



ANALISIS DAMPAK PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) PADA BIJI TEMBAKAU TERHADAP PERTUMBUHAN BENIH TEMBAKAU

SKRIPSI

oleh

Fatholla Fuad

NIM 140210102016

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2018



ANALISIS DAMPAK PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) PADA BIJI TEMBAKAU TERHADAP PERTUMBUHAN BENIH TEMBAKAU

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Fisika (S1) dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

oleh

Fatholla Fuad

NIM 140210102016

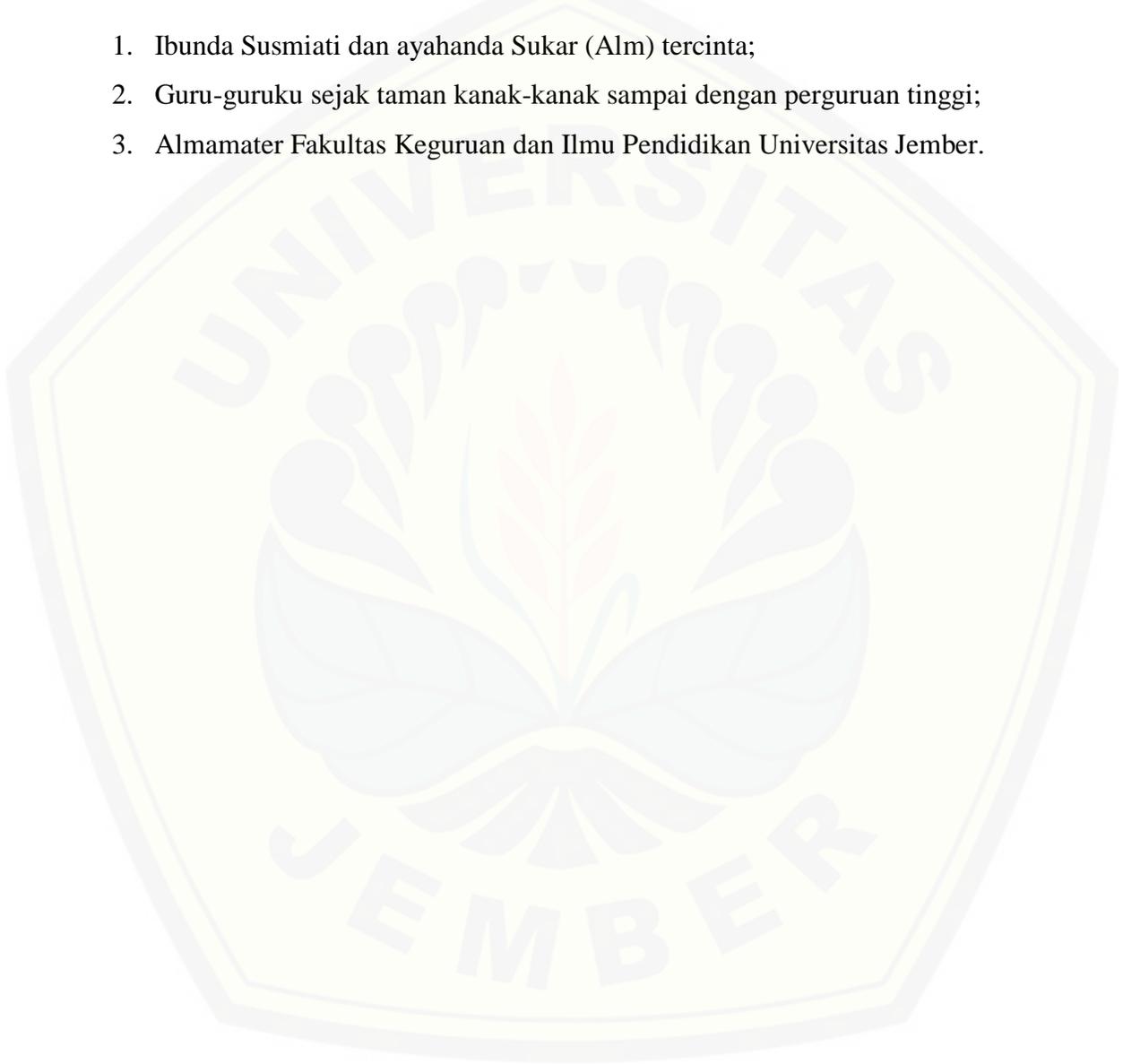
**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2018

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan segala cinta dan kasih kepada:

1. Ibunda Susmiati dan ayahanda Sukar (Alm) tercinta;
2. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.



MOTTO

“Sesungguhnya Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji buah-buahan. Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. (Yang memiliki sifat-sifat) demikian ialah Allah, maka mengapa kamu masih berpaling?

*(terjemahan surat Al-An'am ayat 96)**



* Departemen Agama Republik Indonesia. 2014. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung: CV penerbit Diponegoro.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fatholla Fuad

Nim : 140210102016

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Dampak Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Pada Biji Tembakau Terhadap Pertumbuhan Benih Tembakau ” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2018

Yang menyatakan,

Fatholla Fuad

NIM 140210102016

SKRIPSI

ANALISIS DAMPAK PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) PADA BIJI TEMBAKAU TERHADAP PERTUMBUHAN BENIH TEMBAKAU

Oleh

Fatholla Fuad

NIM 140210102016

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Sudarti, M.Kes

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Alex Harijanto, M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Dampak Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Pada Biji Tembakau Terhadap Pertumbuhan Benih Tembakau” karya Fatholla Fuad telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 03 Juli 2018

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Sudarti, M.Kes
NIP. 196201231988022001

Drs. Alex Harijanto, M.Si.
NIP. 1964111719910311001

Anggota I,

Anggota II,

Drs. Bambang Supriadi, M.Sc
NIP. 196807101993021001

Drs. Sri Handono BP., M.Si
NIP. 195803181985031004

Mengesahkan
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D
NIP. 196808021993031004

RINGKASAN

Analisis Dampak Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Pada Biji Tembakau Terhadap Pertumbuhan Benih Tembakau; Fatholla Fuad, 140210102016; 2018: 78 halaman; Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Fisika merupakan ilmu dasar yang banyak digunakan oleh manusia untuk mempermudah pekerjaannya, bukan hanya sekedar teori namun erat keterkaitannya dengan peristiwa dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya medan elektromagnetik dengan frekuensi rendah. Medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) merupakan bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik yang berada pada frekuensi yang lebih kecil dari 300 Hz dan termasuk dalam *non ionizing radiation*. Pada era zaman modern saat ini penggunaan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) banyak dimanfaatkan manusia untuk mempermudah pekerjaannya dalam berbagai bidang, salah satunya dalam bidang pertanian. Berdasarkan uraian tersebut maka dilakukan penelitian tentang dampak paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF pada biji tembakau terhadap pertumbuhan benih tembakau. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF 300 μ T, 500 μ T dan 700 μ T selama 45 dan 60 menit terhadap tinggi benih dan jumlah daun benih tembakau *Nicotiana Tabacum*.

Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium. Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *randomized subjects post test only control group design* (dimana pembagian dan kelompok subjek penelitian dilakukan secara acak). Pelaksanaan penelitian pemaparan medan magnet dilakukan di Laboratorium Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember dan untuk tahap penanaman dilakukan di *Greenhouse* Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember. Sampel penelitian pada penelitian pengaruh medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) pada biji tembakau terhadap pertumbuhan benih tembakau ini menggunakan bibit pilihan dari petani yang berpengalaman. Banyaknya biji yang digunakan adalah

sebanyak 140 sampel. Hasil penelitian meliputi daya tumbuh, tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun, ketebalan daun, massa basah dan massa kering.

Hasil penelitian dari penelitian ini menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan antara beberapa sampel. Perbedaan tinggi tanaman antara sampel eksperimen dan sampel kontrol diduga akibat adanya peningkatan aktivitas enzim amilase akibat paparan medan magnet ELF yang menyebabkan proses perkecambahan lebih cepat sehingga penyerapan nutrisi lebih baik. Selain enzim, dikarenakan juga adanya perubahan kadar ion kalsium pada sel biji tembakau akibat paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF. Ion kalsium termasuk bahan yang bersifat paramagnetik, yaitu suatu bahan yang dapat terpengaruh oleh medan magnet. Adanya medan magnet menyebabkan perubahan kecepatan atau pergerakan ion kalsium sehingga mengakibatkan perubahan transportasi dalam sel biji tumbuhan. Perubahan kadar ion kalsium didalam sel menyebabkan peningkatan penyerapan air dalam sel biji yang memacu aktivitas enzim-enzim perkecambahan pada biji. Selain dapat menyebabkan perubahan konsentrasi ion, medan magnet juga dapat merubah ukuran berkas dalam tumbuhan, Ukuran berkas pengangkut yang lebih besar akan mampu mengangkut unsur-unsur hara serta air dari media tanam lebih banyak sehingga proses pertumbuhan lebih optimal. Akan tetapi selain dipengaruhi oleh medan magnet, ada faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman seperti air, pH, kelembapan, suhu, cahaya matahari, oksigen dan unsur hara dalam tanah. Waktu penelitian yang tidak didukung oleh cuaca yang tidak menentu berakibat intensitas sinar matahari tidak optimal diserap oleh tumbuhan sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman tembakau.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah Intensitas 500 μ T dengan lama paparan 60 menit merupakan intensitas dengan waktu pemaparan yang paling berpengaruh terhadap tinggi benih tanaman tembakau (*Nicotiana Tabacum*) dan Intensitas 500 μ T dengan lama paparan 45 menit dan 60 menit merupakan intensitas dengan waktu pemaparan yang paling berpengaruh terhadap jumlah daun benih tanaman tembakau (*Nicotiana Tabacum*).

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Dampak Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Pada Biji Tembakau Terhadap Pertumbuhan Benih Tembakau”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember yang telah memberikan fasilitas dan kemudahan dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes. selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Jember yang telah meluangkan waktu demi kelancaran penyusunan skripsi ini;
3. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember;
4. Dr. Sudarti, M.Kes selaku Dosen Pembimbing utama, dan Drs.Alex Harijanto, M.Si selaku Dosen Pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Semua dosen FKIP Pendidikan Fisika, atas semua ilmu yang telah diberikan selama menjadi mahasiswa Pendidikan Fisika;
6. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc. dan Drs. Sri Handono BP., M.Si selaku penguji yang telah meluangkan waktu dan pikirannya dalam penyelesaian tugas skripsi ini;
7. Kepala Laboratorium Pendidikan Biologi yang telah bersedia memberikan dukungan sarana *Greenhouse* dalam kegiatan penelitian.

8. Isa Fakhri, Gaje's Family, kerabat Kontrakan Religi, Keluarga Kos Sadewa 88, Nurlia Fitasari, Silvilia Wahyu dan Teman-teman yang berkenan meluangkan waktunya untuk menjadi observer saat proses penelitian;
9. Keluarga besar Program Studi Pendidikan Fisika 2014 Universitas Jember yang telah memberikan do'a, semangat, motivasi dan kenangan terindah;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

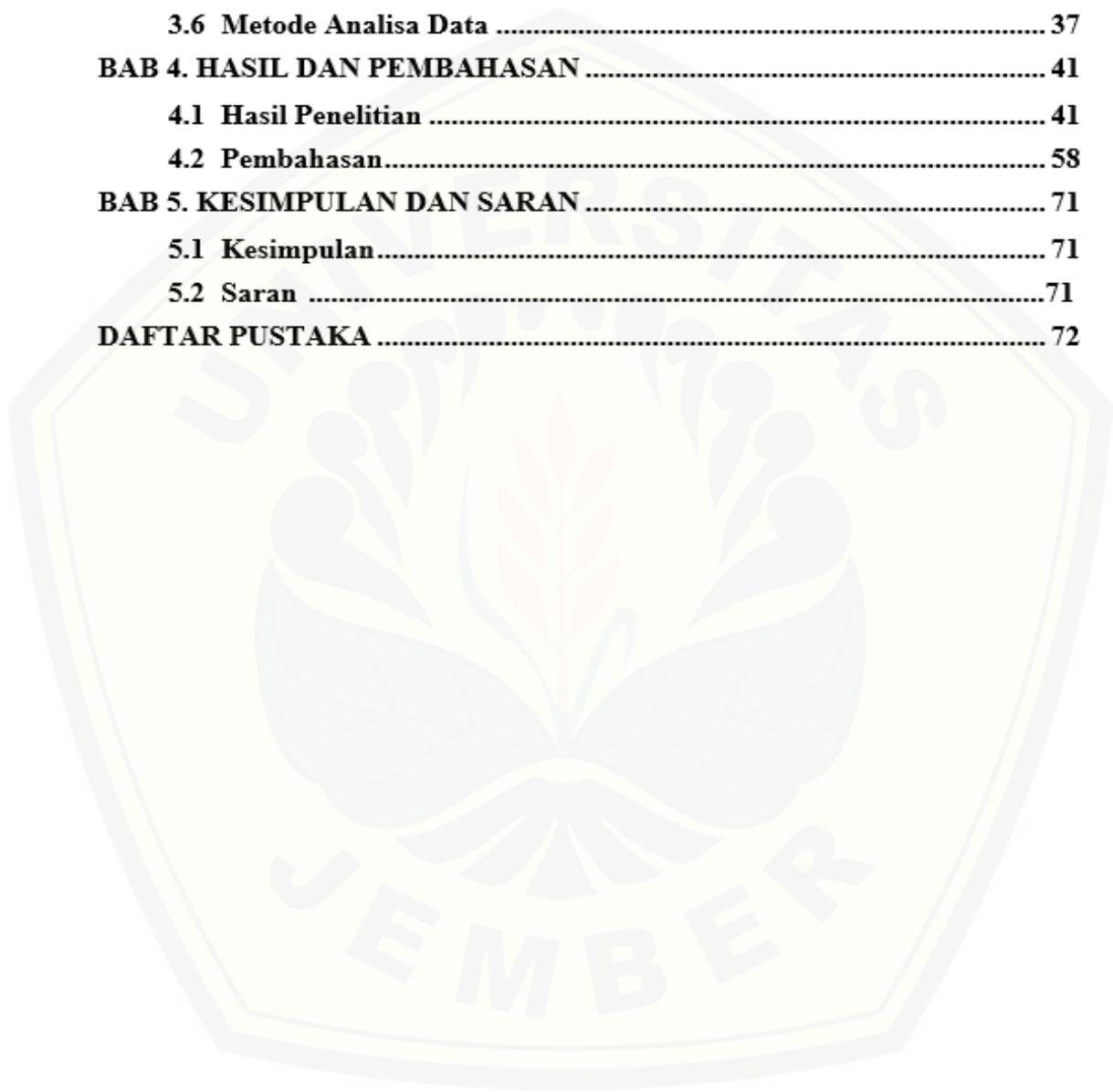
Jember, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Cover	
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Gelombang Elektromagnetik	6
2.2 Persamaan Maxwell	12
2.3 Persamaan Gelombang Elektromagnetik	14
2.4 Energi Elektromagnetik dan Vektor Poynting	15
2.5 Gelombang Elektromagnetik ELF	17
2.6 Interaksi Medan Magnet ELF dengan Sel	20
2.7 Tembakau	21
2.8 Kerangka Konseptual	26
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.2 Jenis dan Desain Penelitian	28

3.3 Variabel Penelitian	32
3.4 Alat dan Bahan.....	33
3.5 Prosedur Penelitian.....	34
3.6 Metode Analisa Data	37
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Hasil Penelitian	41
4.2 Pembahasan.....	58
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72



DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Perbedaan antara medan magnet dan medan listrik	11
Tabel 3.1 Variabel terikat dan Indikator	33
Tabel 3.2 Pengukuran Tinggi Tanaman Benih Tembakau	37
Tabel 3.3 Pengamatan Jumlah Daun Benih Tembakau.....	38
Tabel 3.4 Pengukuran Lebar Daun Benih Tembakau	38
Tabel 3.5 Pengukuran Panjang Daun Benih Tembakau.....	38
Tabel 3.6 Pengukuran Ketebalan Daun Benih Tembakau	38
Tabel 3.7 Pengukuran Massa Basah Daun Benih Tembakau.....	38
Tabel 3.8 Pengukuran Massa Kering Daun Benih Tembakau	39
Tabel 4.1 Tinggi Tanaman Tembakau	42
Tabel 4.2 Jumlah Daun Tanaman.....	45
Tabel 4.3 Lebar Daun Tembakau	48
Tabel 4.4 Panjang Daun Tembakau	50
Tabel 4.5 Ketebalan Daun Tembakau	52
Tabel 4.6 Massa Basah.....	54
Tabel 4.7 Massa Kering.....	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Perambatan Gelombang Elektromagnetik.....	6
Gambar 2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik.....	7
Gambar 2.3 Kerangka Konseptual.....	27
Gambar 3.1 Desain Penelitian.....	29
Gambar 3.2 Alur Penelitian.....	36
Gambar 4.1 Grafik Pengukuran Tinggi Benih.....	44
Gambar 4.2 Grafik Pengamatan Jumlah Daun.....	47
Gambar 4.3 Grafik Pengukuran Lebar Daun.....	49
Gambar 4.4 Grafik Pengukuran Panjang Daun.....	51
Gambar 4.5 Grafik Pengukuran Ketebalan Daun.....	53
Gambar 4.6 Grafik Pengukuran Massa Basah Daun.....	55
Gambar 4.7 Grafik Massa Daun Kering Benih Tembakau.....	57

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fisika merupakan ilmu dasar yang tidak lepas dari kehidupan manusia sehari-hari, bukan hanya sekedar teori namun erat keterkaitannya dengan peristiwa dalam kehidupan sehari-hari, seperti medan elektromagnetik. Medan elektromagnetik adalah gabungan antara medan listrik dan medan magnetik (Young, 2012:762). Medan elektromagnetik yang hadir pada tingkat dasar di seluruh alam semesta, dalam berbagai tingkat kekuatan. Kekuatannya diukur dalam satuan ampere per meter (A/m) atau dalam istilah induksi magnetik yang diukur dalam satuan Tesla (T), mili Tesla (mT) atau mikro Tesla (μ T) (Sutrisno dan Gie, 1979:115).

Medan elektromagnetik menghasilkan radiasi dengan frekuensi spektrum rendah hingga frekuensi dengan spektrum tinggi. Menurut *European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Field Exposure* (EFHRAN) (2010: 3) berdasarkan frekuensinya medan elektromagnetik dibagi menjadi tiga yaitu frekuensi rendah dengan frekuensi sampai 300 Hz, frekuensi menengah dengan frekuensi dari 300 Hz sampai 100 KHz, dan frekuensi tinggi dengan frekuensi 100 KHz sampai 300 GHz. Grotel (Sudarti dan Helianti, 2005:36) menjelaskan bahwa gelombang elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) merupakan bagian dari spektrum gelombang Elektromagnetik yang berada pada frekuensi yang lebih kecil dari 300 Hz dan termasuk dalam *non ionizing radiation*. Energi medan magnet ELF sangat kecil, sehingga efek yang ditimbulkan merupakan efek non-thermal yang artinya tidak menyebabkan perubahan suhu ketika berinteraksi atau menginduksi sistem. Medan magnet ELF bersifat tidak terhalangi (*World Health Organization* (WHO), 2007).

Pada era zaman modern saat ini medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) banyak dimanfaatkan manusia untuk mempermudah pekerjaannya dalam berbagai bidang, salah satunya dalam bidang pertanian. Menurut beberapa

penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap mikroorganisme, jaringan sel, subselular tanaman berpengaruh pada berbagai aspek pertumbuhan seperti germinasi atau perkecambahan, pertumbuhan kecambah, karakter tanaman, ukuran tanaman, penambahan berat kering, pembentukan klorofil, dan jumlah daun (Prawirohartono 2004 : 4).

Hasil penelitian Sudarti *et al* (2017) menunjukkan bahwa paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 500 μ T selama 50 menit berpengaruh terhadap pertumbuhan dan berat jamur tiram. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Handoko (2016) menyatakan bahwa paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 300 μ T selama 60 dan 90 menit berpengaruh positif terhadap tinggi tanaman cabai merah besar (*Capsicum annum L.*) serta jumlah daun yang dihasilkan tanaman cabai merah besar (*Capsicum annum L.*). sedangkan penelitian lain, Jedlička *et al* (2014) menunjukkan pemaparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 20, 40 dan 60 mT selama 20 menit sehari dengan frekuensi 50 Hz pada benih tomat, secara signifikan positif berpengaruh terhadap pengecambahan (germinasi), pertumbuhan tanaman, dan ukuran buah tomat. Selain itu, berdasarkan penelitian Fauziah (2015) menunjukkan bahkan pemaparan medan elektromagnetik rendah 0,5mT, 1mT, dan 2mT mampu meningkatkan proses perkecambahan pada biji kurma. Selain pada tomat dan kurma, pemaparan medan magnet 62 μ T pada benih cabai (*Capsicum annum. L.*) dengan waktu paparan 4, 8, 12, dan 24 jam mampu menstimulasi pertumbuhan tahap pertama benih cabai, secara statistik menunjukkan peningkatan yang signifikan pada pengecambahan (germinasi), awal perkembangan dan pertumbuhan benih dibandingkan dengan kelas kontrol (Nimmi dan Madhu, 2009). Berdasarkan penelitian yang lain, Mardika *et al* (2017) menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan tumbuh kembang dan produksi jamur kuping antara yang dipapar medan magnet dengan yang tidak dipapar medan magnet pada setiap kelas eksperimen. Medan magnet dapat memaksimalkan pertumbuhan dan produksi jamur kuping apabila berada pada dosis yang tepat, yaitu 600 μ T dengan lama paparan sebesar 70 menit.

Tembakau (*Nicotiana Tabacum*) merupakan salah satu jenis tanaman pertanian yang paling banyak dibudidayakan oleh para petani di Indonesia, termasuk Kabupaten Jember. Kabupaten Jember terkenal sebagai penghasil salah satu Tembakau terbaik di dunia. Melalui potensi tanaman tembakau ini, Kabupaten Jember telah lama terkenal dan melegenda sebagai “kota tembakau” sebagai salah satu daerah produsen dan penghasil tembakau terbesar dengan produk yang berkualitas. Menurut Oryzha *et al* (2015). Hasil panen tembakau, produksi, dan produktivitas tembakau di Kabupaten Jember cenderung meningkat. Hal ini menunjukkan Kabupaten Jember memiliki peluang untuk terus mengembangkan agribisnis tembakau guna memenuhi kebutuhan tembakau. Namun kualitas tembakau yang dihasilkan bervariasi setiap tahunnya yang berdampak pada harga jual yang fluktuatif. Ketika kualitas tembakau yang dihasilkan rendah maka harga jual pun rendah sehingga petani akan mengalami kerugian yang sangat besar. Selain itu, pada tahun 2013 terjadi penurunan produktivitas sebesar 0,149 menjadi 1,16. Hal yang menentukan kualitas tembakau adalah benih yang berkualitas.

Untuk meningkatkan kualitas tanaman tembakau (*Nicotiana Tabacum*), petani dan praktisi pertanian seringkali menggunakan pupuk kimia melebihi kadar yang ditentukan. Penggunaan pupuk anorganik seperti pupuk kimia dan pestisida yang berlebihan terbukti menimbulkan pencemaran baik pada tanah maupun produk pertanian, sehingga dapat menurunkan kualitas tanaman dan lahan. Selain itu, penggunaan pupuk anorganik (N,P,K) secara terus-menerus dan berlebihan, tidak diimbangi dengan penggunaan pupuk organik menyebabkan tanah menjadi keras, produktivitasnya menurun sehingga menurunkan tingkat kesuburan tanah (Supadma *et al*, 2013).

Berdasarkan uraian permasalahan diatas, perlu dilakukan peneliti ingin mencari solusi alternatif dalam mengurangi penggunaan pupuk kimia untuk memacu laju pertumbuhan benih tanaman tembakau (*Nicotiana Tabacum*) dan upaya meningkatkan kualitas benih dan tanaman tembakau. Oleh karena itu, peneliti bermaksud melakukan penelitian dengan judul **“Analisis Dampak Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Pada Biji Tembakau Terhadap Pertumbuhan Benih Tembakau”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Apakah paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF berpengaruh terhadap tinggi benih tembakau *Nicotiana Tabacum* ?
- b. Apakah paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF berpengaruh terhadap jumlah daun benih tembakau *Nicotiana Tabacum* ?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terarah pada permasalahan yang diteliti, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut:

- a. Bibit tembakau yang digunakan merupakan bibit tembakau terpilih oleh petani yang berpengalaman.
- b. Indikator pertumbuhan yang digunakan pada penelitian ini adalah tinggi dan jumlah daun benih tembakau.
- c. Dosis medan magnet yang digunakan adalah $300\mu\text{T}$, $500\mu\text{T}$ dan $700\mu\text{T}$ dengan variasi waktu 45 dan 60 menit
- d. Penelitian atau pengamatan dilakukan sampai pada minggu ke 7.

1.4 Tujuan Penelitian

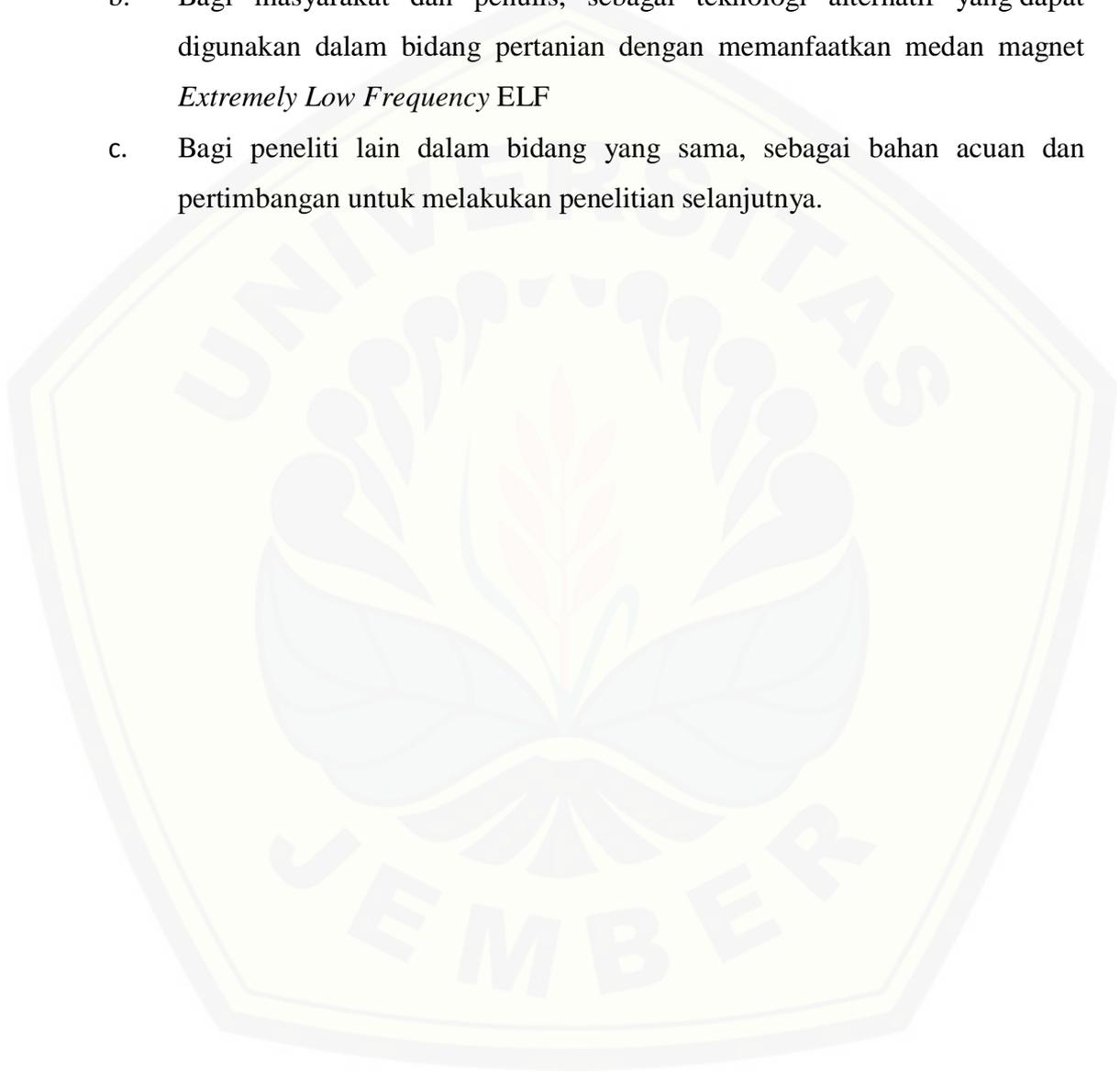
Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF $300\mu\text{T}$, $500\mu\text{T}$ dan $700\mu\text{T}$ selama 45 dan 60 menit terhadap tinggi benih tembakau *Nicotiana Tabacum*.
- b. Untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF $300\mu\text{T}$, $500\mu\text{T}$ dan $700\mu\text{T}$ selama 45 dan 60 menit terhadap jumlah daun benih tembakau *Nicotiana Tabacum*.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut :

- a. Dalam bidang akademik, memberikan pengetahuan dan media pembelajaran tentang medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF.
- b. Bagi masyarakat dan penulis, sebagai teknologi alternatif yang dapat digunakan dalam bidang pertanian dengan memanfaatkan medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF
- c. Bagi peneliti lain dalam bidang yang sama, sebagai bahan acuan dan pertimbangan untuk melakukan penelitian selanjutnya.

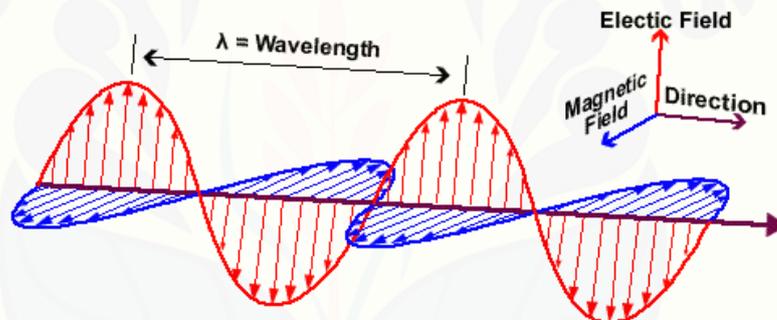


BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Elektromagnetik

2.1.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik

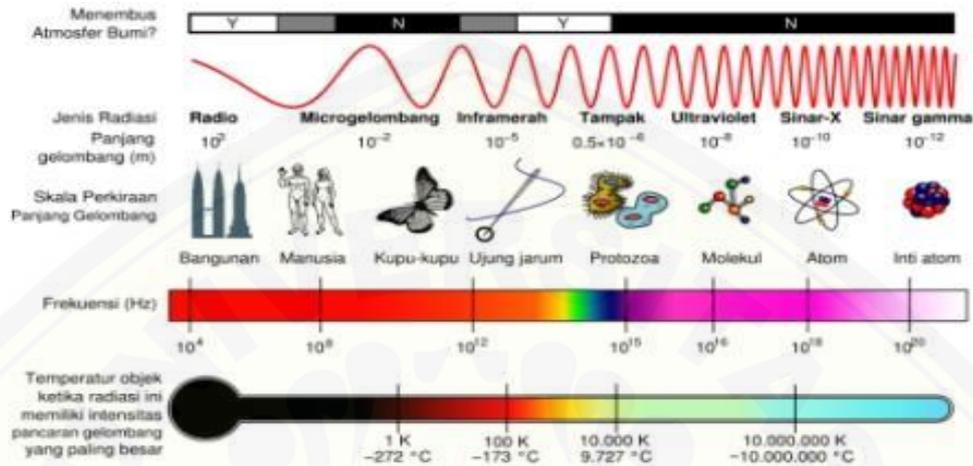
Gelombang Elektromagnetik adalah gelombang yang dapat merambat walau tidak ada medium. Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang terdiri atas medan listrik yang tegak lurus dengan medan magnet dan keduanya tegak lurus dengan arah rambatannya (Mousa, 2011). Energi elektromagnetik merambat dalam gelombang dengan beberapa karakter yang bisa diukur, yaitu: panjang gelombang/wavelength, frekuensi, amplitude/amplitude, kecepatan.



Gambar 2.1 Perambatan Gelombang Elektromagnetik (Sumber : quora.com)

Dari gambar 2.1 dapat diketahui bahwa medan listrik E pada sumbu y dan medan magnet B sumbu z . Demikian gelombang medan listrik dan medan magnet dibatasi secara sejajar terhadap garis tegak lurus yang disebut polarisasi gelombang. Tidak seperti gelombang mekanik yang memerlukan medium untuk perambatannya, gelombang elektromagnetik dapat merambat tanpa adanya medium rambatan. Tatanan seluruh bentuk gelombang elektromagnetik dengan didasarkan frekuensi serta panjang gelombangnya disebut sebagai spektrum elektromagnetik. Dilihat dari frekuensinya, maka urutan spektrum gelombang elektromagnetik dari yang paling besar sampai yang paling kecil ialah:

Sinar Gamma γ → Sinar X → Sinar Ultraviolet → Sinar Tampak [Cahaya] → Sinar Inframerah → Gelombang Mikro → Gelombang Televisi → Gelombang Radio.



Gambar 2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik (sumber : elektronikadasar.info)

Gambar gelombang spektrum elektromagnetik diatas merupakan susunan yang didasar pada panjang gelombangnya dengan satuan m yang melingkupi kisaran energi yang sangatlah rendah. Terlihat pada gambar tersebut mana yang memiliki panjang gelombang tinggi serta frekuensinya rendah seperti pada gelombang radio, dan mana yang memiliki frekuensi tinggi tapi gelombangnya rendah seperti pada Gamma Ray ataupun Radiasi X-ray.

- 1) Sinar Gamma : mempunyai frekuensi paling tinggi dan panjang gelombang yang paling kecil, dimana dengan begitu ia memiliki daya tembus sangat besar hingga bisa menembus plat besi. Sinar gamma memiliki panjang gelombang berkisar dari sekitar 10^{-10} m sampai kurang dari 10^{-14} m (Serway dan Jewett, 2004:1082). Sinar ini merupakan hasil dari inti atom yang tak stabil. Kegunaan dalam dunia medis, memiliki manfaat untuk membunuh sel kanker dan untuk sterilitas berbagai peralatan/perlengkapan kedokteran.
- 2) Sinar X : umumnya dikenal dengan nama sinar rontgen. Sinar ini merupakan hasil dari sejumlah elektron yang letaknya pada bagian kulit elektron atau bisa juga dari pancaran radiasi yang mencuat saat elektron berkecepatan tinggi

membentur ke permukaan sebuah logam. Menurut Alonso dan Finn, (1992: 319-321) Bagian spectrum ini memiliki panjang gelombang kira-kira 10^{-9} m turun hingga kira-kira 6×10^{-12} dan frekuensi antara 3×10^{17} Hz hingga 5×10^{19} Hz. Energi foton berkisar antara 2×10^3 eV hingga $2,4 \times 10^5$ eV. Daya tembusnya juga besar, hingga bisa di aplikasi kan dalam kehidupan sehari-hari di dunia kesehatan. Yang paling umum dipakai untuk memfoto tatanan tulang yang ada didalam tubuh, agar diketahui bagian tulang mana yang bermasalah. Penggunaan sinar ini haruslah dengan sangat hati-hati karena bisa mengionisasi sel hidup kita, terutama dilarang untuk digunakan pada ibu yang hamil.

- 3) Sinar Ultraviolet : disebut juga ultraungu merupakan hasil dari proses loncatan nyala api listrik oleh atom dan molekul. Karena mempunyai energi kimia maka kita melihat kegunaan nya, yaitu untuk memendarkan barium-platina-sianida; membunuh kuman dan bakteri; serta menghitamkan pelat pada foto. Bisa juga penerapan nya sebagai pembeda diantara uang palsu dan asli. Sumber utama sinar ultraviolet adalah matahari, namun terdapat juga sumber lainnya yaitu: lampu mercury dan busur karbon. Sinar ultra ungu memiliki panjang gelombang mencakup dari $3,8 \times 10^{-7}$ m turun hingga kira-kira 6×10^{-10} m dengan frekuensi antara 8×10^{14} Hz hingga 3×10^{17} Hz.
- 4) Sinar Cahaya : atau sinar tampak merupakan satu-satunya spectrum gelombang elektromagnetik yg bisa terlihat seluruhnya yang terdiri atas 7 spektrum warna yakni: merah → jingga → kuning → hijau → biru → nila → ungu. Panjang gelombang sinar cahaya atau cahaya tampak sekitar $7,8 \times 10^{-7}$ m turun hingga $3,8 \times 10^{-7}$ m. Jangkauan frekuensinya dari 4×10^{14} Hz hingga 8×10^{14} Hz. Sinar bewarna ungu mempunyai frekuensi paling besar dan panjang gelombang paling pendek, sedangkan sinar warna merah mempunyai frekuensi paling kecil serta panjang gelombang paling panjang.
- 5) Sinar Infra merah : Infrared ray mempunyai area dengan cakupan frekuensi 1011 s/d 1014 Hz. Sinar inframerah merupakan hasil dari elektron yang berasal dari sejumlah molekur yang bergetar karena panas. Umumnya dipancarkan oleh atom atau molekul yang mengalami perubahan gerak rotasi

maupun getarannya (Halliday, 2005). Panjang gelombang dari 10^{-3} m turun hingga $7,8 \times 10^{-7}$ m. Jangkauan frekuensinya dari 3×10^{11} Hz hingga 4×10^{14} Hz. Contohnya adalah panas tubuh manusia, dan bara api ataupun nyala api. Lagi-lagi sumber terbesar salah satu gelombang elektromagnetik ini adalah dari matahari. Sifat istimewa dari jenis sinar ini adalah membawa energi panas yang bila memiliki intensitas yang tinggi bisa jada membakar benda yang dikenainya. Sifat lain yang dimilikinya ialah tak terlihat namun bisa menghitamkan pelat photo, jadi bisa dipakai buat penginderaan pada tempat yang gelap. Fungsi lain sinar ini adalah untuk kamera infra merah yang bisa dipakai untuk membikin foto satelit layaknya yang dipakai oleh google earth.

- 6) Gelombang Mikro : gelombang radio yang mempunyai frekuensi tertinggi yakni 3 GHz atau setara 3 kali 10^9 Hz, sehingga disebut juga Super High Frekuensi / SHF. Gelombang ini dihasilkan sebuah alat yang memiliki nama tabung klystron. Gelombang ini memiliki panjang gelombang antara 0,3 m turun hingga 10^{-3} m dengan jangkauan frekuensi dari 10^9 hingga 3×10^{11} Hz. Manfaat gelombang elektromagnetik ini untuk menghantarkan panas yang dipakai pada microwave oven, yaitu untuk memasak manakan agar lebih cepat dan juga ekonomis. Aplikasi lainnya yaitu di antena RADAR (singkatan dari Radio Detection & Ranging), dimana pesawat radar tersebut beroperasi memakai sifat pantulan layaknya seperti hewan kelelawar yang memakai ultrasonik pada penginderaan mereka.
- 7) Gelombang Televisi : gelombang jenis ini merambat secara lurus dan tak bisa di pantul kan oleh lapisan dari atmosfer. Dengan demikian dibutuhkanlah stantsun relai (penghubung) yang letaknya harus didaerah tinggi sebagai penghubung antara pemancar dan penerima.
- 8) Gelombang Radio : gelombang jenis ini dikelompokkan berdasar frekuensi dan panjang gelombangnya. Kalau frekuensi rendah maka panjang gelombangnya tinggi, Gelombang ini mempunyai jangkauan panjang gelombang dari beberapa kilometer turun hingga 0,3 m. Jangkauan frekuensinya dari beberapa Hz hingga 10^9 Hz. 30 KHz merupakan awal frekuensi gelombang ini yang digolongkan menurut lebar frekuensinya.

Gelombang ini dihasilkan oleh sejumlah muatan listrik yang dicepatkan memakai sejumlah kawat penghantar pula. Melalui rangkaian elektronika yang bernama osilator muatan-muatan tersebut dibangkitkan. Gelombang ini dipancarkan memakai antena serta diterima oleh antena juga. Secara praktikalnya gelombang radio tidak dapat langsung didengar, gelombang tersebut bisa didengar bila telah dirubah menjadi energi bunyi dengan bantuan alat.

2.1.2 Medan Listrik dan Medan Magnet

Medan elektromagnetik merupakan gabungan antara medan listrik dan medan magnetik. Medan listrik dihasilkan dari perbedaan pada voltase: semakin tinggi voltase, semakin kuat medan yang dihasilkan. Medan magnetik dihasilkan apabila arus listrik mengalir: semakin besar arus, semakin kuat medan magnetik tersebut. Medan listrik bisa terwujud walaupun tidak terdapat arus yang mengalir. Jika terdapat arus yang mengalir, kekuatan medan magnetik akan berbeda dengan tenaga yang digunakan tetapi kekuatan medan listrik akan konstan (WHO, 2014).

Medan listrik tidak hanya ditimbulkan oleh satu muatan listrik, melainkan dapat pula ditimbulkan oleh lebih dari satu muatan listrik. Suatu benda bermuatan listrik akan menimbulkan medan listrik disekitarnya (Alonso dan Finn, 1992). Medan listrik E di setiap titik pada ruang dapat didefinisikan sebagai gaya F yang diberikan pada muatan test positif yang kecil pada titik tersebut dibagi dengan besar muatan tes q . Secara matematis dirumuskan:

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q} \quad (2.1.2a)$$

E merupakan medan listrik, F merupakan gaya dan q adalah muatan. Sehingga medan listrik pada semua titik dalam ruang merupakan vektor yang arahnya merupakan arah muatan di titik tersebut, dan besarnya yakni gaya persatuan muatan (Giancoli, 1998:13).

Medan magnet adalah medan yang dihasilkan akibat dari adanya pergerakan muatan listrik. Menurut Loeksmanto (1993:122), medan magnet merupakan medan yang dihasilkan oleh gerakan muatan listrik, dan sebenarnya di dalam bahan magnet

secara mikroskopis dalam skala atom terjadi arus-arus kecil yang karena elektron beredar mengelilingi inti atom ataupun elektron berputar terhadap sumbunya. Adanya medan magnet di dalam ruang dapat ditunjukkan dengan mengamati pengaruh yang ditimbulkan, apabila muatan q memiliki kecepatan v dalam medan magnetik, akan terdapat gaya yang bergantung pada q , besar kecepatan dan arahnya. Dengan kata lain apabila suatu muatan q bergerak dengan kecepatan v dalam medan magnetik \mathbf{B} , gaya magnetik \mathbf{F} pada muatan adalah:

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (2.1.2b)$$

(Tipler, 2001: 211)

Paparan medan magnet yang ditimbulkan oleh sumber terhadap suatu medium diberikan oleh besaran kuat medan magnet (H). Besaran B berkaitan dengan hal ini merupakan besar induksi magnet pada medium dengan nilai:

$$\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H} \quad (2.1.2c)$$

Dimana μ_0 merupakan permeabilitas bahan. Medan magnet dipengaruhi oleh gerak dari perpindahan muatan. Kekuatannya diukur dalam satuan ampere per meter (A/m) atau dalam istilah induksi magnetik yang diukur dalam satuan Tesla (T), mili Tesla (mT), dan mikro Tesla (μT) (Sutrisno dan Gie, 1979:115).

Perbedaan antara medan magnet dan medan listrik menurut WHO (2014)

Tabel 2.1 Perbedaan antara medan magnet dan medan listrik

Medan Magnet	Medan Listrik
1. Medan magnet berasal dari arus listrik.	Medan listrik berasal dari tegangan listrik. Medan listrik tetap dapat dihasilkan walau tidak ada arus mengalir. Sehingga medan listrik tetap ada walaupun alat listrik dalam keadaan mati.
2. Kekuatannya diukur berdasarkan satuan ampere per meter. Namun juga umumnya dipakai satuan densitas <i>flux</i> yaitu mikrottesla (μT) atau militesla (mT).	Kekuatan medan listrik diukur berdasarkan satuan volt per meter.
3. Medan magnet terjadi segera setelah medan listrik dinyalakan.	Kekuatan medan listrik semakin lemah bila semakin jauh dari sumbernya.
4. Kekuatan medan magnet semakin lemah bila semakin jauh dari sumbernya. Kebanyakan material tidak memperlemah medan magnet.	Kebanyakan material bangunan dapat menahan medan listrik dalam kekuatan tertentu.

2.2 Persamaan Maxwell

Persamaan Maxwell menghubungkan vektor medan listrik dan medan magnetik E dan B dengan sumbernya, yang berupa muatan listrik, arus, dan medan yang berubah. Persamaan ini memainkan peran dalam elektromagnetisme klasik yang analog dengan peran hukum Newton dalam mekanika klasik (Tipler, 2001:401). Maxwell menunjukkan bahwa gelombang elektromagnetik adalah konsekuensi alami dari hukum dasar yang dinyatakan dalam empat persamaan berikut:

a. Persamaan I Maxwell

Persamaan I Maxwell merupakan Hukum Gauss pada medan listrik. Hukum Gauss menyatakan bahwa dalam permukaan tertutup jumlah muatan yang terkandung sama dengan jumlah garis flux yang keluar melalui permukaan. Muatan listrik memiliki kecenderungan bergerak dari muatan positif ke muatan negatif. Muatan-muatan tersebut menciptakan medan listrik yang ditanggapi oleh muatan lain melalui gaya listrik. Hukum Gauss pada medan listrik dapat dinyatakan:

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho \quad (2.2a)$$

Dimana ρ adalah nilai kerapatan dan D perpindahan elektrik (Guenther, 1990: 27)

b. Persamaan II Maxwell

Persamaan II Maxwell disebut juga dengan Hukum Gauss Magnetik. Persamaan ini menggambarkan tentang medan magnetik. Hukum Gauss ini menyatakan bahwa fluks vektor medan magnetik dalam ruang tertutup bernilai nol. maksudnya kutub-kutub utara dan selatan magnet selalu berpasangan atau muatan magnet itu tidak pernah ada. Hukum Gauss tentang magnetik dapat dinyatakan:

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (2.2b)$$

(Guenther, 1990: 27).

c. Persamaan III Maxwell

Persamaan III Maxwell disebut juga dengan hukum Faraday. Hukum Faraday menguraikan bagaimana garis-garis medan listrik mengelilingi sembarang luasan yang melalui fluks magnetik yang sedang berubah, dan hukum ini menghubungkan vektor medan listrik E dengan laju perubahan vektor medan magnetik B (Tipler,

2001:402). Gaya mekanik memutar sebuah magnet besar, dan perubahan medan magnet ini menciptakan medan listrik yang kemudian disalurkan melalui jala-jala listrik. Hukum Faraday dapat dituliskan:

$$\nabla \times \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = 0 \quad (2.2c)$$

(Guenther, 1990: 27)

d. Persamaan IV Maxwell

Persamaan IV Maxwell disebut juga dengan hukum Ampere dengan modifikasi arus perpindahan maxwell. Hukum ini menguraikan bagaimana garis-garis medan magnetik mengelilingi suatu luasan yang dilewati suatu atau luasan dimana fluks listrik sedang berubah (Tipler, 2001:402). Perubahan medan listrik dapat menimbulkan medan magnet dan begitu pula sebaliknya. Dengan demikian, meskipun tidak ada muatan listrik atau arus listrik, masih dimungkinkan adanya gelombang osilasi medan magnet dan medan listrik yang stabil dan dapat merambat terus-menerus.

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \left(\mathbf{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) \quad (2.2d)$$

Dimana diasumsikan bahwa hubungan fungsional yang berdiri sendiri dari jarak dan waktu ditulis:

$$\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E} \quad (2.2e)$$

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \quad (2.2f)$$

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H} \quad (2.2g)$$

ϵ = konstanta dielektrik dalam satuan C/m^2 atau F/m

σ = konduktivitas (Hukum Ohm) dalam satuan Ω^{-1}

μ = permeabilitas dalam satuan Wb/Am

\mathbf{D} dan \mathbf{B} didefinisikan sebagai;

$$\mathbf{D} = \epsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P} \quad (2.2h)$$

$$\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H} + \mathbf{M} \quad (2.2i)$$

Dimana \mathbf{P} adalah polarisasi dan \mathbf{M} adalah magnetisasi. Jika menggunakan asumsi di atas, pada bahan non-konduktor dengan permeabilitas dan tetapan dielektrik ϵ yang konstan, maka bahan tersebut tidak mengandung muatan bebas ataupun arus bebas. Sehingga Persamaan Maxwell akan menjadi :

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho \quad (2.2j)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (2.2k)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (2.2l)$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \left(\mathbf{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) \quad (2.2m)$$

(Guenther, 1993: 157).

2.3 Persamaan Gelombang Elektromagnetik

Perambatan gelombang elektromagnetik pada ruang bebas, persamaan Maxwell mengatur kembali untuk dijelaskan secara eksplisit bergantung waktu dan koordinat.

$$\frac{1}{\mu} \nabla \times \mathbf{B} = \epsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad (2.3a)$$

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = \nabla \times \left(-\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right) = -\frac{\partial}{\partial t} (\nabla \times \mathbf{B}) = -\frac{\partial}{\partial t} \left(\epsilon \mu \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) \quad (2.3b)$$

Asumsi bahwa ϵ dan μ adalah bebas terhadap waktu memungkinkan persamaan ditulis kembali :

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = -\epsilon \mu \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (2.3c)$$

Dengan menggunakan identitas vektor, maka :

$$\nabla \cdot (\nabla \cdot \mathbf{E}) - \nabla^2 \mathbf{E} = -\epsilon \mu \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (2.3d)$$

Karena ruang bebas merupakan muatan $\nabla \cdot \mathbf{J} = 0$, sehingga didapatkan :

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \epsilon \mu \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (2.3e)$$

Dengan cara yang sama maka :

$$\nabla^2 \mathbf{B} = \epsilon \mu \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2} \quad (2.3f)$$

Dengan besar percepatan gelombang yang diberikan :

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}} \quad (2.3g)$$

Pada sebuah bahan, kecepatan yang kurang dari kecepatan cahaya c . Dilukiskan oleh indeks refraksi, perbandingan antara kecepatan pada suatu medium dengan kecepatan cahaya pada ruang hampa :

$$n = \frac{c}{v} = \sqrt{\frac{\epsilon\mu}{\epsilon_0\mu_0}} \quad (2.3h)$$

Jika bahan magnetik tidak dipertimbangkan, maka $\mu/\mu_0 \approx 1$ sehingga,

$$n = \sqrt{\frac{\epsilon}{\epsilon_0}} \quad (2.3i)$$

(Guenther, 2015 : 19-20)

2.4 Energi Elektromagnetik dan Vektor Poynting

Gelombang elektromagnetik membawa energi dari satu daerah ruang yang lain. Energi ini terkait dengan gerak listrik dan medan magnet (Giancoli, 2014:633). Intensitas gelombang (energi rata-rata pers satuan waktu per satuan luas) sama dengan perkalian densitas energy rata-rata (energi per satuan volume) dan kecepatan gelombang tersebut (Tipler, 2001:409).

Densitas energi yang disimpan dalam medan listrik dapat di tuliskan sebagai berikut :

$$U_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 \mathbf{E}^2 \quad (2.4a)$$

Dan densitas energy yang disimpan dalam medan magnetik dapat dituliskan:

$$U_m = \frac{\mathbf{B}^2}{2\mu_0} \quad (2.4b)$$

Dalam suatu gelombang elektromagnetik dalam ruang bebas, $\mathbf{E} = c\mathbf{B}$, sehingga kerapatan energi megnetik dalam bentuk besaran listrik :

$$U_m = \frac{\mathbf{B}^2}{2\mu_0} = \frac{(\mathbf{E}/c)^2}{2\mu_0} = \frac{\mathbf{E}^2}{2\mu_0 c^2} = \frac{1}{2} \epsilon_0 \mathbf{E}^2 \quad (2.4c)$$

Dimana $c^2 = 1/\epsilon_0\mu_0$ kerapatan energi total dalam sistem tersebut U dalam gelombang tersebut merupakan penjumlahan kerapatan energi listrik dan magnetiknya. Sehingga enegi total dapat dituliskan :

$$U_{total} = U_e + U_m = \frac{1}{2} \epsilon_0 \mathbf{E}^2 + \frac{1}{2} \epsilon_0 \mathbf{E}^2 = \epsilon_0 \mathbf{E}^2 = \frac{\mathbf{B}^2}{\mu_0} = \frac{\mathbf{E} \cdot \mathbf{B}}{\mu_0 c} \quad (2.4d)$$

John Henry Poynting (1852-1914) mendemonstrasikan bahwa kehadiran dari medan listrik dan medan magnet pada titik yang sama yang dihasilkan pada jarak di dalam sebuah aliran dari medan energi. Fakta ini disebut teori Poynting dan vektor Poynting (Guenther, 2015 : 24). Intensitas gelombang elektromagnetik atau laju energi yang dipindahkan melalui gelombang elektromagnetik disebut poynting (S). Vektor Poynting, dengan besaran S atau P , didefinisikan sebagai produk vektor dari vektor medan listrik E dengan vektor medan magnetik H pada suatu gelombang elektromagnetik, yaitu:

$$\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H} \quad (2.4e)$$

Vektor Poynting merupakan besaran vektor yang menggambarkan arah perambatan gelombang dan besarnya kerapatan energi gelombang per satuan waktu atau laju energi gelombang dalam satuan Joule per sekon per meter persegi ($J/s.m^2$), dari persamaan di atas maka dapat diuraikan, yaitu :

$$\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \frac{\mathbf{B}}{\mu_0} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{E} \times \mathbf{B} \quad (2.4g)$$

Karena E dan B tegak lurus dalam gelombang elektromagnetik, besaran S merupakan intensitas sesaat gelombang dan arah S berada dalam arah perambatan gelombangnya (Tipler, 2001:409-410)

Catatan bahwa energi mengikuti arah perambatan (dilambangkan dengan satuan vector k/k). Secara normal tidak di deteksi S saat frekuensi sangat tinggi berhubungan dengan cahaya ($\approx 10^{15}$ Hz) tetapi nilai S sementara dapat ditentukan dengan rata-rata waktu respon t dari detektor yang digunakan. Waktu rata-rata S disebut dengan kerapatan flux yang memiliki satuan W/m^2 . Kuantitas ini dapat disebut sebagai kuantitas dari gelombang cahaya

$$I = |\langle S \rangle| = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} A \cos^2(\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{r} + \varphi) dt \quad (2.4h)$$

2.5 Gelombang Elektromagnetik ELF

2.5.1 Definisi Medan Elektromagnetik ELF

Berdasarkan teori medan elektromagnetik, bahwa disekitar kawat konduktor yang dialiri arus akan timbul medan magnet, jika arus yang mengalir adalah arus bolak-balik AC maka menurut Maxwell disekitar kawat konduktor tersebut akan timbul rambatan gelombang elektromagnetik yang terdiri dari komponen medan listrik dan medan magnet (Simanjuntak, 1985 dalam Handoko 2017). Radiasi yang dihasilkan oleh muatan yang bergerak osilasi, seperti arus AC pada konduktor dari sumber PLN adalah tergolong radiasi tidak mengion dan didalam spektrum gelombang elektromagnetik berada pada frekuensi sangat rendah yaitu kurang dari 300 Hz dan disebut sebagai gelombang elektromagnetik frekuensi sangat rendah (*extremely low frequency*) (Grotel, 1992 dalam Sudarti 2010). Gelombang elektromagnetik ini dihasilkan tidak hanya ketika aliran listrik dihantarkan melalui kabel listrik, tetapi juga ketika digunakan dalam alat elektronik (OSHA, 2010). Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa medan elektromagnetik ELF merupakan spektrum medan elektromagnetik yang sangat rendah karena kurang dari 300 Hz dan radiasi yang dihasilkan sekitar kawat konduktor karena arus bolak-balik AC tergolong radiasi non ionizing.

2.5.2 Karakteristik Medan Elektromagnetik ELF

Organisasi kesehatan dunia (World Health Organization (WHO), 2007) menyatakan bahwa pada frekuensi antara 0 hingga 300 Hz merupakan panjang gelombang udara yang sangat panjang (6000 km pada frekuensi 50 Hz dan 5000 km pada frekuensi 60 Hz) dan dalam situasi praktis, medan listrik dan medan magnet bertindak independen satu sama lain sehingga dapat diukur. Akan tetapi medan magnet ini berbeda dengan medan listrik, karena pada medan ini tidak terlindung oleh sebagian besar bahan umum seperti pada medan listrik, dan dapat menembus dengan mudah. Masing-masing medan menjadi semakin kuat ketika mendekati sumber dan berkurang ketika menjauhi sumber (Ministry of Health, 2013). Gelombang elektromagnetik mempunyai daerah frekuensi dari 10^2 sampai 10^{22} Hz (Soetrisno dan Gie, 1979). Perbedaan frekuensi, panjang gelombang, energi

foton, jarak paparan dari sumber dan lama paparan dapat menyebabkan efek radiasi yang berbeda pula.

Secara garis besar radiasi elektromagnetik terbagi 2 kelompok yaitu radiasi pengion (ionisasi) dan radiasi tidak pengion (non-ionisasi). Tarigan (2013) menyatakan bahwa medan magnet ELF termasuk dalam spektrum gelombang elektromagnetik yang berada pada frekuensi kurang dari 300 Hz dan tergolong dalam *non ionizing radiation*. Radiasi non pengion adalah radiasi elektromagnetik dengan energi yang tidak cukup untuk ionisasi, misal radiasi infra merah atau radiasi gelombang mikro.

Dalam dunia fisika radiasi non pengion fisika mengacu pada radiasi elektromagnetik dengan energi yang lebih kecil dari 10 eV yang meliputi sinar ultraviolet, cahaya tampak, inframerah, gelombang mikro (*microwave*) dan elektromagnetik radiofrekuensi. Menurut Glaser (1992) menyatakan bahwa *ultrasound* juga termasuk dalam radiasi non pengion. Dari uraian tersebut dapat disebutkan beberapa karakteristik medan magnet ELF adalah sebagai berikut :

- a. Merupakan panjang gelombang diudara yang sangat panjang
- b. Termasuk dalam spektrum gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi antara 0 hingga 300 Hz
- c. Termasuk dalam radiasi non-pengion (*non ionizing radiation*)
- d. Memiliki energi yang lebih kecil dari 10 eV
- e. Sumber dari medan magnet ELF berasal dari sumber alami, yakni dari aktivitas matahari di ionosfer dan sumber buatan manusia, yakni dari berbagai macam peralatan elektronik yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti kabel listrik, televisi, dan lain sebagainya.

2.5.3 Sumber Paparan Medan Listrik dan Medan Magnet ELF

Sumber paparan medan listrik dan medan magnet secara umum dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu sumber alami dan sumber buatan.

a. Sumber Alami

Medan listrik dihasilkan dari proses di atmosfer dan magnetosfer yang menghasilkan sinyal dengan frekuensi mencapai beberapa megahertz ($1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$) variasi *Extremely Low Frequency* muncul akibat aktivitas matahari di

ionosfer dan efek atmosfer seperti pelepasan muatan oleh petir yang menyebabkan resonansi osilasi dalam ionosfer bumi yang disebut dengan resonansi Schauman. Sedangkan medan magnet dihasilkan dari medan magnet bumi yang secara berkelanjutan berubah-ubah dengan rentang dari beberapa milisekon hingga 10^{12} tahun, Schauman resonansi menghasilkan medan magnet sekitar $10^{-5} \mu\text{T}$ pada frekuensi 6-60 Hz (Swerdlow dkk., 2006:12-13). Sedangkan besarnya medan magnet bumi berkisar antara 25 sampai 60 μT .

Cahaya matahari merupakan salah satu sumber gelombang elektromagnetik alamiah. Matahari tidak hanya memancarkan cahaya tampak, tetapi juga inframerah (IR) dan ultraviolet (UV) dalam jumlah yang tetap (Giancoli, 1998 : 227-228). Gelombang elektromagnetik lainnya yang terbentuk secara alamiah adalah seperti pancaran dari atom, molekul dan inti atom.

b. Sumber Buatan

Medan listrik dan medan magnet muncul ketika listrik dihasilkan, ditransmisikan dan didistribusikan dalam kabel atau menggunakan alat-alat elektronika (WHO, 2007:1). Setiap alat elektronik memiliki medan magnet yang sebanding dengan arus yang mengalir dari sumber menuju peralatan yang terhubung. Medan listrik dan medan magnet juga dihasilkan disekitar kabel pembangkit listrik atau SUTET. Di jalanan terdapat EMF lemah yang berasal dari listrik kereta api dan trem kabel, saluran listrik, radio-frekuensi antena komunikasi untuk layanan darurat, dan disekitar jaringan nirkabel oleh EMFs dari Wi-Fi dan Bluetooth jenis teknologi. Fitur penting adalah bahwa meskipun ada banyak sumber, mereka sangat lemah (European Comission, 2005 : 3).

Sumber lain yang berasal dari buatan manusia dalam kehidupan sehari-hari misalnya terdapat sinyal-sinyal TV , radio, laptop, HP, dan juga gelombang mikro yang berasal dari radar serta system relay telepon, dan beberapa peralatan rumah tangga yang bersifat elektronik. Selain itu medan elektromagnetik juga bisa dihasilkan dari pancaran lampu atau cahaya. Gelombang elektromagnetik juga berasal dari bola lampu, mesin sinar X, kilatan cahaya, dan dari material-material radioaktif yang telah terkubur (Halliday, 2005 : 362).

2.6 Interaksi Medan Magnet ELF dengan Sel

Paparan medan magnet lemah berkepanjangan pada tumbuhan dapat menyebabkan perbedaan efek biologis pada tingkat sel, jaringan dan organ yang berkaitan dengan regulasi metabolisme tumbuhan termasuk keseimbangan ion kalsium (Ca^{2+}) intraseluler (Belyavskaya, 2004 dalam Handoko 2017). Paparan medan magnet akan berdampak pada genetik suatu tanaman. Menurut Anton (2015:39) menyatakan bahwa medan elektromagnetik berdampak pada material genetik, ketersediaan elektrolit, komposisi mineral, proses biokimia, pensinyalan molekuler, struktur seluler, dan reproduksi seluler. Paparan medan magnet ELF mengakibatkan potensial membran dalam sel meningkat sehingga kanal kalsium yang paling berpengaruh tertutup, ini disebabkan membrane sel bersifat semipermeabel sehingga tidak semua unsur dapat masuk.

Menurut Yalcin dan Erdem (2012) Struktur sel yang terkena dampak pertama oleh medan elektromagnetik adalah struktur membrane sel, dampaknya berupa perubahan karakteristik semi-permeabilitas membrane untuk berbagai molekul dan ion, perubahan konfigurasi lipid dan protein dari membrane, serta perubahan tingkat interaksi dari molekul yang berinteraksi dengan membrane. Sehingga hasilnya dari perubahan aktivitas kanal molekuler dan ion aktif yang menyebabkan perbedaan fungsi dari sel, jaringan dan organ bila dibandingkan dengan fungsi normalnya. Penelitian Anggraeni *et al* (2013) menunjukkan bahwa tomat yang dikedambahkan menggunakan dibawah medan magnet 0,2mT memiliki ukuran sel berkas pengangkut (*xylem*) lebih besar dibandingkan sampel kontrol, penelitian Angaji *et al* (2014) menunjukkan bahwa paparan medan magnet 2mT selama 30 dan 60 menit pada kanola (*Brassica napus L.*) mampu meningkatkan diameter berkas pengangkut *xylem* pada batang serta pada daun. Ukuran berkas pengangkut yang lebih besar akan mampu mengangkut unsur-unsur hara serta air dari media tanam lebih banyak sehingga proses pertumbuhan lebih optimal.

Hasil penelitian Handoko (2016) menunjukkan pemaparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 300 μT selama 60 dan 90 menit berpengaruh positif terhadap tinggi tanaman cabai merah besar (*Capsicum annum L.*) serta jumlah daun yang dihasilkan tanaman cabai merah besar (*Capsicum annum L.*).

sedangkan penelitian lain, Jedlička *et al* (2014) menunjukkan pemaparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 20, 40 dan 60 mT selama 20 menit sehari dengan frekuensi 50 Hz pada benih tomat, secara signifikan positif berpengaruh terhadap pengecambahan (germinasi), pertumbuhan tanaman, dan ukuran buah tomat. Selain itu, berdasarkan penelitian Fauziah (2015) menunjukkan bahkan pemaparan medan elektromagnetik rendah 0,5mT, 1mT, dan 2mT mampu meningkatkan proses perkecambahan pada biji kurma. serta hasil penelitian Najafi *et al* (2013) menunjukkan bahwa pemaparan medan magnet 1,8mT selama 30 menit pada biji kacang polong memberikan ketinggian tanaman lebih besar dibanding kelas kontrol. Penelitian Putra (2015) tentang pengaruh medan magnet solenoida dan perendaman air magnetisasi terhadap benih kacang kedelai kadaluarsa menyatakan perlakuan medan magnet solenoida taraf 2 mT memberikan pengaruh sangat nyata pada parameter umur, potensi tumbuh maksimum, kecepatan tumbuh, dan presentasi kecambah normal.

Pemaparan medan magnet 50 Hz dengan magnet induksi 10 mT meningkatkan indeks mitosis dan indeks penyimpangan kromosom pada sel meristem akar jagung (*Zea mays*) seiring dengan meningkatnya waktu pemaparan (Răcuciu, 2011). Saragih dan Silaban, (2010) menyatakan bahwa medan magnet statik mempengaruhi aktifitas ion-ion dan polarisasi dipol-dipol dalam sel. Medan magnet juga mempercepat proses pembelahan sel. Winandari (2011), dalam penelitiannya membuktikan bahwa pemaparan medan magnet 0,2 mT selama 7 menit 48 detik pada tanaman tomat berpengaruh pada laju pertumbuhan tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum Mill*), luas daun dan kandungan klorofil pada daun menjadi lebih baik. Pemaparan elektromagnetik juga dapat meningkatkan aktivitas enzim dalam sel, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Shabrangi *et al* (2010) pemaparan medan magnet 1 mT hingga 7 mT dengan selisih 2 mT serta intensitas tertinggi 10 mT dengan durasi 1 hingga 4 jam dengan selisih waktu 1 jam pada biji kanola (*Brassica napus L.*) dan pada biji jagung (*Zea mays*) meningkatkan aktivitas enzim yang terdapat pada akar tanaman tersebut yaitu *catalase* (CAT), *Ascorbate Peroxidaes* (APX) serta *Superoxide dismutase* (SOD).

2.7 Tembakau

Bagi sebagian orang sudah tidak asing lagi dengan tanaman tembakau atau *Nicotiana Tabacum*. Tembakau dikenal sebagai bahan utama pembuatan rokok. Menurut Painan (2015) Tembakau merupakan tanaman hasil perkebunan, yang sebagian besar dimanfaatkan sebagai bahan baku rokok, baik di Indonesia maupun di luar negeri, adapun manfaat lainnya, yaitu sebagai komponen obat penenang dan insektisida. Belum ada kepastian mengenai asal mula ditemukannya tembakau, namun tanaman ini sering dikait-kaitkan dengan penduduk asli benua Amerika, sekitar 1400 – 1000 SM (Goodman, 2005) sebagai media religi, perdukunan, dan pengobatan supernatural – spiritual (entheogen). Orang-orang asli benua amerik percaya bahwa tembakau merupakan hadiah dari Tuhan, menghisap serta menghembuskan asapnya, sebagai bentuk doa dan rasa syukur kepada sang pencipta (Jack Jacob, 1987). Menurut musimnya tanaman tembakau di Indonesia dapat dipisahkan menjadi dua jenis yaitu :

a. Tembakau VO (*Voor-Oogst*)

Tembakau musim kemarau, artinya jenis tembakau ini ditanam pada waktu musim penghujan dan dipanen pada waktu musim kemarau. Contohnya : Tembakau Sigaret, Tembakau Rakyat dan Tembakau Asapan

b. Tembakau NO (*Na-Oogst*)

Tembakau musim hujan, artinya jenis tembakau yang ditanam pada musim kemarau, kemudian di panen pada musim penghujan. Contohnya : Tembakau Cerutu dan Tembakau Pipa.

Tembakau memiliki kandungan alkaloid nikotin, yang berbeda-beda kadarnya berdasarkan spesiesnya. Setiap bagian tubuh tembakau (bunga, daun, batang, akar) mengandung nikotin, kecuali pada bijinya. Alkaloid adalah istilah bagi senyawa kimia yang diambil dari kata alkali, dan sebagian besar kandungannya adalah dari unsur Nitrogen, biasanya bersifat netral sampai basa (Painan, 2015). Nikotin merupakan senyawa kimia yang memiliki rumus senyawa $C_{10}H_{14}N_2$, memiliki berat molekul 162,23 gr/mol, dan termasuk dalam jenis alkaloid. Nikotin bersifat stimulan, yang dapat mempengaruhi kerja saraf (menimbulkan perasaan tenang dan rileks) pada mamalia, bersifat adiktif, serta

bersifat *antiherbivore*, yang membuatnya bisa dimanfaatkan sebagai insektisida (Ujváry, 1999)

Nicotiana tabacum, memiliki ciri-ciri daun mahkota bunganya berwarna merah muda sampai merah, mahkota bunga berbentuk terompet panjang, daunnya berbentuk lonjong dan ujungnya runcing, kedudukan daun pada batangnya tegak, dan memiliki tinggi sekitar 120 cm (Cahyono, 1998). Tembakau spesies ini memiliki kandungan nikotin sebesar 1 – 3 % pada bagian daunnya. Karena kandungan nikotinnnya yang relative rendah, tembakau spesies ini yang paling sering dibudidayakan sebagai bahan utama rokok sigaret (Painan, 2015). Negara-negara yang membudidayakannya antara lain adalah Brazil, Cuba, Colombia, Guatemala, Indonesia, Iran, dan Meksiko. Klasifikasi Tanaman Tembakau adalah sebagai berikut:

- 1) Klass : Dicotyledonaea
- 2) Ordo : Personatae
- 3) Famili : Solanaceae
- 4) Sub Famili : Nicotianae
- 5) Genus : Nicotianae
- 6) Spesies :*Nicotiana tabacum* L.

Adapun morfologi dari tanaman tembakau adalah sebagai berikut :

a. Akar

Tanaman tembakau merupakan tanaman berakar tunggang yang tumbuh tegak ke pusat bumi. Akar tunggangnya dapat menembus tanah kedalaman 50-75 cm, sedangkan akar serabutnya menyebar ke samping. Selain itu, tanaman tembakau juga memiliki bulu-bulu akar. Perakaran akan berkembang baik jika tanahnya gembur, mudah menyerap air, dan subur.

b. Batang

Tanaman Tembakau memiliki bentuk batang agak bulat, agak lunak tetapi kuat, makin ke ujung, makin kecil. Ruas-ruas batang mengalami penebalan yang ditumbuhi daun, batang tanaman bercabang atau sedikit bercabang. Pada setiap ruas batang selain ditumbuhi daun, juga ditumbuhi tunas ketiak daun, diameter batang sekitar 5 cm.

c. Daun

Daun tanaman tembakau berbentuk bulat lonjong (oval) atau bulat, tergantung pada varietasnya. Daun yang berbentuk bulat lonjong ujungnya meruncing, sedangkan yang berbentuk bulat, ujungnya tumpul. Daun memiliki tulang-tulang menyirip, bagian tepi daun agak bergelombang dan licin. Lapisan atas daun terdiri atas lapisan palisade parenchyma dan spongy parenchyma pada bagian bawah. Jumlah daun dalam satu tanaman sekitar 28- 32 helai. Daun tembakau merupakan daun tunggal. Lebar daun 2 – 30 cm, panjang tangkai 1 – 2 cm. Warna daun hijau keputih-putihan.

d. Bunga

Tanaman tembakau berbunga majemuk yang tersusun dalam beberapa tandan dan masing masing tandan berisi sampai 15 bunga. Bunga berbentuk terompet dan panjang, terutama yang berasal dari keturunan *Nicotiana tabacum*. Bunga tembakau berbentuk malai, masing-masing seperti terompet dan mempunyai bagian sebagai berikut:

- 1) Kelopak bunga, berlekuk dan mempunyai lima buah pancung.
- 2) Mahkota bunga berbentuk terompet, berlekuk merah dan berwarna merah jambu atau merah tua dibagian atasnya. Sebuah bunga biasanya mempunyai lima benang sari yang melekat pada mahkota bunga, dan yang satu lebih pendek dari yang lain.
- 3) Bakal buah terletak diatas dasar bunga dan mempunyai dua ruang yang membesar.
- 4) Kepala putik terletak pada tabung bunga yang berdekatan dengan benang sari. Tinggi benang sari dan putik hampir sama. Keadaan ini menyebabkan tanaman tembakau lebih banyak melakukan penyerbukan sendiri, tetapi tidak tertutup kemungkinan untuk penyerbukan silang

e. Buah

Tembakau memiliki bakal buah yang berada di atas dasar bunga dan terdiri atas dua ruang yang dapat membesar, tiap-tiap ruang berisi bakal biji yang banyak sekali. Penyerbukan yang terjadi pada bakal buah akan membentuk buah. Sekitar tiga minggu setelah penyerbukan, buah tembakau sudah masak. Setiap

pertumbuhan yang normal, dalam satu tanaman terdapat lebih kurang 300 buah. Buah tembakau berbentuk bulat lonjong dan berukuran kecil, di dalamnya berisi biji yang bobotnya sangat ringan. Dalam setiap gram biji berisi + 12.000 biji. Jumlah biji yang dihasilkan pada setiap tanaman rata-rata 25 gram (Anonim, 2013).

Adapun hal yang perlu diperhatikan dalam proses penanaman tembakau adalah sebagai berikut :

a. Penanaman

Penanaman, untuk jenis tembakau musim kemarau (VO) ditanam antara Maret-Juni, dan tembakau musim penghujan (NO) ditanam antara Agustus-September. Jarak tanam sangat tergantung pada keadaan tanah dan jenis tembakau yang ditanam, Untuk tembakau NO jarak tanamnya 90 x 45 cm dan tembakau NO jarak tanamannya 90 -100 cm x 70 cm (Anonim, 2011). Lubang tanam disesuaikan dengan jarak tanam dibuat dengan kedalaman 10-15 cm basahi terlebih dahulu tanahnya agar bibit dapat berdiri dengan tegak. Benih tembakau yang siap tanam biasanya berumur sekitar 45-50 hari setelah masa penyemaian.. Benamkan bibit sedalam akar leher, waktu tanam lebih baik dilakukan pada pagi hari atau sore hari (Maulidiana, 2008).

b. Perawatan

Pemeliharaan yang dilakukan pada pertanaman tembakau meliputi penyiraman, penyulaman, pemupukan, pemangkasan, dan pemetikan.

1) Penyiraman

Tembakau musim kemarau (VO) membutuhkan air secukupnya (sekitar 100 mm perbulan) selama pertumbuhannya (3 bulan), namun pada saat panen tidak dikehendaki hujan sama sekali, agar dihasilkan mutu yang baik. Tembakau musim penghujan (NO) membutuhkan air secukupnya (90 mm perbulan) pada saat panen. Hal ini agar diperoleh mutu yang baik (daun tipis, rata, lebar, elastis dan berwarna cerah). Peramalan iklim (saat tanam dan panen) perlu dilakukan guna meminimalisir kegagalan penanaman. Pada bibit tembakau, penyiraman dilakukan tiap hari (pagi dan sore) sampai tanaman cukup kuat. Pengairan diberikan secukupnya pada tanaman. Pada saat tembakau berumur 7-25 hari dilakukan penyiraman dengan frekuensi 3-4 liter per tanaman. Pada umur 25-30 hari frekuensi

penyiraman 4 liter per tanaman. Pada umur 45 hari setelah tanam pertumbuhan akan sangat cepat oleh karena itu diperlukan penyiraman 5 liter per tanaman setiap 3 hari. Setelah tanaman berumur 65 hari sampai panen, tidak diperlukan penyiraman lagi kecuali cuaca sangat kering (Warintek, 2007).

2) Penyulaman

Penyulamam dilakukan setelah seminggu ditanam. Bibit yang kurang baik dapat diganti dengan cara dicabut dan diganti dengan bibit baru yang berumur sama. Pembumbunan tanah pada guludan, untuk merangsang perakaran yang baik. Penyiangan dapat dilakukan setiap 3 minggu. Dapat dilakukan menggunakan tangan dengan cara mencabut gulmanya atau dengan menggunakan herbisida.

3) Pemupukan

Penggunaan pupuk yang tepat, baik berupa pupuk organik dan anorganik (N P dan K). Dosis pupuk yang diterapkan sangat beragam tergantung pada tanah, teknologi, jenis tembakau dan kemampuan pendanaan.

4) Pemangkasan dan Pemetikan

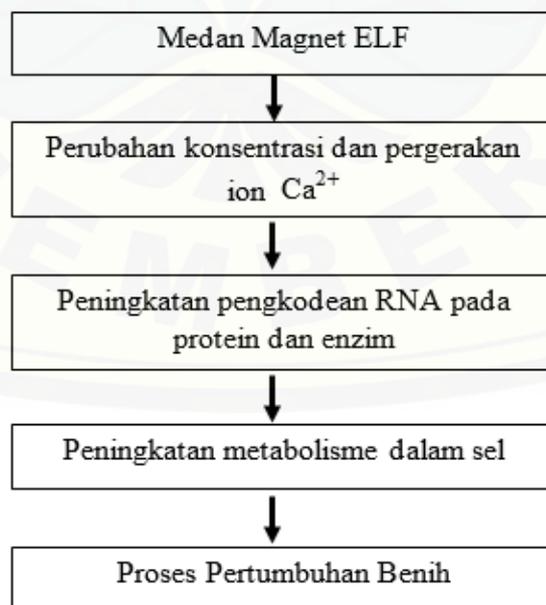
Pemangkasan hanya dilakukan begitu kuncup bungan mulai keluar (80 %) dan dilakukan dengan tangan dengan cara dipetik. Pada tanaman tembakau dikenal 2 macam pemangkasan yaitu : topping (pangkas pucuk) dan suckering atau pembuangan tunas samping (wiwil). Pangkas pucuk maupun wiwil pada tanaman tembakau bertujuan untuk menghentikan pengangkutan bahan makanan ke mahkota bunga atau kekuncup tunas sehingga hasil fotosintesis dapat terakumulasi pada daun sehingga diperoleh produksi krosok dan kualitasnya yang tinggi. Pangkas pucuk dan wiwil biasanya dilakukan secara manual. Wiwil dilakukan sampai panen berakhir. Pangkasan wiwil saat ini sudah dapat dilakukan dengan bahan kimia (sucrisida) Hyline 715.

2.8 Kerangka Konseptual

Penelitian ini menggunakan intensitas medan magnet ELF 300 μ T, 500 μ T dan 700 μ T dengan lama paparan yaitu 45 menit dan 60 menit. Paparan medan magnet ELF pada biji tembakau menyebabkan perubahan konsentrasi ion dan menciptakan perubahan ion di luar sel pada biji tembakau atau ekstraseluler yang

melintasi membran sel yang mengakibatkan pergerakan ion dipercepat. Perubahan konsentrasi dan pergerakan ion mengakibatkan perubahan transportasi pada membrane sel sehingga mempengaruhi aktivitas metabolisme sel yang memberikan dampak pada pertumbuhan sel (Grubner, 2011: 116).

Banyak ion yang berperan penting terhadap hubungan konidia dan substratum. Salah satunya adalah ion kalsium (Ca^{2+}), ketika membran sel terpapar medan magnet maka akan terjadi perpindahan energi dari medan magnet ke ion yang mengakibatkan peningkatan kecepatan dan aliran ion yang melewati membran sel. Perubahan kecepatan aliran ion kalsium dapat memberikan perubahan dan perbedaan pada organisme berupa resonansi ion kalsium dalam proses pengkodean protein yang terjadi pada *Ribose Nucleic Acid* (RNA). Seiring dengan peningkatan enzim pada biji tembakau maka proses metabolisme dalam sel meningkat sehingga nutrisi yang masuk ke dalam sel dapat dicerna dan diserap secara optimum. Ion kalsium (Ca^{2+}) yang masuk ke dalam sel dalam jumlah yang berlebih dan cepat justru akan merusak protein dalam sel dan mengganggu proses metabolisme sel. Rusaknya protein dalam sel mengakibatkan terhambatnya proses metabolisme sehingga menyebabkan ketidakseimbangan dalam sel. Secara singkat kerangka konseptual dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut :



Gambar 2.3 Kerangka Konseptual

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember, sedangkan pada tahap penanaman dan perawatan dilakukan di Greenhouse Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Adapun waktu penelitian akan dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2017/2018.

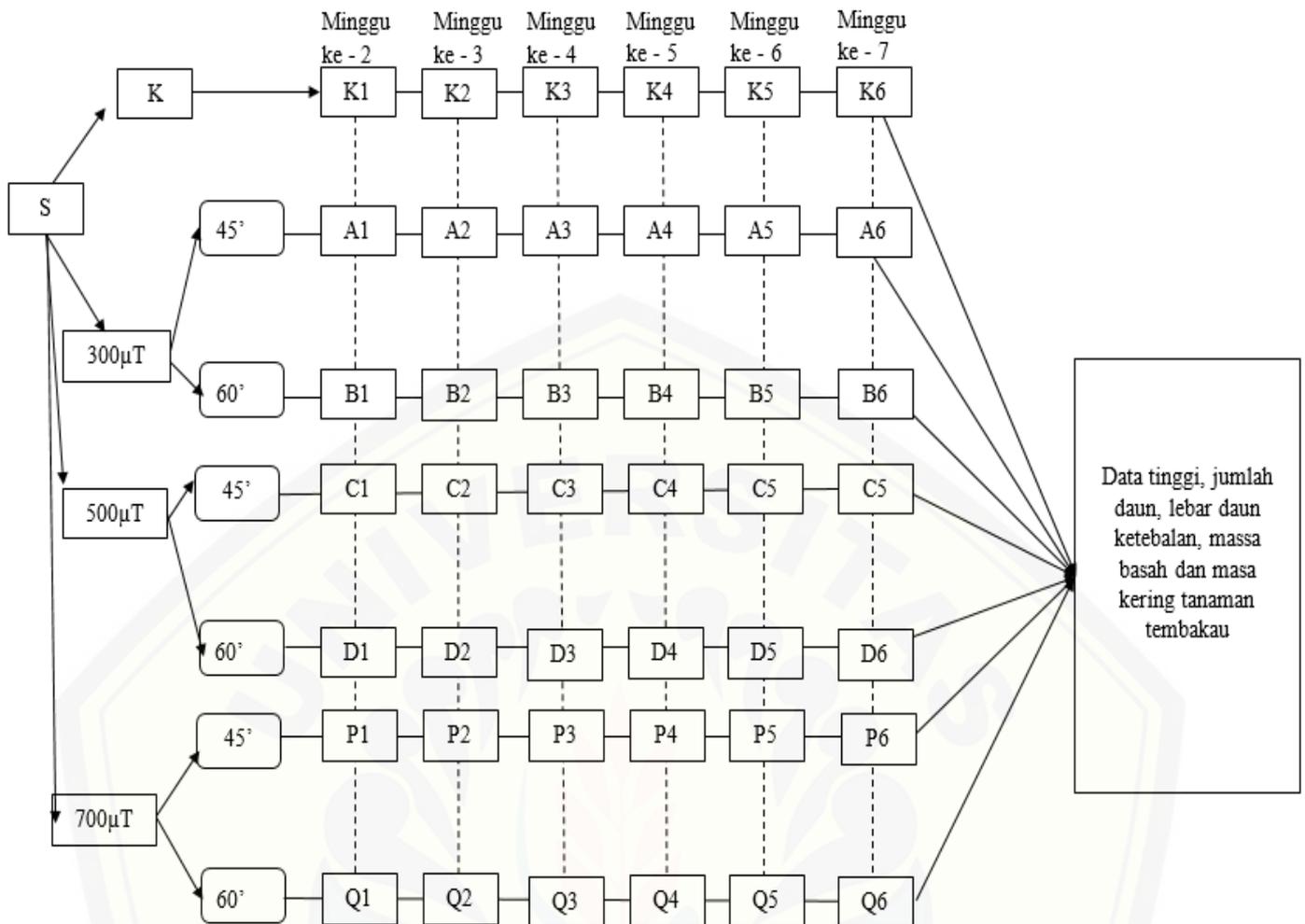
3.2 Jenis dan Desain Penelitian

3.2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen laboratorium, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji suatu gejala atau pengaruh yang timbul sebagai akibat dari adanya perlakuan tertentu. Dalam kegiatan penelitian ini peneliti mengamati apa yang terjadi pada diri objek atau wilayah yang diteliti, kemudian memaparkan apa yang terjadi dalam bentuk laporan penelitian secara lugas, seperti apa adanya (Suharsimi, 2013 : 3). Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan kelompok eksperimen (kelompok yang diberi perlakuan berupa pemaparan medan magnet ELF dari alat penghasil medan magnet ELF) sedangkan kelompok kontrol (kelompok yang terpapar oleh medan magnet alamiah bumi).

3.2.2 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *randomized subjects post test only control group design* (dimana pembagian dan kelompok subjek penelitian dilakukan secara acak). Dalam penelitian ini terdapat kelompok eksperimen yaitu kelompok eksperimen yang dipapar dengan medan magnet ELF berintensitas 300 μ T, 500 μ T dan 700 μ T dengan variasi waktu 45 dan 60 menit. Kelompok kontrol merupakan kelompok yang tidak dipapar medan magnet ELF namun terpapar medan magnet alamiah bumi. Desain penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut :



Gambar 3.1 Desain Penelitian

Keterangan :

S : Sampel yang diambil dari 140 biji tembakau yang didapat dari petani berpengalaman.

SK : Sampel kontrol terdiri dari 20 biji tembakau yang direndam selama 48 jam didalam air hangat sampai dingin tanpa dipapar medan magnet ELF dari alat penghasil medan magnet

SE : Sampel eksperimen, terdiri dari 120 biji tembakau yang direndam selama 48 jam dengan air hangat sampai dingin sebelum dipapar dengan medan magnet ELF 300 μT, 500 μT dan 700 μT

K : Sampel kontrol sebanyak 20 biji tembakau tanpa dipapar medan magnet

- A : Sampel eksperimen sebanyak 20 biji yang dipapar medan magnet ELF 300 μ T selama 45 menit
- B : Sampel eksperimen sebanyak 20 biji yang dipapar medan magnet ELF 300 μ T selama 60 menit
- C : Sampel eksperimen sebanyak 20 biji yang dipapar medan magnet ELF 500 μ T selama 45 menit
- D : Sampel eksperimen sebanyak 20 biji yang dipapar medan magnet ELF 500 μ T selama 60 menit
- P : Sampel eksperimen sebanyak 20 biji yang dipapar medan magnet ELF 700 μ T selama 45 menit
- Q : Sampel eksperimen sebanyak 20 biji yang dipapar medan magnet ELF 700 μ T selama 60 menit
- K1 : Tahap pengukuran daya tumbuh dan tinggi benih tembakau untuk kelas kontrol (tanpa pemaparan medan magnet ELF)
- A1, B1 : Tahap pengukuran daya tumbuh dan tinggi benih tanaman tembakau yang dilakukan pada Minggu ke 2 setelah pemaparan medan magnet ELF 300 μ T
- C1, D1 : Tahap pengukuran daya tumbuh dan tinggi benih tanaman tembakau yang dilakukan pada Minggu ke 2 setelah pemaparan medan magnet ELF 500 μ T
- P1, Q1 : Tahap pengukuran daya tumbuh dan tinggi benih tanaman tembakau yang dilakukan pada Minggu ke 2 setelah pemaparan medan magnet ELF 700 μ T
- K2 : Tahap pengukuran tinggi dan jumlah daun tanaman tembakau untuk kelas kontrol (tanpa pemaparan medan magnet ELF)
- A2, B2 : Tahap pengukuran tinggi dan jumlah daun tanaman tembakau yang dilakukan pada Minggu ke 3 setelah pemaparan medan magnet ELF 300 μ T
- C2, D2 : Tahap pengukuran tinggi dan jumlah daun tanaman tembakau yang dilakukan pada Minggu ke 3 setelah pemaparan medan magnet ELF 500 μ T

- P2, Q2 : Tahap pengukuran tinggi dan jumlah daun tanaman tembakau yang dilakukan pada Minggu ke 3 setelah pemaparan medan magnet ELF 700 μ T
- K3 : Tahap pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman tembakau untuk kelas control (tanpa pemaparan medan magnet ELF)
- A3, B3 : Tahap pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman tembakau yang dilakukan pada Minggu ke 4 setelah pemaparan medan magnet ELF 300 μ T
- C3, D3 : Tahap pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman tembakau yang dilakukan pada Minggu ke 4 setelah pemaparan medan magnet ELF 500 μ T
- P3, Q3 : Tahap pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman tembakau yang dilakukan pada Minggu ke 4 setelah pemaparan medan magnet ELF 700 μ T
- K4 : Tahap pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun tembakau untuk kelas kontrol (tanpa pemaparan medan magnet ELF)
- A4, B4 : Tahap pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman tembakau yang dilakukan pada Minggu ke 5 setelah pemaparan medan magnet ELF 300 μ T
- C4, D4 : Tahap pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman tembakau yang dilakukan pada Minggu ke 5 setelah pemaparan medan magnet ELF 500 μ T
- P4, Q4 : Tahap pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman tembakau yang dilakukan pada Minggu ke 5 setelah pemaparan medan magnet ELF 700 μ T
- K5 : Tahap pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun tembakau untuk kelas kontrol (tanpa pemaparan medan magnet ELF)
- A5, B5 : Tahap pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman tembakau yang dilakukan pada Minggu ke 6 setelah pemaparan medan magnet ELF 300 μ T

- C5, D5 : Tahap pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman tembakau yang dilakukan pada Minggu ke 6 setelah pemaparan medan magnet ELF 500 μ T
- P5, Q5 : Tahap pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman tembakau yang dilakukan pada Minggu ke 6 setelah pemaparan medan magnet ELF 700 μ T
- K6 : Tahap pengukuran tinggi, jumlah daun, panjang daun, lebar daun, ketebalan daun, massa basah dan massa kering tanaman tembakau untuk kelas control (tanpa pemaparan medan magnet ELF)
- A6, B6 : Tahap pengukuran tinggi, jumlah daun, panjang daun, lebar daun, ketebalan daun, massa basah dan massa kering tanaman tembakau yang dilakukan pada Minggu ke 7 setelah pemaparan medan magnet ELF 300 μ T
- C6, D6 : Tahap pengukuran tinggi, jumlah daun, panjang daun, lebar daun, ketebalan daun, massa basah dan massa kering tanaman tembakau yang dilakukan pada Minggu ke 7 setelah pemaparan medan magnet ELF 500 μ T
- P6, Q6 : Tahap pengukuran tinggi, jumlah daun, panjang daun, lebar daun, ketebalan daun, massa basah dan massa kering tanaman tembakau yang dilakukan pada Minggu ke 7 setelah pemaparan medan magnet ELF 700 μ T

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Klasifikasi Variabel Penelitian

Klasifikasi variabel dalam penelitian ini terbagi menjadi dua variabel, yakni variabel bebas dan variabel terikat.

- a. Variabel Bebas dalam penelitian ini adalah :
- 1) Intensitas paparan medan magnet ELF untuk kelompok eksperimen yang digunakan adalah sebesar 300 μ T, 500 μ T dan 700 μ T
 - 2) Lama paparan medan magnet ELF yaitu 45 dan 60 menit

- b. Variabel Terikat dalam penelitian ini adalah indikator pertumbuhan yang meliputi laju tumbuh, panjang akar, dan jumlah daun.

Tabel 3.1 Variabel terikat dan Indikator

Variabel Terikat	Indikator
Minggu ke- 2	Daya Tumbuh dan Tinggi
Minggu ke- 3	Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun
Minggu ke- 4	Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun
Minggu ke- 5	Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun
Minggu ke- 6	Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun
Minggu ke- 7	Tinggi, Jumlah Daun, Panjang Daun, Lebar Daun, Ketebalan Daun, Massa Basah dan Massa Kering

3.3.2 Definisi Operasional Variabel Penelitian

Definisi Operasional merupakan uraian yang membatasi setiap istilah atau frasa kunci yang digunakan dalam penelitian dengan makna tunggal yang terukur. Secara operasional variabel penelitian ini sebagai berikut :

a. Medan Magnet ELF

- 1) Medan elektromagnetik ELF (*Extremely Low Frequency*) adalah spectrum gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi kurang dari 300 Hz. Penelitian ini menggunakan alat penghasil medan magnet ELF yang memiliki frekuensi 50 Hz.
- 2) Intensitas medan magnet yang digunakan 300 μ T, 500 μ T dan 700 μ T
- 3) Lama paparan medan magnet ELF yang digunakan adalah 45 dan 60 menit.

- b. Pertumbuhan merupakan suatu perubahan ukuran yang terjadi pada makhluk hidup, didalam penelitian ini indikator pertumbuhan yang digunakan adalah memperhatikan tinggi tumbuhan, daya tumbuh, jumlah daun, Panjang Daun lebar daun, ketebalan daun, massa basah dan massa kering tanaman tembakau. Pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan sebagai organisme yang tidak dapat berpindah tempat sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungannya, diantaranya adalah keberadaan medan magnet. Sifat kemagnetan dimiliki oleh setiap materi baik berupa unsur, zat, maupun senyawa.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Adapun alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Sumber ELF *magnetic field* (*Current Transformer*)
- b. EMF Tester

Alat yang digunakan untuk mengukur besar medan magnet yang dipancarkan CT dan digunakan sebagai kalibrasi besarnya medan magnet yang bersumber dari yang akan digunakan dalam penelitian. EMF tester merupakan alat utama yang digunakan untuk mengukur besarnya intensitas medan magnet.

- c. Timbangan Analog / Digital

Untuk mengukur massa basah dan kering tanaman tembakau

- d. Penggaris
- e. Alat-alat yang digunakan dalam proses penanaman dan pemeliharaan tanaman tembakau :
 - 1) Cetok
 - 2) Gunting
 - 3) Polibag kecil ukuran 7 cm x 7 cm x 6 cm
 - 4) Baskom
 - 5) Wadah untuk Perendaman

3.4.2 Bahan

Adapun bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Bibit Tembakau
- b. Tanah
- c. Pupuk Organik dan An-organik NPK (Nitrogen Phosphate Kalium).
- d. Air

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Tahap Persiapan

Sebelum melakukan penelitian ada beberapa hal yang harus dipersiapkan, yaitu persiapan alat-alat dan bahan yang diperlukan untuk penelitian. Selain persiapan alat dan bahan juga perlu mempersiapkan media tanam untuk

pembenihan dengan polibag kecil. Selanjutnya, tanah yang sudah dicampur dengan pupuk di masukkan pada media tanam (Princess, 2017).

3.5.2 Tahap Penentuan Sampel

Penentuan sampel dilakukan sebelum melakukan penelitian yaitu dengan menentukan sampel untuk kelompok eksperimen dan sampel untuk kelompok kontrol. Sampel yang digunakan adalah biji tembakau. Jumlah total biji tembakau yang digunakan adalah sebanyak 140 biji dengan rincian sebagai berikut :

- a. 20 Biji untuk lama paparan medan magnet ELF 300 μ T selama 45 menit
- b. 20 Biji untuk lama paparan medan magnet ELF 300 μ T selama 60 menit
- c. 20 Biji untuk lama paparan medan magnet ELF 500 μ T selama 45 menit
- d. 20 Biji untuk lama paparan medan magnet ELF 500 μ T selama 60 menit
- e. 20 Biji untuk lama paparan medan magnet ELF 700 μ T selama 45 menit
- f. 20 Biji untuk lama paparan medan magnet ELF 700 μ T selama 60 menit
- g. 20 Biji untuk kelompok kontrol (tanpa dikenai paparan medan magnet ELF)

3.5.3 Tahap Perendaman

Perendaman biji tembakau dilakukan selama 48 jam dengan menggunakan air hangat. Air hangat yang digunakan berfungsi untuk mengaktifkan hormon pertumbuhan dalam biji tembakau.

3.5.4 Tahap Perlakuan

Biji tembakau yang sudah direndam dalam air hangat kemudian ditiriskan dan siap memasuki tahap perlakuan. Teknik perlakuan dalam penelitian pada kelompok eksperimen yaitu dengan memapar biji tembakau dengan medan magnet ELF 300 μ T, 500 μ T dan 700 μ T dalam variasi waktu yang berbeda yaitu 45 dan 60 menit.

3.5.5 Tahap Penyemaian

Biji tembakau pada kelas eksperimen (yang telah direndam air hangat serta di papar medan magnet ELF) dan biji tembakau pada kelas kontrol (yang hanya direndam dengan air hangat saja) kemudian di semai pada tempat penyemaian pada lahan semai berupa media tanam. Penyemaian dilakukan pada polibag dengan ukuran kecil dengan diameter sekitar 3-4 cm.

3.5.6 Tahap Penanaman

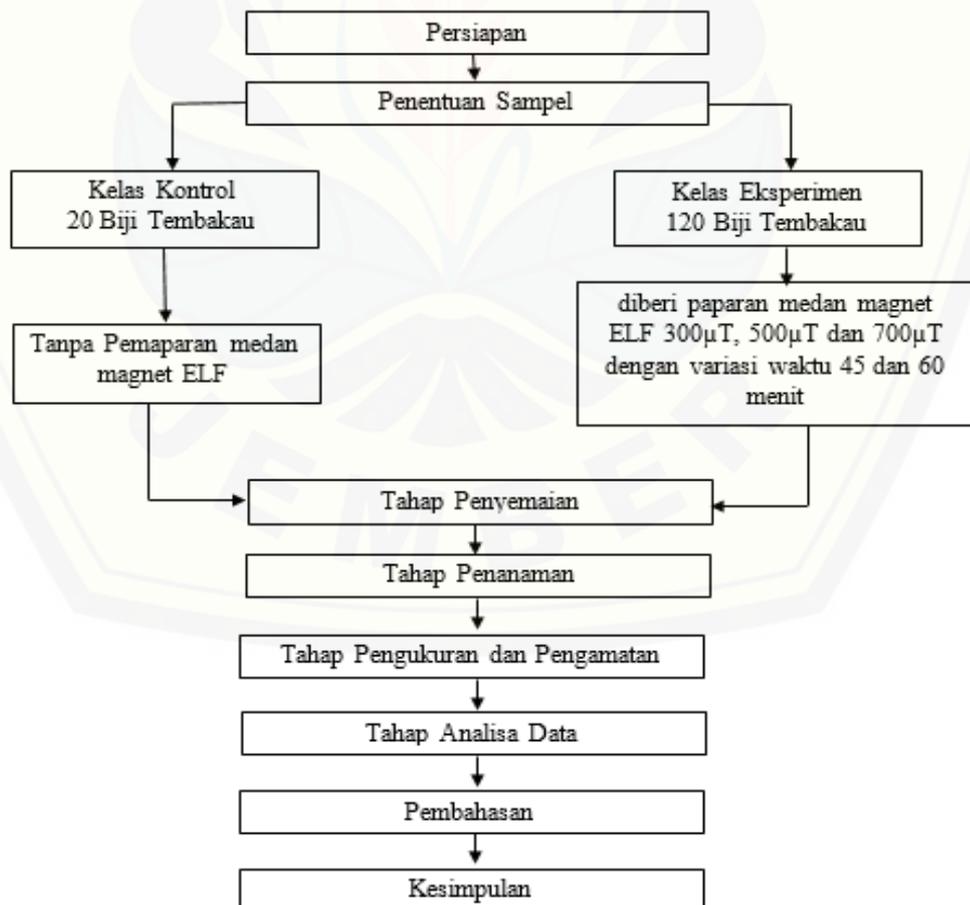
Tahap penanaman dilakukan yaitu dengan memindahkan bibit yang telah disemai ke polybag besar. Tanaman siap masuk pada tahap penanaman jika bibit yang disemai telah tumbuh akar pada media tanam lebih besar. Penanaman tembakau biasanya dilakukan pada awal musim penghujan atau akhir musim kemarau. Waktu penanaman tersebut yaitu dilakukan pada sore hari untuk menghindari bibit layu karena sinar matahari yang berlebih.

3.5.7 Tahap Pengukuran

Pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun dilakukan pada setiap tanaman pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan menggunakan mistar dan dilakukan seminggu sekali.

3.5.8 Flowchart Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2 Alur Penelitian

- a. Melakukan persiapan
- b. Menentukan sampel penelitian dengan teknik *random sampling* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol.
- c. Merendam biji tembakau dengan air hangat selama 48 jam, kemudian ditiriskan sebelum ke tahap perlakuan
- d. Memberi perlakuan pemaparan medan magnet ELF dengan densitas flux sebesar $300\mu\text{T}$, $500\mu\text{T}$ dan $700\mu\text{T}$ pada biji tembakau untuk kelas eksperimen dengan variasi waktu yang berbeda yaitu 45 dan 60 menit dengan masing-masing 20 biji tembakau untuk setiap perlakuan.
- e. Melakukan penyemaian pada biji tembakau untuk kelas eksperimen dan kelas kontrol pada polybag kecil
- f. Melakukan penanaman dengan memindahkan benih biji tembakau ke polybag yang lebih besar
- g. Melakukan pengukuran dan pengamatan terhadap daya tumbuh, tinggi benih tanaman, lebar daun, panjang daun, jumlah daun, massa basah dan massa kering tanaman tembakau.
- h. Menganalisis hasil pengamatan dan membuat pembahasan tentang hasil penelitian
- i. Membuat kesimpulan dari hasil pengamatan dan penelitian.

3.6 Metode Analisa Data

3.6.1 Tabel Hasil Pengukuran dan Pengamatan

Tabel 3.2 Pengukuran Tinggi Tanaman Tembakau (cm)

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)					
	Minggu ke 2	Minggu ke 3	Minggu ke 4	Minggu ke 5	Minggu ke 6	Minggu ke 7
A : $300\mu\text{T}$ 45 menit						
B : $300\mu\text{T}$ 60 menit						
C : $500\mu\text{T}$ 45 menit						
D : $500\mu\text{T}$ 60 menit						

P : 700 μ T 45 menit
Q : 700 μ T 60 menit
K : Kontrol

Tabel 3.3 Pengamatan Jumlah Daun Benih Tembakau (cm)

Perlakuan	Helai					
	Minggu ke 2	Minggu ke 3	Minggu ke 4	Minggu ke 5	Minggu ke 6	Minggu ke 7
A : 300 μ T 45 menit						
B : 300 μ T 60 menit						
C : 500 μ T 45 menit						
D : 500 μ T 60 menit						
P : 700 μ T 45 menit						
Q : 700 μ T 60 menit						
K : Kontrol						

Tabel 3.4 Pengukuran Lebar Daun Benih Tembakau (cm)

Perlakuan	Lebar Daun (cm)					Rata-rata
	Tanaman 1	Tanaman 2	Tanaman 3	Tanaman 4	Tanaman 5	
A : 300 μ T 45 menit						
B : 300 μ T 60 menit						
C : 500 μ T 45 menit						
D : 500 μ T 60 menit						
P : 700 μ T 45 menit						
Q : 700 μ T 60 menit						

K :
Kontrol

Tabel 3.5 Pengukuran Panjang Daun Benih Tembakau

Perlakuan	Panjang Daun (cm)					Rata-rata
	Tanaman 1	Tanaman 2	Tanaman 3	Tanaman 4	Tanaman 5	
A : 300 μ T 45 menit						
B : 300 μ T 60 menit						
C : 500 μ T 45 menit						
D : 500 μ T 60 menit						
P : 700 μ T 45 menit						
Q : 700 μ T 60 menit						
K : Kontrol						

Tabel 3.6 Pengukuran Tebal Daun Benih Tembakau

Perlakuan	Ketebalan Daun (mm)					Rata-rata
	Tanaman 1	Tanaman 2	Tanaman 3	Tanaman 4	Tanaman 5	
A : 300 μ T 45 menit						
B : 300 μ T 60 menit						
C : 500 μ T 45 menit						
D : 500 μ T 60 menit						

P : 700 μ T
45 menit

Q :
700 μ T 60
menit

K :
Kontrol

Tabel 3.7 Pengukuran Massa Basah Daun Benih Tembakau

Perlakuan	Massa Basah (gram)					Rata-rata
	Tanaman 1	Tanaman 2	Tanaman 3	Tanaman 4	Tanaman 5	
A : 300 μ T 45 menit						
B : 300 μ T 60 menit						
C : 500 μ T 45 menit						
D : 500 μ T 60 menit						
P : 700 μ T 45 menit						
Q : 700 μ T 60 menit						
K : Kontrol						

Tabel 3.8 Pengukuran Massa Kering Daun Benih Tembakau

Perlakuan	Massa Kering (gram)					Rata-rata
	Tanaman 1	Tanaman 2	Tanaman 3	Tanaman 4	Tanaman 5	
A : 300 μ T 45 menit						
B : 300 μ T 60 menit						

C :
500 μ T 45 menit
D :
500 μ T 60 menit
P : 700 μ T 45 menit
Q :
700 μ T 60 menit
K :
Kontrol

Pengukuran tinggi benih, lebar dan panjang daun diukur dengan menggunakan mistar dalam skala cm, sedangkan daya tumbuh diukur dengan presentase hasil dari persamaan berikut :

$$\%DB = \frac{\sum KN}{\sum TB} \times 100\%$$

Keterangan :

% DB : Presentase daya tumbuh

$\sum KN$: Jumlah tanaman yang tumbuh sampai hari pengamatan

$\sum TB$: Jumlah total tanaman

3.6.2 Teknik Analisa Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif. Teknik analisis deskriptif merupakan teknik analisis data dengan menggunakan data-data yang dikumpulkan terlebih dahulu kemudian menggambarannya secara deskriptif sehingga tercipta sebuah kesimpulan yang bersifat umum. Adapun yang termasuk dalam teknik analisis statistik deskriptif antara lain:

- Penyajian data dalam bentuk tabel atau distribusi frekuensi dan tabulasi silang. Dengan menggunakan analisis ini maka akan dapat diketahui suatu kecenderungan hasil penelitian, apakah termasuk dalam kategori rendah, sedang, atau tinggi. Hal tersebut juga dapat memudahkan dalam menunjukkan banyaknya data dalam setiap kategori dengan syarat untuk setiap data hanya dapat dimasukkan ke dalam satu kategori.

- b. Penyajian data dalam bentuk visual seperti histogram, polygon, *ogive*, diagram batang, diagram lingkaran, diagram pastel, dan diagram lambang. Penggunaan analisis tersebut adalah untuk mencari ataupun menemukan pola dan hubungan antar variabel dalam penelitian (Sukoco,2013)



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- a. Intensitas 500 μ T dengan lama paparan 60 menit merupakan intensitas dengan waktu paparan yang paling berpengaruh terhadap tinggi benih tanaman tembakau (*Nicotiana Tabacum*).
- b. Intensitas 500 μ T dengan lama paparan 45 menit dan 60 menit merupakan intensitas dengan waktu paparan yang paling berpengaruh terhadap jumlah daun benih tanaman tembakau (*Nicotiana Tabacum*).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan intensitas dan lama paparan yang lebih beragam dengan interval kecil sehingga akan didapatkan intensitas dan lama paparan yang lebih efektif dan akurat.
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF terhadap kandungan nikotin pada tembakau sehingga akan diperoleh informasi lebih mengenai pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap tanaman tembakau.
- c. Perlu dilakukan penanaman benih dengan sistem polybag. Penanaman benih tembakau dengan sistem polybag meminimalisir matinya benih saat dipindah pada media tanam terbuka (lahan.)

DAFTAR PUSTAKA

- Agustrina, R dan Roniyus. 2009. Pengaruh Arah Medan Magnet Terhadap Anatomi Cocor Bebek (*Kalanchoe pinnata* Pers.). Jurusan Biologi Fisika FMIPA Universitas Lampung. Lampung: hal 174-182.
- Alonso, M., dan E. J. Finn. 1992. *Dasar-dasar Fisika Universitas (Jilid 2) Medan dan Gelombang*. Terjemahan Lea Prasetyo dan Kusnul Hadi. Jakarta: Erlangga
- Angaji, A.A., Majd, A. dan Darvishani, S. 2014. Effects of Electromagnetic Field on some Developmental stages of Canola (*Brassica napus* L.) and Evaluation of Resultant Polymorphism using Molecular Markers. *International Journal of Scientific Research in Knowledge*, 2 : 021-029
- Anggraeni, D.K., Agustrina, R. dan Tripeni, T.H. 2013. Anatomi Batang Dan Stomata Tomat (*Lycopersicum Esculentum*) Yang Dikecambahkan Di Bawah Pengaruh Medan Magnet 0,2 mT. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi V Lembaga Penelitian Universitas Lampung* : 330-338
- Anonim. - [.http://elektronikadasar.info/gelombang-elektromagnetik.htm](http://elektronikadasar.info/gelombang-elektromagnetik.htm). Gelombang Elektromagnetik. [Diakses 14 November 2017]
- Anonim. 2013. <http://www.anakagronomy.com/2013/04/morfologi-tanaman-tembakau.html>. [Diakses tanggal 13 November 2017]
- Anonim. 2015. Klasifikasi dan Morfologi Tembakau. <http://www.materipertanian.com/klasifikasi-dan-morfologi-tembakau/> . [Diakses tanggal 13 November 2017]
- Anonim. 2017. http://www.batan.go.id/pusdiklat/elearning/proteksiradiasi/pengenalan_radiasi/glosarium/056.htm. Radiasi Non Ionizing [Di akses 20 November 2017]
- Anton,S. 2015. *Bioelectromagnetics For Improved Crop Productivity*. Swedia: Swedish University of Agricultural Science
- Belyvaskaya, N.A. 2004. Biological Effects Due To Magnetic Field on Plants. *Adv Space res*, 34 (7): 66-74
- Bernhart, J.H., J. Brix, dan E. Vogel. 2017. Esabilished Viological Effects of Extremely Low Frequency (ELF) Fields ,Current Protection Concepts, and Research Needs

- Cahyono, 1998. *Tembakau, Budidaya dan Analisis Usaha Tani*. Kanisius. Yogyakarta
- De Souza A, García D, Sueiro L, Gilart F (2014). Improvement of the seed germination, growth and yield of onion plants by extremely low frequency non-uniform magnetic fields. *Scientia Horticulturae* 176:63-69
- Deivis Suarez R *et al.* 2016. The Effect of Magnetic and Electromagnetic Fields on the Morpho-Anatomical Characteristics of Corn (*Zea Mays*) during Biomass Production. *Chemical Engineering*. Vol. 50 Hal 415
- European Commission. 2005. *Health and Electromagnetic Fields*. Luxembourg: Office for Official Publications of the Commission 8pp. ISBN 92-79-00187-6
- European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Field Exposure (EFHRAN). 2010. *Risk Analysis Of Human Exposure To Electromagnetic Fields*. European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure
- Fauziah, Annisa'ul. 2015. *Pengaruh Paparan Medan Magnet Terhadap Perkecambahan Biji Kurma Jenis Majol*. Malang : Skripsi UIN Maulana Malik Ibrahim
- Fernando R.M *et al.* 2014. Effects Of Magnetic Field Irradiation On Broccoli Seed With Accelerated Aging. *Jurnal Acta Agrophysica*. Vol 21 No. 1 Hal. 63-67
- Giancoli, D. C. 1998. *Fisika Dasar*. Jakarta: Erlangga.
- Goodman, Jordan. 2005. *Tobacco in History and Culture: An Encyclopedia* Detroit: Thomson Gale
- Grotel, E. G. K. Peter, H. Grobinski. 1992. EMF and ELF Fact Sheet. *Electronok*. 77: 255-260.
- Grubner, S.J. 2011. “ Peningkatan Poliferasi Kultur Sel Punca Mesenkim Asal Darah Tepi melalui Pemaparan Medan Magnet Disk Permanen 200 mT Selama Dua dan Empat Jam Per Hari’ . Tidak Diterbitkan. Tesis. Jakarta : Universitas Indonesia
- Guenther, R. D. 1990. *Modern Optics*. USA: John Willey & Sons, Inc.
- Guenther, R. D. 2015. *Modern Optics: second edition*. Duke University, USA : Oxford University
- Halliday, Resnick dan Walker. 2005. *Fisika Dasar Edisi Ketujuh Jilid 2*. Jakarta : Erlangga

- Handoko, Sudarti, Rif'ati D.H. 2017. Analisis Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* ELF pada Biji Cabai Merah Besar Terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah Besar. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 5(4) : 370-377
- Hopkins, W.G. dan Hurner, N.P.A. 2008. *Introduction to Plant Physiology*. Fourth Edition. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc
- Hozayn *et al.* 2015. Effect of Magnetic Field on Germination, Seedlings Growth and Cytogenetic of Onion. *African Journal of Agriculture*. Vol 10. Hal 850-859
- Jack Jacob Gottsegen. 1987. *Tobacco: A Study of Its Consumption in the United States*, 1940, p. 107
- Jedlička, J., Paulen, O. dan Ailer, Š. 2014. Influence Of Magnetic Field On Germination, Growth And Production Of Tomato. *Scientific Journal for Food Industry Potravinarstvo*, 8(1): 150-154
- Khurram Zias *et al.* 2015. Magnetic Field Can Improve Germination Potential and Early Seedling Vigor of Cabbage Seeds. *Annual Research*. Vol. 06 No. 06 Hal 390-400
- Loeksmanto, W. 1993. *Medan Elektromagnetik*. Bandung: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- M. Ayyoub Tanvir *et al.* 2012. Exploring the Groeth Potential of *Albizia Procera* and *Leucaena Leucocephala* as Influenced by Magnetic Fields. *Turk Journal Agric*. Vol 36 Hal 757-763
- M.E.M Ahmeed *et al.* 2013. Effect of Magnetic Field on Seed Germination, Growth and Yield of Sweet Pepper. *Asian Journal of Crop Science*. Vol. 05 No. 03 Hal 286-294
- Maulidiana, N. 2008. Identifikasi Sistem Budidaya Tembakau di PT. Perkebunan Nusantara II (Persero) Kebun Helvetia. Sripsi, Universitas Sumatera Utara.
- Ministry of Health, 2013. *Electric and Magnetic Fields and Your Health 2013 Edition*. Wellington : Ministry of Health
- Mousa, A. 2011. Electromagnetic Radiation Measurements and Safety Issues of some Cellular Base Stations in Nablus. *Journal of Engineering Science and Technology Review*. 4(1): 35-42.
- Najafi, S., Heidari, R., dan Jamei, R. 2013. Influence of Magnetic Field Stimulation on Some Biological Characteristics of *Phaseolus Vulgaris*in Two Different Times, *Global Journal of Sciene, Engineering and Technologi*, 2013 (11): 51-58

- Nedhuka, O., Kordyum, E., Bogatina, N., Sobol, M., Vorobyeva, T., dan Ovcharenko, Y. 2007. The Influence of Combined Magnetic Field on The Fusion of Plant Protoplast. *J.Gravit. Physiol*, 14: 117-118
- Nikolaos *et al* . 2015. Influence of Pulsed Electromagnetic Field on Plant Growth, Nutrien Absorption and Yield of Durum Wheat
- Nimmi, V. dan Madhu, G. 2009. Effect Of Pre-Sowing Treatment With Permanent Magnetic Field On Germination And Growth Of Chilli (*Capsicum annum. L.*). *Internasional Agrophysics*, 2009(23): 195-198
- Oryza A., Merry M., Tanti Kustiari. 2015. Analisis Faktor Internal dan Eksternal yang Mempengaruhi Perkembangan Agribisnis Tembakau di Kabupaten Jember. *Jurnal Ilmiah INOVASI*, 3 : 62-65
- OSHA. 2010. *Extremely Low Frequency (ELF) Radiation*. [Serial Online]. <https://www.osha.gov/SLTC/elfradiation/> . [Di akses 2 Desember 2017]
- Painan, Tanjung. 2015. https://www.kompasiana.com/painan/tembakau-sejarah-kandungan-dan-kegunaannya_557e15058efdfd6d05851d15. [Diakses tanggal 18 November 2017]
- Prawirohartono, Slamet. 2004. *Sains Biologi*. Bumi Aksara : Jakarta
- Princess. 2017. Teknis Budidaya Tembakau. <http://www.faunadanflora.com/teknis-budidaya-tanaman-tembakau/> [Diakses tanggal 19 November 2017]
- Răcuciu, M., Creangă, D. dan Horga, I. 2006. *Plant Growth Under Static Magnetic Field Influence. Rom.Journ.Phys*, 53(1-2): 353-359
- Repacholi, M.H. 2003. *WHO' s International EMF Project And Results So Far*. Proceedings of the International Conference on Non-Ionizing Radiation at UNITEN (ICNIR 2003) Electromagnetic Fields and Our Health. Geneva: World Health Organization
- Rohma, A., Sumardi, Ernawati, E. dan Agustrina, R. 2013. Pengaruh Medan Magnet Terhadap Aktivitas Enzim α -Amilase Pada Kecambah Kacang Merah Dan Kacang Buncis Hitam (*Phaseolus vulgaris L.*). *Seminar Nasional Sains dan Teknologi V. Lembaga Penelitian Universitas Lampung*: 344-352
- Saragih, H., J., dan Silaban, O. 2010. Meningkatkan Laju Pertumbuhan Kecambah Kedelai Dengan Berbantuan Medan Magnetik Statik. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*. UAI : Bandung

- Sarwate, V.V. 1993. *Electromagnetic Fields And Waves*. New Delhi: Wiley Eastern Limited
- Serway, R. a. & Jewett, J. W. 2004. *Physics for Scientists and Engineers 6 Edition*. Pomona: Thomson Brooks/cole
- Setyasih, Nevi. 2013. Pengaruh Medan Magnet 0,3mT terhadap Stomata Daun Tanaman Tomat. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung* hal. 437
- Shabrangi, A., Majd, A., Sheidai, M., Nabyouni, M., dan Dorrnian, D. 2010. Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields on The Antioxidant Enzymes Activity of C3 and C4 Plants, *Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceeding, Cambridge, USA*
- Sudarti dan Heliatin. 2005. The Effect Of Alteration 11-10 To The Immune Modulation Response On Bul/C Mice Exposed Extremely Low Frequency Magnetic Field 20 MT. *jurnal saintifika*, 6(1):46-44. Jember: Universitas jember
- Sudarti *et al.* 2017. Analysis of Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field Effect to Oyster Mushroom Productivity. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, Vol. 4(10). IJAERS
- Suharsimi, A. 2013. *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Pratik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sukoco, Agus. 2013. *Statistik Deskriptif*. - : -
- Supadma, A.A.N., Dharmayanti, N.K.S. dan Arthagama, I.D.M. 2013. Pengaruh Pemberian *Biourine* dan Dosis Pupuk Anorganik (N,P,K) Terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah Pegok dan Hasil Tanaman Bayam (*Amaranthus sp.*), *E-Jurnal Agroeknologi Tropika*, 2 (3): 165-174s
- Sutrisno dan Gie, T.I. 1979. *Fisika Dasar 1: Listrik Magnet dan Termofisika*. Bandung: ITB
- Swerdlow, A. J. 2006. *Power Frequency Electomagnetic Fields, Melatonin, and The Risk of Breast Cancer (Report of An Independent Advisory Group on Non-Ionizing Radiation)*. Series B: Radiation, Chemical and Enviromental Hazards. London: The Health Protection Agency.
- Tarigan, T. R. P. 2013. Studi Tingkat Radiasi Medan Elektromagnetik yang Ditimbulkan oleh Telepon Seluler. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*. 1(1).
- Tipler, P. A. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

- Ujváry, István. 1999. "Nicotine and Other Insecticidal Alkaloids". In Yamamoto, Izuru; Casida, John. *Nicotinoid Insecticides and the Nicotinic Acetylcholine Receptor*. Tokyo: Springer-Verlag. pp. 29–69
- Warintek, 2007. http://www.warintekjogja.com/warintek/warintekjogja/-warintek_v3/datadigital/bk/tembakau%20bantul.pdf. Tembakau Bantul. [Diakses tanggal 15 November 2017]
- Warintek. 2011. <http://warintek.bantulkab.go.id/web.php?mod=basisdata&kat=1&sub=2&file=32> . Budidaya Tanaman Tembakau Virginia. [Diakses tanggal 15 November 2017]
- Winandari,O.P, 2011. *Perkecambahan dan Pertumbuhan Tomat (Lycopersicum esculentum Mill.) di Bawah Pengaruh Lama Pemaparan Medan Magnet yang Berbeda. Skripsi*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- World Health Organizaion (WHO). 2007. *Enviromental Health Criteria 238, Extremely Low Frequency Field*. Geneva: WHO Press
- World Health Organizaion (WHO). 2014. *Enviromental Health Criteria Extremely Low Frequency Field*. Geneva: WHO Press
- Yalcin, S. dan Erdem, G. 2012. Biological Effect of Electromagnetic Fields (Review). *African Journal of Biotechnology* vol. 11(17) :3933-3941
- Young, H.G. 2012. *College Physics 9th Edition*. San Fransisco: Person Education, Inc.
- Yuhelsa P. *Et al.* 2015. Pengaruh Medan Magnet Solenoida Dan Perendaman Air Magnetisasi Terhadap Benih Kacang Kedelai (*Glicyne Max (L) Merril*) Kadaluarsa Varietas Tanggamus. *Jurnal Agroekotek*. Vol 7 No. 2 Hal : 153-159

LAMPIRAN A. MATRIK PENELITIAN

JUDUL	RUMUSAN MASALAH	VARIABEL	INDIKATOR	SUMBER DATA	METODE PENELITIAN
Analisis Dampak Paparan Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) pada Biji Tembakau Terhadap Pertumbuhan Benih Tembakau	1. Apakah paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap tinggi benih tembakau <i>Nicotiana tabacum</i> ? 2. Apakah paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap jumlah daun benih tanaman tembakau <i>Nicotiana tabacum</i> ?	a. Variabel Bebas (Independen Variable) Lama Pemaparan Medan Magnet 300 μ T : 45Menit 60 Menit Lama Pemaparan Medan Magnet 500 μ T : 45 menit 60 menit Lama Pemaparan Medan Magnet 700 μ T :	1. Lama paparan medan magnet 300 μ T (45 menit dan 60 menit), 500 μ T (45 menit dan 60 menit), dan 700 μ T (45 menit dan 60 menit) 2. Tinggi benih 3. Jumlah Daun	1. Hasil pengukuran medan magnet pada biji tembakau 2. Sumber rujukan berupa jurnal, buku, skripsi, dan lain-lain	1. Jenis penelitian: • Deskriptif 2. Tempat Penelitian: • Labotarorium Fisika FKIP Universitas Jember • <i>GreenHouse</i> Fakultas Pertanian Universitas Jember

		<p>45 menit 60 menit</p> <p>b. Variabel Terikat (Dependen Variable) Tinggi Tanaman dan Jumlah daun</p> <p>c. Variabel Kontrol</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alat ukur medan magnet tipe EMF-827 atau <i>Electromagnetic Radiation Tester</i> versi 3120-EN-00. 		<p>3. Metode</p> <p>Pengumpulan Data:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observasi • Pengukuran • Dokumentasi
--	--	--	--	--

LAMPIRAN B. SURAT IZIN PENELITIAN

a. Surat Izin Penelitian Ketua Lab Pendidikan Fisika

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
 Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121
 Telepon: 0331- 334988, 330738 Faks: 0331-332475
 Laman: www.fkip.unej.ac.id

Nomor **1232** UN25.1.5/LT/2018 08 FEB 2018
 Lampiran : -
 Perihal : **Permohonan Izin Penelitian**

Yth. Ketua Laboratorium Program Studi Pendidikan Fisika
 FKIP Universitas Jember
 di -
 Jember

Dalam rangka memperoleh data-data yang diperlukan untuk penyusunan Skripsi, mahasiswa FKIP Universitas Jember di bawah ini :

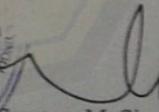
Nama : Fatholla Fuad
 NIM : 140210102016
 Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
 Program Studi : Pendidikan Fisika

Bermaksud melakukan penelitian tentang “Analisis Dampak Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) pada Biji Tembakau Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tembakau” di Laboratorium Fisika Dasar dan Laboratorium Elektromagnetik Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember pada bulan Februari – April 2018.

Sehubungan dengan hal tersebut, mohon Saudara berkenan memberikan izin dan sekaligus memberikan bantuan informasi yang diperlukan.

Demikian atas perkenan dan kerjasama yang baik kami sampaikan terima kasih.

a.n. Dekan
 Wakil Dekan I,


 Dr. Suratno, M. Si.
 NIP.19670625 199203 1 003

b. Surat Izin Penelitian Ketua Lab Pendidikan Biologi



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
 Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121
 Telepon: 0331- 334988, 330738 Faks: 0331-332475
 Laman: www.fkip.unej.ac.id

Nomor **7232/UN25.1.5/LT/2018** **08 FEB 2018**
 Lampiran : -
 Perihal : **Permohonan Izin Penelitian**

Yth. Ketua Laboratorium Program Studi Pendidikan Biologi
 FKIP Universitas Jember
 di -
 Jember

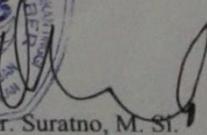
Dalam rangka memperoleh data-data yang diperlukan untuk penyusunan Skripsi, mahasiswa FKIP Universitas Jember di bawah ini :

Nama : Fatholla Fuad
 NIM : 140210102016
 Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
 Program Studi : Pendidikan Fisika

Bermaksud melakukan penelitian tentang **“Analisis Dampak Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) pada Biji Tembakau Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tembakau”** di *Greenhouse* Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember pada bulan Februari – April 2018.

Sehubungan dengan hal tersebut, mohon Saudara berkenan memberikan izin dan sekaligus memberikan bantuan informasi yang diperlukan.

Demikian atas perkenan dan kerjasama yang baik kami sampaikan terima kasih.

a.n. Dekan
 Wakil Dekan I,

Prof. Dr. Suratno, M. Si.
 NIP.19670625 199203 1 003

16	2,6	2,3	4,1	4,3								
17	2,6	2,5	4,3	4,3								
18	2,4	2,3	4,1	4,2								
19	2,3	2,5	4,2	4,3								
20	2,4	2,2	4,2	4,4								
Rata-rata	2,53	2,52	4,23	4,3	6,3	6,34	7,82	8	8,76	8,94	9,44	9,7

Pengukuran Tinggi Tanaman pada Kelas Kontrol						
Tanaman ke	Minggu ke 2	Minggu ke 3	Minggu ke 4	Minggu ke 5	Minggu ke 6	Minggu ke 7
1	2,2	4,2	5,8	6,8	7,6	8,5
2	2,3	4,3	6	6,7	7,5	8,3
3	2,3	4,1	6	6,8	7,8	8,7
4	2,2	4,3	6,3	7,2	7,8	8,8
5	2,3	4,2	6,2	7	7,9	8,5
6	2,3	3,8	6,3	7,2		
7	2,3	4,1	6,2	6,8		
8	2,3	4,2	5,9	6,4		
9	2,1	4	6	7,3		
10	2,3	4,3	6,3	7,6		
11	2,3	4,1				
12	2,3	4,3				
13	2,4	4,2				

14	2,2	4				
15	2,3	4,2				
16	2,4	4				
17	2,2	4,1				
18	2,3	4,2				
19	2,3	4,2				
20	2,4	4				
Rata-rata	2,32	4,21	6,1	6,98	7,72	8,65

2. Pengukuran Jumlah Daun

Pengukuran Jumlah Daun pada 700 μ T												
Tanaman ke	Minggu ke 2		Minggu ke 3		Minggu ke 4		Minggu ke 5		Minggu ke 6		Minggu ke 7	
	45'	60'	45'	60'	45'	60'	45'	60'	45'	60'	45'	60'
1	2	2	2	3	3	3	4	4	5	4	5	5
2	2	2	3	3	4	3	4	4	5	4	6	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	4	5	5	5
4	2	2	3	2	4	3	5	4	5	5	6	6
5	2	2	3	3	4	4	5	5	5	5	6	6
6	2	2	3	3	3	4	5	5				
7	2	2	3	3	3	4	4	4				
8	2	2	2	3	3	4	4	5				
9	2	2	3	2	3	3	5	4				
10	2	2	3	3	4	4	4	5				

11	2	2	3	3								
12	2	2	3	3								
13	2	2	3	3								
14	2	2	3	3								
15	2	2	3	3								
16	2	2	2	3								
17	2	2	3	3								
18	2	2	3	3								
19	2	2	2	3								
20	2	2	3	3								
Rata-rata	2	2	3	3	4	3	4	4	5	5	6	5

Pengukuran Jumlah Daun pada 500 μ T												
Tanaman ke	Minggu ke 2		Minggu ke 3		Minggu ke 4		Minggu ke 5		Minggu ke 6		Minggu ke 7	
	45'	60'	45'	60'	45'	60'	45'	60'	45'	60'	45'	60'
1	2	2	3	3	4	5	5	6	6	7	6	8
2	2	3	3	4	5	5	6	6	7	6	7	7
3	2	2	4	4	4	6	5	7	6	7	7	8
4	2	3	3	4	4	5	5	6	5	7	6	8
5	2	2	4	3	5	5	6	7	7	7	7	7
6	2	3	3	4	5	5	6	7				
7	2	3	3	4	4	5	6	6				
8	2	2	4	4	5	5	5	7				
9	2	3	3	4	4	6	6	7				

10	2	2	3	4	4	5	6	6				
11	2	2	3	3								
12	2	3	3	4								
13	2	2	3	3								
14	2	3	3	4								
15	2	2	3	3								
16	2	3	3	4								
17	2	3	3	4								
18	2	2	3	3								
19	2	3	3	4								
20	2	2	3	3								
Rata-rata	2	3	3	4	4	5	6	7	6	7	7	8

Pengukuran Jumlah Daun pada 300 μ T												
Tanaman ke	Minggu ke 2		Minggu ke 3		Minggu ke 4		Minggu ke 5		Minggu ke 6		Minggu ke 7	
	45'	60'	45'	60'	45'	60'	45'	60'	45'	60'	45'	60'
1	2	2	3	2	3	4	5	5	6	6	6	7
2	2	2	3	3	4	3	5	5	6	6	6	6
3	2	2	2	3	3	4	4	4	6	5	6	6
4	2	2	2	2	4	4	6	6	7	7	7	8
5	2	2	3	3	4	3	5	5	6	6	7	7
6	2	2	3	3	4	4	4	5				
7	2	2	3	2	4	4	5	6				
8	2	2	2	3	4	4	6	5				

9	2	2	3	2	3	4	5	5				
10	2	2	3	3	3	3	6	4				
11	2	2	3	2								
12	2	2	3	3								
13	2	2	2	3								
14	2	2	2	3								
15	2	2	3	3								
16	2	2	3	3								
17	2	2	3	2								
18	2	2	2	3								
19	2	2	3	3								
20	2	2	3	3								
Rata-rata	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	6	7

Pengukuran Jumlah Daun pada Kelas Kontrol						
Tanaman ke	Minggu ke 2	Minggu ke 3	Minggu ke 4	Minggu ke 5	Minggu ke 6	Minggu ke 7
1	2	3	3	4	4	5
2	2	3	4	5	5	6
3	2	3	3	4	5	5
4	2	2	3	4	5	5
5	2	2	3	5	5	6
6	2	2	3	4		
7	2	3	4	4		

8	2	3	3	4		
9	2	3	4	5		
10	2	3				
11	2	3				
12	2	3				
13	2	2				
14	2	3				
15	2	3				
16	2	3				
17	2	3				
18	2	3				
19	2	2				
20	2	2				
Rata-rata	2	3	3	4	5	5

3. Pengukuran Lebar Daun

Hasil Pengukuran Lebar Daun (cm) pada Minggu ke 7																	
Perlakuan	Lama Paparan	Tanaman 1			Tanaman 2			Tanaman 3			Tanaman 4			Tanaman 5			Rata-Rata
		Daun 1	Daun 2	Daun 3	Daun 1	Daun 2	Daun 3	Daun 1	Daun 2	Daun 3	Daun 1	Daun 2	Daun 3	Daun 1	Daun 2	Daun 3	
300 μ T	45'	5	4,9	4,5	5	4,7	4,3	4,9	4,6	4,1	5	4,7	4,3	4,9	4,5	4,2	4,64
	60'	5	5	4,6	5,1	4,8	4,6	4,8	4,4	4	4,9	4,5	4,2	5	4,6	4,3	4,65
500 μ T	45'	5	5	4,5	5,2	5	4,6	4,9	4,6	4,2	4,9	4,6	4,2	5,1	4,8	4,5	4,73
	60'	5,1	5	4,7	5,5	4,8	4,5	5,1	4,7	4,3	5,3	4,9	4,5	5,2	4,8	4,6	4,85

700 μ T	45'	4,9	4,9	4,6	4,9	4,7	4,2	4,9	4,6	4,2	5	4,6	4,2	4,9	4,6	4,2	4,63
	60'	5	4,9	4,5	5	4,6	4,2	4,8	4,5	4,1	4,9	4,5	4,2	5	4,5	4,1	4,59
Kontrol		4,9	4,8	4,4	4,8	4,5	4,1	4,6	4,2	3,9	4,7	4,4	4	4,8	4,4	4,1	4,44

Hasil Pengukuran Lebar Daun (cm) pada minggu ke 7							
Perlakuan	Lama Paparan	Tanaman 1	Tanaman 2	Tanaman 3	Tanaman 4	Tanaman 5	rata-rata
300 μ T	45'	4,8	4,67	4,53	4,67	4,53	4,64
	60'	4,87	4,83	4,40	4,53	4,63	4,65
500 μ T	45'	4,83	4,87	4,57	4,57	4,80	4,73
	60'	4,93	4,83	4,70	4,90	4,87	4,85
700 μ T	45'	4,80	4,60	4,57	4,60	4,57	4,63
	60'	4,80	4,60	4,47	4,53	4,53	4,59
Kontrol		4,70	4,47	4,23	4,37	4,43	4,44

4. Pengukuran Panjang Daun

Hasil Pengukuran Panjang Daun (cm) pada Minggu ke 7																	
Perlakuan	Lama Paparan	Tanaman 1			Tanaman 2			Tanaman 3			Tanaman 4			Tanaman 5			Rata-Rata
		Daun 1	Daun 2	Daun 3	Daun 1	Daun 2	Daun 3	Daun 1	Daun 2	Daun 3	Daun 1	Daun 2	Daun 3	Daun 1	Daun 2	Daun 3	
300 μ T	45'	8,7	8,2	7,5	8,1	7,5	6,9	8,3	7,6	6,9	8,3	7,7	6,9	8,5	7,8	7,2	7,74
	60'	8,8	8	7,6	8,1	7,5	6,8	8,2	7,6	6,9	8,3	7,8	7,2	8,5	7,9	7,2	7,76
500 μ T	45'	9	8,2	7,8	8,2	7,5	6,9	8,5	7,7	7	8,5	7,8	7	8,8	8,2	7,6	7,91
	60'	9,3	8,3	7,8	8,4	7,8	7,2	8,5	7,8	7,1	8,8	8	7,4	9	8,3	7,6	8,09

700 μ T	45'	8,7	8,1	7,6	8,2	7,6	7	8,3	7,5	7	8,2	7,6	6,8	8,5	7,8	7,1	7,73
	60'	8,7	8	7,5	8,1	7,5	6,9	8,3	7,6	6,9	8,3	7,6	7	8,4	7,6	7	7,69
Kontrol		8,4	7,6	7,2	8	7,4	6,8	8,1	7,5	6,8	8,1	7,5	6,9	8,4	7,6	7	7,55

Hasil Pengukuran Panjang Daun (cm) pada minggu ke 7							
Perlakuan	Lama Paparan	Tanaman 1	Tanaman 2	Tanaman 3	Tanaman 4	Tanaman 5	rata-rata
300 μ T	45'	8,13	7,50	7,60	7,63	7,83	7,74
	60'	8,13	7,47	7,57	7,77	7,87	7,76
500 μ T	45'	8,33	7,53	7,73	7,77	8,20	7,91
	60'	8,47	7,80	7,80	8,07	8,30	8,09
700 μ T	45'	8,13	7,60	7,60	7,53	7,80	7,73
	60'	8,07	7,50	7,60	7,63	7,67	7,69
Kontrol		7,73	7,40	7,47	7,50	7,67	7,55

5. Pengukuran Ketebalan Daun

Hasil Pengukuran Ketebalan Daun (mm) pada Minggu ke 7																	
Perlakuan	Lama Paparan	Tanaman 1			Tanaman 2			Tanaman 3			Tanaman 4			Tanaman 5			Rata-Rata
		Daun 1	Daun 2	Daun 3	Daun 1	Daun 2	Daun 3	Daun 1	Daun 2	Daun 3	Daun 1	Daun 2	Daun 3	Daun 1	Daun 2	Daun 3	
300 μ T	45'	0,45	0,43	0,4	0,43	0,4	0,38	0,43	0,41	0,39	0,45	0,43	0,4	0,44	0,41	0,37	0,41
	60'	0,46	0,43	0,39	0,42	0,4	0,39	0,44	0,41	0,39	0,45	0,43	0,41	0,45	0,43	0,4	0,42
500 μ T	45'	0,46	0,44	0,4	0,43	0,4	0,38	0,44	0,42	0,4	0,46	0,44	0,41	0,45	0,42	0,4	0,42

	60'	0,46	0,44	0,41	0,45	0,42	0,4	0,45	0,43	0,41	0,45	0,43	0,41	0,46	0,44	0,41	0,43
700 μ T	45'	0,45	0,43	0,4	0,44	0,41	0,37	0,42	0,4	0,38	0,44	0,42	0,4	0,42	0,4	0,38	0,41
	60'	0,46	0,43	0,39	0,43	0,39	0,38	0,43	0,41	0,38	0,45	0,43	0,41	0,44	0,41	0,37	0,41
Kontrol		0,45	0,42	0,37	0,42	0,37	0,35	0,43	0,39	0,37	0,43	0,4	0,38	0,43	0,41	0,37	0,40

Hasil Pengukuran Ketebalan Daun (mm) pada minggu ke 7							
Perlakuan	Lama Paparan	Tanaman 1	Tanaman 2	Tanaman 3	Tanaman 4	Tanaman 5	rata-rata
300 μ T	45'	0,43	0,40	0,41	0,43	0,41	0,41
	60'	0,43	0,40	0,41	0,43	0,43	0,42
500 μ T	45'	0,43	0,40	0,42	0,44	0,42	0,42
	60'	0,44	0,42	0,43	0,43	0,44	0,43
700 μ T	45'	0,43	0,41	0,40	0,42	0,40	0,41
	60'	0,43	0,40	0,41	0,43	0,41	0,41
Kontrol		0,41	0,38	0,40	0,40	0,40	0,40

6. Pengukuran Massa Basah Daun

Hasil Pengukuran Massa Basah (gram) pada Minggu ke 7							
Perlakuan	Lama Paparan	Tanaman 1	Tanaman 2	Tanaman 3	Tanaman 4	Tanaman 5	rata-rata
300 μ T	45'	2,18	1,44	1,98	1,69	1,6	1,78
	60'	2,15	1,57	2,03	1,74	1,65	1,83
500 μ T	45'	2,25	1,64	2,18	1,68	1,7	1,89
	60'	2,27	1,96	2,36	1,8	1,74	2,03

700 μ T	45'	2,2	1,6	2,1	1,6	1,49	1,80
	60'	2,16	1,52	2,11	1,46	1,51	1,75
Kontrol		2,06	1,4	1,92	1,06	1,34	1,56

7. Pengukuran Massa Kering Daun

Hasil Pengukuran Massa Kering (gram)							
Perlakuan	Lama Paparan	Tanaman 1	Tanaman 2	Tanaman 3	Tanaman 4	Tanaman 5	rata-rata
300 μ T	45'	0,2	0,13	0,19	0,14	0,15	0,16
	60'	0,21	0,16	0,2	0,18	0,14	0,18
500 μ T	45'	0,22	0,18	0,22	0,18	0,16	0,19
	60'	0,25	0,21	0,23	0,2	0,19	0,22
700 μ T	45'	0,2	0,18	0,21	0,15	0,13	0,17
	60'	0,19	0,14	0,18	0,13	0,13	0,15
Kontrol		0,17	0,13	0,15	0,13	0,12	0,14

LAMPIRAN D. DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar 1 Pemaparan Medan Magnet ELF



Gambar 2 Perkecambahan Biji Tembakau setelah paparan



Gambar 3 Pertumbuhan Biji setelah beberapa hari



Gambar 4 Pertumbuhan Biji setelah beberapa minggu



Gambar 5 Pertumbuhan Benih pada Minggu ke 7



Gambar 10 Pengukuran Massa Basah



Gambar 6 Pengukuran Massa Kering



Gambar 7 Pengukuran Tinggi