

**EFEKTIVITAS MEDAN MAGNET 0,2 mT TERHADAP VIGOR
DAN KARAKTER TANAMAN TOMAT (*Lycopersicum esculentum* Mill.)
YANG DIINFEKSI *Fusarium* sp.**

(Tesis)

Oleh

Eko Nastiti



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

**EFEKTIVITAS MEDAN MAGNET 0,2 mT TERHADAP VIGOR DAN
KARAKTER TANAMAN TOMAT (*Lycopersicum esculentum* Mill.)
YANG DIINFEKSI *Fusarium* sp.**

Oleh

Eko Nastiti

ABSTRAK

Medan magnet merupakan faktor eksternal yang diketahui dapat meningkatkan proses metabolisme sel tanaman sehingga mampu meningkatkan vigor tanaman. Belum banyak diteliti apakah peningkatan metabolisme akibat pemaparan medan magnet dapat juga mempertahankan mempertahankan resistensi tanaman tomat terhadap serangan layu fusarium. Penelitian ini, bertujuan untuk mengetahui 1) vigor tanaman tomat yang diberi perlakuan medan magnet 0,2 mT, 2) efektivitas pemaparan medan magnet 0,2 mT terhadap peningkatan vigor tanaman tomat, 3) peningkatan vigor tanaman tomat akibat kombinasi antara pemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi *Fusarium* sp. dan 4) karakter spesifik tanaman tomat yang diberi perlakuan medan magnet 0,2 mT dan infeksi *Fusarium* sp. Penelitian disusun secara faktorial menggunakan desain Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLT) dengan dua faktor yaitu: 1) lama pemaparan medan magnet 0,2 mT terdiri dari M₇, M₁₁, M₁₅ dan M₀ (kontrol) dan 2) infeksi *Fusarium* sp. (F₀ dan F₆₀). Setiap unit perlakuan diulang sebanyak 5 kali kecuali untuk parameter germinasi hanya diulang sebanyak 3 kali. Data dianalisis menggunakan Anara dan dilanjutkan dengan uji Tukey pada $\alpha=5\%$ dan $\alpha=10\%$. Hasil penelitian menunjukkan 1) Perlakuan medan magnet 0,2 mT meningkatkan vigor tanaman tomat yang meliputi peningkatan persentase germinasi, panjang akar, tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah tanaman, berat kering tanaman, dan aktivitas peroksidase 2) Pemaparan medan magnet 0,2 mT selama 7 menit 48 detik lebih efektif dalam meningkatkan vigor tanaman tomat, 3) Kombinasi antara pemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi *Fusarium* sp. meningkatkan vigor tanaman tomat, dan 4) Tanaman tomat akibat perlakuan medan magnet 0,2 mT dan infeksi *Fusarium* sp. memiliki karakter spesifik yang berbeda dari pada kontrol.

Kata Kunci: Medan Magnet, *Fusarium* sp. Vigor dan Karakter Spesifik Tanaman Tomat (*L. esculentum* Mill.).

**THE EFFECTIVENESS OF MAGNETIC FIELD 0.2 mT TO VIGOR AND
TOMATO PLANT CHARACTER (*Lycopersicum esculentum* Mill.)
INFECTED *Fusarium* sp.**

By

Eko Nastiti

ABSTRACT

Magnetic field is an external factor that is known to increase the metabolism process in plant seed cells during germination so as to increase vigor and plant growth. Not much research has been done to find out whether the increase in metabolism due to magnetic field exposure can also defend the growth and production of tomato plants against *Fusarium* wilt attacks. The aim of this research is to know 1) vigor of tomato plants treated with magnetic field 0,2 mT; 2) the effectiveness of 0.2 mT magnetic field exposure to tomato plant vigor enhancement; 3) increased vigor of tomato plants due to a combination of 0.2 mT magnetic field exposure and *Fusarium* sp. And 4) the specific character of tomato plants treated with a magnetic field of 0.2 mT and infection of *Fusarium* sp.

The research was arranged factorially using a design of Completely Randomized Group Design (CRGD) with two factors: 1) duration of 0.2 mT magnetic field exposure consisting of M₇, M₁₁, M₁₅ and M₀ (control) and 2) *Fusarium* sp. infection consists of no infection (F₀) and infection for 60 minutes (F₆₀). Each treatment unit was repeated 5 times except for the germination parameter repeated only 3 times. Data were analyzed variance at $\alpha = 5\%$ and followed with Tukey test at $\alpha = 5\%$ or $\alpha = 10\%$. The results showed: 1) 0.2 mT magnetic field treatment increased tomato plant vigor which can be seen from the increase of germination percentage, root length, plant height, leaf number, plant wet weight, dry weight of plant, and peroxidase activity; 2) 0.2 mT magnetic field exposure for 7 minutes 48 seconds is more effective in increasing vigor of tomato plants, 3) The combination of 0.2 mT magnetic field exposure and *Fusarium* sp. infection increase the vigor of tomato plants; And 4) Tomato plants from seeds treated with a combination of 0.2 mT magnetic field strength and *Fusarium* sp. infection has a specific character different from the control.

Keywords: Magnetic Field, *Fusarium* sp. Vigor and Specific Character of Tomato Plant (*L. esculentum* Mill.).

**EFEKTIVITAS MEDAN MAGNET 0,2 mT TERHADAP VIGOR
DAN KARAKTER TANAMAN TOMAT (*Lycopersicum esculentum* Mill.)
YANG DIINFEKSI *Fusarium* sp.**

Oleh

Eko Nastiti

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
2017**

Judul Tesis

: EFEKTIVITAS MEDAN MAGNET
0,2 mT TERHADAP VIGOR DAN
KARAKTER TANAMAN TOMAT
(Lycopersicum esculentum Mill.)
YANG DIINFEKSI *Fusarium* sp.

Nama Mahasiswa

: Eko Nastiti

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1427021004

Program Studi

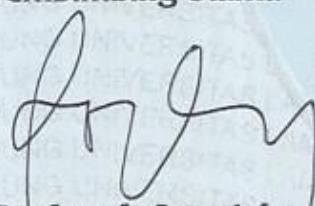
: Magister Biologi

Fakultas

: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

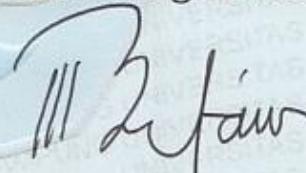


Pembimbing Utama



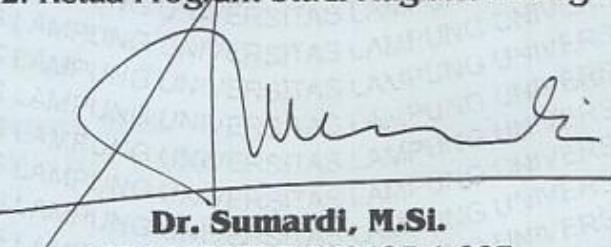
Rochmah Agustrina, Ph.D.
NIP 19610803 198905 2 002

Pembimbing Pembantu



Dr. Bambang Irawan, M.Sc.
NIP 19650303 199203 1 006

2. Ketua Program Studi Magister Biologi



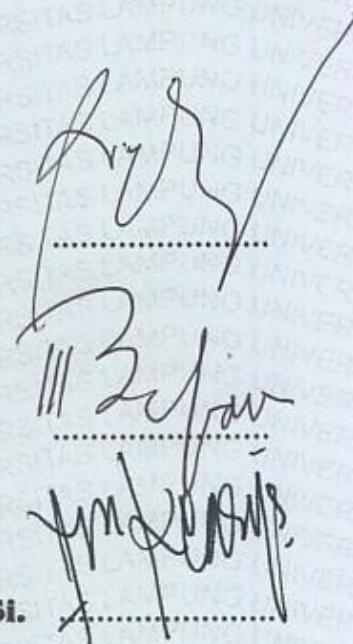
Dr. Sumardi, M.Si.
NIP 19650325 199103 1 003

MENGESAHKAN

1. Tim Pengaji

Ketua

: Rochmah Agustrina, Ph.D.



Sekretaris

: Dr. Bambang Irawan, M.Sc.

Pengaji

Bukan Pembimbing

: Dr. Endang Nurcahyani, M.Si.

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Warsito, S.Si., DEA., Ph.D.
NIP 19710212 199512 1 001



Prof. Dr. Sudjarwo, M.S.
NIP 19530528 198103 1 002

Tanggal Lulus Ujian Tesis : **19 Juni 2017**

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul “ Efektivitas Medan Magnet 0,2 mT Terhadap Vigor Dan Karakter Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Yang Diinfeksi *Fusarium sp*” 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, Juni 2017
Yang Membuat Pernyataan



Eko Nastiti
NPM 1427021004

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 30 Oktober 1971, merupakan putri pertama dari Bapak R. Soedjadi Prawirokapito (Alm) dan Ibu sukarti. Penulis memperoleh pendidikan di Taman kanak-kanak diselesaikan pada tahun 1977, Sekolah Dasar Negeri 2 Kalianda diselesaikan pada tahun 1984, Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 kalianda diselesaikan pada tahun 1987, Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Kalianda diselesaikan pada tahun 1990. Pada tahun 1991, penulis diterima di Universitas Lampung sebagai mahasiswi jurusan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan diselesaikan pada tahun 1999. Pada tahun 2014, penulis melanjutkan studi dan terdaftar sebagai mahasiswa Pascasarjana Jurusan Magister Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Motto

*Allah akan meninggikan orang-orang yang
beriman diantara kamu dan orang-orang yang
berilmu pengetahuan beberapa derajat.
Dan Allah Maha mengetahui apa yang kamu
kerjakan
(Al-Mujadillah:11)*

*Tidak ada keberhasilan tanpa kesungguhan
Dan tidak ada kesungguhan tanpa kesabaran
-Mario Teguh-*

*Berangkat dengan penuh keyakinan, berjalan
dengan penuh keikhlasan dan istiqomah
dalam menghadapi cobaan*

PERSEMBAHAN

*Puji Syukur kehadirat ALLAH SWT, Kupersembahkan karya
ini kepada :*

- 1. Ibunda tercinta Sukarti yang telah memberikan segalanya
demi kesuksesanku dan Ayahanda tersayang R. Soedjadî
Prawirokapito (Alm) yang telah mengajarkanku sebuah
kesabaran dan keikhlasan.*
- 2. Suamiku terkasih Yulizar Dwi Putra serta anak-anakku
Tb. Fadhil Muhammad Yunas, Tb. Prayoga Muhammad
Yunas dan Cahyaningtyas Kanya Yunas untuk semua
suport, waktu dan sayang yang telah diberikan.*
- 3. Para pendidik yang telah mengajarkan ilmu dengan penuh
kesabaran.*
- 4. Almamater tercinta Universitas Lampung.*

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 “Efektivitas Medan Magnet 0,2 mT Terhadap Vigor Dan Karakter Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Yang Diinfeksi *Fusarium sp.*”. 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, Ph.D., selaku pembimbing I yang telah begitu sabar membimbing, menasehati, memberikan saran, dan kritik bagi penulis.
2. Bapak Dr. Bambang Irawan, M.Sc., selaku pembimbing II yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
3. Ibu Dr. Endang Nurcahyani, M.Si., 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, DEA, 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 Lapang Terpadu Unila dan Laboratorium Bioteknologi PAU (Pusat Antar Universitas) IPB Bogor terimakasih telah membantu selama penelitian ini.
10. Sahabat seperjuangan penelitian Ika Listiana terimakasih untuk kerjasama, kebersamaan, semangat, saran dan kritik dalam penelitian ini.
11. Sahabat-sahabat seperjuangan Magister Biologi Angkatan 2014: Ika Listiana, Ana Triana Maiyah, Ratih Andriyani, Fahrul Aksah, Gardis Andari, Mahmud Rudini, Indah Selfiana, Ajeng Pratiwi, Fitrisia, Apriliyani, Hesti Yunilawati, 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 Alumni Pendidikan Biologi Universitas Lampung atas do'a dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis.
14. .Keluarga Besar SMA Negeri 1 Kalianda untuk semangat dan dukungannya 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, Juni 2017
Penulis,

Eko Nastiti

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.....	4
C. Manfaat Penelitian.....	5
D. Kerangka Pikir	5
E. Hipotesis	6

II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Medan Magnet.....	8
B. Aspek Biologi Tanaman Tomat	12
C. <i>Fusarium sp</i>	13
D. Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman	17
E. Biosintesis Klorofil.....	21
F. Karbohidrat	25
G. Peroksidase dan Resistensi Tanaman	26
III. METODE PENELITIAN	30
A. Waktu dan Tempat Penelitian	30
B. Alat dan Bahan Penelitian	30
C. Rancangan Penelitian	31
D. Bagan Alir Penelitian	32
E. Pelaksanaan Penelitian	34
1. Pelaksanaan di Laboratorium Botani MIPA Unila	34
2. Pelaksanaan di Lahan Pertanian Terpadu Unila.....	38
F. Analisis Data	44
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
A. Persentase Germinasi	45
B. Panjang Akar	53
C. Tinggi Tanaman	57
D. Jumlah Daun	63
E. Berat Basah Tanaman	71
F. Berat Kering Tanaman.....	75
G. Indeks Stomata dan Kandungan Klorofil	81
H. Kandungan Karbohidrat	83
I. Aktifitas Peroksidase	85
V. SIMPULAN DAN SARAN	92
A. Simpulan.....	92
B. Saran	94
DAFTAR PUSTAKA	95
LAMPIRAN.....	104

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Persentase germinasi benih akibat pemaparan medan magnet 0,2 mT	46
2. Persentase germinasi benih akibat infeksi <i>Fusarium</i> sp	47
3. Persentase germinasi benih akibat kombinasipemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi <i>Fusarium</i> sp	48
4. Panjang akar akibat pemaparan medan magnet 0,2 mT.....	53
5. Panjang akar akibat kombinasi pemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi <i>Fusarium</i> sp	54
6. Tinggi tanaman akibat pemaparan medan magnet 0,2 mT	58
7. Tinggi tanaman akibat kombinasi pemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi <i>Fusarium</i> sp	60
8. Jumlah daun akibat pemaparanmedan magnet 0,2 mT	64
9. Jumlah daun akibat kombinasi pemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi <i>Fusarium</i> sp	65
10. Berat basah tanaman akibat pemaparan medan magnet 0,2 mT	71
11. Berat basah tanaman akibat kombinasi pemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi <i>Fusarium</i> sp	73

12. Berat kering tanaman akibat pemaparan medan magnet 0,2 mT	76
13. Berat kering tanaman akibat infeksi <i>Fusarium</i> sp	77
14. Berat kering tanaman akibat kombinasi pemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi <i>Fusarium</i> sp	78
15. Kandungan karbohidrat akibat pemaparan medan magnet 0,2 mT	84
16. Aktivitas peroksidase akibat pemaparan medan magnet 0,2 mT	86
17. Aktivitas peroksidase akibat kombinasipemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi <i>Fusarium</i> sp	89
18. Hasil <i>Analysis of Variance</i> persentase germinasi hari ke-2 setelah semai	104
19. Hasil <i>Analysis of Variance</i> persentase germinasi hari ke-3 setelah semai	104
20. Hasil <i>Analysis of Variance</i> persentase germinasi hari ke-4 setelah semai	104
21. Hasil <i>Analysis of Variance</i> persentase germinasi hari ke-5 setelah semai	105
22. Hasil <i>Analysis of Variance</i> persentase germinasi hari ke-6 setelah semai	105
23. Hasil <i>Analysis of Variance</i> panjang akar hari ke-14 setelah semai	105
24. Hasil <i>Analysis of Variance</i> panjang akar hari ke-21 setelah semai	106
25. Hasil <i>Analysis of Variance</i> panjang akar hari ke-28 setelah semai	106
26. Hasil <i>Analysis of Variance</i> panjang akar hari ke-35 setelah semai	106

27. Hasil <i>Analysis of Variance</i> tinggi tanaman hari ke-14 setelah semai	107
28. Hasil <i>Analysis of Variance</i> tinggi tanaman hari ke-21 setelah semai	107
29. Hasil <i>Analysis of Variance</i> tinggi tanaman hari ke-28 setelah semai	107
30. Hasil <i>Analysis of Variance</i> tinggi tanaman hari ke-35 setelah semai	108
31. Hasil <i>Analysis of Variance</i> jumlah daun hari ke-14 setelah semai	108
32. Hasil <i>Analysis of Variance</i> jumlah daun hari ke-21 setelah semai	109
33. Hasil <i>Analysis of Variance</i> jumlah daun hari ke-28 setelah semai	109
34. Hasil <i>Analysis of Variance</i> jumlah daun hari ke-35 setelah semai	109
35. Hasil <i>Analysis of Variance</i> berat basah tanaman hari ke-14 setelah semai	109
36. Hasil <i>Analysis of Variance</i> berat basah tanaman hari ke-21 setelah semai	110
37. Hasil <i>Analysis of Variance</i> berat basah tanaman hari ke-28 setelah semai	110
38. Hasil <i>Analysis of Variance</i> berat basah tanaman hari ke-35 setelah semai	110
39. Hasil <i>Analysis of Variance</i> berat kering tanaman hari ke-14 setelah semai	111
40. Hasil <i>Analysis of Variance</i> berat kering tanaman hari ke-21 setelah semai	111
41. Hasil <i>Analysis of Variance</i> berat kering tanaman hari ke-28 setelah semai	111

42. Hasil <i>Analysis of Variance</i> berat kering tanaman hari ke-35 setelah semai	112
43. Hasil <i>Analysis of Variance</i> indeks stomata tanaman hari ke-35 setelah semai	112
44. Hasil <i>Analysis of Variance</i> kandungan klorofil a hari ke-35 setelah semai	112
45. Hasil <i>Analysis of Variance</i> kandungan klorofil b hari ke-35 setelah semai	113
46. Hasil <i>Analysis of Variance</i> kandungan klorofil total hari ke-35 setelah semai	113
47. Hasil <i>Analysis of Variance</i> kandungan karbohidrat hari ke-35 setelah semai	113
48. Hasil <i>Analysis of Variance</i> aktivitas peroksidase hari ke-35 setelah semai	113
49. Hasil uji regresi pengaruh jumlah daun terhadap kandungan karbohidrat.....	114
50. Hasil uji regresi pengaruh jumlah daun terhadap Berat kering tanaman	115
51. Hasil uji regresi pengaruh jumlah daun terhadap aktivitas peroksidase	115

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Arah garis medan magnet	9
2. Kaidah tangan kanan	9
3. Garis medan magnet pada solenoid	10
4. Kurva pertumbuhan	18
5. Struktur molekul klorofil	22
6. Tahapan biosintesis klorofil	24
7. Diagram alir penelitian.....	32
8. Pemaparan medan magnet 0,2 mT pada benih tomat	36
9. Benih tomat yang direndam dalam suspensi monospora <i>Fusarium</i> sp	37
10. Benih tomat dalam polibag	38
11. Persentase germinasi benih yang diberi pemaparan medan magnet 0,2 mT.....	46
12. Persentase germinasi benih yang diinfeksi <i>Fusarium</i> sp	48

13. Persentase germinasi akibat kombinasi pemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi <i>Fusarium</i> sp	49
14. Panjang akar tanaman yang diberi pemaparan medan magnet 0,2 mT	54
15. Panjang akar akibat kombinasi pemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi <i>Fusarium</i> sp	55
16. Tinggi tanaman yang diberi pemaparan medan magnet 0,2 mT	59
17. Tinggi tanaman akibat kombinasipemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi <i>Fusarium</i> sp	61
18. Jumlah daun akibat pemaparan medan magnet 0,2 mT	65
19. Jumlah daun akibat kombinasi pemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi <i>Fusarium</i> sp	66
20. Peningkatan jumlah daun terhadap kandungan karbohidrat	69
21. Peningkatan jumlah daun terhadap berat kering tanaman	70
22. Berat basah tanamanyang diberi pemaparan medan magnet 0,2 mT.....	72
23. Berat basah tanaman akibat kombinasi pemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi <i>Fusarium</i> sp	73
24. Berat kering tanamanyang diberi pemaparan medan magnet 0,2 mT.....	76
25. Berat kering tanaman yang di infeksi <i>Fusarium</i> sp	77
26. Berat kering tanaman akibat kombinasi pemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi <i>Fusarium</i> sp	78

27. Kandungan karbohidrat tanaman yang diberi pemaparan medan magnet 0,2 mT.....	84
28. Aktivitas peroksidase tanaman yang diberi pemaparan medan magnet 0,2 mT.....	87
29. Aktivitas peroksidase akibat kombinasi pemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi <i>Fusarium</i> sp	29

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Medan magnet merupakan faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Nagy *et al.*, 2005).

Penelitian tanaman dengan menggunakan paparan medan magnet sudah banyak dilakukan. Pengaruh medan magnet pada pertumbuhan tanaman berbeda tergantung intensitas dan frekuensi medan magnet, jenis tanaman yang dimagnetisasi dan lama waktu magnetisasi (Saragih dan Silaban, 2010).

Beberapa organel sel tanaman seperti kloroplas dan mitokondria diketahui bersifat paramagnetik sehingga dapat menyerap energi dari medan magnet yang ada di sekitarnya (Aladjadjian dan Ylieva, 2007). Lebih jauh Aladjadjian dan Ylieva (2007) menjelaskan bahwa setiap jaringan yang aktif akan menghasilkan radikal bebas seperti H^+ dan Ca^{2+} yang berperan penting dalam transfer elektron dan reaksi-reaksi kimia.

Radikal bebas memiliki elektron tidak berpasangan sehingga dapat berinteraksi dengan elektron yang tidak berpasangan yang berasal dari medan magnet di sekelilingnya. Melalui interaksi ini, energi gelombang pendek dari

medan magnet di sekelilingnya dapat diserap oleh senyawa radikal bebas dalam jaringan tanaman. Energi gelombang pendek yang diserap oleh senyawa radikal bebas dalam jaringan tanaman akan ditransformasikan dalam bentuk senyawa kimia, akibatnya gerakan partikel radikal bebas tersebut dapat diarahkan oleh medan magnet di sekelilingnya. Gerakan partikel radikal bebas akibat paparan medan magnet dapat mempengaruhi aktivitas metabolisme sel sehingga dapat mempercepat proses-proses perkecambahan dan pertumbuhan tanaman.

Pada proses perkecambahan, medan magnet mampu mengubah sifat fisika dan kimia air. Morejon *et al.* (2007) menjelaskan bahwa medan magnet mempengaruhi sifat fisika dan kimia air diantaranya tekanan permukaan air, konduktivitas, daya melarutkan garam-garam, relatif indeks air, dan pH. Medan magnet dapat meningkatkan penguapan air meskipun tidak ada peningkatan suhu. Adanya peningkatan penguapan air diduga dapat menyebabkan peningkatan hidrasi air oleh biji (Agustrina, 2008). Akibatnya air yang diberi paparan medan magnet meresap lebih cepat ke dalam jaringan biji serta meningkatkan kecepatan dan persentase perkecambahan.

Hasil penelitian Aladjadjiyan dan Ylieva (2007) menunjukkan bahwa perkecambahan biji tembakau yang direndam meningkat sebesar 10%. Pengaruh medan magnet terhadap perkecambahan terbukti pada beberapa spesies tanaman obat diantaranya yaitu *Calendula officinalis* (Criveanu dan Georgeta, 2006), tembakau (Aladjadjian dan Ylieva, 2003), gandum, jagung

dan beet (Rochalska dan Orzesko-Rywka, 2005). Penelitian lain membuktikan adanya pengaruh medan magnet terhadap kecepatan pertumbuhan. Dari penelitian Winandari (2011) diketahui bahwa kuat medan magnet sebesar 0,2 mT dengan lama pemaparan 7 menit 48 detik cenderung meningkatkan perkecambahan dan pertumbuhan pada tanaman tomat. Racuciu *et al.* (2006) menunjukkan bahwa medan magnet mempercepat pertumbuhan, biosintesis protein dan perkembangan akar pada tanaman jagung.

Medan magnet juga dapat meningkatkan jumlah klorofil pada tanaman kedelai (Atak *et al.*, 2007). Racuciu *et al.* (2006) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa telah terjadi peningkatkan kandungan klorofil pada tanaman jagung sebesar 4,24%. Hasil penelitian Winandari (2011) diketahui bahwa kuat medan magnet sebesar 0,2 mT dengan lama pemaparan 7 menit 48 detik berpengaruh pada laju pertumbuhan, luas daun, dan kandungan klorofil b pada tanaman tomat, sementara penelitian Sari (2011) membuktikan bahwa perendaman pada biji dan pemaparan medan magnet 0,2 mT meningkatkan ukuran sel parenkim, xilem, serta lebar stomata pada tanaman tomat.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa medan magnet dapat meningkatkan aktivitas enzim. Hasil penelitian Rochalska and Grabowska (2007) membuktikan bahwa medan magnet meningkatkan aktivitas β -amylase,

α -amylase dan glutation S-transferase pada gandum. Peningkatan α -amylase juga meningkat pada kecambah kacang merah dan kacang buncis yang diberi perlakuan medan magnet 0,2 mT (Rohma dkk., 2013).

Perlakuan medan magnet 2,9 mT sampai 4,6 mT selama 19,8 detik pada kedelai dapat meningkatkan aktivitas enzim peroksidase (Atak *et al.*, 2007). Mousavizadeh *et al.* (2013) menemukan bahwa peningkatan waktu pemaparan medan magnet dapat meningkatkan aktivitas peroksidase pada kecambah *Lettuce*. Peningkatan aktivitas peroksidase merupakan salah satu petunjuk adanya peningkatan resistensi tumbuhan terhadap serangan penyakit. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa H₂O₂ memodulasi ekspresi gen selama respon pertahanan (Levine *et al.*, 1994 dan Desikan *et al.*, 1998). Tanaman yang berinteraksi dengan patogen akan terdeteksi dengan adanya hidrogen peroksid (H₂O₂), dan hidroksil radikal (OH).

Berdasarkan uraian diatas diketahui bahwa medan magnet dapat meningkatkan metabolisme sel tanaman, namun belum diketahui apakah peningkatan metabolisme tanaman akibat perlakuan medan magnet 0,2 mT juga diikuti dengan peningkatan vigor dan karakter tanaman tomat. Dengan demikian dalam penelitian ini dilakukan pengujian efektivitas medan magnet 0,2 mT terhadap vigor dan karakter tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) yang diinfeksi *Fusarium* sp.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian adalah untuk mengetahui:

1. vigor tanaman tomat yang diberi perlakuan medan magnet 0,2 mT,
2. efektivitas pemaparan medan magnet 0,2 mT terhadap peningkatan vigor tanaman tomat,
3. peningkatan vigor tanaman tomat akibat kombinasi antara pemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi *Fusarium* sp.
4. karakter spesifik tanaman tomat yang diberi perlakuan medan magnet 0,2 mT dan infeksi *Fusarium* sp.

C. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dijadikan sumber informasi ilmiah yang berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan bidang pemuliaan dan penyakit tanaman tentang manfaat medan magnet 0,2 mT pada peningkatan vigor dan karakter spesifik tanaman.

Hasil penelitian ini juga dapat memberikan informasi pada petani khususnya petani tomat bahwa peningkatan vigor tanaman akibat lama pemaparan medan magnet 0,2 mT yang tepat memberikan karakter resistensi tanaman tomat terhadap penyakit layu fusarium, sehingga tetap dapat meningkatkan produksi tomat.

D. Kerangka Pikir

Medan magnet diketahui dapat meningkatkan vigor tanaman yang ditunjukkan dengan adanya peningkatan pada beberapa parameter pertumbuhan vegetatif seperti persentase perkecambahan, kecepatan pertumbuhan kecambah, berat basah, berat kering, jumlah daun, jumlah stomata, indeks stomata, kandungan karbohidrat dan kandungan klorofil.

Energi gelombang pendek medan magnet yang ada di sekitar tanaman diserap oleh senyawa radikal bebas di dalam jaringan tanaman. Energi medan magnet yang diserap kemudian ditransformasi menjadi energi dalam bentuk senyawa kimia atau molekul dalam jaringan tanaman. Energi medan magnet juga dapat diserap molekul air yang bersifat paramagnetik sehingga sifat fisik dan kimia air dapat dipengaruhi, diantaranya meningkatkan daya hidrasi air sehingga air meresap lebih cepat ke dalam sel tanaman dan memacu perubahan-perubahan metabolismik di dalamnya.

Proses metabolisme di dalam sel tanaman dipengaruhi oleh aktivitas enzim, sehingga dampak peningkatan metabolisme di dalam sel diantaranya adalah peningkatan aktivitas enzim seperti α -amylase, β -amylase dan juga peroksidase. Peningkatan aktivitas α -amylase dan β -amylase menginduksi germinasi dan vigor tanaman sedangkan peningkatan aktivitas peroksidase merupakan salah satu petunjuk adanya peningkatan daya tahan tanaman terhadap serangan penyakit.

Berdasarkan uraian di atas, telah dilakukan pengujian efektivitas medan magnet 0,2 mT terhadap vigor dan karakter spesifik tanaman tomat (*L. esculentum* Mill.). Pengujian daya tahan tanaman tomat terhadap penyakit dilakukan dengan menggunakan *Fusarium* sp.

E. Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah:

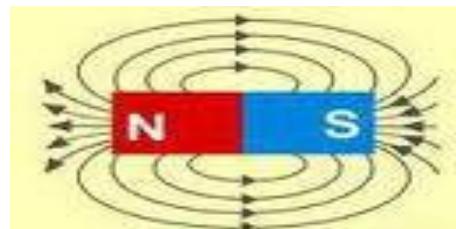
1. Perlakuan medan magnet 0,2 mT dapat meningkatkan vigor tanaman tomat.
2. Pemaparan medan magnet 0,2 mT selama 7 menit 48 detik lebih efektif terhadap peningkatan vigor tanaman tomat.
3. Adanya peningkatan vigor tanaman tomat akibat kombinasi antara pemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi *Fusarium* sp.
4. Terdapat karakter spesifik tanaman tomat yang diberi perlakuan medan magnet 0,2 mT dan infeksi *Fusarium* sp. berdasarkan panjang akar, tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah tanaman, berat kering tanaman, indeks stomata, kandungan klorofil, kandungan karbohidrat dan aktivitas peroksidase.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Medan Magnet

Menurut Supiyanto (2007), medan magnet merupakan suatu ruangan di sekitar magnet yang masih dapat dipengaruhi oleh gaya magnetik. Kekuatan medan magnet sesuai dengan kepadatan garis-garis medan magnet yang dihasilkan oleh suatu magnet. Garis-garis medan magnet di sekitar magnet permanen akan mempengaruhi gerakan partikel bermuatan yang ada di sekitarnya.

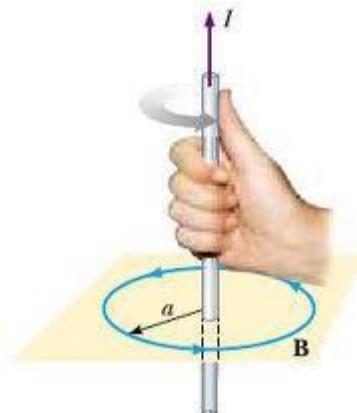
Medan magnet dapat dihasilkan dari solenoid yang dialiri arus listrik. Solenoida adalah rangkaian kawat tembaga yang dapat menghasilkan medan magnet jika dialiri dengan arus listrik (Giancoli, 2001). Pada solenoid, salah satu ujungnya merupakan kutub selatan dan ujung lainnya sebagai kutub utara (Supiyanto, 2007). Kutub magnet adalah bagian magnet yang memiliki efek magnetik yang lebih kuat. Arah pergerakan garis medan magnet bergerak dari kutub utara ke kutub selatan seperti terlihat pada Gambar 1, berikut:



Gambar 1. Arah garis medan magnet (Supiyanto, 2007)

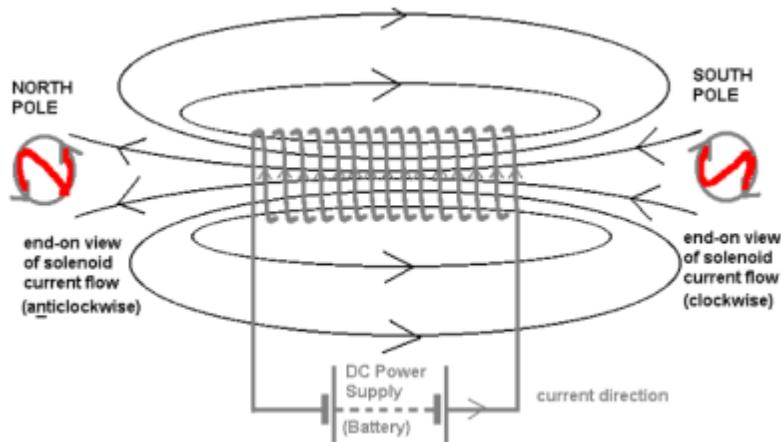
Arah medan magnet dan arah arus listrik yang mengalir pada solenoid dapat diketahui dengan menggunakan kaidah tangan kanan yang terlihat pada

Gambar 2.



Gambar 2. Kaidah tangan kanan (Supiyanto, 2007)

Pada bagian dalam solenoid, garis medan magnet hampir sejajar dan seragam (merata). Garis medan magnet di bagian luar solenoid tidak sebanyak di bagian dalam (Surya, 2010), seperti terlihat pada Gambar 3, berikut:



Gambar 3. Garis medan magnet pada solenoid (Surya, 2010)

Secara kemagnetan, semua bahan yang ada di alam dibedakan ke dalam bahan yang bersifat diamagnetik, paramagnetik dan feromagnetik. Bahan yang bersifat diamagnetik memiliki elektron-elektron yang berpasangan dan dapat ditolak sedikit dari medan magnet.

Bahan yang bersifat diamagnetik umumnya berupa benda-benda yang 'non-magnetik', diantaranya: air, kayu, dan senyawa organik seperti: minyak bumi serta beberapa jenis plastik, logam seperti tembaga, merkuri, emas dan bismut (Halliday dan Resnick, 1986), dan H₂ (Reitz dkk., 1994). Keberadaan medan magnet di sekitar bahan atau unsur diamagnetik akan menyebabkan bahan atau unsur tersebut mengalami magnetisasi dengan arah yang berlawanan dengan arah medan magnet tersebut.

Bahan yang bersifat paramagnetik mempunyai sifat dapat tertarik sedikit ke arah medan magnet karena bahan paramagnetik memiliki elektron yang berpasangan. Bahan yang bersifat paramagnetik tidak dapat mempertahankan

sifat magnetiknya jika tidak terpapar oleh medan magnet. Bahan yang bersifat paramagnetik antara lain magnesium, molibdenum, lithium, dan tantalum. Beberapa molekul dalam tanaman yang bersifat paramagnetik antara lain CO₂, H₂O, N₂, O₂, dan Al (Alonso dan Finn, 1992).

Bahan-bahan feromagnetik adalah bahan yang mempunyai resultan medan atomis besar (Halliday dan Resnick, 1986). Contoh bahan-bahan feromagnetik antara lain Co, Fe, Ni dan Zn (Alonso dan Finn, 1992). Bahan yang bersifat feromagnetik akan ditarik dengan kuat ke arah medan magnet karena memiliki banyak elektron yang tidak berpasangan.

Pada tumbuhan unsur-unsur hara penyusun jaringan tumbuhan dan berbagai senyawa organik di dalam sitoplasma tumbuhan bersifat feromagnetik (Reitz dkk., 1994). Selanjutnya Reitz dkk.(1994) menyatakan bahan yang bersifat feromagnetik dan paramagnetik mengalami magnetisasi dengan arah yang sama dengan arah medan magnet di sekitarnya.

Medan magnet dapat menimbulkan gaya pada muatan yang bergerak. Besarnya gaya yang bekerja pada muatan yang bergerak bergantung pada besar muatan, kecepatan partikel, kuat medan magnet, dan sudut antara kecepatan arah medan magnet (Surya, 2010).

B. Aspek Biologi Tanaman Tomat

Menurut Cronquist (1981) tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) diklasifikasikan sebagai berikut:

Divisio	:	Spermatophyta
Classis	:	Dicotyledoneae
Ordo	:	Tubiflorae
Familia	:	Solanaceae (suku terung-terungan)
Genus	:	<i>Lycopersicum</i>
Species	:	<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.

Tanaman tomat berbentuk perdu atau semak dengan tinggi sekitar 2 meter, berakar tunggang dengan akar samping yang menjalar ke tanah. Tanaman tomat termasuk tanaman setahun yang berarti tanaman ini hanya berumur satu kali periode panen dan akan mati setelah bereproduksi (Supriati dan Siregar, 2009).

Tomat berbatang hijau, berbentuk segiempat sampai bulat. Permukaan batang tomat ditumbuhi rambut halus dan diantara rambut halus terdapat rambut kelenjar. Batang bersifat lunak dan berair sehingga perlu diberi ajir supaya batangnya tegak dan tidak tumbuh menjalar (Syukur dkk., 2015).

Daun tomat berbentuk oval, bergerigi, dan mempunyai celah yang menyirip. Daun tomat merupakan daun majemuk ganjil dengan jumlah daun antara

5-7 helai. Ukuran daun mencapai sekitar 15-30 cm x 10-25 cm. Tangkai daun majemuk dan mempunyai panjang sekitar 3-6 cm. Daun tumbuh secara berseling-seling pada batang tumbuhan (Syukur dkk., 2015).

Ukuran bunga tumbuhan tomat kecil berwarna kuning cerah, berdiameter sekitar 2 cm. Pada bagian luar bunga terdapat 5 buah kelopak bunga yang berwarna hijau dan mahkota bunga yang mempunyai tiga warna yaitu kuning oranye dan putih berjumlah 6 helai. Bunga tomat mempunyai 6 buah benang sari dengan antera berwarna kuning cerah. Bunga tomat adalah bunga hermaprodit dengan posisi stigma lebih rendah daripada tabung polen, tetapi terkadang stigma lebih tinggi daripada tabung polen. Bunga berada pada tandan bunga, dengan posisi tandan bunga terletak di ujung pucuk (terminal) dan ada di antara buku-buku batang/aksial (Syukur dkk., 2015).

C. *Fusarium* sp.

Fusarium sp. adalah salah satu jamur patogen yang biasa menyerang tanaman tomat dan menyebabkan penyakit layu fusarium. Gejala penyakit layu fusarium diawali dengan daun menguning dan layu pada separuh tanaman. Jika gejala ini berlangsung terus-menerus maka akan mengakibatkan kematian.

Menurut Alexopoulos dan Mims (1979) klasifikasi *Fusarium* sp. adalah sebagai berikut:

Divisio	: Amastigomycota
Classis	: Deuteromycetes
Ordo	: Moniliales
Familia	: Tuberculariaceae
Genus	: <i>Fusarium</i>
Species	: <i>Fusarium oxysporum</i>

Miselium *Fusarium* sp. bersekat membentuk percabangan dan tidak berwarna. *Fusarium* sp. menghasilkan 3 jenis spora yaitu mikrospora, makrospora dan klamidospora. Mikrospora tidak berwarna, bersel tunggal, berbentuk bulat dengan panjang 6-15 μm dan berdiameter 3-5 μm .

Makrospora terbentuk dari miselium jamur, berwarna putih kecoklatan, berbentuk bulan sabit, ramping dan terdiri dari 3-5 septa (Semangun, 2001).

Fusarium sp. dapat bertahan di dalam tanah di lingkungan yang tidak menguntungkan dengan cara membentuk klamidospora. Klamidospora bersel tunggal, memiliki dinding tebal, zat warna pada dinding selnya serta lemak yang merupakan cadangan makanannya. Ketiga jenis spora tersebut merupakan patogen tular tanah yang dapat menginfeksi tanaman melalui luka pada akar, baik luka mekanis maupun yang disebabkan Nematoda (*Radopholus similis*).

Fusarium sp. tidak dapat masuk menginfeksi tanaman melalui batang atau rimpang meskipun bagian ini dilukai (Semangun, 2001).

Fusarium sp. mengalami dua fase di dalam hidupnya yaitu fase patogenesis dan saprogenesis. Pada fase patogenesis, jamur hidup sebagai parasit pada tanaman inang. Apabila tidak ada tanaman inang, patogen hidup di dalam tanah dalam bentuk klamidospora sebagai saprofit pada sisa tanaman dan masuk fase saprogenesis, yang dapat menjadi sumber inokulum untuk menimbulkan penyakit pada tanaman lain.

Terdapat beberapa teori mekanisme serangan jamur, yaitu teori penyumbatan, teori toksin, dan teori enzim. Menurut teori penyumbatan, miselium jamur dalam pembuluh xilem terus tumbuh, berkembangbiak, dan membentuk mikrospora. Mikrospora dapat terbawa oleh zat cair ke bagian atas tanaman atau berhenti dan berkecambah membentuk miselium baru, akibatnya, terjadi penyumbatan pembuluh xilem oleh miselium dan gum, serta terjadinya pengerasan pada sel pembuluh, sehingga jamur menghambat fungsi xilem termasuk proses transpirasi air yang akhirnya menyebabkan kekeringan. Selain itu jamur dapat membentuk polipeptida yang disebut likomarasmin yang dapat mengganggu permeabilitas membran plasma sel tanaman (Walker, 1952).

Menurut teori enzim, patogen menghasilkan enzim pektolisis, pektin-metil-esterase (PME), dan depolimerase (DP). Enzim memecah pektin pada dinding sel pembuluh kayu termasuk dinding parenkim xilem. Fragmen

asam pektat masuk ke dalam pembuluh kayu dan membentuk massa koloid yang dapat menyumbat pembuluh. Warna coklat pada berkas pembuluh kayu disebabkan fenol yang terlepas dan masuk ke dalam pembuluh serta mengalami polimerasi oleh fenol oksidase menjadi melanin yang berwarna coklat (Semangun, 2001).

Menurut teori toksin, *Fusarium* sp. menghasilkan toksin diantaranya asam fusarat, dehidrofusarat, dan likomarasmin (Sastrahidayat, 1990).

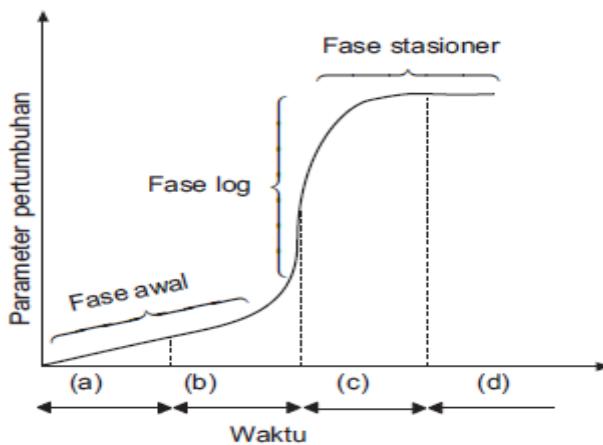
Sastrahidayat (2011) menambahkan bahwa toksin yang dihasilkan *Fusarium* sp. dapat mengubah kelenturan selaput plasma tanaman, sehingga tanaman yang terinfeksi akan lebih cepat kehilangan air.

Resistensi biokimia pada tumbuhan tergantung pada zat yang disintesis oleh tumbuhan itu sendiri seperti asam salisilat. Asam salisilat dihasilkan senyawa propanoid dari jalur fenil propanoid, dengan menggunakan peroksidase, aktif dalam menanggapi infeksi patogen. Kandungan unsur kalium yang cukup pada tanaman mengakibatkan dinding sel menjadi tebal kadar senyawa fenolnya tinggi, cairan selnya mengandung asam amino dan gula dengan berat molekul yang tinggi sehingga tidak disukai patogen. Tumbuhan yang mempunyai kandungan kalium cukup dapat mempercepat penyembuhan luka sehingga dapat mengurangi infeksi jamur.

D. Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman

Pertumbuhan merupakan suatu proses pertambahan ukuran (Salisbury dan Ross, 1995). Tahap awal pertumbuhan tanaman dimulai ketika biji mengalami germinasi yaitu pecahnya kulit biji yang diikuti dengan munculnya radikula (akar embrionik). Selanjutnya ujung tunas akan menembus permukaan tanah dan akibat pertumbuhan bagian hipokotil akan ter dorong ke atas permukaan tanah (Campbell dkk., 2012). Setelah muncul dipermukaan tanah, cahaya akan merangsang hipokotil menjadi lurus sehingga dapat mengangkat epikotil dan kotiledon. Epikotil akan menumbuhkan daun-daun pertamanya yang merupakan daun-daun sejati. Daun sejati kemudian mengembang, berwarna hijau dan mulai melakukan fotosintesis.

Hasil fotosintesis dimanfaatkan tumbuhan untuk menghasilkan energi yang akan digunakan untuk pembelahan sel dalam masa pertumbuhan. Pada tahap germinasi dan masa pertumbuhan tanaman berbagai enzim dan hormon sudah bekerja sehingga tanaman dapat mencapai masa generatif. Pertumbuhan tanaman yang terukur setiap waktu dapat digambarkan dalam bentuk kurva sigmoid disajikan pada Gambar 4, sebagai berikut:



Gambar 4. Kurva Pertumbuhan (Kirkham, 2004)

Fase-fase yang digambarkan dalam kurva tersebut meliputi fase awal, fase log (eksponensial), dan fase stationer.

a. Fase awal

Pada fase awal, pertumbuhan berjalan lambat demikian pula dengan proses pembelahan atau perkembangan sel. Pada fase ini organisme masih beradaptasi dengan lingkungannya termasuk dengan keberadaan cadangan makanannya dalam biji.

Fase awal meliputi fase perkecambahan dan pertumbuhan kecambah yang diawali dengan imbibisi air melalui mikrofil biji. Imbibisi air menyebabkan biji mengembang dan selaput biji merekah serta memicu perubahan-perubahan metabolismik di dalam embrio (Campbell dkk., 2012 dan Gardner *et al.*, 1991). Imbibisi air pada biji menyebabkan peningkatan aktifitas giberellin. Giberellin yang berdifusi dari skutelum

biji ke dalam lapisan sel aleuron pada sel cadangan makanan (endosperma) memacu sel aleuron untuk mensintesis α -amylase dan protease. Kedua enzim tersebut masing-masing memacu pemecahan amilum dan protein dalam endosperma untuk membentuk glukosa dan asam amino. Glukosa dan asam amino digunakan sebagai substrat dalam proses respirasi untuk membentuk energi (ATP).

Energi yang dihasilkan dari proses respirasi digunakan untuk pembelahan sel embrio di dalam biji secara mitosis. Pembentukan sel-sel baru pada embrio diikuti proses diferensiasi sel sehingga terbentuk plumula dan radikula. Pertambahan sel-sel pada embrio menyebabkan kulit biji pecah, radikula dapat muncul. Proses perkecambahan biji berlanjut dengan adanya pemanjangan dan perbesaran sel. Secara visual morfologis biji yang berkecambah umumnya ditandai dengan akar dan daun yang menonjol keluar dari biji (Kamil, 1979).

b. Fase logaritma

Fase logaritmik ditandai dengan adanya peningkatan kecepatan pertumbuhan yang sangat tinggi. Pembentukan dan pengaktifan hormon meningkat pada fase logaritmik diantaranya sitokinin dan auksin. Giberelin mampu meningkatkan aktivitas auksin sehingga auksin dan giberellin dapat bekerja sama pada proses pertumbuhan (Campbell dkk., 2012).

Auksin berperan dalam menginisiasi pemanjangan sel dan juga memacu protein tertentu yang ada di membran plasma sel tumbuhan untuk memompa ion H⁺ ke dinding sel. Ion H⁺ mengaktifkan enzim tertentu sehingga memutuskan beberapa ikatan silang hidrogen rantai molekul selulosa penyusun dinding sel sehingga sel tumbuhan dapat memanjang.

Sitokinin mendorong pembelahan sel dengan cara meningkatkan peralihan dari fase G2 ke mitosis melalui peningkatan laju sintesis protein (Fosket, 1977 dan Fosket *et al.*, 1981). Sitokinin juga meningkatkan peralihan dari tahap G1 ke S (Sintesis DNA). Pada tahap peralihan dari G1 ke S, sitokinin menginduksi transkripsi CyCD3 sedangkan pada peralihan dari G2 ke mitosis, sitokinin menginduksi ekspresi dari cdc2 (D'Agostino dan Keiber, 1999). Gen cdc2 diketahui mempengaruhi koperensi sel untuk membelah (Hemerly *et al.*, 1993).

Pertumbuhan dan perkembangan dihasilkan dari pembelahan sel, pembesaran sel dan diferensiasi sel serta setelah sel mencapai volume akhirnya maka sel akan terspesialisasi dengan cara tertentu (Salisbury dan Ross, 1995). Sel yang membelah berada pada meristem apikal, sementara sel yang memanjang terdapat lebih jauh dari ujung dan sel yang berdiferensiasi terletak lebih jauh lagi dari ujung.

Pembelahan periklinal di dekat apek tajuk yang diikuti pertumbuhan sel anak akan membentuk tonjolan daun primordial. Proses ini dirangsang oleh hormon kalin. Pada fase ini berbagai hormon di produksi oleh

tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangan berikutnya sampai terbentuknya bunga dan buah. Pertumbuhan pada fase log terjadi pada masa vegetatif (Harjadi dan Setyati, 1988). Pada fase ini tanaman sangat dipengaruhi oleh lingkungan.

d. Fase stasioner (pertumbuhan terhenti).

Pada fase stasioner, pertambahan ukuran berlangsung secara konstan. Fase stasioner biasanya berlangsung selama beberapa waktu lamanya sampai tumbuhan itu tidak berproduksi lagi. Pada fase stasioner terjadi keseimbangan antara proses pembentukan (anabolisme) dan proses penguraian (katabolisme).

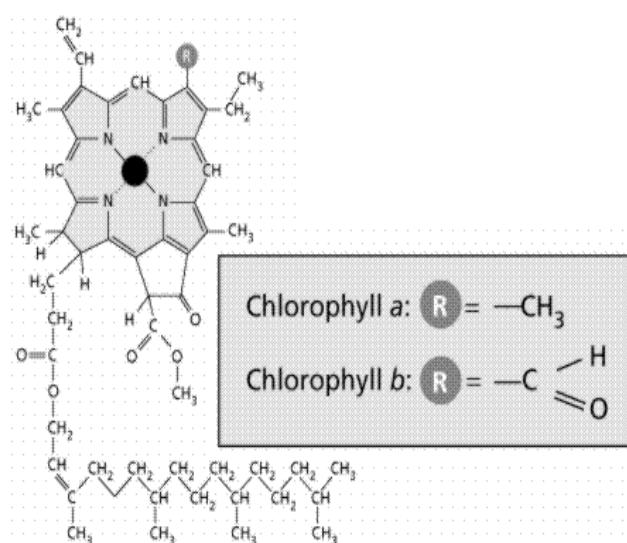
Pada fase stasioner, beberapa bagian tumbuhan mengalami pematangan yang diikuti dengan penuaan atau fase senessense. Fase senessense dicirikan oleh pertumbuhan yang menurun saat tumbuhan sudah mencapai kematangan dan mulai menua (Salisbury dan Ross, 1995).

F. Biosistesis Klorofil

Klorofil merupakan sebagian besar pigmen yang ditemukan pada membran tilakoid kloroplas. Tanaman tingkat tinggi mempunyai dua macam klorofil yaitu klorofil a ($C_{55}H_{72}O_5N_4M_g$) yang berwarna hijau tua dan klorofil b ($C_{55}H_{70}O_6N_4M_g$) yang berwarna hijau muda (Campbell dkk., 2008). Klorofil a dan klorofil b paling kuat menyerap cahaya dengan panjang

gelombang antara 600-700 nm dan paling sedikit menyerap cahaya hijau dengan panjang gelombang antara 500-600 nm.

Molekul klorofil terdiri dari kepala porfirin dan rantai hidrokarbon yang panjang atau ekor fitol, yang tertera pada Gambar 5 berikut :



Gambar 5. Struktur molekul klorofil (Lodish *et al.*, 2005)

Biosintesis klorofil menurut Dwidjoseputro (1995), dimulai dari pembentukan asam 5- aminolevulinat (ALA) sebagai konversi dari asam glutamat. Dua molekul ALA mengalami kondensasi membentuk porfobilinogen (PBG), reaksi kondensasi tersebut dikatalisis oleh ALA dehidratase.

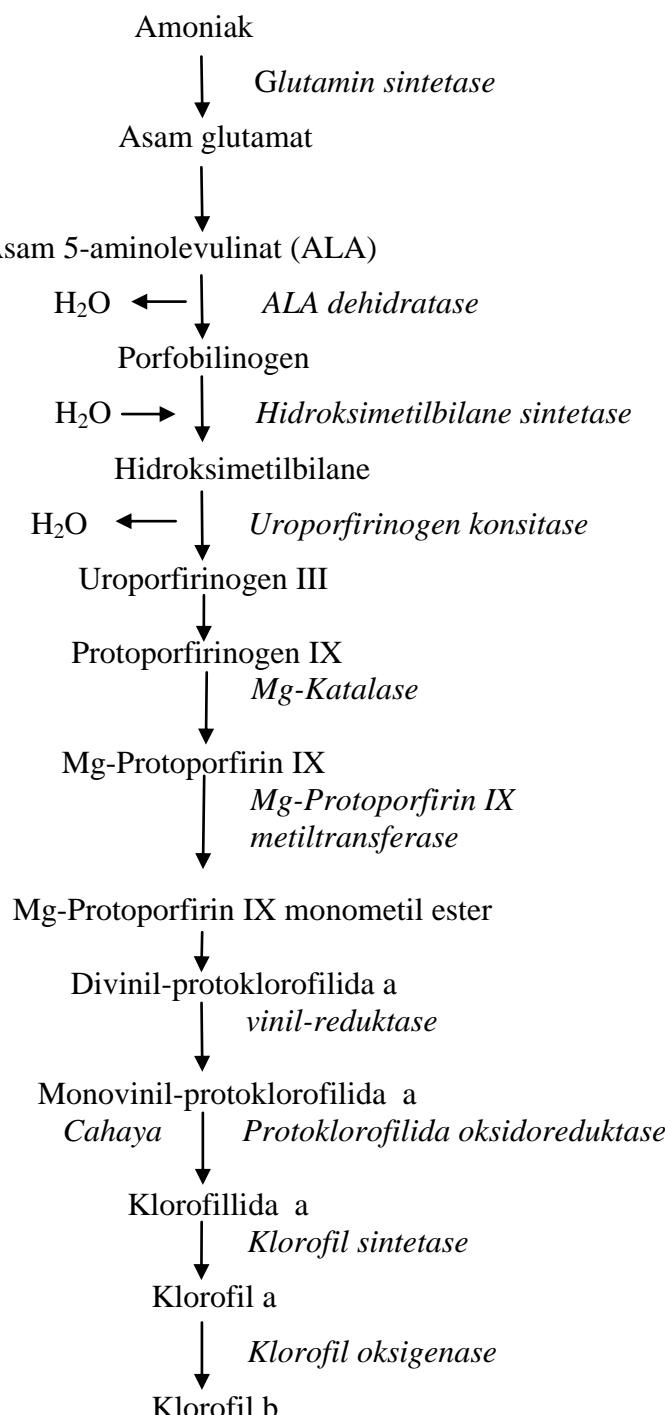
Empat molekul PBG diubah menjadi hidroksimetilbilane yang dikatalis oleh hidroksimetilbilane sintetase. Hidroksimetilbilane melepaskan air untuk membentuk uroporfirinogen III yang dikatalis oleh uroporfirinogen konsitase.

Uroporfirinogen III akan membentuk protoporfirinogen IX. Penyisipan Mg⁺² (membutuhkan ATP) ke protoporfirinogen IX dikatalisis oleh Mg katalase menghasilkan Mg-protoporfirin IX.

Mg-protoporfirin IX mengalami esterifikasi menjadi Mg-protoporfirin IX monometil ester dan membentuk divinil-protoklorofilida a, vinil reduktase akan mengubah divinil protoklorofilida a menjadi monovinil protoklorofilida a. Protoklorofilida oksidoreduktase (POR) berperan dalam mereduksi monovinil protoklorofilida a menjadi klorofilida a. Protoklorofilida oksidoreduktase akan bekerja jika ada cahaya.

Proses reduksi monovinil protoklorofilida a menjadi klorofilida a jika cahaya yang diserap memiliki panjang gelombang 628-630 nm. Klorofil sintetase mengkatalisis perubahan klorofilida a menjadi klorofil a. Klorofil b terbentuk dari klorofil a yang mengalami oksidasi dan dikatalisis oleh klorofil oksigenase.

Tahapan biosintesis klorofil disajikan pada Gambar 6, sebagai berikut :



Gambar 6. Tahapan biosintesis klorofil (Dwidjoseputro 1995)

F. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan polihidroksil-aldehida atau polihidroksil-keton, atau senyawa yang menghasilkan senyawa-senyawa ini bila dihidrolisis.

Karbohidrat mengandung gugus fungsi karbonil (sebagai aldehida atau keton) dan banyak gugus hidroksil. Pada awalnya, istilah karbohidrat digunakan untuk golongan senyawa yang mempunyai rumus $(CH_2O)_n$, yaitu senyawa-senyawa yang n atom karbonnya tampak terhidrasi oleh n molekul air. Namun demikian, terdapat pula karbohidrat yang tidak memiliki rumus demikian dan ada pula yang mengandung nitrogen, fosforus, atau sulfur (Lehninger, 1997).

Biosintesis karbohidrat pada tumbuhan hijau dilakukan melalui proses fotosintesis, khususnya pada fase siklus Calvin. Istilah fotosintesis mengacu pada definisi harfiah sintesis menggunakan cahaya. Secara terminologis fotosintesis berarti reaksi antara karbondioksida dan air yang menghasilkan energi (glukosa) dan oksigen dengan bantuan cahaya matahari dan hanya terjadi pada organisme yang memiliki klorofil (Taiz dan Zeiger 2002).

Reaksi ini terjadi di dalam membran tilakoid pada kloroplas yang terletak di dalam klorofil.

Salah satu perbedaan utama antara tipe karbohidrat adalah ukuran molekulnya. Karbohidrat yang tidak bisa dihrolisis ke susunan yang lebih simpel dinamakan monosakarida. Monosakarida merupakan karbohidrat yang

tersederhana. Monosakarida dapat bergabung secara bersama-sama untuk membentuk dimer, trimer, dan sebagainya dan akhirnya polimer. .

Karbohidrat yang dapat dihidrolisis menjadi dua molekul monosakarida dinamakan disakarida. Sedangkan karbohidrat yang dapat dihidrolisis menjadi banyak molekul monosakarida dinamakan polisakarida. Karbohidrat yang tersusun dari dua sampai delapan satuan monosakarida diperoleh dari hidrolisis, dinamakan polisakarida (Fessenden dan Fessenden, 1982)

G. Peroksidase dan Resistensi Tanaman

Tanaman yang terserang patogen akan memberikan reaksi pertahanan untuk melindungi dirinya. Menurut Mehrotra (2003), dalam mempertahankan diri, tanaman mempunyai dua cara yaitu melalui sifat-sifat struktural pada tanaman sebagai penghalang fisik dan melalui respon biokimia berupa reaksi-reaksi kimia yang terjadi di dalam sel dan jaringan tanaman. Respon biokimia pada tanaman yang terinfeksi patogen akan meningkat sehingga terjadi peningkatan aktivitas metabolisme.

Peningkatan aktivitas metabolisme dapat terjadi pada mitokondria saat fosforilasi oksidatif. Pada proses fosforilasi oksidatif selain menghasilkan energi, mitokondria juga dapat menghasilkan ROS (*Reactive Oxygen Species*) sebagai senyawa radikal bebas diantaranya O₂⁻ (anion superoksida), H₂O₂(hidrogen peroksida), dan OH (hidroksil). ROS dibentuk saat transport

elektron pada mitokondria, karena tidak semua O₂ berikatan dengan hidrogen.

Jumlah ROS yang terbentuk akan mempengaruhi homeostasis atau stimulasi terhadap pertumbuhan dan signaling sel. Produksi ROS yang berlebihan dapat menyebabkan peroksidasi lipid membran sel, kerusakan protein, karbohidrat dan DNA (Kevin *et al.*,2006). Akibat peroksidasi lipid membran sel, kerusakan protein, karbohidrat, dan DNA, tanaman akan mengalami stress oksidatif, apoptosis atau nekrosis tetapi jika produksi ROS seimbang dengan kapasitas antioksidan yang dihasilkan tanaman maka akan mengarahkan pada pertumbuhan sel, signaling dan survival pada tanaman tersebut. Menurut Sharma *et al.* (2012) konsentrasi ROS yang tinggi menyebabkan kerusakan biomolekul, sedangkan pada konsentrasi rendah atau sedang bertindak sebagai sinyal intraseluler yang memediasi beberapa tanggapan dalam sel tanaman.

Rusaknya biomolekul akibat tingginya konsentrasi ROS disebut respon hipersensitif (*hypersensitive response* = HR). Menurut Gozzo (2003), respon hipersensitif merupakan salah satu mekanisme ketahanan tanaman terhadap patogen. Tanggapan awal respon hipersensitif dalam bentuk nekrosis akan menyebabkan kematian sel yang bertujuan memisahkan antara sel-sel yang terinfeksi dengan sel-sel yang sehat sehingga pergerakan patogen ke arah sel yang sehat akan terhambat.

Akibat konsentrasi ROS yang tinggi maka tanaman membentuk mekanisme perlindungan khusus yang melibatkan antioksidan enzimatik dan non enzimatik untuk menekan ROS. Antioksidan non-enzimatik diantaranya glutation dan askorbat (Alcher, 1989). Antioksidan enzimatik diantaranya superoksida dismutase (SOD), katalase (CAT), peroksidase (POX), dan askorbat peroksidase (APX) (Winarsih, 2007)). Winarsih (2007) menambahkan antioksidan merupakan senyawa yang mampu menangkal atau meredam efek negatif oksidan dengan cara mendonorkan satu elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan sehingga aktifitas senyawa oksidan tersebut dapat dihambat.

Peroksidase merupakan salah satu *PR-protein (Pathogenesis Related protein)* yang berperan dalam sistem pertahanan biokimia tanaman terhadap patogen. Peroksidase berperan mengkatalis reaksi oksidasi oleh hidrogen peroksid dari sejumlah substrat yang merupakan donor hidrogen seperti senyawa fenol, anilin, pirogalol, dan asam askorbat. Peroksidase terakumulasi pada saat tanaman terserang patogen, sehingga aktivitas peroksidase berhubungan dengan tingkat ketahanan tanaman. Peroksidase tidak hanya mengoksidasi fenolik tetapi juga meningkatkan laju polimerisasi senyawa-senyawa fenolik diantaranya lignin yang dapat mengganggu pertumbuhan patogen (Agrios, 1996)

Sinyal intraseluler akibat infeksi jamur akan menginduksi sintesis *patogenesis related protein (PR-protein)*. Menurut Molina *et al.* (1998), aktivasi gen

PR-protein tidak selalu bersamaan dengan peningkatan kandungan asam salisilat, dan pengaruh penginduksian oleh suatu agen mempunyai kespesifikkan jenis *PR-protein* yang diinduksinya. Hasil penelitian Murphy *et al.* (2001) bahwa asam salisilat merupakan sinyal transduksi yang salah satu cabangnya mengaktifkan *PR-protein* diantaranya peroksidase.

Peningkatan aktivitas peroksidase dapat meningkatkan laju polimerisasi senyawa-senyawa fenolik diantaranya lignin. Lignifikasi dinding sel pada jaringan yang terinfeksi cendawan merupakan salah satu sistem pertahanan struktural tanaman (He *et al.*, 2002). Penempatan lignin secara lokal merupakan reaksi awal setelah tanaman mendapat serangan jamur. Analisis kimia mengindikasi terdapat perbedaan komposisi lignin pada jaringan yang terinfeksi patogen dengan lignin pada jaringan sehat.

Bentuk awal lignin sebagai metabolit sekunder berperan dalam penghambatan pertumbuhan jamur dalam jaringan tanaman. Peningkatan kandungan lignin ini dapat menghambat penetrasi dan invasi patogen secara fisik, memblokir penyebaran toksin dan enzim yang dikeluarkan oleh patogen, serta menghambat pasokan nutrisi yang dibutuhkan patogen (Vance *et al.*, 1980). Terhambatnya pasokan nutrisi yang dibutuhkan patogen menyebabkan tanaman resisten terhadap patogen yang menyerang .

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan dari Februari sampai dengan Mei 2016 di Laboratorium Botani, jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, serta di Laboratorium Lapangan Terpadu Fakultas Pertanian Unila.

B. Alat Dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Laminar Air Flow* (LAF), pipa gondok, karet pipa gondok, jarum ose, *petridish* berdiameter 9 cm, *plastic wrap*, bunsen, korek api, plastic wrap, kertas label, mikroskop berkamera, pipet tetes, haemocytometer, *object glass* dan *cover glass*, tissu, tabung reaksi, spatula, polibag berukuran 10 kg, papan nama, bambu (ajir), tali rafia, gembor, kertas, alat tulis, penggaris, benang, neraca Mettler AE 200, timbangan dua lengan, oven, *beaker glass* bervolume 500 ml dan 100 ml, selotip, spektrofotometer ($\lambda = 490$ nm), incubator kayu, gunting, plastik, kertas saring Whatman nomor 1 dan kamera.

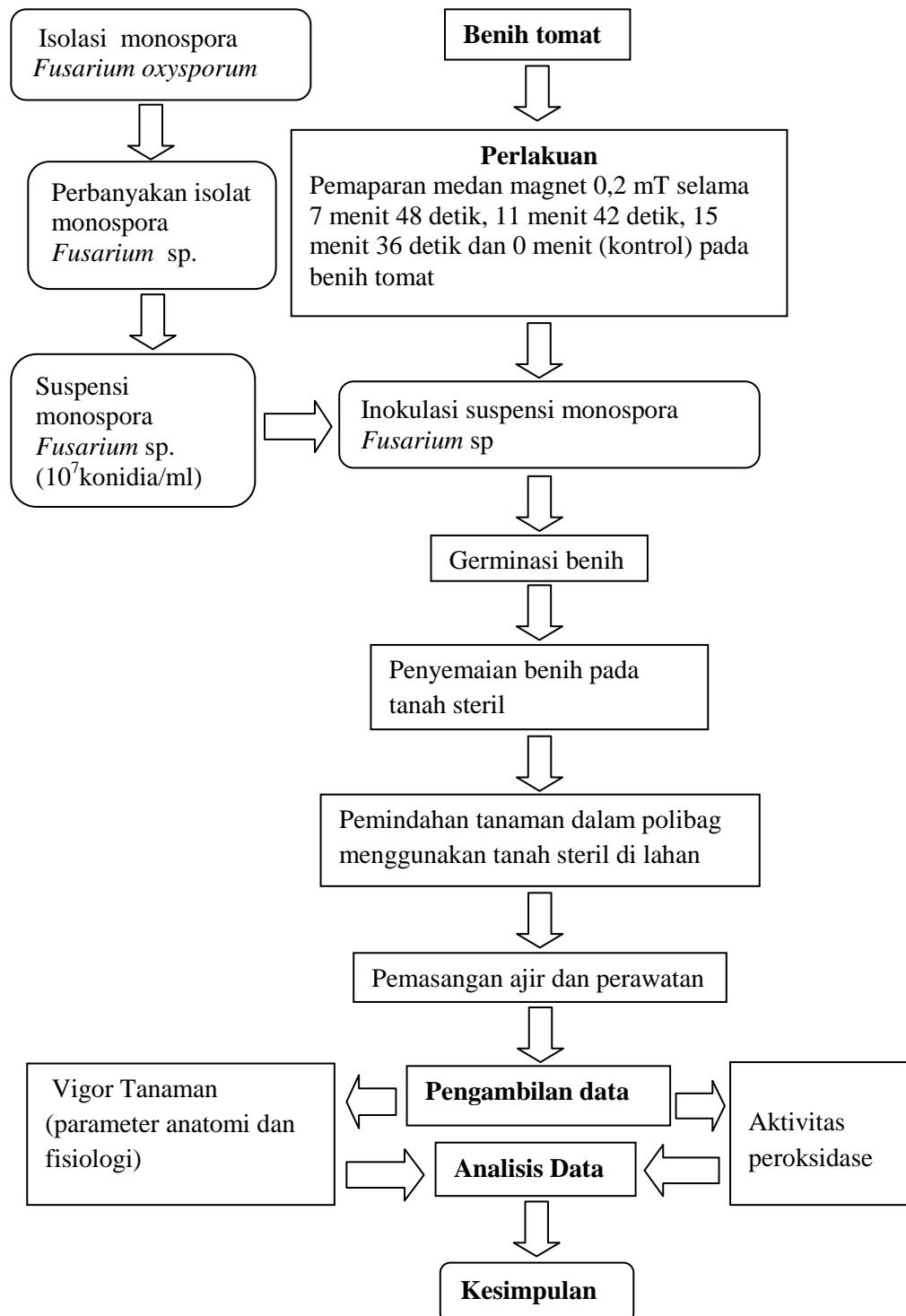
Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah benih tomat, diperoleh dari toko pertanian di desa Sumber Rejo, Gisting. Isolat *Fusarium* sp. yang diperoleh dari IPB, Bogor Jawa Barat, Media PDA, aquadest steril, safranin, cat kuku bening, aseton 70%, aquadest, larutan fenol, larutan H₂SO₄, larutan penyingga fosfat (50 mM, pH 7), pirogalol 0,2 m, H₂O₂ (1%).

C. Rancangan Penelitian

Penelitian efektivitas medan magnet 0,2 mT terhadap vigor dan karakter tanaman tomat yang diinfeksi *Fusarium* sp. disusun secara faktorial dalam Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLT), terdiri dari dua faktor. Faktor pertama, lama pemaparan medan magnet 0,2 mT terdiri dari pemaparan selama 7 menit 48 detik (M₇), 11 menit 44 detik (M₁₁), dan 15 menit 36 detik (M₁₅), dan kontrol. Faktor kedua inokulasi monospora *Fusarium* sp. pada benih terdiri dari kontrol, yaitu benih tanpa inokulasi (F₀) dan benih yang diinokulasi selama 60 menit (F₆₀). Setiap unit percobaan diulang sebanyak 5 kali dan ulangan dijadikan satu kelompok.

D. Bagan Alir Penelitian

Tahap penelitian disajikan dalam bentuk bagan alir sebagai berikut :



Gambar 7.Bagan Alir Penelitian

Berdasarkan bagan alir penelitian, penelitian ini diawali dengan menyiapkan benih tomat sebanyak 2400 benih dalam delapan *petridish*, masing-masing *petridish* berisi 300 benih. Seluruh benih dalam *petridish* direndam selama 15 menit sebelum diberi pemaparan medan magnet 0,2 mT. Delapan *petridish* yang berisi benih kemudian dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok F₀ dan F₆₀. Masing-masing kelompok terdiri dari M₀ (benih tidak diberi paparan medan magnet), M₇ (benih diberi paparan medan magnet selama 7 menit 48 detik), M₁₁ (benih diberi paparan selama 11 menit 42 detik), dan M₁₅ (benih diberi paparan medan magnet selama 15 menit 36 detik). Benih tomat kelompok F₆₀ sebanyak 1200 benih diinokulasi monospora *Fusarium* sp. selama 60 menit. Benih tomat yang telah diinokulasi *Fusarium* sp. digerminaskan dalam *petridish* yang telah dialaskan kertas germinasi.

Benih yang sudah bergerminasi kurang lebih dua hari setelah germinasi disemai dalam bubung yang berisi tanah steril. Bibit tomat yang berumur dua minggu setelah semai dalam bubung dipindahkan dalam polibag yang sudah berisi tanah steril. Selama pertumbuhan tanaman tomat dilakukan pengambilan data. Parameter yang diukur adalah vigor tanaman yaitu parameter anatomi dan fisiologi tanaman tomat diantaranya: persentase germinasi, vigor benih, jumlah daun, panjang batang, panjang akar, berat segar, berat kering, indeks stomata, kandungan karbohidrat dan kandungan klorofil dan aktivitas peroksidase. Data yang diperoleh dianalisis dengan

Analisis Ragam (*Analysis of Variance*) dan di lanjutkan dengan uji *Tukey's* pada tingkat kepercayaan 95% dan 90%.

E. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Botani Unila dan di Laboratorium Lapangan Terpadu Unila.

1. Pelaksanaan di laboratorium :

a. Isolasi monospora

Sumber isolat *Fusarium* sp. diambil dari jamur *Fusarium* sp. yang diperoleh dari IPB, Bogor, Jawa Barat. Isolat diremajakan pada media PDA, dengan cara menambahkan 10 ml aquades dalam tabung reaksi yang telah berisi konidium jamur *Fusarium* sp. Tabung kemudian di gojok perlahan-lahan sehingga dihasilkan suspensi konidium. Suspensi diambil menggunakan jarum ose dan digoreskan pada media PDA dalam *petridish* berdiameter 9 cm secara zig zag. Bagian tepi *petridish* yang telah digores isolat ditutup dan diberi *plastic wrap* untuk menghindari kontaminasi kemudian diletakkan pada suhu kamar.

Monospora jamur *Fusarium* sp. yang sudah berkecambah dipindahkan ke media PDA lainnya sebagai biakan isolat monospora *Fusarium* sp. dan diinkubasikan dalam suhu kamar (25°C). Semua pengujian berikutnya dalam penelitian ini, menggunakan isolat monospora (Hadisutrisno, 1995).

b. Pembuatan suspensi isolat monospora *Fusarium* sp.

Setelah biakan jamur *Fusarium* sp. berumur 1 bulan dilakukan pembuatan suspensi monospora dengan cara mengambil dari bagian permukaan biakan kultur padat jamur *Fusarium* sp. menggunakan jarum ose. Kemudian diletakkan dalam tabung reaksi dan ditambahkan 10 ml aquades steril, digojok selama beberapa menit kemudian ditambahkan 90 ml aquades steril. Penghitungan monospora dilakukan dengan menggunakan *haemocytometer*. Pengenceran kembali dilakukan secara berseri sampai diperoleh kerapatan monospora jamur 10^7 konidia/ml. Setiap pengenceran dilakukan penghitungan jumlah monospora dengan cara mengambil rata-rata jumlah monospora dari tiga bagian yang terlihat di bawah mikroskop.

c. Perendaman benih tomat

Benih tomat yang akan diberi perlakuan medan magnet 0,2 mT dan infeksi *Fusarium* sp. direndam dalam aquadest selama 15 menit.

d. Pemaparan medan magnet 0,2 mT (perlakuan penelitian)

Pemaparan medan magnet 0,2 mT pada benih yang telah direndam dilakukan sesuai perlakuan, yaitu: benih tomat dalam delapan *petridish* masing-masing setiap dua *petridish* dipapar selama 7 menit 48 detik (M_7), 11 menit 44 detik (M_{11}), dan 15 menit 36 detik (M_{15}) yang terlihat pada Gambar 8, sedangkan dua *petridish* yang lain tidak diberi paparan

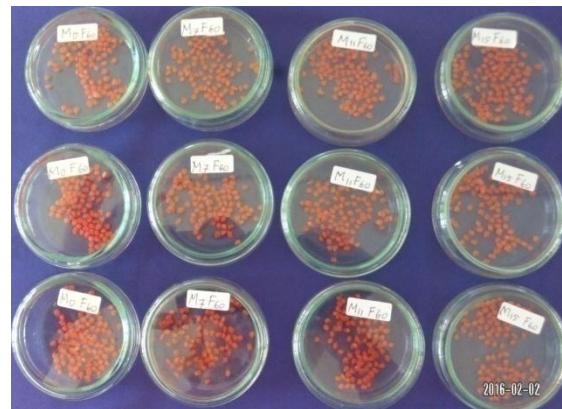
medan magnet (M_0). Pemaparan medan magnet 0,2 mT pada benih tomat tertera pada Gambar 8, berikut:



Gambar 8. Pemaparan medan magnet 0,2 mT pada benih tomat

e. Infeksi *Fusarium* sp. terhadap benih tomat

Benih dalam delapan *petridish* yang sudah diberi perlakuan medan magnet termasuk kontrol dibagi dua kelompok yaitu kelompok F_0 dan kelompok F_{60} . Benih dalam empat *petridish* kelompok F_0 tidak diinfeksi *Fusarium* sp. sedangkan benih dalam empat *petridish* kelompok F_{60} diinfeksi *Fusarium* sp. Infeksi *Fusarium* sp dilakukan dengan cara merendam benih dalam *petridish* kecil yang berisi suspensi monospora *Fusarium* sp dengan kepadatan monospora jamur 1×10^7 konidia/ml untuk tiga ulangan seperti yang terlihat pada Gambar 9. Perendaman dilakukan selama 60 menit. Infeksi *Fusarium* sp.pada benih dilakukan menurut Widyastuti dkk. (2013).



Gambar 9. Benih tomat yang direndam dalam suspensi monospora *Fusarium* sp.

f. Germinasi benih

Benih tomat yang telah diberi perlakuan medan magnet 0,2 mT dan diinfeksi *Fusarium* sp. dipindahkan dalam *petridish* yang telah berisi kertas germinasi basah dan dilabel sesuai dengan perlakuan. Seluruh *petridish* kemudian diletakkan di dalam inkubator kayu (enkas) secara random. Pengamatan persentase germinasi dilakukan setiap hari selama 7 hari. Persentase germinasi mengikuti rumus yang digunakan Syaiful (2012).

$$KK = \frac{Y}{Z} \times 100\%$$

Keterangan :

KK : persentase germinasi benih tomat (%)

Y : jumlah benih yang mengalami germinasi

Z : total benih di cawan petri

g. Penyemaian benih

Benih yang telah berumur 2 hari dipindahkan ke dalam bubung yang berisi tanah steril. Dalam penelitian ini media tumbuh yang digunakan adalah tanah dan kompos dengan perbandingan 1:2 yang kemudian disterilkan dengan cara dikukus selama 1 jam.

2. Pelaksanaan Di Lahan Pertanian Unila

a. Pemindahan tanaman di lahan pertanian.

Bibit tomat dalam bubung yang berumur 14 hari setelah semai dipindahkan dalam polibag yang tersaji pada Gambar 10. Bibit siap ditanam pada umur kurang lebih 16-18 hari setelah semai (Suryawaty, 2014). Tanaman dipindahkan ke dalam polibag sesuai label yang sudah ditentukan pada polibag. Polibag berisi tanaman disusun secara acak sesuai hasil random untuk percobaan dalam Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLT).



Gambar 10. Benih tomat dalam polibag

b. Pemasangan ajir dan perawatan

Pemasangan ajir dilakukan pada tanaman ketika akar masih pendek, sehingga akar tidak putus tertusuk ajir. Ajir dipasang satu minggu setelah bibit ditanam dan setiap tanaman dipasang satu ajir. 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). Tanaman disiram setiap hari pagi dan sore atau dapat dilihat dari kondisi air pada media tanamnya.

c. Penghitungan jumlah daun tanaman tomat

Penghitungan jumlah daun dilakukan dengan cara menghitung seluruh daun mulai dari daun yang paling bawah (daun pertama) sampai daun yang terkecil pada ujung batang. Penghitungan jumlah daun pada tanaman tomat dilakukan selama 4 minggu yaitu pada saat tanaman tomat berumur 7 hari setelah semai. Penghitungan jumlah daun pada tanaman tomat dilakukan pada saat tanaman berumur 7, 14, 21, dan 28 hari setelah semai (Maharina dkk., 2014).

d. Pengukuran tinggi batang dan panjang akar tanaman tomat

Pengukuran tinggi batang dan panjang akar tanaman tomat dilaksanakan pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari setelah semai (Maharina dkk., 2014). Tanaman tomat setiap perlakuan diambil, dibersihkan, diukur tinggi tanaman dan panjang akar menggunakan benang dan penggaris. Panjang

batang diukur mulai dari pangkal batang sampai ujung pucuk (*apex*).

Panjang akar diukur mulai dari pangkal batang sampai ujung akar yang terpanjang.

e. Pengukuran berat basah tanaman tomat.

Pengukuran berat basah tanaman dilakukan mulai dari minggu ke-1 (7 hari setelah semai) sampai minggu ke 4 (35 hari setelah semai) (Handayani dan Agustrina, 2010). Seluruh bagian tanaman tomat yang akan diukur berat basahnya dicabut dan dibersihkan, kemudian ditimbang.

f. Pengukuran berat kering tanaman tomat.

Tanaman tomat yang telah diukur berat basahnya dipotong kecil-kecil dan dibungkus dengan aluminium foil kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 80°C selama 2 x 24 jam (Handayani dan Agustrina, 2010). Pengeringan dalam oven dilakukan sampai berat tanaman tidak berubah (konstan). Tanaman selanjutnya dimasukkan dalam desikator selama 30 menit, kemudian ditimbang dengan menggunakan neraca Mettler AE 200 (data berat kering).

g. Pengukuran indeks stomata

Preparat daun diambil pada minggu keempat (35 hari setelah semai) atau sebelum tanaman berbunga (masa vegetatif akhir). Pengamatan stomata dilakukan menggunakan metode replika (Dwidjoseputro, 1995). Daun diambil yang paling baik kemudian permukaan bawah daun diolesi cat

kuku bening tipis-tipis dan dibiarkan mengering kira-kira 5 sampai 10 menit. Setelah kering daun yang diberi cat kuku ditempel selotip kemudian langsung dibuka atau sedikit dikikis dengan kuku hingga yang tertinggal hanya bagian epidermisnya. Selotip yang tertempel epidermis diletakkan di atas *object glass* (jangan terbalik), kemudian ditutup dengan *cover glass*. Supaya tidak lepas sudut-sudut *cover glass* ditetesi cat kuku. Preparat dilihat dibawah mikroskop berkamera dengan perbesaran 400 x.

Preparat diamati pada 3 bagian daerah yang berlainan. Penentuan nilai indeks stomata dilakukan dengan menghitung jumlah sel stomata yang ditemukan dan jumlah sel selain stomata (sel epidermis) yang ditemukan pada setiap 3 bagian daerah yang berlainan untuk setiap preparat. Indeks stomata ditentukan dengan menggunakan rumus menurut Lestari dkk. (2005), sebagai berikut:

$$\text{IS (\%)} = \frac{\text{Jumlah stomata}}{\text{Jumlah sel epidermis} + \text{jumlah stomata}}$$

h. Analisis kandungan klorofil

Analisis kandungan klorofil menggunakan metode Harbourne (1987).

Tanaman yang dipilih sebagai sampel adalah tanaman yang daunnya telah membuka sempurna, terkena sinar matahari penuh, dan merupakan daun keempat dari daun paling atas. Pengambilan sampel daun

dilakukan pada saat matahari bersinar cerah, yaitu pada jam 09.00-11.00.

Sampel daun dibungkus dengan alumunium foil kemudian dimasukkan ke dalam plastik, dan disimpan dalam *cool box*. Daun yang diambil sebanyak 0,1 g dihancurkan sampai halus dan ditambah 10 ml aseton 80%. Kemudian larutan disaring dengan kertas *Whatmann* No 1. Setelah disaring larutan diambil sebanyak 1 ml, dimasukkan dalam kuvet dan diukur kandungan klorofilnya dengan spektrofotometer pada $\lambda = 646$ nm dan $\lambda = 663$ nm setiap sampel sebanyak 5 ulangan.

Penghitungan kandungan klorofil dilakukan dengan rumus :

$$\text{Klorofil a} = 12,21 (\lambda_{663}) - 2,81 (\lambda_{646})$$

$$\text{Klorofil b} = 20,13 (\lambda_{646}) - 5,03 (\lambda_{663})$$

$$\text{Klorofil total} = (17,3 \times \lambda_{663}) + (7,18 \times \lambda_{646})$$

Keterangan :

λ_{646} = nilai absorbansi pada panjang gelombang 646 nm

λ_{663} = nilai absorbansi pada panjang gelombang 663nm

i. Analisis kandungan karbohidrat

Analisis kandungan karbohidrat total dilakukan berdasarkan metode fenol-sulfur (Apriyantono dkk., 1989). 2 gram daun diambil pada pagi hari dihaluskan dan dilarutkan dalam 3 ml etanol 80% kemudian disaring menggunakan kertas saring *whatman* no.1. Sebanyak 2 ml larutan sampel tersebut dicampurkan dengan 1 mL fenol 5% dan dikocok. Selanjutnya ditambahkan 5 mL H_2SO_4 pekat dan didiamkan beberapa menit. Larutan sampel kemudian disentrifus. Nilai absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer ($\lambda_{490\text{nm}}$).

j. Analisis aktivitas peroksidase.

Analisis aktivitas enzim peroksidase dilakukan dengan metode yang dikembangkan oleh Kar dan Mishra (1976). Satuan aktivitas enzim sebanding dengan peningkatan absorbansi pada panjang gelombang 420 nm/satuan waktu/satuan bobot protein. Penentuan aktivitas enzim peroksidase dilakukan berdasarkan pada absorbansi dari larutan yang diuji menggunakan spektrofotometer.

Daun yang diambil adalah daun yang sehat tidak menunjukkan gejala serangan penyakit serta sudah berkembang sempurna. Daun segar sebanyak 0,5 g digerus dalam larutan penyanga fosfat (50mM, pH 7) dingin dengan perbandingan 1:4 (b/v). Gerusan tanaman disentrifus pada kecepatan 5,000 rpm dan suhu 4°C selama 10 menit. Sebanyak 100 µL ekstrak kasar protein daun ditambahkan ke dalam 2,5 mL pirogalol 0,2 M. Selanjutnya ke dalam campuran ditambahkan 250 µL H₂O₂ (1%).

Nilai absorbansi larutan sesudah reaksi diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada λ 420 nm setiap 30 detik dalam periode 0-150 detik, dengan menggunakan blanko campuran larutan yang sama tetapi tanpa ekstrak kasar protein daun. Sebagai ganti ekstrak kasar protein daun, ke dalam larutan blanko ditambahkan larutan penyanga fosfat. Aktivitas peroksidase dihitung sebagai peningkatan nilai absorbansi per satuan waktu per bobot protein pada kondisi analisis.

F. Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran pengaruh medan magnet 0,2 mT terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman tomat berupa data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif disajikan dalam bentuk deskriptif komparatif . Data kuantitatif dari setiap parameter dianalisis dengan Analisis Ragam (*Analysis of Variance*) atau Anara pada taraf nyata 5% dan 10%. Jika hasilnya berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan uji *Tukey's* pada taraf nyata 5% dan 10%.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Perlakuan medan magnet 0,2 mT meningkatkan vigor tanaman tomat yang meliputi peningkatan persentase germinasi, panjang akar, tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah tanaman, berat kering tanaman, dan aktivitas peroksidase.
2. Pemaparan medan magnet 0,2 mT selama 7 menit 48 detik lebih efektif dalam meningkatkan vigor tanaman tomat.
3. Kombinasi antara pemaparan medan magnet 0,2 mT dan infeksi *Fusarium* sp. meningkatkan vigor tanaman tomat yang meliputi peningkatan persentase germinasi, panjang akar, berat basah dan aktivitas peroksidase.
4. Tanaman tomat yang diberi perlakuan medan magnet 0,2 mT dan diinfeksi *Fusarium* sp. memiliki karakter spesifik yang berbeda, diantaranya:
 - a. Persentase germinasi benih tomat meningkat pada hari ke-2, hari-3 dan hari ke-4 setelah semai.
 - b. Panjang akar meningkat pada hari ke-28 setelah semai terutama pada perlakuan M₇ sementara hasil kombinasi perlakuan memberikan

peningkatan panjang akar tanaman tomat pada perlakuan M_7F_0 dan $M_{15}F_0$

- c. Tinggi tanaman tomat meningkat pada hari ke-14, dan hari ke-35 setelah semai terutama perlakuan M_7 .
- d. Jumlah daun tanaman tomat meningkat pada hari ke-35 setelah semai pada perlakuan M_7 dan M_{11} . Peningkatan jumlah daun mempengaruhi peningkatan kandungan karbohidrat tetapi sedikit mempengaruhi peningkatan berat kering tanaman tomat.
- e. Berat basah tanaman tomat meningkat pada hari ke-14, hari ke-21, hari ke-28 dan hari ke-35 setelah semai pada perlakuan M_7 , sementara kombinasi perlakuan medan magnet 0,2 mT dan infeksi *Fusarium* sp. (M_7F_{60}) memberikan peningkatan berat basah hari ke-14 setelah semai.
- f. Berat kering tanaman tomat meningkat pada hari ke-14, hari ke-28 dan hari ke-35 setelah semai pada perlakuan M_7 , sementara peningkatan berat kering hasil kombinasi terjadi pada perlakuan M_7F_0 , karena hari ke-28 setelah semai pengaruh *Fusariun* sp. mulai terlihat, yang ditunjukkan adanya penurunan berat kering akibat *Fusarium* sp.
- g. Aktivitas peroksidase tanaman tomat hari ke-35 setelah semai mengalami peningkatan dibandingkan kontrol. Hal ini berbanding lurus dengan semakin lama pemaparan medan magnet 0,2 mT semakin meningkat aktivitas peroksidase. Sementara kombinasi perlakuan memberikan peningkatan aktivitas peroksidase pada

perlakuan M₇F₀, M₁₁F₀ dan aktivitas tertinggi pada kombinasi perlakuan M₁₅F₀.

B. Saran

Disarankan pada penelitian selanjutnya untuk:

1. Melakukan pengukuran kandungan lignin pada tanaman yang diinfeksi
2. Melakukan pengamatan anatomi batang maupun akar pada tanaman yang diinfeksi.
3. Meningkatkan jumlah monospora *Fusarium* sp. yang akan diinfeksi ke jaringan tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

Agustrina, R. 2008. Perkecambahan dan Pertumbuhan Kecambah Leguminoceae di bawah Pengaruh Medan Magnet. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Agrios, G.N. 1996. *Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press Yogyakarta.

Ainsworth EA, Rogers A. 2007. The Response of Photosynthesis And Stomatal Conductance to Rising. *Plant, Cell and Environment*. Hal.258-270.

Aladjadjiyan, Ana and T. Ylieva. 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.

Aladjadjiyan, Ana and T. Ylieva. 2007. The Use Of Physical Methods For Plant Growing Stimulation in Bulgaria. *Journal Central European Agricultur*. Hal.369-380.

Alexopoulos, C. J. and C. W. Mims. 1979. *Introductory Mycology*. Third Edition. John Wiley and Sons. New York.

Alonso, M dan Finn, E.J. 1992. *Dasar-Dasar Fisika Universitas*. Erlangga. Jakarta.

Anggraini, W. 2012. Isolasi dan Karakterisasi Aktivitas Enzim Amilase pada Kecambah Kedelai Putih (*Glycine max* Merill) dan Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus*) di Bawah Pengaruh Medan Magnet. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.

- Apriyantono A., Fardiaz D., Puspitasari N.L., Sedarwati, dan Budijanto S. 1989. *Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan*. Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. IPB. Bogor.
- Artlip,T.S. and E.A.Funkhouser.1995. Protein Synthetic Responses to Environmental Stresses. In M. Pessarakli (Ed). *Handbook of Plant and Crop Physiology*. Marcel Dekker.,Inc., New York. Hal.627-644.
- Atak, C.,Celik, O., Olgun, A., Alikamanoglu, S. and Rzakoulieva, A. 2007. Effect Of Magnetic Field on Peroxidase Activities of Soybean Tissue Culture. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*. Hal.166-171.
- Belyavskaya, NA., Fomicheva, VM., Govorun, RD., and Danilov VI. 1992. Structural Functional Organization of the Meristem Cells of pea, Lentil and Flax Roots in Conditions of Screening the Geomagnetic Field. *Biophysics*. Hal. 657-666.
- 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.
- Campbell, N.A., Reece, J.B., Lisa A. Urry., Michael L. Cain., Steven A. Wasserman., Peter V. Minorsky dan Robert B. Jackson. 2012. *Biologi Jilid 2*. Erlangga Jakarta. Hal.394-395.
- Criveanu and Georgeta Taralunga. 2006. The Effect of Magnetic Field on The Activity of Superoxide Dismutase. *Journal of cell and moleculer biology*. Hal.57-62.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press. New York.
- D'Agostino I B. and Keiber JJ. 1999. Molecular Mechanisms of Cytokinin Action. *Current Opinion in Plant Biology*. Hal.359-364.
- Desikan, R., Reynolds, A., Hancock, JT., Neill, SJ. 1998. Harpin and Hydrogen Peroxide both Initiate Programmed Cell Death but have Differential Effects on Gene Expression in Arabidopsis Suspension Cultures. *Biochemical Journal*. Hal.115–120.

- Duarte Diaz, C.E., Riquenes, J.A. Sotolongo, B. Portuondo, M. A. Quintana, E. O. and Perez, R. 1997. Effects of magnetic treatment of irrigation water on the tomato crop. *Horticulture*. Hal.494.
- Dwijoseputro, G. 1995. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Esitken, A. And M. Turan. 2003. Alternating magnetic field effects on yield and plant nutrient element composition of strawberry (*Fragaria xananassa*). *Acta Agric. Scand. Sect. B. Soil and Plant Sci.* Hal.135-139.
- Evseeva, TI., Geras'kin SA., Shuktomova II, and Taskaev AI. 2005. Genotoxicity and Cytotoxicity Assay of Water Sampled from the Underground Nuclear Explosion Site in the North of the Perm Region (Russia), *J. Environ. Radioact.* Hal.59-74.
- Fessenden dan Fessenden.1982. Kimia Organik Edisi ke-3. Erlangga. Jakarta
- Fosket, D. E. 1977. *The Regulation of The Plant Cell Cycle by Sitokinin in Mechanisms and Control of Cell Division*. Pennsylvania. Hal.62-91.
- Fosket, D. E., L. C. Morejohn and K. E. Westerling. 1981. *Control of Growth by Cytokinin*. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. Hal.193-211.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, and R. L Mitchell. 1991. *Physiology of Crop Plants*. Jakarta: UI Press.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika (Terjemahan) Edisi ke-5*. Jakarta: Erlangga. Hal.134.
- Gozzo F. 2003. Systemic Acquired Resistance in Crop Protection. *Agric Food Chem* Hal.4487-4503.
- Hadisutrisno, B. 1995. Kajian pengendalian hayati penyakit busuk batang vanili dengan isolat lemah *Fusarium batatas* Tucker. *Buletin Ilmiah Azolla*. Hal.27-35.

Halliday, D., Resnick, R (Pantur Silaban Ph.D dan Drs. Erwin Sucipto). 1986. *Fisika*. Jakarta. Erlangga. Hal.895-906.

Handayani, T.T dan R. Agustrina. 2010. Pengaruh Kuat Medan Magnet Dan Imbibisi Biji Pada Pertumbuhan dan produksi kedelai (*glycine max* L. Merr.). *J. Agronomika*. Hal.87-94.

Harbourne, J.B. 1987. *Metode Fitokimia*. Terjemahan:Padmawinata K dan Sudiro I. Penerbit ITB Bandung. Hal.259-261.

Harjadi, M. M. dan S. Setyati. 1988. *Pengantar Agronomi*. Gramedia.Jakarta

He, C.Y, Hsiang T and Wolyn, D.J. 2002. Induction of Systemic Disease Resistance and Pathogen Defence Responses in *Asparagus officinalis* Inoculated with Pathogenic Strains of *Fusarium oxysporum*. *Plant Pathology*. Hal.225-230.

Hemerly, A.S., Paulo Ferreira Engler J. de A., Montagu M Van., Engler G, and Inze D. 1993. cdc2a Expression in Arabidopsis is Linked with Competence for Cell Division. *The Plant Cell*. Hal.1711-1723.

Johnson, D.M., W.K. Smith, and M.R. Silman. 2002. Climate-independent paleoaltimetry using stomatal density in fossil leaves as a proxy for CO₂ partial pressure. *Biology journal*. Hal.109-117.

Johnson, C.C. and A.W. Guy. 1972. Non-ionizing Electrostatic Wave Effects in Biological Materials and Systems. Proc. IEEE. Hal.692-718.

Kamil, J. 1979. *Teknologi Benih*. Angkasa Raya Padang.

Kar M, Mishra D. 1976. Catalase, Peroxidase and Polyphenol-oxidase Activities During Rice Leaf Senescence. *Plant Physiol*.Hal.315-319.

Kevin C, Kregel, Hannah J, Zhang. 2006. An integrated view of oxidative stress in aging. *J Physiol Regul Integr Comp Physiol*.Hal.R18-R36.

Kirkham, M. B. 2004. *Principles of soil and Water*. Kansas State University. Throckmorton Plant Science Center. Manhattan. Hal.8.

Lakitan, B. 2004. *Fisiologi Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman*. Penerbit Raja Grafindo Persada. Jakarta

Lehninger, A.L. 1997. *Dasar-dasar Biokimia, Jilid 1, diterjemahkan oleh M. Thenawidjaja*. Erlangga Jakarta.

Lestari, E.G., I. Mariska., D. Sukmadjaja, dan D Suardi. 2005. Seleksi *in vitro* dan identifikasi tanaman padi varietas Gajah Mungkur, Towuti dan IR64 yang tahan kekeringan. Kumpulan Makalah Seminar Hasil Penelitian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor.

Levine, A., R. Tenhaken., R. Dixon, and C. Lamb. 1994. H₂O₂ From The Oxidative Burst Orchestrates The Plant Hypersensitive Disease Resistance Respon. *Cell*. Hal.583-593.

Levitt, J. 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses, Water, Radiation, Salt and Other Stresses*. second ed. vol. II. Academic Press. New York.

Listiana Ika. 2016. Pengaruh Medan Magnet 0,2 mT Terhadap Pertumbuhan Generatif Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Yang Diinfeksi *Fusarium oxysporum* (Tesis). Universitas lampung.

Lodish, Harvey., Arnold Berk., Paul Matsudaira and James Darnell. 2005. *Biologie Moleculaire de la Cellule*. De Boeck Universite. Francaise. Hal.332.

Maharina, Khoirun Enisa.,L.Q. Aini dan T.wardiyati. 2014. Aplikasi Agen Hayati Dan Bahan Nabati Sebagai Pengendalian Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*) Pada Budidaya Tanaman Tomat. *Jurnal Produksi Tanaman*. Hal.506-513.

Mehrotra, R S and Askok Anggarwal. 2003. *Plant Pathology*. Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited. Hal.142-143.

Molina, A., MD. Hunt and JA. Ryals. 1998. Impaired Fungicide Activity in Plants Blocked in Disease Resistance Signal Transduction. *Plant Cell* Hal.1903-1914.

Morejon, L.P., J.C. Castro Paloco., Velazquez Abad and A.P. Govea. 2007. Stimulation of Pinus Tropicalis m. Seeds by Magnetically Treated Water. *International Agrophysics*. Cuba. Hal.173-177.

Mousavizadeh, S.J., Sedaghathoor, S., Rahimi, A and Mohammadi, H. 2013 Germination Parameters and Peroxidase Activity of Kettuce Seed Under Stationary Magnetik Field, Hal.199-207.

Murphy, AM., A. Gilliland, CE. Wong, J. West, DP. Singh and JP. Carr. 2001. Signal transduction in resistance to plant viruses. *Euro.J. Plant Pathol.* Hal.121-128.

Nagy, I.I., R. Georgescu., L. Balaceanu and S. Germene. 2005. Effects Of Pulsed Variable Magnetic Field Over Plant Seed. *Romanian J. Biophys.* Bucharest Hal.133-139.

Naiola dan N Nurhidayaf. 2003. Biologi Biji Gewang (*Corypha utan* Lamarck) Seragaman Kandungan Embrio, Kimia dan Peranan Mikroba Dalam Proses Perkecambahan Biji1.

Racuciu, M., Dorina Creanga, and Carmen Amoraritei. 2006. Biochemical Changes Induced By Low Frequency Magnetic Field Exposure Of Vegetal Organism. *Romania Journal Biophys.* Hal.53-62.

Reina FG, Pascual LA, Fundora IA (2001). Influence of a Stationary Magnetic Field on water relations in lettuce Seeds. Part II: Experimental Results. *Bioelectromagnetics* Hal.596-602.

Reitz, J.R., Mildford, F.J dan Cristy, R. W. 1994. *Dasar-dasar Teori Listrik Magnet.* Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Rochalska, M. and K.Grabowska.2007. Influence of Magnetic Fields on Activity of Enzyme: α -amylase and β -amylase and glutathione S-transferase (GST) in Wheat Plants. *Int. Agrophysics*. Hal.185-188.

- Rochalska, M. and Orzeszko-Rywka A. 2005. Magnetic field treatment improves seed performance. *Seed Science and Technologi*. Hal.669-674.
- Rohma, Aulia., Sumardi., Eti Ernawati dan Rochmah Agustrina. 2013. Pengaruh Medan Magnet Terhadap Aktivitas Enzim α -amilase Pada Kecambah Kacang Merah dan Kacang Buncis. *Seminar Nasional SATEK V Lembaga Penelitian Unila*.
- Ronyus, M.S. 2005. Pertumbuhan dan perkembangan Cocor bebek (*Kalanchoe pinnata* Pers.) di sekitar Medan Listrik, Medan magnet dan Gelombang Elektromagnetik. *Laporan penelitian proyek pengembangan Diri*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Ruth Grene Alscher. 1989. *Biosynthesis and antioxidant function of glutathione in plants*. Scandinavian Plant Physiology Society. Hal.287-471.
- Salisbury, F.B. dan Ross, C.W., 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 2*. ITB Press Bandung.
- Salisbury, F.B. and Ross, C.W., 1992. *Plant Physiology*. Wadsworth Company. California.
- Saragih, H., Tobing, J., dan Silaban, O. 2010. Meningkatkan Laju Pertumbuhan Kecambah Kedelai Dengan Bantuan Medan Magnetik Statik. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*. Universitas Advent Indonesia. Bandung.
- Sari, E.N. 2011. Pengaruh Perendaman dan Lama Pemaparan Medan Magnet Terhadap Indeks Mitosis Akar dan Anatomi Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Sharma, Pallavi., Ambuj Bhushan Jha., Rama Shanker Dubey, and Mohammad Pessarakli. 2012. Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative DefenseMechanism in Plants under Stressful Conditions. *Journal of Botany*. Hal.26.
- Sastrahidayat, I.R. 2011. *Fitopatologi (Ilmu Penyakit Tumbuhan)*. Universitas Brawijaya Press. Malang. Hal.284.

Sastrahidayat, I.R. 1990. *Pathology of Plant*. Usaha Nasional Publisher. Jakarta.

Semangun, H. 2001. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. Hal.247-251.

Shimazaki K-I., Dio M., Assmann SM., Kinoshita T. 2007. Light regulation of stomatal movement. *Annual Review of Plant Biology* Hal.219-247.

Stange, B. I. and Podd, J.V. 2002. ELF Magnetic Fields Increase Amino Acid Uptake Into *Vicia Fata* L. Roots and Alter Ion Movement Across The Plasma Membran. *Bioelectromagnetics*. Hal.347-354.

Suharti, T., N., Yuniarti, E., Rustam, E.R., Kartiana, A.R., Hidayat, dan E. Ismiati. 2009. Pengaruh Hama dan Penyakit Benih Selama Pengolahan dan Penyimpanan terhadap Viabilitas Benih dan *Vigor* Bibit di Persemaian (Laporan Hasil Penelitian). Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Perbenihan. Bogor.

Supiyanto, M.Si. 2007. *Fisika Untuk SMA Klas XII*. Penerbit Phibeta. Jakarta. Hal.153-175.

Sutopo, L. 2004. *Teknologi Benih*. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.

Supriati,Y dan F.D Siregar. 2009. *Bertanam Tomat dalam Pot dan Polibag*. Penebar Swadaya. Jakarta. Hal.6-14.

Suryawaty dan Frisai Hafiz. 2014. Pengaruh pupuk Organik Cair Dan Limbah Padat (Sludge) Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Jurnal Ilmu Pertanian “Agrium”*. 19 (2).

Syukur, M., Eka Saputra dan Rudy Hermanto. 2015. *Bertanam Tomat Di Musim Hujan*. Penerbit Penebar swadaya. Hal.45-88.

Taiz, L. and Zeiger E. 2002. *Plant Physiology* 2nd ed. Sinauer Asociates, Inc. Pub. Sunderland.

Vance, C.P., Kirk, T.K, and Sherwood, R.T. 1980. Lignification as a Mechanism of Disease Resistance. *Annual Review of Phytopathology*. Hal.259-288.

Walker, J.C. 1952. *Desease of vegetable Crops*. McGraw Hill. New York.
Hal.529.

West, E.S., and Tood, W. R. 1961. Biochemistry. 3rd Edition. The Mac Millan Company. New York. Hal.373-436.

Widyastuti, S. M., Tasik, and Harjino. 2013. Infection Process of *Fusarium oxysporum* Fungus:A cause of Damping-off on *Acacia mangium* Seedlings. *Agrivita*.

Winandari,O.P. 2011. Perkecambahan dan Pertumbuhan Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) di Bawah Pengaruh Lama Pemaparan Medan Magnet yang Berbeda. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Winarsi, W. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta. Hal.13-15 dan 77-81.

Yohanes Surya, Ph.D. 2010. *Listrik dan Magnet (olimpiade Fisika)*. Penerbit PT Kandel serpong. Tanggerang. Hal.189-203.

Zhou, BW., SY. Liu., DY. Chen., Q. Yu., J. Yang, and C. Wang. 1992. Peroxidase in Relation to Varietal Resistance to Virus Disease in Rapeseed (*Brassica napus*). Oil Crops of China. Hal.52-54.