabkan oleh adanya senyawa metabolit sekunder yang diproduksi oleh akar *Brassica* sp. berupa turunan glucosinolat. Dengan demikian, keberadaan mikoriza tidak dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap ketahanan induksi tanaman serta ketersediaan P dan unsur hara lain bagi tanaman.

## 4.2 Pengaruh Mikoriza dan Pupuk SP-36 terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Pakcoy

### 4.2.1 Tinggi Tanaman dan Luas Daun

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk SP-36 dan mikoriza tidak berpengaruh terhadap rerata tinggi tanaman dan luas daun (Tabel Lampiran 5 dan 6). Berikut merupakan hasil rerata tinggi tanaman pakcoy:

Tabel 7. Pengaruh Pupuk SP-36 dan Mikoriza terhadap Tinggi Tanaman Pakcoy

Perlakuan	Rerata Tinggi Tanaman (cm)
Kontrol + tidak diinokulasi TuMV	4,20
Kontrol + diinokulasi TuMV	4,47
Pupuk SP-36 100 kg/ha + diinokulasi TuMV	4,58
Pupuk SP-36 200 kg/ha + diinokulasi TuMV	4,52
Pupuk SP-36 300 kg/ha + diinokulasi TuMV	4,18
Mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	4,35
Pupuk SP-36 100 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	4,25
Pupuk SP-36 200 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	4,37
Pupuk SP-36 300 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	4,42
	tn

Keterangan: Notasi “tn” menunjukkan bahwa nilai F Hitung tidak berbeda nyata dengan F Tabel 5%.

Keseluruhan perlakuan pemberian pupuk SP-36 dan mikoriza menunjukkan pengaruh yang sama dengan kontrol terhadap variabel tinggi tanaman dan luas daun (Tabel 7 dan 8). P merupakan unsur hara yang berperan penting bagi pembelahan sel dan bagi perkembangan jaringan meristematik untuk mempercepat proses-proses fisiologis (Sutedjo dan Sapoeetra, 2005). Namun berdasarkan peranan

tersebut, perbedaan penyediaan P dari perlakuan yang diberikan diduga tidak berpengaruh secara langsung terhadap variabel pertumbuhan tanaman. Perbedaan penyediaan P diindikasikan tidak mampu memberikan pengaruh terhadap peningkatan tinggi tanaman maupun luas daun pada tanaman pakcoy yang terinfeksi TuMV apabila dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

Infeksi TuMV pada tanaman pakcoy yang terjadi pada 6,33-9 HSI diduga menghambat pengaruh dari pemberian P ke tanaman. Menurut Kartiningtyas dan Hidayat (2006), umur tanaman saat terjadinya infeksi virus sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Semakin cepat tanaman terinfeksi virus, maka tanaman akan semakin rentan dan intensitas penyakit yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa P yang diberikan melalui penyediaan pupuk SP-36 dan mikoriza tidak mampu menghambat perkembangan virus yang telah menginfeksi tanaman pakcoy.

Tabel 8. Pengaruh Pupuk SP-36 dan Mikoriza terhadap Luas Daun Tanaman Pakcoy

Perlakuan	Rerata Luas Daun (cm <sup>2</sup> )
Kontrol + tidak diinokulasi TuMV	50,81
Kontrol + diinokulasi TuMV	38,83
Pupuk SP-36 100 kg/ha + diinokulasi TuMV	47,70
Pupuk SP-36 200 kg/ha + diinokulasi TuMV	43,30
Pupuk SP-36 300 kg/ha + diinokulasi TuMV	42,20
Mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	39,33
Pupuk SP-36 100 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	40,13
Pupuk SP-36 200 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	45,12
Pupuk SP-36 300 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	43,65
	tn

Keterangan: Notasi “tn” menunjukkan bahwa nilai F Hitung tidak berbeda nyata dengan F Tabel 5%.

Tingginya infeksi TuMV ini juga akan berpengaruh terhadap proses fotosintesis dan hasil fotosintat tanaman. Goodman *et al.* (1967) dalam Zaurisa (2007) menambahkan bahwa semakin meningkatnya infeksi virus pada tanaman akan berakibat pada penurunan kemampuan fotosintesis tanaman yang hanya akan mencapai 75-80% dibandingkan dengan tanaman normal. Dengan demikian, tidak

adanya respon P pada tanaman mengakibatkan tanaman mengalami gangguan pertumbuhan yang sama pada masing-masing perlakuan.

Unsur hara yang berperan penting dalam mempengaruhi tinggi tanaman ialah unsur Nitrogen (N). Menurut Li *et al.* (2016), pupuk N berperan dalam mempercepat pemanjangan batang sehingga akan meningkatkan tinggi tanaman. Zaurisa (2007) menambahkan bahwa unsur hara yang memiliki peranan lebih dalam pembentukan dan perkembangan daun ialah unsur N. Kandungan N total pada media tanam dalam penelitian ini yaitu sebesar 0,3507% atau dalam kategori sedang, sehingga peranan N dalam pertumbuhan tinggi tanaman dan luas daun diduga kurang maksimal.

#### 4.2.2 Bobot Basah Tanaman Pakcoy

Pemberian pupuk SP-36 dan mikoriza tidak berpengaruh terhadap bobot basah tanaman pakcoy sebagai variabel produksi (Tabel Lampiran 7). Perlakuan kontrol yang tidak diinokulasi TuMV memiliki rerata bobot basah tanaman tertinggi yaitu sebesar 91,83 gram, sedangkan rerata bobot basah terendah yaitu pada perlakuan kontrol yang tidak diinokulasi TuMV dengan rerata 78,67 gram (Tabel 9). Keseluruhan perlakuan pemberian pupuk SP-36 dan mikoriza memberikan pengaruh yang sama apabila dibandingkan dengan perlakuan kontrol terhadap variabel bobot basah tanaman.

Tabel 9. Pengaruh Pupuk SP-36 dan Mikoriza terhadap Bobot Basah Pakcoy

Perlakuan	Rerata Bobot Basah (g)
Kontrol + tidak diinokulasi TuMV	91,83
Kontrol + diinokulasi TuMV	78,67
Pupuk SP-36 100 kg/ha + diinokulasi TuMV	81,83
Pupuk SP-36 200 kg/ha + diinokulasi TuMV	86,00
Pupuk SP-36 300 kg/ha + diinokulasi TuMV	90,67
Mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	80,83
Pupuk SP-36 100 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	87,83
Pupuk SP-36 200 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	89,33
Pupuk SP-36 300 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV	87,17
	tn

Keterangan: Notasi “tn” menunjukkan bahwa nilai F Hitung tidak berbeda nyata dengan F Tabel 5%.

Tanaman pakcoy yang telah mengalami gangguan pertumbuhan akibat infeksi TuMV tidak menunjukkan adanya pengaruh berupa peningkatan tinggi dan luas daun yang lebih baik dibandingkan kontrol setelah penambahan P dari pupuk SP-36 dan mikoriza. Berdasarkan hal tersebut, variabel bobot basah tanaman diduga juga menunjukkan hasil yang sama dengan variabel pertumbuhan akibat tidak adanya pengaruh penambahan P pada variabel pertumbuhan.

Tanaman yang terinfeksi TuMV akan mengalami penurunan kadar klorofil daun yang akan berpengaruh terhadap jalannya fotosintesis tanaman. Guo *et al.* (2005) menyatakan bahwa tanaman yang terinfeksi oleh TuMV akan mengalami penurunan berat, tinggi tanaman, serta luas daun akibat berkurangnya klorofil setelah 2 minggu terinfeksi virus. Penurunan berkurangnya klorofil pada daun memiliki hubungan yang linier dengan proses fotosintesis tanaman terkait berkurangnya hasil fotosintat yang terbentuk. Dengan demikian, penambahan P pada tanaman yang telah terinfeksi TuMV diduga tidak mampu meningkatkan bobot basah tanaman yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol.

#### 4.3 Pembahasan Umum

Tanaman pakcoy yang terinfeksi TuMV dapat ditandai dengan munculnya gejala mosaik ringan dan klorosis, kemudian berkembang menjadi gejala melepuh, *vein clearing*, dan *vein banding*. Tanaman dengan intensitas infeksi yang tinggi juga menunjukkan gejala mosaik dan malformasi daun. TuMV dapat menginfeksi tanaman pada kisaran umur yang luas. TuMV akan dapat memunculkan gejala setelah 5 hari atau lebih dari proses inokulasi virus pada tanaman.

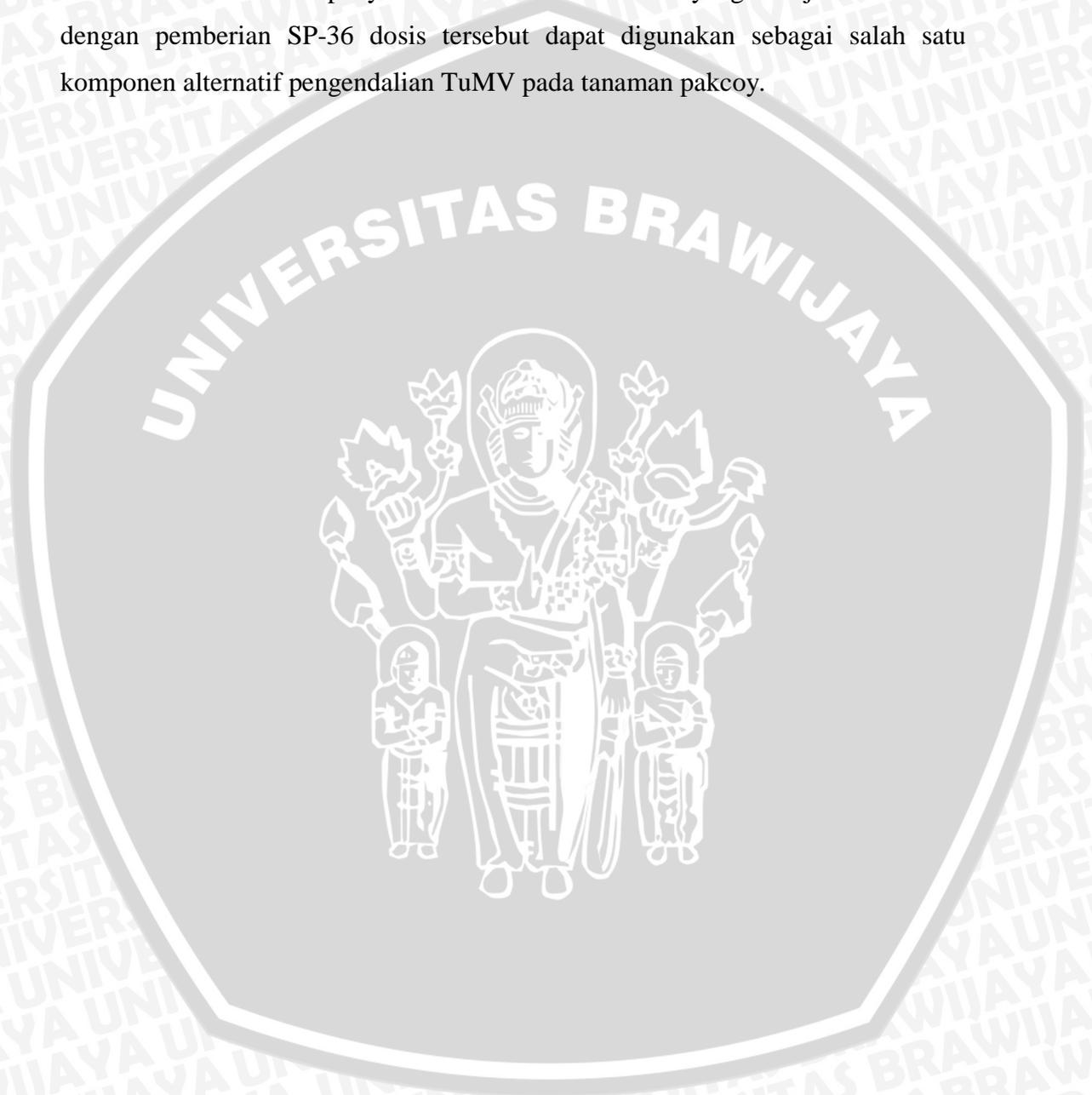
Perlakuan pemberian pupuk SP-36 dan mikoriza secara tunggal maupun kombinasi keduanya memberikan pengaruh terhadap intensitas penyakit akibat infeksi TuMV pada tanaman pakcoy. Dalam hal ini hanya perlakuan pemberian pupuk SP-36 dengan dosis 200 kg/ha yang mampu menurunkan infeksi TuMV. Menurut Silahooy (2012), P dapat meningkatkan ketahanan tanaman melalui peranannya dalam proses metabolisme sebagai pengatur kebutuhan atau keseimbangan unsur hara bagi tanaman. P juga berperan dalam pembentukan asam nukleat, transfer energi, dan penstimulasi aktivitas enzim-enzim. Penurunan intensitas penyakit akibat infeksi TuMV pada tanaman pakcoy dipengaruhi oleh

peningkatan asam salisilat akibat penambahan P yang memicu reaksi hipersensitif sel, sehingga virus yang memanfaatkan komponen asam nukleat inang tidak dapat bereplikasi dan berpindah secara sistemik ke sel yang lain.

Mikoriza merupakan jamur tanah obligat yang dapat berperan dalam membantu penyerapan unsur hara makro dan mikro terutama unsur P (Cameron *et al.*, 2013). Hifa mikoriza mampu mengeluarkan enzim fosfatase sehingga P yang terikat di dalam tanah akan terlarut dan tersedia bagi tanaman (Sartini, 2004). Namun dalam penelitian ini, mikoriza yang diberikan tidak menunjukkan pengaruh terhadap intensitas penyakit. Hal ini diduga diakibatkan oleh rendahnya persentase infeksi mikoriza pada akar pakcoy meskipun kerapatan spora di rhizosfer tanaman tergolong lebih tinggi dibandingkan perlakuan yang tidak diinokulasi mikoriza. Keseluruhan infeksi mikoriza pada tanaman pakcoy memiliki persentase pada kisaran 1,33-21,33% atau dalam kategori rendah. Rendahnya persentase infeksi ini diduga dipengaruhi oleh senyawa metabolit sekunder tanaman pakcoy yang dapat menghambat perkembangan mikoriza. El-Atrach *et al.* (1989) menyatakan bahwa rendahnya infeksi mikoriza pada akar *Brassica* sp. disebabkan oleh metabolit sekunder yang diproduksi oleh akar pakcoy berupa turunan glucosinolat.

Aplikasi pupuk SP-36 dan mikoriza secara tunggal maupun kombinasi keduanya tidak berpengaruh terhadap masa inkubasi TuMV. Hal ini diduga karena jarak antara waktu pemupukan SP-36 dan inokulasi mikoriza terhadap inokulasi TuMV yang pendek mengakibatkan tanaman belum mampu menyerap unsur P yang diberikan secara maksimal. Hal ini juga memiliki kesesuaian dengan sifat pupuk SP-36 yang *slow release* serta perlunya waktu untuk mikoriza agar dapat berasosiasi dengan tanaman. Penurunan tinggi tanaman, luas daun, serta bobot basah tanaman akibat infeksi TuMV diakibatkan oleh terhambatnya proses fotosintesis tanaman. Keseluruhan perlakuan penambahan P tidak menunjukkan hasil yang berbeda dengan perlakuan kontrol pada ketiga variabel tersebut. Respon pemberian unsur P tidak terlihat bagi peningkatan pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy. Hal ini diduga karena unsur hara yang memiliki peranan penting bagi pertumbuhan ialah unsur N, sedangkan ketersediaan unsur P diduga tidak berpengaruh secara langsung terhadap tinggi tanaman, luas daun, serta bobot basah tanaman yang diamati. Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui

bahwa pemberian pupuk SP-36 dan mikoriza belum mampu memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan kontrol terhadap pertumbuhan serta produksi tanaman pakcoy yang telah terinfeksi TuMV. Namun penambahan P dari pemberian pupuk SP-36 secara tunggal dengan dosis 200 kg/ha mampu menurunkan intensitas penyakit akibat infeksi TuMV yang menunjukkan bahwa dengan pemberian SP-36 dosis tersebut dapat digunakan sebagai salah satu komponen alternatif pengendalian TuMV pada tanaman pakcoy.



## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

1. Pemberian pupuk SP-36 secara tunggal dengan dosis 200 kg/ha dapat menurunkan infeksi TuMV dengan rerata intensitas penyakit sebesar 14,81% dibandingkan dengan kontrol yang menunjukkan rerata intensitas penyakit sebesar 32,84%, sedangkan pemberian mikoriza secara tunggal maupun kombinasinya dengan pupuk SP-36 menunjukkan pengaruh yang sama dengan kontrol.
2. Pemberian mikoriza dan pupuk SP-36 baik tunggal maupun kombinasinya belum dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi yang lebih baik dibandingkan kontrol.

### 5.2 Saran

1. Pada penelitian ini terdapat mikoriza kontaminan pada media tanam akibat penggunaan sterilisasi kimiawi yang kurang efektif dalam mematikan spora. Dengan demikian, sterilisasi media tanam yang akan digunakan dapat menggunakan metode yang lebih efektif agar dapat mematikan mikoriza kontaminan.
2. Pada penelitian ini, mikoriza diinokulasikan bersamaan dengan kegiatan transplanting. Perlu dilakukan penelitian pemberian mikoriza pada saat tanaman pakcoy masih di persemaian, agar pada saat transplanting mikoriza telah berasosiasi dengan tanaman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, A. L. 2003. Ilmu Penyakit Tumbuhan Jilid 3. Hal. 35. Malang: Bayumedia.
- Adiputra, J., S. H. Hidayat, dan T. A. Damayanti. 2012. Evaluasi Metode Preparasi RNA Total untuk Deteksi *Turnip Mosaik Potyvirus* dari Benih *Brassica rapa* dengan *Reverse Transcription-Polymerase Chain Reaction*. J. Fitopatologi 8(2): 44-49.
- Anggarini, A. Tohari, dan D. Kastono. 2012. Pengaruh Mikoriza terhadap Pertumbuhan dan Hasil Sorgum Manis (*Sorghum bicolor* L. Moench) pada Tunggul Pertama dan Kedua. Fakultas Universitas Gadjah Mada.
- Alizadeh, O. 2011. Mycorrhizal Symbiosis. *Advanced Studies in Biology* 3(6): 273-281.
- Bellardi, M. G., L. Cavicchi, A. D. Stradis, S. Panno, and S. Davino. 2013. Molecular Characterization and Phylogenetic Analysis of Turnip Mosaic Virus (TuMV) in *Erysimum linifolium* L. in Italy. *J. Plant Science* 4(3): xxx-xxx.
- Bos, L. 1990. Pengantar Virologi Tumbuhan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Brundett, M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove, and N. Malajczuk. 1996. Working With Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. Australia: Pirie Printers.
- Cameron, D. D., A. L. Neal, S. C. M. van Wees, and J. Ton. 2013. Mycorrhiza-Induced Resistance: More Than the Sum of Its Parts? *Trends Plant Sci.* 18(10): 539-545.
- Chisholm, S. T., M. A. Parra, R. J. Anderberg, and J. C. Carrington. Arabidopsis RTM1 and RTM2 Genes Function in Phloem to Restrict Long-Distance Movement of Tobacco Ecth Virus. *J. Plant Physiol.* Vol. 127
- CHRISP. 2008. Desinfection and Sterilization, Infection Control Guidelines, Section 5 Thermal and Chemical Disinfection. (Online). <http://www.health.qld.gov.au/chrisp>. Diunduh pada tanggal 17 Juli 2016.
- Dahlan, K. A., F. Puspita, dan Armaini. 2015. Aplikasi Beberapa Dosis Tricho-Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) pada Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jom Faperta* 2(1).
- El-Atrach, H. Vierheilig, and J. A. Ocampo. 1989. Influence of Non-Host Plants on Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Infection of Host Plants and on Spore Germination. *J. Soil. Biol. Biochem.* 21(1): 161-163.

- Encyclopedia of Life. 2013. *Brassica rapa*. (Online). [http://eol.org/pages/483563/hierarchy\\_entries/52\\_969335/overview.com](http://eol.org/pages/483563/hierarchy_entries/52_969335/overview.com). Diunduh pada tanggal 18 Januari 2016.
- Firdaus. 2009. Deteksi dan Karakterisasi *Turnip Mosaic Virus* Penyebab Penyakit Mosaik pada Tanaman Caisim (*Brassica campestris* L. spp. *chinensis*). Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Aceh. Aceh.
- Fuady, Z. 2013. Kontribusi Cendawan Mikoriza Arbuskular terhadap Pembentukan Agregat Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. *Lentera* 13(3): 7-15.
- Glenn, M. G., F. S. Chew, and P. H. Williams. 1984. Hyphal Penetration of Brassica (Crucifera) Roots by a Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungus. *J. New Phytol* 99: 463-472.
- Guo, D., Y. Guo, J. Zhao, H. Liu, Y. Peng, Q. Wang, J. Chen, and G. Rao. 2005. Photosynthetic Rate and Chlorophyll Fluorescence in Leave of Stem Mustard (*Brassica juncea* var. *tsatsai*) After Turnip Mosaic Virus Infection. *J. Plant Science* 168: 57-63.
- Hartanti, I. 2013. Pengaruh Pemberian Pupuk Hayati Mikoriza dan *Rock Phosphate* terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt). Fakultas Pertanian Universitas Riau. Riau.
- Hayati, M., A. Marliah, dan H. Fajri. 2012. Pengaruh Varietas dan Dosis Pupuk SP-36 terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Jurnal Agrista* 16(1): 7-13.
- Hollings, M. 1959. Host Range Studies with Fifty-Two Plant Viruses. *J. Ann. Appl. Biol.* 47 (1): 98-108.
- Husna, F. D. Tuheteru, dan Mahfudz. 2007. Aplikasi Mikoriza untuk Memacu Pertumbuhan Jati di Muna. *Info Teknis* 5(1): 1-4.
- INVAM. 2015. Species Descriptions from Reference Cultures. (Online). <http://invam.wvu.edu/the-fungi/species-descriptions>. Diunduh pada tanggal 18 Januari 2016.
- Kartiningtyas dan S. H. Hidayat. 2006. Deteksi *Turnip Mosaic Virus* pada Jaringan Benih dan Daun. *J. HPT. Tropika* 6(1): 32-40.
- Kassem, A. A. H. and J. A. Walsh. 2008. Characterising Resistance to *Turnip Mosaic Virus* (TuMV) in Turnip (*Brassica rapa rapa*). *Arab J. Pl. Prot.* 26.
- Kaur, R., A. Singh, and J. S. Kang. 2014. Influence of Different Types Mycorrhizal Fungi on Crop Productivity. *Current Agriculture Research Journal* 2(1): 51-54.

- Lee, M. C., D. C. N. Chang, Y. J. Chang, and Y. S. Chang. 2010. Moderate Systemic Movement of Cymbidium Mosaic Virus in Phalaenopsis Seedling Induced by Rhizoctonia Orchid Mycorrhizal Fungi. *J. of Biotechnology* 150S: S1–S576.
- Li, X., Q. Li, T. Yang, Z. Nie, G. Chen, and L. Hu. 2016. Responses of Plant Development, Biomass and Seed Production of Direct Sown Oilseed Rape (*Brassica napus*) to Nitrogen Application at Different Stages in Yangtze River Basin. *Field Crops Research* 194: 12–20.
- Lindawati, Y. 2015. Pengaruh Lama Penyinaran Lampu LED dan Lampu Neon terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) dengan Hidroponik Sistem Sumbu (*Wick System*). Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Lampung.
- Maryani, A. T. dan Nelvia. 2009. Efek Pemberian Beberapa Sumber Fosfat dan Mikoriza Vesikular Arbuskula pada Bibit Tanaman Jarak Pagar (*Japropa curcas* L.) di Medium Gambut. *Sagu* 8(2): 1-7.
- Matsetio, A. 2014. Jenis dan Potensi Fungi Mikoriza Asal Tanah Pasca Tambang Batubara dalam Mengendalikan Penyakit Busuk Batang *Fusarium* sp. pada Tanaman Jagung. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu. Bengkulu.
- McCormack, J. H. 2005. Brassica Seed Production, an Organic Seed Production Manual for Seed Growers in The Mid-Atlantic and Southern U. S. The Southern Regional SARE (Sustainable Agriculture Research and Education).
- Muis, A., D. Indradewa, dan J. Widada. 2013. Pengaruh Inokulasi Mikoriza Arbuskula Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) pada Berbagai Interval Penyiraman. *J. Vegetalika* 2 (2): 7-20.
- Nasahi, C. 2010. Peran Mikroba dalam Pertanian Organik. Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Natasya, A. Y. 2014. Pengaruh Pemberian Tingkat Dosis Pupuk KCl Terhadap Infeksi TuMV (*Turnip Mosaic Virus*) pada Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
- Nichols Garden Nursery. 2016. Mustrad and Pac Choi. (Online). <http://NicholsGardenNursery.com>. Diunduh pada tanggal 19 Januari 2016.
- Orober, M., J. Siegrist, and H. Buchenauer. 2002. Mechanisms of Phosphate-induced Disease Resistance in Cucumber. *J. Plant Pathology* 108: 345-353.

- Plant Viruses Online. 2016. Descriptions and Lists from The VIDE Database. (Online). <http://sdb.im.ac.cn/vide/refs.htm>. Diunduh pada tanggal 12 Juli 2016.
- Rusdy, A. 2010. Pemberian Pupuk Hayati dan Fosfor pada Padi Gogo Terhadap Serangan Kepik Hijau. *J. Floratek* 5: 31–42.
- Sa'idah, E. Y., M. Martosudiro, dan T. Hadiastono. 2013. Ketahanan Lima Varietas Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.) Terhadap Infeksi *Turnip Mosaic Virus* (TuMV). *J. HPT* 1(3): 9-18.
- Sagala, Y., A. S. Hanafiah, dan Razali. 2013. Peranan Mikoriza Terhadap Pertumbuhan, Serapan P dan Cd Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) serta Kadar P dan Cd Andisol yang Diberi Pupuk Fosfat Alam. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 2(1): 487-500.
- Sartini. 2004. Mikoriza Arbuskula dan Kascing: Pengaruh Terhadap Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Penelitian Bidang Ilmu Pertanian* 2(1): 36-38.
- Sastrahidayat, I. R. 2011. Rekeyasa Pupuk Hayati Mikoriza dalam Meningkatkan Produksi Pertanian. Malang: UB Press.
- Setiawati, W., R. Murtiningsih, G. A. Sopha, dan T. Handayati. 2013. Panen Petsai Jangan Terlalu Muda, Jangan Pula Terlalu Tua. Balai Penelitian Sayuran.
- Shattuck, V. I. 1992. The Biology, Epidemiology, and Control of Turnip Mosaic Virus. Department of Horticultural Science University of Guelph, Ontario Canada. Canada.
- Silahooy, C. 2012. Efek Dolomit dan SP-36 Terhadap Bintil Akar, Serapan N, dan Hasil Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) pada Tanah Kambisol. *Agrologia* 1(2): 91-98.
- Simanungkalit, R. D. M. 2006. Cendawan Mikoriza Arbuskuler. (Online). [http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/buku/buku%20pupuk%20hayatipupuk%20organik/08cendawan\\_rdm.pdf](http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/buku/buku%20pupuk%20hayatipupuk%20organik/08cendawan_rdm.pdf). Diunduh tanggal 19 Januari 2016.
- Suharti, N., T. Habazar, N. Nasir, Dachryanus, dan Jamsari. 2011. Induksi Ketahanan Tanaman Jahe Terhadap Penyakit Layu *Ralstonia solanacearum* Ras 4 Menggunakan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Indigenus. *J. HPT Tropika* 11(1): 102-111.
- Sukmawati, S. 2012. Budidaya Pakchoi dengan Pengaruh Beberapa Jenis Pupuk Organik. Karya Ilmiah. Bandar Lampung. Politeknik Negeri Lampung. Lampung.

- Supriadi, Rosita. 2012. Induksi Ketahanan Tanaman Jahe Secara Hayati dan Kimia terhadap Gangguan Hama dan Penyakit. Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik. Bogor.
- Sutedjo, M. M. dan S. Sapoeetra. 2005. Pengantar Ilmu Tanah. Jakarta: Rineka Cipta.
- Syekhfani, S. 2013. Petsai (*Brassica chinensis* L). (Online). <http://syekhfanimd.lecture.ub.ac.id/files/2013/02/PETSAI.pdf>. Diunduh tanggal pada 19 Januari 2016.
- Tommerup, I. C. 1984. Development of Infection by a Vesicular-arbuscular Mycorrhizal Fungus in *Brassica napus* L. and *Trifolium subterraneum* L. *New Phytol* 98: 487-495.
- Triwibawa, N. A., M. Martosudiro, dan T. Hadiastono. 2015. Pengaruh Ekstrak Daun Beberapa Tanaman Non Inang terhadap Ketahanan Induksi TuMV (*Turnip Mosaic Virus*) pada Tanaman Sawi (*Brassica rapa* L.). *J. HPT* 3(2): 25-30.
- Uddin, N., G. Skalka, A. Baker, I. Saunders, M. Newbert, C. Nellist, and J. Walsh. 2015. Towards Identification of The *Turnip Mosaic Virus* Resistance Genes in Oilseed Rape (*Brassica napus*). School of Life Sciences, University of Warwick, Wellesbourne, Warwick.
- Wahyuni, W. S. 2005. Dasar-dasar Virologi Tumbuhan. Hal. 61-69. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Yuliasmara, F., S. Sukamto, dan A. A. Prawoto. 2011. Induksi Kekebalan Sistemik untuk Mencegah Penyakit Pembuluh Kayu pada Bibit Kakao melalui Aplikasi Boron dan Silikon. *Pelita Perkebunan* 27(3): 202-215.
- Zaurisa, D. 2007. Pengaruh Dosis Pemupukan P (SP-36) Terhadap Intensitas Ssrangan Geminivirus, Pertumbuhan, Produksi, dan Ketahanan Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). Skripsi. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
- Zuchri, A. 2009. Pemupukan SP36 pada Lahan Regosol Bereaksi Masam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Dua Varietas Kacang Tanah (*Arachis hypogea* L.). *Agrovigor* 2(1):31-35.

Tabel Lampiran 1. Hasil Analisis Ragam Masa Inkubasi TuMV pada Tanaman Pakcoy

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	26,8229	7	3,8319	0,8738	2,6572
Galat	70,1667	16	4,3854		
Total	96,9896	23			

Tabel Lampiran 2. Hasil Analisis Ragam Intensitas Penyakit TuMV pada Tanaman Pakcoy 22 Hari Setelah Inokulasi

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	55,4777	8	6,934712	7,588528*	2,510158
Galat	16,44915	18	0,913842		
Total	71,92684	26			

Keterangan: \* menunjukkan bahwa nilai F Hitung berbeda nyata dengan F Tabel 5%

Tabel Lampiran 3. Hasil Analisis Ragam Jumlah Spora Mikoriza pada Tanaman Pakcoy

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	7346	8	918,25	25,8797*	2,510158
Galat	638,6667	18	35,48148		
Total	7984,667	26			

Keterangan: \* menunjukkan bahwa nilai F Hitung berbeda nyata dengan F Tabel 5%

Tabel Lampiran 4. Hasil Analisis Ragam Persentase Infeksi Mikoriza pada Akar pada Tanaman Pakcoy

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	42,85158	8	5,356447	9,913755*	2,510158
Galat	9,725482	18	0,540305		
Total	52,57706	26			

Keterangan: \* menunjukkan bahwa nilai F Hitung berbeda nyata dengan F Tabel 5%

Tabel Lampiran 5. Hasil Analisis Ragam Tinggi Tanaman pada Tanaman Pakcoy

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	0,471296	8	0,058912	0,4032	2,510158
Galat	2,63	18	0,146111		
Total	3,101296	26			

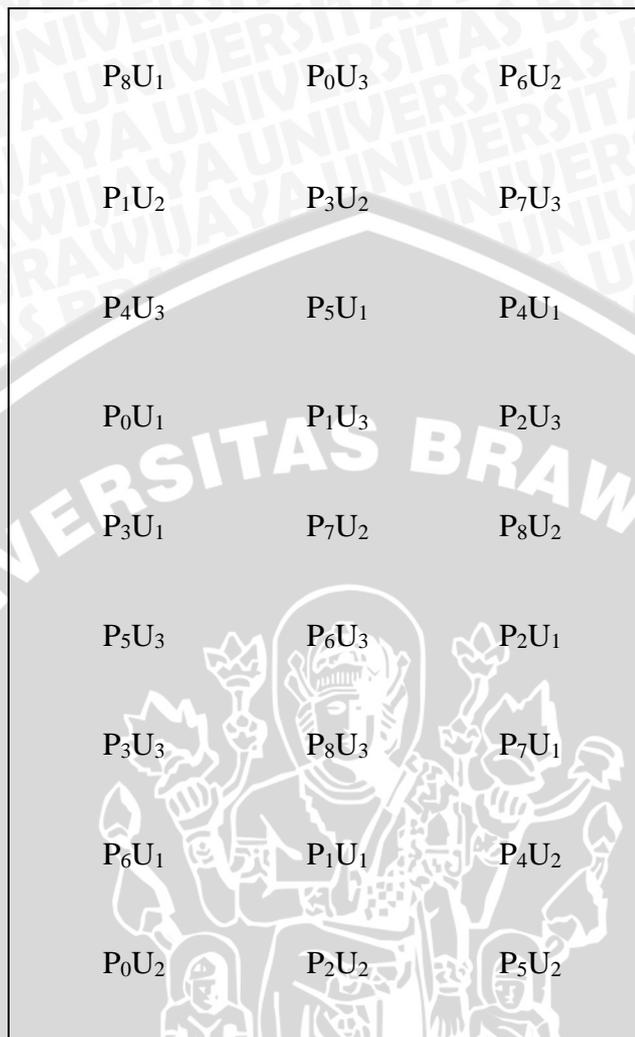
Tabel Lampiran 6. Hasil Analisis Ragam Luas Daun Tanaman Pakcoy

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	251,8576	8	31,48221	1,025757	3,229583
Galat	276,225	9	30,69167		
Total	528,0827	17			

Tabel Lampiran 7. Hasil Analisis Ragam Bobot Basah Tanaman pada Tanaman Pakcoy

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	508,4074	8	63,55093	1,042451	2,510158
Galat	1097,333	18	60,96296		
Total	1605,741	26			





**Keterangan:**

- P<sub>0</sub> : kontrol + tidak diinokulasi TuMV
- P<sub>1</sub> : kontrol + diinokulasi TuMV
- P<sub>2</sub> : pupuk SP-36 100 kg/ha + diinokulasi TuMV
- P<sub>3</sub> : pupuk SP-36 200 kg/ha + diinokulasi TuMV
- P<sub>4</sub> : pupuk SP-36 300 kg/ha + diinokulasi TuMV
- P<sub>5</sub> : mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV
- P<sub>6</sub> : pupuk SP-36 100 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV
- P<sub>7</sub> : pupuk SP-36 200 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV
- P<sub>8</sub> : pupuk SP-36 300 kg/ha + mikoriza 32 ton/ha + diinokulasi TuMV
- U<sub>1</sub> : ulangan pertama
- U<sub>2</sub> : ulangan kedua
- U<sub>3</sub> : ulangan ketiga

Gambar Lampiran 1. Denah Penelitian



## UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG LABORATORIUM KIMIA

Jl. Raya Tlogomas No. 246 Telp. 0341-464318 Psw. 152 Malang 65144

### LAPORAN ANALISIS

No. Surat : *017/LK-B/IV/2016*

Contoh disampaikan oleh pelanggan dengan keterangan sebagai berikut:

Pelanggan : **Dewinda Ika W**  
125040200111168  
Fakultas Pertanian/Hama dan Penyakit Tumbuhan  
Universitas Brawijaya Malang

Jenis Contoh : Tanah

Tgl. Penerimaan : 1 Maret 2016

Analisis/Uji yang diminta : C organik dan N total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tersedia, K<sub>2</sub>O total dan pH

Metode Analisis : Walkley Black and Denstedt (C organik dan bahan organik)  
Semi micro kjeldahl (N total)  
Spektrofotometer (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tersedia)  
Spektrofotometer (K<sub>2</sub>O total)  
pH meter (pH)

Hasil Analisis : Terlampir

Matang, 12 April 2016  
Kepala Laboratorium  
*[Signature]*  
Dr. Nurul Mahmudati, Dra., MKes

Lampiran Surat No. /LK-B/IV/2016

#### Hasil Analisis Kimia Sampel Tanah

Parameter	Unit	Hasil Tanah	
		1	2
C Organik	g/100 g	1,786	1,780
Bahan Organik	g/100 g	2,319	2,312
N Total (%)	g/100 g	0,350	0,364
Rasio C/N		5,108	4,889
Total P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/100 g	28,566	29,240
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> tersedia	mg/kg	7,515	7,633
Total K <sub>2</sub> O	mg/100 g	48,591	48,086
pH (H <sub>2</sub> O)		6,47	6,45

Gambar Lampiran 2. Dokumentasi Hasil Analisis Kimia Media Tanam



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG**  
**LABORATORIUM KIMIA**  
 Jl. Raya Tlogomas No. 245 Telp. 0341-464318 Psw. 152 Malang 65144

---

**LAPORAN ANALISIS**

No. Surat : 128 /LK-B/VI/2016

Contoh disampaikan oleh pelanggan dengan keterangan sebagai berikut:

Pelanggan : **Dewinda Ika W**  
 125040200111168  
 Fakultas Pertanian/Hama dan Penyakit Tumbuhan  
 Universitas Brawijaya Malang

Jenis Contoh : Tanah

Tgl. Penerimaan : 23 Mei 2016

Analisis/Uji yang diminta : Bobot isi tanah

Metode Analisis : Weight and volume measurement

Hasil Analisis : Terlampir

Malang, 3 Juni 2016  
 Kepala Laboratorium  
  
 Dr. Nurul Mahidudati, Dra, MKes

Lampiran Surat No. 128 /LK-B/VI/2016

**Hasil Analisis Kimia Sampel Tanah (Bobot kering)**

Sampel	Ulangan	Bobot isi tanah (g/cc)
Tanah	1	1,260
	2	1,255

Gambar Lampiran 3. Dokumentasi Hasil Analisis Berat Isi Media Tanah