

**PENGARUH MEDAN MAGNET 0,2 mT TERHADAP PERTUMBUHAN
GENERATIF TANAMAN TOMAT (*Lycopersicum esculentum* Mill.) YANG
DIINFEKSI *Fusarium oxysporum***

(Tesis)

Oleh

IKA LISTIANA



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

**PENGARUH MEDAN MAGNET 0,2 mT TERHADAP PERTUMBUHAN
GENERATIF TANAMAN TOMAT (*Lycopersicum esculentum* Mill.) YANG
DIINFEKSI *Fusarium oxysporum***

Oleh

Ika Listiana

ABSTRAK

Manfaat tomat yang multiguna telah banyak dikenal masyarakat sehingga permintaan akan tomat pun selalu tinggi. Namun, usaha untuk meningkatkan produksi tomat sering terkendala oleh kondisi iklim serta serangan hama dan penyakit. Salah satu kendala produksi tomat adalah infeksi mikroba patogen jamur *Fusarium oxysporum*. Medan magnet diketahui dapat meningkatkan metabolisme tanaman, tetapi belum diketahui apakah peningkatan pertumbuhan dan produksi tomat sebagai akibat pemberian medan magnet juga diikuti peningkatan daya tahannya terhadap serangan penyakit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui : 1) lama pemaparan medan magnet 0,2 mT yang optimum dalam mempertahankan pertumbuhan dan perkembangan tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) dari serangan layu fusarium, 2) pengaruh perlakuan medan magnet terhadap penghambatan patogenitas *Fusarium oxysporum* pada perkembangan dan produksi tomat. Penelitian disusun secara faktorial menggunakan Rancangan Kelompok Teracak Lengkap (RKTL) terdiri atas 2 faktor yaitu lama pemaparan medan magnet (M₇, M₁₁, M₁₅ dan M₀ (kontrol)) dan infeksi fusarium (F₀ dan F₆₀). Setiap unit percobaan diulang sebanyak 5 kali. Data dianalisis ragam serta diuji lanjut dengan uji *Tukey's* pada taraf nyata $\alpha=5\%$. Hasil penelitian menunjukkan: a) lama pemaparan medan magnet berpengaruh nyata terhadap kecepatan pembentukan bunga, jumlah bunga, diameter polen, berat buah, diameter buah serta kandungan vitamin C. b) lama pemaparan medan magnet yang optimum dalam mempertahankan pertumbuhan dan perkembangan tanaman tomat dari serangan *Fusarium oxysporum* adalah 7 menit 48 detik (M₇). c) Pemaparan medan magnet dapat menghambat patogenitas *Fusarium oxysporum* pada fase generatif sejak pembentukan bunga sampai produksi tomat.

Kata Kunci: Medan Magnet, *Fusarium oxysporum*, Pertumbuhan Generatif, Tomat.

**EFFECT OF MAGNETIC FIELD 0,2 mT ON THE GENERATIVE
GROWTH OF TOMATO (*Lycopersicum esculentum* Mill.)
INFECTED by *Fusarium oxysporum***

By

Ika Listiana

ABSTRACT

Tomatoes are a vegetable that has been widely known to the public. The multiple benefits of tomato create a high demand for tomatoes. However, efforts to increase the production of tomato plants often hindered by pests and diseases. One of them is an infection of pathogenic microbes, fungus *Fusarium oxysporum*. The magnetic field is known to increase the vigor and yield of tomatoes, but it is unknown whether the increased vigor and production as a result of magnetic field treatment is also followed by increased immunity to disease. This study aims to determine: 1) the optimum exposure time of the magnetic field of 0.2 mT that can sustain the growth and development of tomato plants (*Lycopersicum esculentum* Mill.) against fusarium wilt, 2) effect of magnetic field treatment on the inhibition of pathogenic *Fusarium oxysporum* in the generative growth and production of tomatoes.

Research is arranged in factorial and use completely randomized block design (CRBD) consists of two factors: first was exposure time of magnetic field (M₇, M₁₁, M₁₅ and M₀ (control)); and second was fusarium infection (F₀ and F₆₀). Each unit experiment was repeated 5 times. Data were analyzed using Analysis Of Variance (Anova) and followed by *Tukey's* test at $\alpha = 5\%$. Each unit experiment was repeated 5 times. The results showed: a) the exposure time of magnetic field significantly affect the rate of flowers formation, flower number, diameter of pollen, fruit weight, fruit diameter, and content of vitamin C. b) the optimum of exposure time of magnetic field 0,2 mT which can sustain the growth and development of tomato plants from the attack of *Fusarium oxysporum* is 7 minutes and 48 seconds (M₇). c) exposure of magnetic field 0,2 mT can inhibit pathogenic *Fusarium oxysporum* on the generative phase since the formation of flowers to the production of tomatoes.

Keywords: Magnetic Field, *Fusarium oxysporum*, Generative Growth, Tomato

**PENGARUH MEDAN MAGNET 0,2 mT TERHADAP PERTUMBUHAN
GENERATIF TANAMAN TOMAT (*Lycopersicum esculentum* Mill.) YANG
DIINFEKSI *Fusarium oxysporum***

Oleh

IKA LISTIANA

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER SAINS**

Pada

**Program Pascasarjana Magister Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Tesis : **PENGARUH MEDAN MAGNET 0,2 mT
TERHADAP PERTUMBUHAN
GENERATIF TANAMAN TOMAT
(*Lycopersicum esculentum* Mill.)
YANG DIINFEKSI *Fusarium oxysporum***

Nama Mahasiswa : **Ika Tistiana**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1427021010

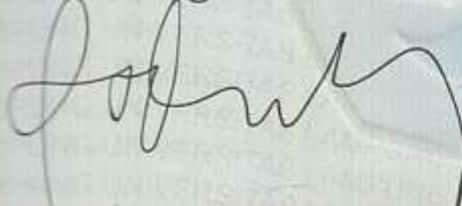
Program Studi : Magister Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

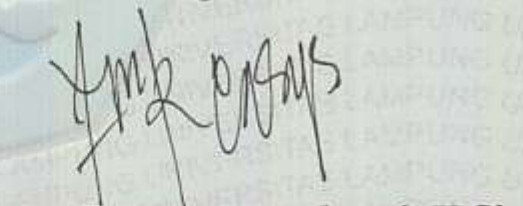
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama



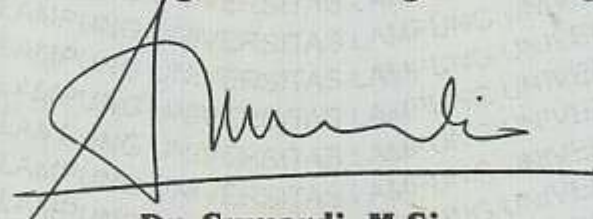
Rochmah Agustrina, Ph.D.
NIP 19610803 198903 2 002

Pembimbing Pembantu



Dr. Endang Nurcahyani, M.Si.
NIP 19651031 199203 2 003

2. Ketua Program Studi Magister Biologi



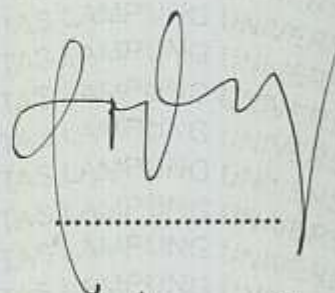
Dr. Sumardi, M.Si.
NIP 19650325 199103 1 003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

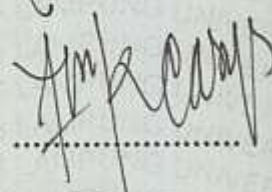
Ketua

: **Rochmah Agustrina, Ph.D.**



Sekretaris

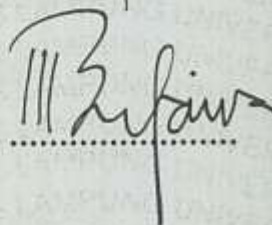
: **Dr. Endang Nurcahyani, M.Si.**



Penguji

Bukan Pembimbing

: **Dr. Bambang Irawan, M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Warsito, S.Si., DEA., Ph.D.

NIP 19710212 199512 1 001

3. Direktur Program Pascasarjana



Prof. Dr. Sudjarwo, M.S.

NIP 19530528 198103 1 002

Tanggal Lulus Ujian Tesis : **22 Desember 2016**

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul "**Pengaruh Medan Magnet 0,2 mT Terhadap Pertumbuhan Generatif Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Yang Diinfeksi *Fusarium oxysporum*"** adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya orang lain dengan cara yang tidak sesuai dengan tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya, saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Desember 2016
Yang Membuat Pernyataan



Ika Listiana
NPM 1427021010

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 21 Maret 1990, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Ismail Syafi'i (Alm) dan Ibu Minarsih. Penulis menyelesaikan Sekolah Dasar di SD Negeri 2 Pasuruan pada tahun 2001, kemudian di Sekolah Menengah Pertama Negeri I Penengahan pada tahun 2004, dan Sekolah Menengah Atas Negeri I Kalianda Lampung Selatan pada tahun 2007. Pada tahun 2008, penulis diterima di Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung sebagai mahasiswi jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan dan lulus pada tahun 2012. Pada tahun 2014, penulis melanjutkan studi dan terdaftar sebagai mahasiswi Pascasarjana Jurusan Magister Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

PERSEMBAHAN

Puji Syukur kehadirat ALLAH SWT, Kupersembahkan karya ini kepada :

- 1. Ibunda tercinta Minarsih, S.Pd.I yang telah memberikan segalanya demi kesuksesanku dan Ayahanda tersayang Ismail Syafi'i (Alm) yang telah mengajarkanku arti kehidupan.*
- 2. Ayunda Imas Siti Liawati, S.Pd & Adinda Syarifah Suri, S.KM untuk semua kebahagiaan, canda tawa serta dukungannya.*
- 3. Para pendidik yang telah mengajarkan ilmu dengan penuh kesabaran.*
- 4. Almamater tercinta Universitas Lampung.*

Motto

”Barangsiapa yang mengerjakan amal saleh, baik laki-laki maupun perempuan dalam keadaan beriman, Maka Sesungguhnya akan kami berikan kepadanya kehidupan yang baik dan Sesungguhnya akan kami beri balasan kepada mereka dengan pahala yang lebih baik dari apa yang telah mereka kerjakan “.(Qs. An Nahl : 97)

*Kalau anda malas, rajinkan diri
Kalau anda takut, beranikan diri
Kalau anda tidak tahu, bertanyalah
Kalau anda gagal, coba lagi
Kalau itu anda teruskan, sukses akan menjadi nyata,
Kalau tidak segera, pasti nanti -Mario Teguh-*

“Maksimalkan segala kemampuan diri untuk mendapatkan pencapaian terbaik dalam hidup”

SANWACANA

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur atas rahmat Allah SWT dengan segala karunia Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan salah satu syarat dalam menempuh pendidikan strata dua atau Magister dalam bidang Sains dengan tesis yang berjudul “Pengaruh Medan Magnet 0,2 mT Terhadap Pertumbuhan Generatif Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Yang Diinfeksi *Fusarium oxysporum*”.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian Agustrina dkk.

Dalam menyelesaikan penulisan tesis ini, penulis tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Dengan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Rochmah Agustrina, P.hD., selaku pembimbing I yang telah begitu sabar membimbing, menasehati, memberikan saran, dan kritik bagi penulis.
2. Ibu Dr. Endang Nurcahyani, M.Si., selaku pembimbing II yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
3. Bapak Dr. Bambang Irawan, M.Sc., terimakasih atas saran dan kritik serta kebersediaannya menjadi pembahas dalam penelitian ini.
4. Ibu Dra. Nuning Nurcahyani, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

5. Bapak Dr. Sumardi, M.Si., selaku Ketua Program Pascasarjana Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Prof. Warsito, S.Si, D,E,A., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Bapak Prof. Dr. Sudjarwo, M.S., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
8. Bapak dan ibu Dosen serta staff administrasi di Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung atas ilmu dan bantuannya kepada penulis.
9. Kepala dan staff di Laboratorium Botani, Jurusan Biologi, Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia serta Laboratorium Lapang Terpadu, Universitas Lampung terimakasih telah membantu selama penelitian ini.
10. Sahabat seperjuangan penelitian Eko Nastiti S.Pd terimakasih untuk kerjasama, kebersamaan, semangat, saran dan kritik dalam penelitian ini.
11. Sahabat-sahabat seperjuangan Magister Biologi Angkatan 2014: Eko Nastiti, Ratih Andriyani, Fahrul Aksah, Gardis Andari, Mahmud Rudini, Indah Selfiana, Ajeng Pratiwi, Fitriisia, Apriliyani, Hesti Yunilawati, Ana Triana dan Firdaus Rahman.
12. Adik tingkat 2015 dan 2016 Pascasarjana Biologi serta adik-adik S1 jurusan Biologi Universitas Lampung terimakasih atas dukungannya selama ini.
13. Keluarga Besar Ikatan Alumni Pendidikan Biologi UIN Raden Intan Lampung atas do'a dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis.
14. Keluarga Besar Ikatan Alumni KSR serta seluruh anggota UKM KSR PMI unit UIN Raden Intan Lampung untuk semangat kekeluargaan, jiwa kemanusiaan serta dukungannya hingga saat ini serta seluruh pihak yang tidak

dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis. Akhir kata, Penulis menyadari bahwa didalam penyusunan tesis ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, akan tetapi besar harapan semoga hasil tulisan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Bandar Lampung, Desember 2016
Penulis,

Ika Listiana

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL DEPAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
HALAMAN JUDUL	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
LEMBAR PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
PERSEMBAHAN	ix
MOTTO	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Tujuan Penelitian	3
C. Manfaat Penelitian	4
D. Kerangka Pemikiran	4
E. Hipotesis	5

II. TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Tanaman Tomat (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.)	6
B. <i>Fusarium oxysporum</i>	10
C. Medan Magnet.....	14
D. Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman	16
E. Pengaruh Medan Magnet Terhadap Pertumbuhan Tanaman.....	19
III. METODE PENELITIAN	21
A. Waktu dan Tempat Penelitian	21
B. Alat dan Bahan	21
C. Rancangan Penelitian	23
D. Bagan Alir Penelitian	24
E. Pelaksanaan Penelitian	26
1. Persiapan	26
2. Perlakuan.....	28
3. Perkecambahan, Penyemaian, Penanaman dan Pemeliharaan	30
4. Pengambilan Data	34
F. Pengamatan Parameter Penelitian.....	34
G. Analisis Data	38
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
A. Indeks Vigor.....	39
B. Kecepatan Pembentukan Bunga dan Jumlah Bunga	42
C. Diameter Polen	46
D. Pembentukan Buah.....	50
E. Biji	59
F. Kandungan Vitamin C	60
V. SIMPULAN DAN SARAN	63
A. Simpulan	63
B. Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	73

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel	
1. Kandungan zat gizi buah tomat	10
2. Pengaruh medan magnet terhadap kec. pembentukan bunga	43
3. Pengaruh medan magnet terhadap jumlah bunga.....	45
4. Pengaruh medan magnet terhadap diameter polen.....	46
5. Pengaruh infeksi <i>F.oxysporum</i> terhadap diameter polen	47
6. Pengaruh medan magnet terhadap buah besar	55
7. Pengaruh medan magnet terhadap buah kecil	55
8. Pengaruh medan magnet terhadap diameter buah kecil.....	57
9. Pengaruh medan magnet terhadap kandungan vit. c.....	60
10. Hasil analisis data indeks vigor.....	74
11. Hasil analisis data kecepatan pembentukan bunga	74
12. Hasil analisis data jumlah bunga.....	76
13. Hasil analisis data diameter polen.....	77
14. Hasil analisis data kecepatan pembentukan buah	79
15. Hasil analisis data jumlah buah/tanaman	80
16. Hasil analisis data berat total buah/tanaman	80
17. Hasil analisis data berat buah besar/tanaman.....	80
18. Hasil analisis data berat buah kecil/tanaman	82

19. Hasil analisis data diameter buah besar	83
20. Hasil analisis data diameter buah kecil	83
21. Hasil analisis data jumlah biji buah besar	85
22. Hasil analisis data jumlah biji buah kecil.....	85
23. Hasil analisis data berat basah biji buah besar	85
24. Hasil analisis data berat basah biji buah kecil.....	86
25. Hasil analisis data berat kering biji buah besar	86
26. Hasil analisis data berat kering biji buah kecil	86
27. Hasil analisis data kandungan vitamin c	86

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar	
1. Tanaman tomat	6
2. Kutub-kutub magnet	14
3. Struktur bunga tomat.....	17
4. Bagan alir penelitian.....	24
5. Isolat monospora yang berumur 1 bulan.....	27
6. Perendaman benih tomat dengan aquadest selama 15 menit	28
7. Benih tomat diberi pemaparan medan magnet.....	29
8. Benih tomat yang direndam <i>Fusarium oxysporum</i>	29
9. Benih tomat yang diletakkan di dalam inkas	30
10. Benih tomat yang ditanam di dalam bubung	31
11. Bibit tomat yang telah siap dipindahkan ke polibag	32
12. Tomat yang siap untuk di panen	34
13. Pertumbuhan benih tomat pada hari ke-7 setelah dikecambahkan	40
14. Rata-rata kecepatan pembentukan bunga.....	43
15. Rata-rata jumlah bunga	45
16. Rata-rata ukuran diameter polen	47

17. Morfologi polen.....	50
18. Tanaman tomat yang tumbuh secara normal dan terganggu pertumbuhannya	54
19. Rata-rata berat buah besar dan kecil	55
20. Rata-rata diameter buah kecil.....	57
21. Rata-rata kandungan vitamin c.....	61
22. Tata letak penelitian di lahan pertanian.....	74

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Tomat merupakan jenis sayuran yang banyak dikenal masyarakat dan digunakan pada hampir setiap jenis masakan, atau bahkan dikonsumsi sebagai buah (Supriati dan Siregar, 2009). Manfaatnya yang multiguna membuat tomat menjadi salah satu komoditi penting sehingga permintaan akan tomat selalu tinggi. Namun usaha untuk meningkatkan produksi tomat sering terkendala oleh kondisi iklim dan serangan hama dan penyakit. Kendala-kendala tersebut menyebabkan turunnya produksi tomat, baik dari segi kualitas maupun kuantitas, bahkan bila tidak segera diantisipasi, dapat menyebabkan gagal panen (Hidayati dan Dermawan, 2012).

Salah satu kendala yang menyebabkan penurunan produksi tomat adalah infeksi mikroba patogen, diantaranya jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (*Fol*) yang menyebabkan penyakit layu fusarium. *Fol* merupakan patogen tular tanah yang sangat berbahaya karena dapat bertahan lama di dalam tanah sampai lebih dari 10 tahun dalam bentuk klamidospora dan menyebabkan kerugian besar bagi varietas yang rentan pada kondisi lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan *Fol* (Agrios, 2005). Menurut Semangun (2001) *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* mampu menginfeksi

tanaman sejak fase pembibitan tanaman sehingga dapat menyebabkan kematian tanaman dan gagal panen.

Sebagai organisme yang tidak dapat bergerak bebas, tumbuh kembangnya tanaman sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan di sekelilingnya termasuk medan magnet (Agustrina, 2008). Carbonell *et al.* (2000) dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa pemberian medan magnet 150 mT dan 250 mT meningkatkan germinasi pada benih padi (*Oryza sativa* L.). De Souza *et al.* (2005) juga membuktikan pemaparan medan magnet sebesar 120 mT selama 10 menit dan 80 mT selama 5 menit mempengaruhi pertumbuhan pada tahap vegetatif maupun generatif tanaman tomat. Pada tahap vegetatif perlakuan medan magnet mempengaruhi panjang akar (berat basah, dan berat kering akar), panjang batang (berat basah, dan berat kering batang), serta lebar daun tomat. Sedangkan tahap generatif perlakuan medan magnet mempengaruhi proses pembentukan bunga dan buah tomat per tanaman. Shabrangi dan Majd (2009) membuktikan bahwa pemberian medan magnet 0.06 sampai 0.36 tesla (T) selama 5, 10 dan 20 menit mempengaruhi pertumbuhan akar, tunas, dan peningkatan aktivitas enzim benih Lentil (*Lens culinaris* L.). Pertiwi (2011) membuktikan bahwa perlakuan pemaparan medan magnet 0,2 mT mempengaruhi diameter serbuk sari, jumlah buah per tanaman, berat buah per tanaman dan jumlah biji per buah. Induksi medan magnet 500 mT–1500 mT selama 10–20 menit menyebabkan perubahan konformasi lipid dan protein dalam daun gandum. Akibatnya perubahan ini sangat mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman selanjutnya (Wei *et al.*, 2015). Paparan medan magnet 125 mT dan

250 mT selama 12 jam meningkatkan persentase germinasi benih selada (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) juga panjang akar, berat basah serta berat kering, dan aktivitas enzim peroksidase benih selada (Mousavizadeh *et al.*, 2013). Medan magnetik diketahui dapat memberikan efek pada metabolisme tanaman (Cakmak *et al.*, 2010). Pemberian medan magnet mempengaruhi struktur membran sel, sehingga permeabilitas dan transpor ion yang dapat mempengaruhi jalur metabolik pun meningkat (Iqbal *et al.*, 2012). Dari kajian di atas dapat diketahui bahwa medan magnet dapat meningkatkan metabolisme pada padi, tomat, lentil, gandum, dan selada. Perlakuan medan magnet menunjukkan efek peningkatan aktifitas pertumbuhan dan produksi tanaman. Belum diketahui apakah peningkatan pertumbuhan dan produksi tanaman sebagai akibat pemberian medan magnet juga diikuti peningkatan daya tahannya terhadap penyakit.

Dalam penelitian ini dikaji apakah pengaruh medan magnet 0,2 mT terhadap tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) yang diinfeksi *Fusarium oxysporum* dapat mempertahankan pertumbuhan dan produksinya dari serangan layu fusarium.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui lama pemaparan medan magnet 0,2 mT yang optimum dalam mempertahankan perkembangan tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) dari serangan layu fusarium.

2. Mengetahui pengaruh perlakuan medan magnet terhadap penghambatan patogenitas *Fusarium oxysporum* pada perkembangan dan produksi tanaman tomat.

C. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan informasi ilmiah mengenai penggunaan medan magnet 0,2 mT untuk menghasilkan tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) yang tahan terhadap penyakit layu fusarium sehingga dapat memberikan kontribusi terhadap upaya peningkatan produksi dan pemuliaan tanaman.

D. Kerangka Pemikiran

Tomat dikenal sebagai tanaman hortikultura penting di Indonesia, namun dalam pembudidayaannya masih menemui berbagai masalah antara lain infeksi mikroba patogen penyebab penyakit layu fusarium. Penyakit layu fusarium disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum*, yang mampu menginfeksi tanaman sejak fase pembibitan sehingga dapat menyebabkan kematian dan gagal panen.

Keberadaan medan magnet diketahui dapat mempengaruhi metabolisme tanaman sehingga baik vigor maupun produksi tanaman meningkat. Medan magnet diketahui mempengaruhi struktur membran sel sehingga permeabilitas dan transport ion yang dapat mempengaruhi jalur metabolik pun meningkat. Pada tahap perkembangan tanaman baik pada fase vegetatif maupun fase

generatif, peningkatan vigor dan produksi tanaman ini ditandai dengan adanya peningkatan germinasi benih, panjang akar, panjang batang, lebar daun, jumlah buah per tanaman, berat buah per tanaman, jumlah biji per buah, dan diameter polen. Pemaparan medan magnet juga dapat meningkatkan berbagai aktivitas enzim yang sangat penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman salah satunya adalah enzim peroksidase yang berperan dalam daya tahan tanaman terhadap penyakit. Dalam penelitian yang dilakukan diamati apakah perlakuan pemaparan medan magnet selain meningkatkan vigor dan produksi tanaman juga dapat meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan penyakit, misal penyakit layu fusarium.

E. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Lama pemaparan medan magnet 0,2 mT selama 7 menit 48 detik adalah waktu pemaparan yang optimum dalam mempertahankan produksi tanaman tomat yang diinfeksi jamur *Fusarium oxysporum*.
2. Terdapat pengaruh perlakuan medan magnet terhadap penghambatan patogenitas *Fusarium oxysporum* pada perkembangan dan produksi tanaman tomat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Klasifikasi tanaman tomat menurut Cronquist (1981) adalah sebagai berikut:

Divisi : Spermatophyta

Sub divisi : Angiospermae

Kelas : Dicotyledoneae

Bangsa : Tubiflorae

Suku : Solanaceae

Marga : *Lycopersicon*

Jenis : *Lycopersicon esculentum* Mill.



Gambar 1. Tanaman Tomat

Tomat termasuk tanaman setahun atau *annual* (Supriati dan Siregar, 2009), Tanaman tomat dapat tumbuh dengan baik di dataran rendah maupun dataran tinggi hingga ketinggian 1.250 m dpl (Pitojo, 2005). Tomat dapat tumbuh dengan mencapai tinggi tanaman sekitar 0,5–2,0 m (Rubatzky dan Yamaguchi, 1999).

Tomat mempunyai akar tunggang yang tumbuh menembus tanah dan akar serabut yang tumbuh menyebar ke arah samping (Cahyono, 1998).

Kemampuan akar menembus lapisan tanah terbatas, sampai kedalaman 30–70 cm (Wiryanta, 2002).

Batang tomat muda berbentuk bulat dengan tekstur lunak. Pada tanaman yang tua, batang berubah menjadi bersudut dan bertekstur keras berkayu. Seluruh permukaan batang ditumbuhi bulu-bulu halus (Wiryanta, 2002). Warna batang hijau, ruas batang mengalami penebalan dan pada ruas bagian bawah tumbuh akar-akar pendek. Batang tomat dapat bercabang dengan diameter cabang relatif lebih besar dibandingkan dengan batang jenis tanaman sayur lainnya (Cahyono, 1998) .

Daun berwarna hijau dan berbulu dengan panjang sekitar 20–30 cm dan lebar 15–20 cm (Wiryanta, 2002). Tepi daun bergerigi dan membentuk celah–celah menyirip (Pracaya, 1998). Daun majemuk pada tanaman tomat tumbuh berselang-seling atau tersusun spiral mengelilingi batang (Cahyono, 1998) .

Bunga tomat merupakan bunga sempurna, benang sari dan putik terdapat pada bunga yang sama (Cahyono, 1998). Bunga tomat memiliki diameter 2 cm, letaknya menggantung dengan mahkota bunga, berbentuk bintang, dan berwarna kuning (Rubatzky dan Yamaguchi, 1999). Bunga tersusun dalam satu rangkaian dengan jumlah 5–10 kuntum bunga dalam setiap rangkaian. Setiap kuntum bunga terdiri dari 5 helai daun kelopak dan 5 helai mahkota (Wiryanta, 2002).

Bentuk buah tomat bervariasi, tergantung varietasnya ada yang berbentuk bulat, agak bulat, agak lonjong dan bulat telur (Cahyono, 1998). Buah yang masih muda berwarna hijau muda sampai hijau tua. Biji berbentuk pipih, berbulu dan di selimuti daging buah (Wiryanta, 2002). Ukuran biji kecil dengan lebar 2 mm–4 mm dan panjang 3 mm–5 mm, berbentuk seperti ginjal, berbulu dan berwarna coklat muda (Pracaya, 1998).

Berdasarkan tipe pertumbuhannya menurut Wiryanta (2002) tanaman tomat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu sebagai berikut:

- a. Tipe determinate yaitu tipe tanaman tomat yang pertumbuhannya diakhiri dengan tumbuhnya tandan bunga atau buah. Umur panennya relatif lebih pendek dan pertumbuhan batangnya cepat.
- b. Tipe indeterminate yaitu tipe tanaman tomat yang pertumbuhannya tidak diakhiri dengan tumbuhnya bunga dan buah. Umur panennya relatif lebih lama dan pertumbuhan batangnya relatif lambat.

- c. Tipe semi indeterminate yaitu tipe tanaman tomat yang memiliki ciri-ciri antara tanaman tipe pertumbuhan determinate dan tipe pertumbuhan indeterminate.

Sebagai salah satu komoditas pertanian, tomat memiliki kandungan vitamin dan mineral yang berguna untuk pertumbuhan dan kesehatan. Sebagai sumber vitamin, tomat memiliki kandungan vitamin C dan vitamin A tinggi yang penting untuk kekebalan tubuh serta mengobati berbagai macam penyakit, seperti sariawan. Vitamin A berguna mengobati xerophthalmia pada mata. Sebagai sumber mineral, tomat mengandung zat besi (Fe) yang berguna dalam pembentukan sel darah merah atau hemoglobin. Tomat juga mengandung serat untuk membantu penyerapan makanan dalam pencernaan serta mengandung potasium yang bermanfaat untuk menurunkan tekanan darah. Kandungan likopen buah tomat berkhasiat untuk mencegah dan mengobati berbagai macam penyakit kanker dan tumor (Cahyono, 2008).

Kandungan zat gizi buah tomat disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan gizi dan kalori buah tomat per 100 gram bahan makanan (Cahyono, 2008)

No.	Jenis Zat	Sari Air Tomat	Tomat Muda	Tomat Masak
1.	Kalori (kal)	15	23	20
2.	Protein (g)	1	2	1
3.	Lemak (g)	0,2	0,7	0,3
4.	Karbohidrat (g)	3,5	2,3	4,2
5.	Vitamin A (sl)	600	320	1.500
6.	Vitamin B (mg)	0,05	0,07	0,06
7.	Vitamin C (mg)	10	30	40
8.	Kalsium (mg)	7	5	5
9.	Fosfor (mg)	15	27	26
10.	Besi (mg)	0,4	0,5	0,5
11.	Air (g)	94	93	94

B. *Fusarium oxysporum*

Fusarium oxysporum f. sp. *lycopersici* (Fol) adalah jamur patogen pada tanaman dengan kisaran inang sangat luas (Mess *et al.*, 1999). Cendawan *Fusarium oxysporum* sangat sesuai berkembang pada tanah dengan kisaran pH 4,5–6,0 dan tumbuh dengan baik pada biakan murni dengan kisaran pH 3,6-8,4. Pembentukan spora paling baik berlangsung pada pH sekitar 5,0. Pembentukan spora pada tanah yang mempunyai pH di bawah 7,0 adalah 5-20 kali lebih besar dibandingkan dengan tanah yang mempunyai pH di atas 7,0 (Sastrahidayat, 1990).

Daur hidup *Fusarium oxysporum* mengalami fase patogenesis dan saprogenesis. Pada fase patogenesis, cendawan hidup sebagai parasit pada tanaman inang. Apabila tidak ada tanaman inang, patogen hidup di dalam tanah sebagai saprofit pada sisa tanaman dan masuk fase saprogenesis, yang dapat menjadi sumber inokulum untuk menimbulkan penyakit pada tanaman lain. Jamur *F. oxysporum* terdiri atas makrokonidia, mikrokonidia, dan klamidospora (Agrios, 2005).

Klasifikasi fusarium menurut Semangun (2001) adalah sebagai berikut:

Kerajaan	: Fungi
Divisi	: Ascomycota
Kelas	: Sordariomycetes
Bangsa	: Hypocreales
Suku	: Nectriaceae
Marga	: <i>Fusarium</i>
Jenis	: <i>Fusarium oxysporum</i>

1. Gejala tanaman yang terserang fusarium

Gejala awal penyakit layu fusarium adalah pucat pada tulang-tulang daun. Terutama daun-daun bagian atas, kemudian diikuti dengan menggulungnya daun yang lebih tua (epinasti) karena merunduknya tangkai daun dan akhirnya kelayuan pada seluruh tanaman. Pada tanaman yang sangat muda serangan penyakit dapat menyebabkan tanaman mati mendadak, karena terjadi kerusakan pada pangkal batang. Tanaman dewasa yang terinfeksi

sering dapat bertahan terus dan membentuk buah tetapi hasilnya sangat sedikit dan kecil-kecil (Semangun, 2007).

Murthy *et al.* (2009) menyatakan bahwa penyakit ini menyebabkan tanaman layu dan daun berwarna kuning. *Fusarium* menyerang jaringan vaskuler tanaman inang sehingga menghambat aliran air pada jaringan xilem (De Cal *et al.*, 2000). Zhang *et al.* (2008) menunjukkan bahwa jamur *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* dapat menyebabkan kematian tanaman pada beberapa hari atau beberapa minggu. Penyakit cenderung berkembang lebih cepat pada tanaman yang mengalami defisiensi kalium. Defisiensi kalium dapat terjadi bila ion kalsium tidak mobil karena kadar ion magnesium dan fosfat yang tinggi. Faktor lain yang menyebabkan perkembangan *Fusarium* yang lebih cepat adalah temperatur tanah dan udara sekitar 28°C, rendahnya pH, kurangnya cahaya dan pendeknya masa penyinaran. Penyakit ini umumnya terdapat pada tanah asam dan berpasir. Patogen dapat berada di dalam tanah selama beberapa tahun tanpa inang. Penyakit ini dapat disebarkan melalui biji, pemindahan tanaman, pancang tomat, tanah, air tanah yang terinfeksi patogen, angin dan alat-alat pertanian (Srinivasan, 2010).

2. Infeksi dan penyebaran *Fusarium* pada tanaman tomat

Menurut Semangun (2007), jamur *Fusarium* menginfeksi tanaman melalui luka, misalnya luka karena pemindahan bibit, pembubuman, atau luka serangga dan nematoda. Jamur juga dapat menginfeksi akar yang tidak

mempunyai luka dan menyerang jaringan empulur batang. Batang yang terserang akan kehilangan banyak cairan dan berubah warna menjadi kecokelatan.

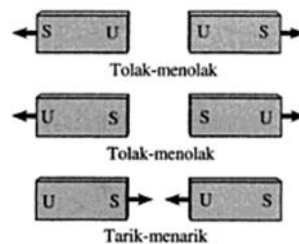
Jamur yang menginfeksi akar melalui luka–luka akan menetap dan berkembang di berkas pembuluh. Di dalam jaringan pembuluh, pengangkutan air dan hara tanah terganggu yang menyebabkan tanaman menjadi layu (Semangun, 2007). Jamur membentuk polipeptida yang disebut likomarasmin yang dapat mengganggu permeabilitas membran plasma tanaman. Akibatnya, sesudah jaringan pembuluh mati, pada waktu udara lembab jamur akan membentuk spora yang berwarna putih keunguan pada akar yang terinfeksi (Walker, 1952).

Putri dkk., (2014) membuktikan bahwa inokulasi jamur fusarium dengan metode pelukaan akar menyebabkan tingkat serangan penyakit tertinggi dengan laju infeksi rata-rata sebesar 0,304 unit/hari. Widyastuti dkk., (2013) membuktikan bahwa infeksi jamur fusarium tidak hanya dapat dilakukan melalui akar tetapi juga bisa melalui biji. Infeksi fusarium pada biji *Acacia mangium* dilakukan dengan mengisolasi fusarium selama 2 minggu kemudian diinfeksi pada biji *Acacia mangium* dan ditumbuhkan ke dalam media PDA (*Potato Dextrose Agar*). Jamur fusarium dapat menembus stomata tanaman melalui dasar batang sampai jaringan pembuluh xilem dan antar ruang didalam sel. Respon tanaman terhadap infeksi jamur fusarium ditunjukkan dengan adanya akumulasi lignin pada sel.

C. Medan Magnet

Bumi adalah medan magnet alami (Halliday dan Resnick, 1999). Dengan demikian semua benda yang berada di bumi dipengaruhi oleh medan magnet (Reitz *et al.*, 1994). Medan magnet adalah suatu area di sekitar benda magnet yang masih dapat dipengaruhi oleh gaya atau energi benda magnet tersebut (Giancoli, 2001). Area di sekitar benda magnet memiliki gaya tarik atau tolak magnet (Soedoyo, 1998).

Setiap batang magnet mempunyai 2 kutub, yaitu kutub utara dan kutub selatan (Halliday dan Resnick, 1999). Jika dua batang magnet didekatkan, masing-masing akan memberikan gaya pada yang lainnya. Jika kutub utara magnet didekatkan pada kutub utara magnet kedua, gaya yang dihasilkan tolak menolak. Tetapi jika kutub utara didekatkan pada kutub selatan, maka akan dihasilkan gaya tarik menarik (Giancoli, 2001).



Gambar 2. Kutub-kutub magnet yang sama akan tolak menolak, sedangkan yang tidak sama akan tarik menarik (Giancoli, 2001).

Medan magnet dapat di peroleh secara alamiah dari batu magnet alam dan secara buatan dari arus listrik. Medan magnet buatan dapat dihasilkan dari

suatu kumparan yang dialiri arus listrik (solenoida). Solenoida adalah kumparan kawat yang terdiri atas banyak loop (Giancoli, 2001).

Menurut Soedjo (1998), jenis bahan dalam dapat dikelompokkan berdasarkan sifat kemagnetannya yaitu berdasarkan arah momen dipol magnet suatu bahan terhadap arah medan magnet yang ada disekitarnya. Berdasarkan sifatnya tersebut, jenis bahan di bedakan menjadi 3 kelompok yaitu yang bersifat diamagnetik, paramagnetik dan feromagnetik.

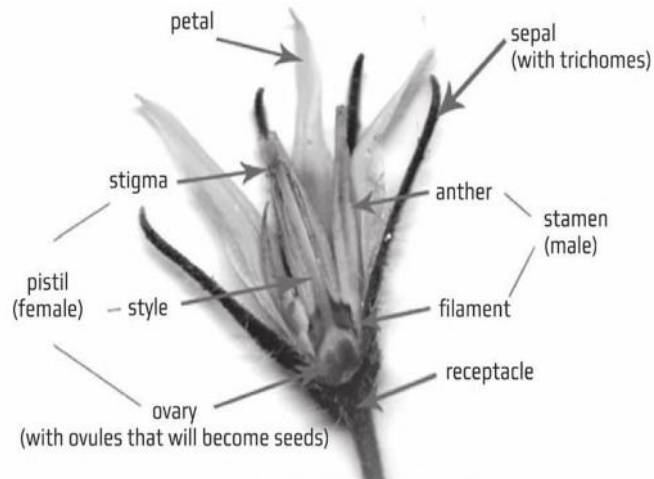
Bahan Diamagnetik adalah bahan yang memiliki arah dipol magnet yang berlawanan dengan arah medan magnet luar. Ketika diberi magnet dari luar maka arah momen dwikutub unsur diamagnetik menjadi berlawanan arah dengan arah medan magnet luar, contoh: bismuth, tembaga, emas, perak, seng, garam dapur (Alonso dan Finn, 1992). Bahan Paramagnetik adalah bahan yang sebagian momen dipol magnetnya searah dengan arah medan magnet luar dan sebagian lagi tidak. Bila ada magnet di sekitarnya, maka arah momen dwikutubnya akan searah dengan arah medan magnet luar tersebut, contoh: aluminium, magnesium, wolfram, platina, kayu (Alonso dan Finn, 1992). Bahan feromagnetik adalah bahan yang jika diberi medan magnet dari luar, semua momen dipolnya searah dengan arah medan magnet luar. Bila ada magnet di sekitarnya, maka arah momen dwikutubnya akan searah dengan arah medan magnet luar tersebut (Alonso dan Finn, 1992). Bahan Feromagnetik menunjukkan efek magnetik yang lebih kuat daripada bahan paramagnetik, contohnya pada besi, kobalt, nikel dan gadolinium (Giancoli, 2001).

D. Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman

Pertumbuhan tanaman diawali dari fase vegetatif yang dimulai dari biji. Biji memiliki tiga bagian yaitu embrio, kulit biji dan *endosperm* (Mulyani, 2006). Biji dapat mengalami masa dormansi, dimana embrio berhenti tumbuh dan metabolismenya hampir berhenti. Di dalam biji embrio dan suplai makanannya terbungkus oleh selaput biji yang berupa pelindung yang keras, terbentuk dari integumen ovul. Lamanya biji dorman berbeda-beda tergantung pada spesies tumbuhan dan kondisi lingkungan. Germinasi diawali oleh imbibisi yaitu penyerapan air akibat potensial air yang rendah pada biji kering. Imbibisi menyebabkan biji mengembang dan selaput biji mekah dan diikuti dengan pemicuan perubahan-perubahan metabolit di dalam embrio yang membuat embrio kembali tumbuh. Setelah hidrasi, enzim-enzim mulai mencerna material-material simpanan endosperma atau kotiledon, dan nutrisi-nutrien ditransfer ke bagian-bagian embrio yang sedang tumbuh. Organ pertama yang muncul pada germinasi biji adalah radikula atau akar embrionik (Campbell *et al.*, 2008).

Fase generatif tanaman dimulai dari terbentuknya bunga. Bunga merupakan tunas reproduktif sporofit angiosperma, umumnya terdiri dari empat lingkaran daun termodifikasi membentuk organ bunga yang terpisah oleh internodus pendek. Organ bunga terdiri dari sepal, petal, stamen dan karpel. Stamen dan karpel merupakan organ reproduktif, sementara sepal dan petal bersifat steril. Stamen terdiri dari sebatang tangkai yang disebut anter. Di dalam anter terdapat ruang-ruang yang disebut mikrosporangium atau kantong polen yang

menghasilkan polen. Karpel memiliki sebuah ovarium (*ovary*), di dalamnya terdapat satu ovul atau lebih. Jumlah ovul bergantung pada jenis spesiesnya (Campbell *et al.*, 2008).



Gambar 3. Struktur bunga tomat (Syukur dkk., 2015)

Sewaktu biji berkembang dari ovul, ovarium bunga berkembang menjadi buah. Selama perkembangan buah, dinding ovarium menjadi perikarp yaitu dinding buah yang menebal.

Buah biasanya matang pada saat yang bersamaan dengan selesainya masa perkembangan biji. Daging buah menjadi lebih lunak akibat enzim-enzim yang mencerna komponen-komponen dinding sel. Warna buah biasanya berubah dari hijau menjadi warna yang lain, seperti merah, jingga atau kuning. Buah menjadi lebih manis saat asam-asam organik atau molekul-molekul pati diubah menjadi gula (Campbell *et al.*, 2008).

Pada tanaman tomat, fase vegetatif tanaman tomat dimulai sejak benih mulai tumbuh sampai tanaman berbunga. Pada umumnya, fase ini berlangsung sampai tanaman mencapai umur 45-55 hari, jika penanaman dimulai dari benih. Fase ini bisa berlangsung sampai umur 25-35 hari jika dihitung dari saat penyemaian benih. Ketika tanaman mulai berbunga untuk pertama kalinya, itu adalah tanda bahwa tanaman sudah mulai memasuki fase generatif (Wahyudi, 2012).

Ketika memasuki masa generatif, tanaman akan secara terus-menerus dan bertahap menghasilkan bunga, bakal buah dan buah. Pada masa ini, selain untuk perkembangan perakaran, batang dan daun, energi pertumbuhan mulai terbagi untuk pembungaan dan pembuahan. Energi pertumbuhan yang dibutuhkan untuk pembungaan dan pembuahan akan semakin meningkat seiring dengan pertambahan umur tanaman. Kebutuhan terhadap energi pertumbuhan akan mencapai puncaknya pada saat pembesaran buah dan proses pematangan, yaitu sekitar umur 75-105 hari jika ditanam langsung dari benih atau 60-90 hari jika melalui proses persemaian terlebih dahulu (Wahyudi, 2012).

Fase generatif akan berakhir dalam waktu yang berbeda tergantung pada tipe tanaman, kondisi kesuburan tanah, dan kondisi kesehatan tanaman. Jika tomat yang ditanam merupakan tipe indeterminate dengan tingkat kesuburan tanah yang tinggi dan kesehatan tanaman terjaga dengan baik, maka umur tanaman tomat bisa mencapai enam bulan bahkan lebih (Wahyudi, 2012).

E. Pengaruh Medan Magnet Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Carbonell *et al.* (2000) membuktikan bahwa medan magnet menyebabkan peningkatan germinasi benih. Pemberian medan magnet pada air yang digunakan untuk merendam biji menyebabkan peningkatan permeabilitas dinding membran biji terhadap air, mengaktifkan ion kalsium, dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme dalam air yang berbahaya pada germinasi biji serta pertumbuhan tanaman (Matwijczuk *et al.*, 2012).

Pemaparan medan magnet mempengaruhi molekul-molekul air dan meningkatkan potensial listrik air (Aladjadjiyan, 2002). Potensial listrik menyebabkan peningkatan konsentrasi elemen yang tinggi pada daun yang diberi pemaparan medan magnet, elemen Ca, K, Fe dan Zn di daun menunjukkan konsentrasi yang signifikan yang dapat mengindikasikan kualitas pertumbuhan dari tanaman yang menggunakan air yang diberi medan magnet, adanya stabilitas dari elemen serapan di dalam tanaman menyebabkan pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Pemaparan medan magnet pada air dapat meningkatkan pertumbuhan dan peningkatan akumulasi elemen di dalam tanaman yang akan berhubungan dengan peningkatan kualitas makanan (El Shokali, 2013).

Shabrangi dan Majd (2009) membuktikan bahwa medan magnet mempengaruhi pertumbuhan akar, tunas dan peningkatan aktivitas enzim. Iqbal *et al.* (2012) juga membuktikan bahwa enzim yang diperlukan untuk perkecambahan dan pertumbuhan ditemukan lebih tinggi pada tanaman kacang yang diberi perlakuan medan magnet. Papanan medan magnet dapat

meningkatkan germinasi benih dan pertumbuhan pada fase awal selada (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) serta aktivitas enzim peroksidase (Mousavizadeh *et al.*, 2013). Peroksidase merupakan enzim yang terlibat dalam respon tanaman terhadap patogen (Lagrimini *et al.*, 1997). Zheng *et al.* (2005) membuktikan bahwa aktivitas peroksidase dapat meningkatkan sintesis lignin pada tanaman lada (*Piper nigrum*). Lignin berfungsi untuk menghambat penetrasi patogen (Vance *et al.*, 1980). Rochalska dan Grabowska (2007) menyatakan bahwa pemaparan medan magnetik menyebabkan reduksi dalam aktivitas enzim - dan - amylase yang sangat penting dalam pemuliaan dan produksi biji dalam bidang pertanian dan industri makanan. Tanaman yang tumbuh dari biji yang diberi pemaparan medan magnet akan lebih resisten di masa depan. Medan magnet juga menyebabkan aktivitas yang lebih tinggi pada enzim glutathione S-transferase, peningkatan aktivitas enzim ini menyebabkan tumbuhan memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap serangan patogen, stress oksidatif, dan toksisitas logam berat.

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan dari bulan Februari-Juni 2016 di Laboratorium Botani, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain alat yang digunakan untuk pembuatan media PDA dan isolasi monospora jamur *F. oxysporum* yaitu *Laminar Air Flow* (LAF), *Autoclave*, oven, inkubator, kompor listrik, petridish berdiameter 9 cm, gelas ukur bervolume 100 ml, beker glass berukuran 500 ml dan 1000 ml, pengaduk, erlenmeyer berukuran 250 ml, bunsen, tabung reaksi, rak tabung reaksi, spatula, jarum ose, aluminium foil, *plastic wrap*, kapas, kain kasa, karet gelang, label nama, spidol, gunting, pisau, dan kulkas. Peralatan yang digunakan untuk menghitung konidia jamur *F. oxysporum* adalah *haemocytometer*, pipa gondok, pipet tetes, *object glass*, *cover glass*, dan mikroskop Nikon Eclipse E 100. Alat

yang digunakan untuk perlakuan medan magnet adalah solenoida, sedangkan alat-alat yang digunakan untuk penyemaian benih, penanaman dan pengambilan data adalah, kertas germinasi, inkubator kayu, pinset, labu semprot, bubung, drum untuk mengukus tanah, polibag, bambu (ajir), tali rafia, plastik, timbangan kue ukuran 1 kg, jangka sorong, pipet volume 2 dan 10 ml, corong, labu takar (ukuran 100 ml, 500 ml dan 1.000 ml), kertas saring, blender, botol gelap, mikroskop Olympus Cx 21, neraca digital Mettler AE 200 dan kamera.

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih tomat varietas servo yang didapatkan dari Desa Gisting, Kabupaten Tanggamus; isolat *Fusarium oxysporum* yang didapatkan dari IPB di Bogor Jawa Barat.

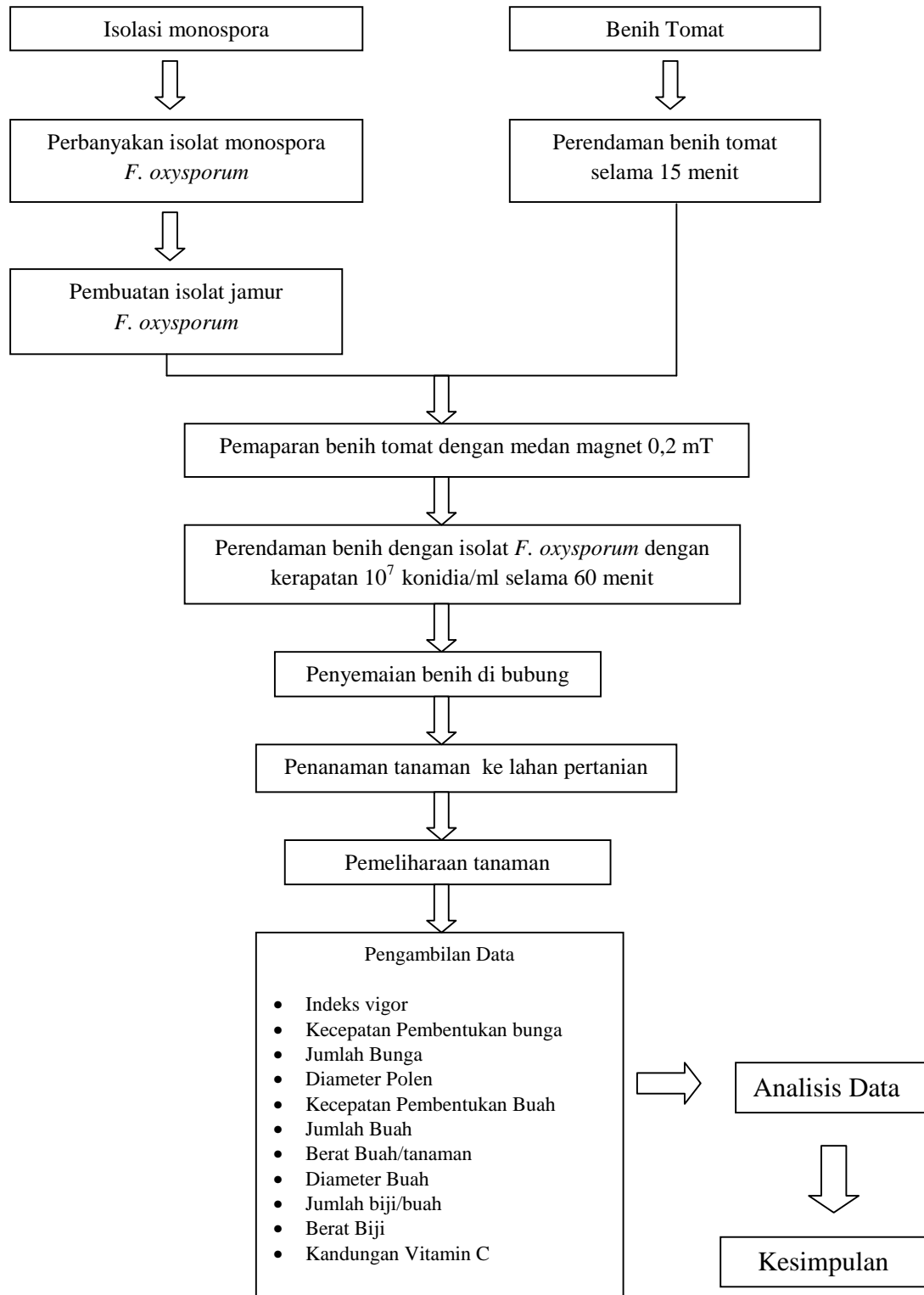
Bahan yang digunakan untuk membuat PDA (*Potato Dextrosa Agar*) adalah kentang, dektrosa dan agar swalow. Bahan yang digunakan dalam isolasi, perbanyakan monospora, penghitungan konidia adalah alkohol 70 %, aquadest, NaCl, safranin dan spritus. Bahan kimia yang digunakan untuk pengujian vitamin C adalah KI, I₂, dan amilum, sedangkan untuk media tanam dan pemeliharaan tanaman menggunakan tanah, pupuk kandang, dolomit serta pupuk NPK.

C. Rancangan penelitian

Penelitian untuk mengetahui pertumbuhan generatif tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) yang diberi perlakuan medan magnet 0,2 mT terhadap layu fusarium disusun secara faktorial dalam Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLT) yang terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama, perlakuan lama pemaparan medan magnet terdiri dari 4 taraf perlakuan: 7 menit 48 detik (M_7), 11 menit 44 detik (M_{11}), 15 menit 36 detik (M_{15}), dan tanpa pemaparan medan magnet (M_0) sebagai kontrol. Faktor kedua, infeksi benih oleh *Fusarium oxysporum* yang terdiri dari benih tanpa infeksi fusarium (F_0) dan benih yang diinfeksi fusarium selama 60 menit (F_{60}). Setiap unit percobaan diulang sebanyak 5 kali dan ulangan dijadikan satu kelompok.

D. Bagan Alir Penelitian

Tahap penelitian disajikan dalam bagan alir sebagai berikut :



Gambar 4. Bagan alir Penelitian

Berdasarkan bagan alir penelitian (Gambar 4), penelitian dibagi ke dalam 4 tahap yaitu tahap persiapan; tahap perlakuan; tahap perkecambahan, penyemaian, penanaman serta pemeliharaan; dan tahap pengambilan data. Tahap persiapan dilakukan dengan menyiapkan benih tomat sebanyak 2.400 benih dalam delapan cawan petri. Benih tersebut direndam selama 15 menit, kemudian benih dibagi rata ke dalam delapan petridish masing-masing berisi 300 benih untuk diberi perlakuan medan magnet 0,2 mT. Setelah diberi perlakuan medan magnet benih tomat dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok benih tanpa infeksi *F. oxysporum* (F₀) dan kelompok benih yang diinfeksi *F. oxysporum* (F₆₀). Benih yang masuk ke dalam kelompok (F₆₀) kemudian direndam isolat jamur *F. oxysporum* selama 60 menit.

Tahap ketiga yaitu perkecambahan, penyemaian, penanaman serta pemeliharaan. Benih yang telah diberi perlakuan digerminasikan dalam cawan petri yang telah dialasi kertas germinasi. Benih kemudian dimasukkan ke dalam inkubator kayu. Benih yang telah digerminasikan selama 2 hari dan sudah muncul radikulanya sepanjang $\pm 0,2-0,5$ cm disemai dalam bubung dari daun pisang yang berisi media tanam berupa tanah dan pupuk kandang steril dengan perbandingan 3:1. Bibit tomat yang telah berumur 2 minggu di dalam bubung dipindahkan dalam polibag yang sudah berisi tanah dan pupuk kandang steril dengan perbandingan 3:1. Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan cara penyiraman secara rutin pada pagi dan sore hari, pemberian pupuk NPK, penyiangan yang dilakukan satu kali dalam seminggu, dan pemasangan ajir. Tahap ke-4 adalah pengambilan data, data diambil saat

benih digerminasikan dan pada saat tanaman memasuki fase generatif. Parameter yang diukur adalah indeks vigor, kecepatan pembentukan bunga, jumlah bunga, diameter polen, kecepatan pembentukan buah, jumlah buah, berat buah/tanaman, diameter buah, jumlah biji/buah, berat biji/buah, dan kandungan vitamin C. Data yang diperoleh dianalisis dengan Anova (*Analysis of Variance*) serta diuji lanjut dengan *Tukey's* pada taraf nyata =5%.

E. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada 4 tahap yaitu:

1. Persiapan

a. Isolasi monospora

Isolat jamur diperoleh dari IPB di Bogor, Jawa Barat diambil konidiumnya dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah diisi 10 ml aquades kemudian digojog perlahan-lahan sehingga dihasilkan suspensi konidium. Suspensi konidium diambil menggunakan jarum ose dan digoreskan pada medium PDA dalam cawan petri berdiameter 9 cm secara zig zag. Bagian tepi cawan yang sudah digores isolat kemudian dilapisi rapat oleh *plastic wrap* dan diletakkan pada suhu kamar. Monospora jamur yang sudah berkecambah dipindahkan ke medium PDA lain untuk memperoleh biakan isolat monospora dan diinkubasikan dalam suhu kamar (25°C). (Hadisutrisno, 1995).

b. Perbanyak Isolat *F. oxysporum*

Isolat monospora *F. oxysporum* yang sudah dibiakkan di media PDA, selanjutnya diperbanyak dengan memindahkan monospora lainnya ke dalam media PDA atau media miring baru dalam tabung reaksi dan diletakkan di suhu kamar (Hadisutrisno, 1995).

c. Pembuatan isolat jamur *F. oxysporum*

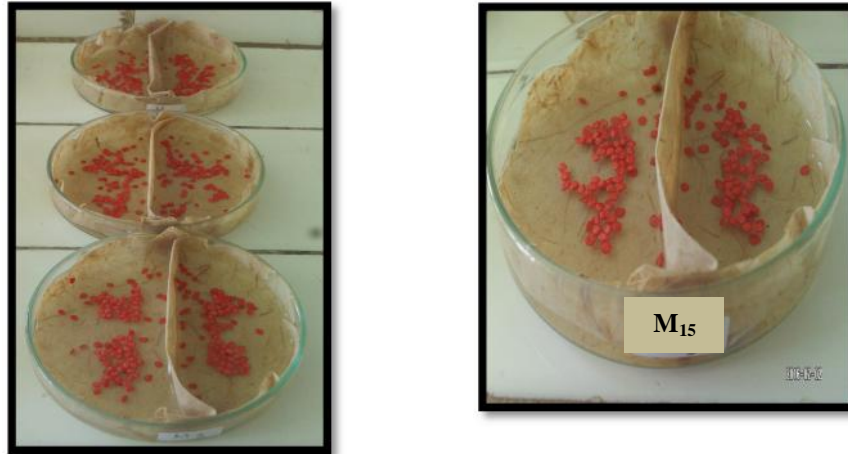
Biakan jamur yang telah ditumbuhkan pada media PDA yang berumur 1 bulan diambil dengan cara mengambil bagian atas kultur padat *F. oxysporum* menggunakan jarum ose, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 10 ml Na Cl. Suspensi isolat jamur *F. oxysporum* dihomogenkan dengan cara digojog selama beberapa menit. Suspensi jamur kemudian diukur kerapatan sporanya menggunakan *haemocytometer* dan diencerkan sehingga diperoleh kerapatan konidia jamur menjadi 1×10^7 konidia sel/ml.



Gambar 5. Isolat monospora yang berumur 1 bulan

d. Perendaman benih tomat

Benih direndam dengan aquadest selama 15 menit sebelum mendapatkan perlakuan medan magnet dan infeksi *F. oxysporum*.



Gambar 6. Perendaman benih tomat dengan aquadest selama 15 menit

2. Perlakuan

a. Pemaparan medan magnet

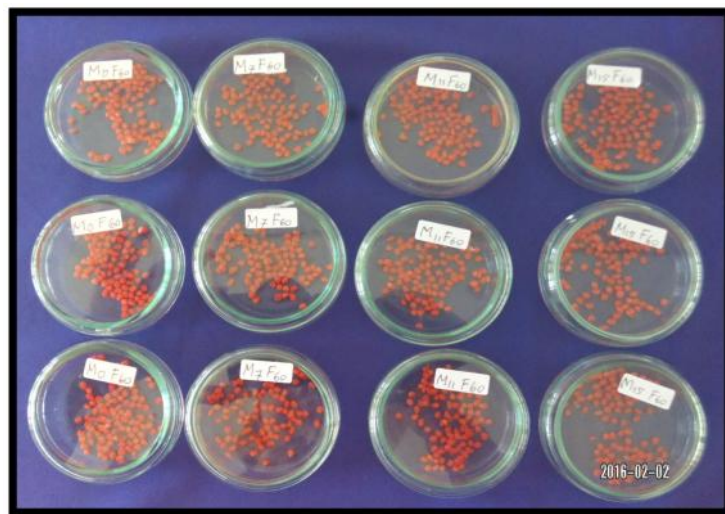
Benih yang telah direndam aquadest selama 15 menit kemudian dipapar medan magnet 0,2 mT sesuai dengan perlakuan yang telah ditentukan yaitu: kontrol (M_0) (tanpa perendaman medan magnet), M_7 (7 menit 48 detik), M_{11} (11 menit 44 detik), dan M_{15} (15 menit 36 detik) (Rohma dkk., 2013).



Gambar 7. Benih tomat yang diberi pemaparan medan magnet

b. Perendaman benih oleh *F. oxysporum*

Benih yang telah diberi perlakuan medan magnet dan masuk ke dalam kelompok F₆₀ dimasukkan ke dalam cawan petri dan kemudian direndam isolat jamur *F. oxysporum* selama 60 menit dengan kerapatan spora 10⁷ konidia/ml.



Gambar 8. Benih tomat yang direndam *F. oxysporum*

3. Perkecambahan, Penyemaian, Penanaman dan Pemeliharaan

a. Perkecambahan benih

Benih yang telah diberi perlakuan medan magnet dan *F. oxysporum* diletakkan di dalam cawan petri dan diberi label sesuai dengan perlakuan masing-masing. Cawan petri diletakkan secara random di dalam inkubator kayu untuk diamati kecepatan dan persentase perkecambahannya.



Gambar 9. Benih tomat yang telah diletakkan secara random di dalam inkas

b. Penyemaian benih di bubung

Benih yang telah diberi perlakuan medan magnet dan fusarium yang berada di dalam inkubator kayu setelah berumur 2 hari dan sudah tumbuh radikulanya mencapai sekitar 0,5 cm disemai di dalam bubung dengan kedalaman 0,2-0,5 cm. Bubung terbuat dari daun pisang dengan diameter sekitar 3 cm dan ketinggian antara 2-3 cm. Bubung diisi tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 3 : 1. Penyemaian tanaman

dilakukan untuk menyediakan lingkungan terbaik bagi benih ketika tanaman masih kecil dan rentan (Supriati dan Siregar, 2009). Benih yang telah ditanam di dalam bubung diletakkan secara random sesuai hasil pengocokan unit perlakuan.



Gambar 10. Benih tomat yang ditanam di dalam bubung

b. Penanaman tanaman ke lahan pertanian

Bibit tomat yang berada di dalam bubung dan telah berumur 2 minggu, kemudian dipindahkan ke dalam polibag yang berisi tanah dan pupuk kandang steril dengan perbandingan 3 : 1. Media tanam di dalam polibag juga ditambahkan dolomit sebanyak 5 gr per polibag. Peletakan polibag diatur secara random, sesuai hasil pengocokan unit perlakuan.



Gambar 11. Bibit tomat yang telah siap dipindahkan ke polibag

c. Pemeliharaan tanaman

Pemeliharaan tanaman dilakukan dari awal benih ditanam hingga tanaman memasuki masa panen ke-4. Pemeliharaan tanaman meliputi:

1) Penyiraman

Penyiraman tanaman dilakukan secara rutin pada pagi dan sore hari, kecuali jika hari hujan.

2) Pemupukan

Tanaman diberi pupuk NPK saat berumur 10 HST, 20 HST, 30 HST dan 40 HST, dihitung sejak pemindahan bibit dari bubung ke polibag. Adapun dosis yang diberikan secara berurutan adalah 3 gr, 5 gr, 6 gr dan 6 gr per polibag.

3) Penyiangan

Penyiangan dilakukan satu kali dalam seminggu. Penyiangan dilakukan untuk membersihkan gulma yang tumbuh disekitar tanaman tomat. Penyiangan juga bertujuan untuk mengurangi persaingan antar tanaman dalam mendapatkan hara yang tersimpan dalam tanah (Supriati dan Siregar, 2009).

4) Pemasangan ajir

Pemasangan ajir dilakukan untuk mencegah tanaman tomat roboh. Ajir terbuat dari bambu dengan panjang antara 100-175 cm, kemudian tanaman diikat dengan tali plastik dan diikat pada ajir dengan pengikatan model angka 8 sehingga tidak terjadi gesekan antara batang tomat dengan ajir yang dapat menimbulkan luka (Supriati dan Siregar, 2009)

5) Panen

Panen dilakukan pada saat buah tomat telah memasuki fase kematangan buah sempurna. Pada fase ini, buah tomat sudah menunjukkan warna merah atau merah jambu pada seluruh permukaan kulit buah, tetapi keadaan buah belum lunak (Supriati dan Siregar, 2009). Panen dilakukan sekali dalam seminggu hingga tanaman tidak menghasilkan buah lagi.



Gambar 12. Tomat yang siap untuk di panen

4. Pengambilan data

Pengambilan data untuk indeks vigor dilakukan selama 7 hari pertama germinasi. Data parameter lainnya seperti kecepatan pembentukan bunga, jumlah bunga, diameter polen, kecepatan pembentukan buah, jumlah buah, berat buah/tanaman, diameter buah, jumlah biji/buah, berat biji, dan kandungan vitamin C diambil setelah tanaman memasuki fase generatif. Fase generatif diawali dengan terbentuknya bunga.

F. Pengamatan Parameter Penelitian

1. Indeks vigor (InV)

Benih tomat sebanyak 100 benih diletakkan di dalam cawan petri sesuai dengan perlakuan, kemudian diletakkan secara random di dalam inkubator kayu untuk diamati kecepatan dan persentase perkecambahannya. Indeks

vigor diamati sejak hari ke-1 sampai hari ke-7 germinasi. Indeks vigor dihitung berdasarkan persentase kecambah normal (Setyowati dkk., 2007).

$$\text{Indeks Vigor (\%)} = \frac{\text{Kecambah Normal}}{\text{Benih yang ditanam}} \times 100 \%$$

2. Kecepatan pembentukan bunga

Kecepatan pembentukan bunga diamati dari awal terbentuknya bunga kuncup pertama pada tomat pada masing-masing perlakuan. Dengan demikian setiap tanaman memiliki kecepatan pertumbuhan bunga yang berbeda.

3. Jumlah bunga

Penghitungan jumlah bunga dilakukan pada saat tanaman dari semua perlakuan sudah memasuki masa berbunga. Bunga yang dihitung adalah semua bunga baik yang masih kuncup maupun yang telah mekar.

Penghitungan bunga dilakukan pada minggu ke-1 dan ke-2 atau hari ke-24 dan ke-31 setelah tanam (hst).

4. Diameter polen

Polen yang diukur diambil dari bunga yang baru mekar pada pagi hari sekitar pukul 06.00-10.00. Polen bunga dibuka dengan menggunakan pinset dan tusuk gigi. Polen diletakkan pada *object glass* kemudian diberi 1 tetes safranin. Polen ditutup dengan *cover glass*.

Diameter polen diamati di bawah mikroskop yang telah ditera yang telah dilengkapi dengan mikrometer. Diameter polen diamati dari 10x bidang pandang yang berbeda kemudian diambil nilai rata-ratanya. Ukuran polen yang didapat dikalikan 10 μm jika menggunakan perbesaran 10x, dan dikalikan 2,5 μm jika menggunakan perbesaran 40x (Wahyuningsih dan Mahfut, 2008).

5. Kecepatan pembentukan buah

Penghitungan kecepatan pembentukan buah dilakukan saat pertama kali munculnya buah pada tanaman. Setiap tanaman dari setiap perlakuan memiliki kecepatan pertumbuhan buah yang berbeda.

6. Jumlah buah

Buah tomat yang telah siap dipanen, dipetik satu persatu dengan memutar tangkai buah secara melingkar $\frac{1}{2}$ putaran dengan hati-hati hingga tangkai buah terputus (Supriati dan Siregar, 2009). Buah dimasukkan ke dalam plastik yang telah diberi label perlakuan. Jumlah buah dihitung dari rata-rata jumlah buah yang dihasilkan pada setiap tanaman.

7. Berat buah/ tanaman

Seluruh buah yang telah dipanen dari masing-masing tanaman ditimbang dan dihitung berat keseluruhannya (Pertiwi, 2011). Buah ditimbang dengan menggunakan timbangan kue 1 kg.

8. Diameter Buah

Penghitungan diameter buah dilakukan pada setiap kali panen. Dari setiap kali panen diambil 1 buah yang terbesar dan terkecil per tanaman untuk diukur diameternya. Pengukuran diameter buah dilakukan dengan menggunakan jangka sorong pada bidang horizontal buah bagian tengah (terbesar).

9. Jumlah biji/buah

Penghitungan jumlah biji/buah dilakukan pada setiap kali panen. Dari setiap kali panen diambil 1 buah yang terbesar dan terkecil per tanaman. Buah tomat dipecah untuk diambil bijinya, dan dihitung jumlah rata-rata bijinya (Pertiwi, 2011).

10. Berat biji

Biji tomat ditimbang setelah dipisah dari selaput lendirnya. Selaput lendir dihilangkan dengan cara direndam dengan air selama 2 hari. Berat basah biji ditimbang dengan menggunakan neraca digital Mettler AE 200.

Biji basah tomat kemudian dimasukkan ke dalam kertas buram sesuai dengan perlakuan masing-masing untuk dikering-anginkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari. Berat biji kering ditimbang dengan menggunakan neraca digital Mettler AE 200.

11. Kandungan vitamin C

Penghitungan kandungan vitamin C menggunakan metode kimia yaitu titrasi iodimetri (Jacobs, 1958). Buah tomat sebanyak 200-300 gr dihancurkan dengan menggunakan blender hingga menghasilkan pasta. Pasta tomat sebanyak 10-30 gr dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml dan ditambahkan aquadest hingga tanda batas kemudian dikocok homogen, pasta kemudian disaring menggunakan kertas saring. Filtrat dipisahkan dengan pasta. Filtrat dipipet dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 125 ml sebanyak 5-25 ml, kemudian ditambahkan 2 ml larutan amylum (starch) 1 %. Filtrat kemudian dititrasi dengan larutan iodium 0,01 N. Kadar vitamin C ditentukan dengan cara mengkonversi jumlah larutan penitrar terhadap kadar asam askorbat yang terlarut didalamnya.

$$1 \text{ ml } 0,01 \text{ N iodium} = 0,88 \text{ mg asam askorbat.}$$

G. Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengaruh medan magnet 0,2 mT terhadap pertumbuhan generatif tanaman tomat berupa data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif disajikan dalam bentuk deskriptif komparatif dan didukung dengan foto. Data kuantitatif dari setiap parameter dianalisis dengan menggunakan Analisis Ragam (*Analysis of Variance*) atau Anova. Data dianalisis ragam (*Analysis of Variance*) serta diuji lanjut dengan *Tukey's* pada taraf nyata $\alpha = 5\%$.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah:

1. a. Pemaparan medan magnet berpengaruh nyata terhadap kecepatan pembentukan bunga, jumlah bunga, diameter polen, berat buah, diameter buah, dan kandungan vitamin C.
b. Pemaparan medan magnet 0,2 mT dapat mempertahankan daya produksi tomat. Lama pemaparan yang optimum dalam mempertahankan perkembangan tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) dari serangan layu fusarium adalah 7 menit 48 detik.
2. Pemaparan medan magnet 0,2 mT dapat menghambat patogenitas *Fusarium oxysporum* pada fase generatif sejak pembentukan bunga sampai produksi tomat.

B. Saran

Disarankan perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui:

1. Keterkaitan antara peningkatan kandungan vitamin C dengan peningkatan aktivitas enzim antioksidan dalam mempertahankan

pertumbuhan dan perkembangan tanaman tomat

(*Lycopersicon esculentum* Mill.) dari serangan layu fusarium.

2. Apakah daya tahan tanaman tomat yang diberi pemaparan medan magnet 0,2 mT terhadap serangan infeksi fusarium diwariskan pada benih yang dihasilkannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustrina, R. 2008. Perkecambah dan Pertumbuhan Kecambah Leguminoceae dibawah Pengaruh Medan Magnet. Universitas Lampung: Bandar Lampung.
- Agustrina, R., Handayani, T.T., Wahyuningsih, S., dan Prasetya, O. 2012. Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) dibawah Perlakuan Medan Magnet 0,2 mT. Prosiding SNSMAIP III. Hal. 277-281.
- Agrios, G. N. 2005. *Plant Pathology 5th edition*. Academic Press Inc, San Diego: USA.
- Aladadjjiyan, A. 2002. Study of the influence of magnetic field on some biological characters of Zeamais. *Journal of Central European Agriculture*. Hal. 90-94.
- Aladadjjiyan, Ana dan Ylieva, T. 2003. Influence of Stationary Magnetic Field on the Early Stages of the Development of Tobacco Seeds (*Nicotiana tabacum* L.). *Journal Central European Agricultur*. Hal. 131-137.
- Allison, T.D. 1990. Pollen Production and Plant Density Affect Pollination and Seed Production in *Taxus canadensis*. *Ecology*. Hal. 516-522.
- Alonso, M dan Finn, E.J. 1992. *Dasar-Dasar Fisika Universitas*. Erlangga: Jakarta.
- Atak, C., Emiroglu, O., Alikamano lu, S., and Rzakoulieva, A. 2003. Stimulation of regeneration by magnetic field in soybean (*Glycine max* L. Merrill) tissue cultures. *Journal of Cell and Molecular Biology*. Hal. 113-119. Turkey.

- Atak, C., Celik, O., Olgun, A., Alikamano lu, S., and Rzakoulieva, A. 2007. Effect of Magnetic Field on Peroxidase Activities of Soybean Tissue Culture. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. Hal. 166-171.
- Cahyono, B. 1998. *Tomat Budidaya dan Analisis Usaha Tani*. Kanisius: Yogyakarta.
- Cahyono, B. 2008. *Tomat Usaha Tani dan Penanganan Pasca Panen*. Kanisius: Yogyakarta.
- Cakmak, T., Dumlupinar, R., and Erdal, S. 2010. Acceleration of Germination and Early Growth of Wheat and Bean Seedlings Grown Under Various Magnetic Field and Osmotic Conditions. *Bioelectromagnetics*. Hal. 120-129. Turkey.
- Campbell, N.A., Reece, J.B., dan Mitchel, L.G. 2008. *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 2*. Alih bahasa Wulandari, D.T. Editor Hardani, W. dan Adhika, P. Erlangga: Jakarta.
- Carbonell, M.V., Martinez, E., and Amaya, J.M. 2000. Stimulation of Germination in Rice (*Oryza sativa* L.) by a Static Magnetic Field. *Electro & Magnetobiology*. Madrid, Spanyol.
- Chowdury, P. K., Thangaraj, M., and Jayapragasam. 1994. Biochemical Changes in Low Irradiance Tolerant and Susceptible Rice Cultivars. *Biol. Plantarum*. Hal. 237-242.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press: New York.
- Cruzan, M.B. 1990. Variation In Pollen Size, Fertilization Ability, And Postfertilization Siring Ability In *Erythronium grandiflorum*. *Evolution* . Hal. 843-856. USA.
- Davey, M.W., Kenis, K., and Keulemans, J. 2006. Genetic Control of Fruit Vitamin C Contents. *Plant Physiology*. Hal. 343–351.

- De Cal, A., Lepe, R.G., and Melgarejo, P. 2000. Induced resistance by *Penicillium oxalium* against *F. oxysporum* f.sp *lycopersici*: Histological studies of infected and induced tomato stem. *Phytopathology*. Hal. 260 – 268.
- De Souza, A., Garcia, D., Sueiro, L., Licea, L., and Porras, E. 2005. Pre-Sowing Magnetic Treatment of Tomato Seeds Effects on The Growth and Yield of Plants Cultivated Late in the Season. *Spanish Journal of Agricultural Research*. Hal. 113-122.
- El Sayed, H. dan El Sayed, A. 2015. Impact of Magnetic Water Irrigation for Improve the Growth, Chemical Composition and Yield Production of Broad Bean (*Vicia faba* L.) Plant. *Nature and Science*. Hal. 107-119.
- El Shokali, A.A.M. 2015. Enhancing on the Mineral Elements of Exposure to Magnetic Field in Plants Leave. *Journal of Basic & Applied Sciences*. Hal. 440-444. Sudan.
- Garcia, F. and Arza L.I. 2001. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part I: Theoretical considerations. *Bioelectromagnetics*. Hal. 589-595.
- Giancoli, D.C. 2001. *Fisika Edisi ke lima*. Erlangga: Jakarta.
- Hadisutrisno, B. 1995. Kajian pengendalian hayati penyakit busuk batang vanili dengan isolat lemah *Fusarium batatatis* Tucker. *Buletin Ilmiah Azolla*. Hal. 27-35.
- Halliday, D. dan Resnick, R. 1999. *Fisika Edisi Ke Tiga Jilid 2*. Erlangga: Jakarta.
- Hidayati, N. dan Dermawan, R. 2012. *Tomat Unggul*. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Iqbal, M., Haq, Z.U., Jamil, Y., and Ahmad, M.R. 2012. Effect of Presowing Magnetic Treatment on Properties Of Pea. *International Agrophysic*. Hal. 25-31.

- Jacobs, M. B. 1958. *The Chemistry and Teknology of Food and Food Product*. Interscience Publisher: New York.
- Jedlicka, J., Paulen, O., and Ailer, S. 2014. Influence of Magnetic Field on Germination, Growth and Production of Tomato. *Potravinarstvo*. Hal. 150-154.
- Juanda, J.S. Dede. dan Cahyono, B. 2005. *Wijen Teknik Budidaya dan Analisis Usaha Tani*. Kanisius: Yogyakarta.
- Lagrimini, L.M., Joly, R.J., Dunlap, J.R., and Liu, T.TY. 1997. The Consequence of Peroxidase Overexpression in Transgenic Plants on Root Growth and Development. *Plant Mol. Biol.* Hal. 887-895.
- Matwijczuk A., Kornarzynski, K., and Pietruszewski, S. 2012. Effect of Magnetic Field on Seed Germination and Seedling Growth of Sun flower. *International Agrophysics*. Hal. 271-278. Lublin, Polandia.
- Mess, J.J., Wit, R., Testerink, C.S., de Groot, F., Haring, M.A., and Cornelissen, B.J.C. 1999. Loss of avirulent and reduced pathogenicity of a gamma-irradiated mutant of *Fusarium oxysporum* f.sp *lycopersici*. *Phytopathology*. Hal. 1131-1137.
- Morejon, L.P., J.C. Castro Paloco., V, Abad., and A.P. Govea. 2007. Stimulation of *Pinus tropicalis* m. Seeds by Magnetically Treated Water. Cuba: *International Agrophysics*. Hal. 173-177.
- Mousavizadeh, S.J., Sedaghatoor, S., Rahimi, A., and Mohammadi, H. 2013. Germination Parameters and Peroxidase Activity of Lettuce Seed Under Stationary Magnetic Field. Hal. 199-207.
- Mulyani, E.S Sri. 2006. *Anatomi Tumbuhan*. Kanisus: Yogyakarta.
- Murthy, D. S., Sudha, M., Hedge, M.R., and Dakshinamoorthy, V. 2009. Technical efficiency and its determinants in tomato production in Karnataka, India: data envelopment analysis (DEA) Approach. *Agricultural Economics Research Review*. Hal. 215-224.

- Nakamura, R.R. 1986. Maternal investment and fruit abortion
Phaseolus vulgaris. *Am. J. Bot.* Hal. 1049-1057.
- Nirmala, S., Kriswiyanti, E., dan Ketut Darmadi, A. A. 2013. Uji Viabilitas Serbuk Sari Secara *In-Vitro* Kelapa (*Cocos nucifera* L. "Rangda") dengan Waktu dan Suhu Penyimpanan yang berbeda. *Jurnal simbiosis I* (2). Hal. 59- 69.
- Ozel, H.B., Kirdar, E., and Bilir, N. 2015. The Effects of Magnetic Field on Germination of The Seeds of Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and Growth of Seedlings. *Agriculture & Forestry*. Hal. 195-206.
- Pertiwi, A. 2011. Pengaruh Lama Pemaparan Medan Magnet Terhadap Produktivitas Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *Skripsi*. Jurusan Biologi Universitas Lampung: Bandar Lampung.
- Pitojo, Setijo. 2005. *Benih Tomat*. Kanisius: Yogyakarta.
- Pracaya. 1998. *Bertanam Tomat*. Kanisius: Yogyakarta.
- Putri, O., Rochdjatun, I., dan Djauhari, S. 2014. Pengaruh Metode Inokulasi Jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (sacc.) Terhadap Kejadian Penyakit Layu *Fusarium* pada Tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Jurnal HPT*.
- Racuciu, Mihaela. 2015. Influence of Extremely Low Frequency Magnetic Field on Assimilatory Pigments and Nucleic Acids in *Zea Mays* and *Curcubita Pepo* Seedlings. *Romanian Biotechnological Letters*. Hal. 7662-7672.
- Radhakrishnan, R. and Kumari, B. D. R. 2013. Influence of Pulsed Magnetic Field on Soybean (*Glycine max* L.) Seed Germination Seedling Growth and Microbial Population. *Journal of Biochemistry & Biophysics*. Hal 312-317.
- Ray, H., Douches, D.S., and Hammerschmidt, R. 1998. Transformation of Potato With Cucumber Peroxidase: Expression and Disease Response. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. Hal. 93-103.

- Reitz, J.R., Mildford, F.J., dan Cristy, R.W. 1994. *Dasar-dasar Teori Listrik Magnit*. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Rochalska, Małgorzata. 2005. Influence of frequent magnetic field on chlorophyll content in leaves of sugar beet plants. *Proceedings Nukleonika*: S25-S28.
- Rochalska, M. dan Grabowska, K. 2007. Influence of magnetic fields on activity of enzyme : - and -amylase and glutathione S-transferase (GST) in wheat plants. *Int. Agrophysics*. Hal. 185-188.
- Rohma, A., Sumardi., Ernawati, E., dan Agustrina, R. 2013. Pengaruh Medan Magnet Terhadap Aktivitas Enzim - Amilase Pada Kecambah Kacang Merah dan Kacang Buncis Hitam (*Phaseolus vulgaris* L.). Seminar Nasional Sains & Teknologi V Lembaga Penelitian Universitas Lampung.
- Rubatzky, V.E. dan Yamaguchi, M. 1999. *Sayuran Dunia 3*. ITB: Bandung.
- Sahebjamei, H., Abdolmaleki, P., and Ghanati, F. 2007. Effects of Magnetic Field on the Antioxidant Enzyme Activities of Suspension-Cultured Tobacco Cells. *Bioelectromagnetics*. Hal. 42-47.
- Sarief, E. S. 1986. *Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian*. Pustaka Buana: Bandung.
- Sastrahidayat, I.R. 1990. *Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya: Surabaya.
- Semangun, H. 2001. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
- Semangun, H. 2007. *Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
- Setyowati, H., Surahman, M., dan Wiyono, S. 2007. Pengaruh *Seed Coating* dengan Fungisida Benomil dan Tepung Curcuma terhadap Patogen Antraknosa Terbawa Benih dan Viabilitas Benih Cabai Besar (*Capsicum annum* L.). *Bul. Agron*. Hal. 176 – 182.

- Shabrangi, A. dan Majd, A. 2009. Effect of Magnetic Fields on Growth and Antioxidant Systems in Agricultural Plants. PIERS Proceedings, Beijing, China.
- Small, D.P., Huner, N.P.A., and Wan, W. 2012. Effect of Static Magnetic Fields on the Growth, Photosynthesis and Ultrastructure of *Chlorella kessleri* Microalgae. *Bioelectromagnetics*. Hal. 298-308.
- Smirnoff, N. 2000. Ascorbic Acid: Metabolism and Functions of a Multi-Faceted Molecule. *Elsevier science*. Hal. 229-235. United Kingdom.
- Soedjojo, P. 1998. *Fisika Dasar*. UGM Press: Yogyakarta.
- Srinivasan R (Ed.). 2010. Safer Tomato Production Methods: A Field Guide for Soil Fertility and Pest Management. AVRDC Publication No. 10-740. 97 p. Shanhua, Taiwan.
- Supriati, Y. dan Siregar, F.D. 2009. *Bertanam Tomat dalam Pot dan Polibag*. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Syukur, M., Saputra, H.E. dan Hermanto, R. 2015. *Bertanam Tomat Di Musim Hujan*. Penebar swadaya: Jakarta.
- Vance, C.P., Kirk, T.K., and Sherwood, R.T. 1980. Lignification as a Mechanism of Disease Resistance. *Annual Review Phytopathology*. Hal. 259-288.
- Wahyudi. 2012. *Bertanam tomat didalam pot dan kebun mini*. Agromedia Pustaka: Jakarta.
- Wahyuningsih, Sri. dan Mahfut. 2008. Pengaruh Mutagen Insektisida Berbahan Aktif Profenofos Terhadap Viabilitas Serbuk Sari dan Produksi buah tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *J. Sains MIPA*. Hal. 119-125.
- Walker, J.C. 1952. *Desease of vegetable Crops*. Mc Graw Hill: New York.

- Wei, Zhenlin., Jiao, D., and Xu, J. 2015. Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy to Study Effects of Magnetic Field Treatment on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seedlings. *Journal of Spectroscopy* Article ID 570190. China.
- Widiastuti, A. dan Palupi, E. R. 2008. Viabilitas Serbuk sari dan Pengaruhnya terhadap Keberhasilan Pembentukan Buah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Biodiversitas*. Hal. 35-38.
- Widyastuti, S. M., Tasik, S., and Harjono. 2013. Infection Process of *Fusarium oxysporum* Fungus : A cause of Damping-off on *Acacia mangium* Seedlings. *Agrivita*.
- Wiryanta, B.T.W. 2002. *Bertanam Tomat*. Agromedia Pustaka: Jakarta.
- Youngson, R. 1998. *Antioxidants: Vitamin C & E For Health*. Sheldon Press: London.
- Zhang, Shusheng., Raza. W., Yang, X., Hu, J., Huang, Q., Xu, Y., Liu, X., Ran, W., and Shen, Q. 2008. Control of Fusarium wilt disease of cucumber plants with the application of a bioorganic fertilizer. *Biol Fertil Soils*. Hal. 1073–1080. Nanjing Agricultural University: China.
- Zheng H.Z., Cui, C., Zhang, Y.T., Wang, D., Jing, Y., and Kim, K.Y. 2005. Active Changes of Lignification-Related Enzymes In Pepper Response To *Glomus* Intraradices and/or *Phytophthora capsici*. *Journal Zhejiang University Science*. Hal. 778-786.

