



**APLIKASI MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY*
(ELF) 100 μ T DAN 300 μ T PADA PERTUMBUHAN
TANAMAN TOMAT RANTI**

SKRIPSI

Oleh

Reza Emelia Yuni Wulan Sari

NIM 100210102090

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

2015



**APLIKASI MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY*
(ELF) 100 μ T DAN 300 μ T PADA PERTUMBUHAN
TANAMAN TOMAT RANTI**

SKRIPSI

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

Oleh

Reza Emelia Yuni Wulan Sari

NIM 100210102090

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

2015

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Susiani dan Ayahanda Edy Suryanto tercinta. Terima kasih atas untaian dzikir dan do'a yang telah mengiringi langkahku selama menuntut ilmu, dukungan, kegigihan, kesabaran, pengorbanan serta curahan kasih sayang yang telah diberikan selama ini;
2. Guru-guruku sejak TK sampai SMA dan dosen-dosenku yang telah memberikan ilmu, membimbing dengan penuh kesabaran dan keikhlasan hati;
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

MOTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari satu urusan) kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.”
(Q.S. Al-Insyirah: 6-8)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Reza Emelia Yuni Wulan Sari

NIM : 100210102090

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Aplikasi Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 100 μT dan 300 μT Pada Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuafian kutipan sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, 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 mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2015

Yang menyatakan,

Reza Emelia Yuni Wulan Sari
NIM 100210102090

SKRIPSI

**APLIKASI MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY*
(ELF) 100 μ T DAN 300 μ T PADA PERTUMBUHAN
TANAMAN TOMAT RANTI**

Oleh

Reza Emelia Yuni Wulan Sari
NIM 100210102090

Pembimbing

Dosen Pembimbing I : Drs. Trapsilo Prihandono M. Si

Dosen Pembimbing II : Dr. Sudarti M. Kes

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “ Aplikasi Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 100 μ T dan 300 μ T Pada Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 25 Juni 2015

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Drs. Agus Abdul Gani, M.Si
NIP 19570801 198403 1 004

Dr. Sudarti, M.Kes
NIP 19620123 1988022 001

Anggota I,

Anggota II,

Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si
NIP 19620401 1987021 001

Rif'ati Dina Handayani, S.Pd., M.Si
NIP 19810205 200604 2 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember,

Prof. Dr. Sunardi, M.Pd
NIP. 195405011983031005

RINGKASAN

Aplikasi Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 100 μ T dan 300 μ T Pada Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti; Reza Emelia Yuni Wulan Sari ; 100210102090; 2015: **69 Halaman**; Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Magnet merupakan suatu yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan kita.

Medan magnetik merupakan komponen dari gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik terdiri dari komponen medan magnet dan medan listrik. 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 magnetik 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). Sebagai organisme yang tidak dapat berpindah tempat, pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, salah satunya adalah keberadaan medan magnet (Adjis, 1987 dalam Rohma dkk, 2013). Banyak penelitian telah dilakukan dengan melihat respon tanaman yang diberikan medan magnet.

Tujuan dilakukanya penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet *Extremely low Frequency* (ELF) intensitas 100 μ T dan 300 μ T terhadap proses pertumbuhan tanaman tomat ranti, mengkaji pengaruh lama paparan medan magnet *Extremely low Frequency* (ELF) intensitas 100 μ T dan 300 μ T secara intermiten 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti, dan menentukan paparan efektif medan magnet *Extremely low Frequency* (ELF) terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen laboratorium. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah tanaman tomat dengan jenis ranti. Biji tomat ranti yang telah direndam kemudian diletakkan pada cawan untuk diberikan perlakuan medan magnet. Terdapat 9 cawan, 1 cawan untuk kelompok kontrol.

Kelompok kontrol merupakan kelompok yang tidak diberikan perlakuan. Kelompok eksperimen terdapat 8 cawan, yakni 4 cawan untuk kelompok 100 μT dan 4 cawan untuk kelompok 300 μT . Waktu yang digunakan untuk lama paparan yakni 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit pada kelompok eksperimen, sedangkan kelompok kontrol tanpa diberikan perlakuan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh paparan medan magnet intensitas 100 μT dan 300 μT terhadap pertumbuhan tomat ranti, terbukti pemberian perlakuan dengan paparan medan magnet ELF 300 μT telah mempercepat laju pertumbuhan. Zat besi merupakan salah satu nutrisi yang bersifat feromagnetik yang terkandung dalam tomat ranti. Bahan feromagnetik merupakan bahan yang mempunyai resultan medan atomis yang besar. Pada bahan feromagnetik banyak spin elektron yang tidak berpasangan. Masing-masing spin elektron yang tidak berpasangan ini akan memberikan medan magnet sehingga total medan magnet yang dihasilkan oleh suatu atom lebih besar. Medan magnet yang dihasilkan akan mengendalikan dan mengubah laju pergerakan elektron dalam sel secara signifikan sehingga berbagai proses metabolisme dalam sel dapat dipengaruhi. Dalam proses metabolisme enzim α -amilase merupakan enzim yang berperan dalam proses perkecambahan tumbuhan. Semakin besar medan magnet yang dihasilkan akan memacu laju pergerakan enzim α -amilase dalam perkecambahan sehingga metabolisme menjadi lebih cepat.

Kesimpulan semakin besar intensitas paparan medan magnet ELF maka semakin cepat laju pertumbuhan tomat ranti, dan semakin lama paparan medan magnet ELF semakin mempercepat laju pertumbuhan tanaman tomat ranti. Sehingga pada dosis 300 μT dan waktu 60 menit tanaman tomat ranti lebih tumbuh maksimal dibandingkan dengan dosis yang lain.

PRAKATA

Segala puji dan syukur Alhamdulillah atas berkah dan rahmat, serta hidayah Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Aplikasi Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 100 μT dan 300 μT Pada Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak berikut ini.

1. Prof. Dr. Sunardi, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember; Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes. selaku Kepala Jurusan Pendidikan MIPA; Dr. Yushardi, S.Si. M.Si, selaku Kepala Program Studi Fisika.
2. Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si, selaku Dosen Pembimbing I dan Dr. Sudarti, M.Kes, selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan untuk menyelesaikan skripsi ini,
3. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan bekal ilmu selama menyelesaikan studi di Pendidikan Fisika;
4. Keluarga kecilku penghuni kos Bangka Raya 10, Viajeng, Erna, Erin, Sayidati, Yhosi yang telah menjadi keluarga di Jember. Terima kasih kalian telah membantu dan memberi semangat yang tulus;
5. Teman-teman angkatan 2010 terima kasih atas kebersamaan serta pengalaman selama masa perkuliahan;
6. Serta seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu dan mendukung terselesainya skripsi ini.

Besar harapan penulis bila segenap pembaca memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, Juni 2015

Penulis



DAFTAR ISI

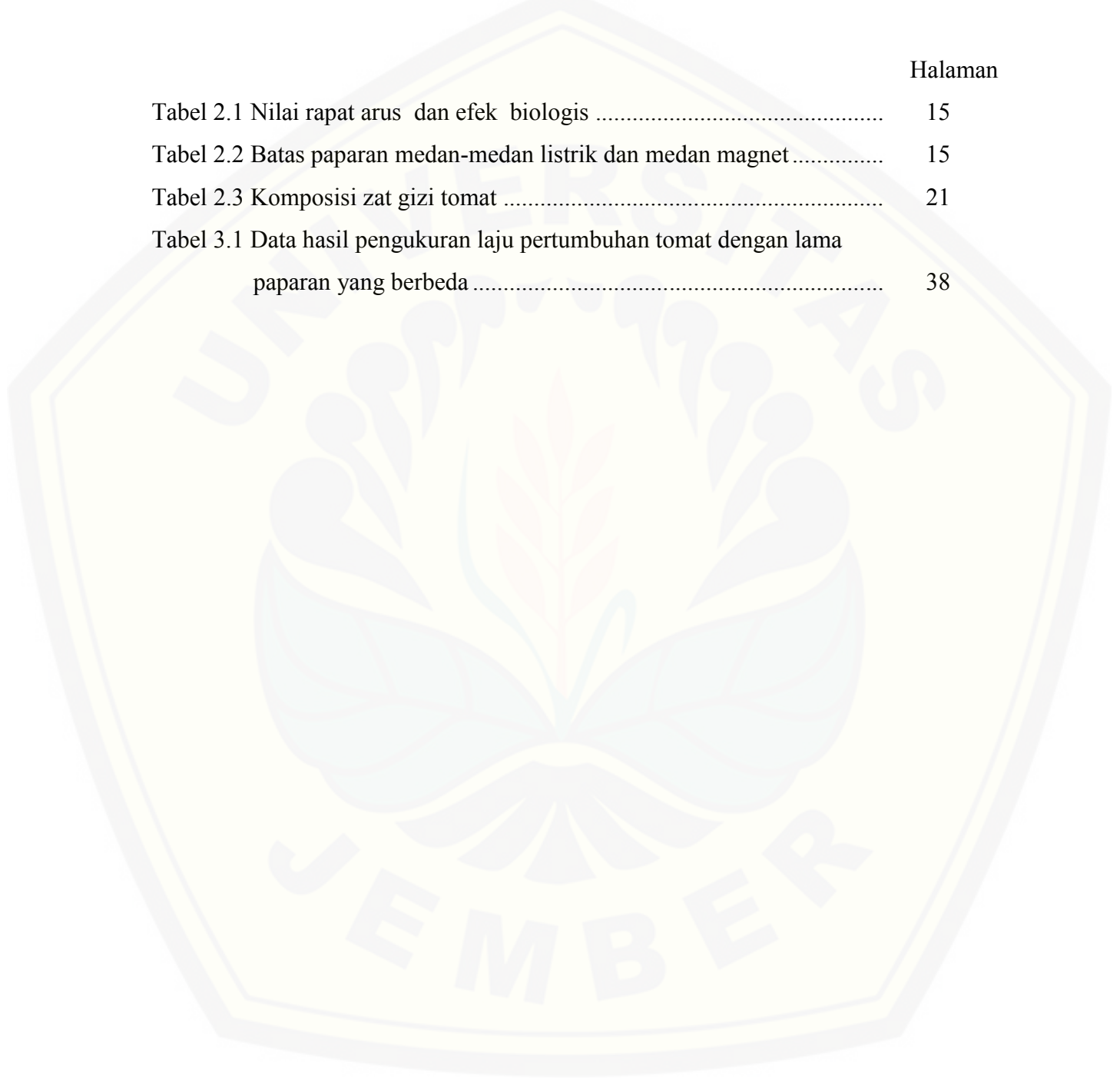
| | Halaman |
|--|-----------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGAJUAN | ii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iii |
| HALAMAN MOTO | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN..... | v |
| HALAMAN PEMBIMBINGAN..... | vi |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | vii |
| RINGKASAN | viii |
| PRAKATA..... | ix |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR GAMBAR..... | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 4 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 5 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA..... | 6 |
| 2.1 Persamaan Maxwell..... | 6 |
| 2.2 Gelombang Elektromagnetik..... | 9 |
| 2.3 Gelombang Elektromagnetik ELF | 10 |
| 2.3.1 Komponen Gelombang Elektromagnetik | 11 |
| 2.3.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik | 12 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4 Sumber Gelombang Elektromagnetik ELF | 13 |
| 2.5 Batas Paparan Medan Magnet terhadap Kesehatan | 14 |
| 2.6 Hasil Penelitian Medan Elektromagnetik ELF | 15 |
| 2.6.1 Hasil Penelitian pada Sel Manusia | 15 |
| 2.6.2 Hasil Penelitian pada Hewan | 17 |
| 2.6.3 Hasil Penelitian pada Tumbuhan | 18 |
| 2.7 Tomat (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill)..... | 18 |
| 2.7.1 Klasifikasi Tanaman Tomat | 19 |
| 2.7.2 Manfaat dan Kandungan Tanaman tomat | 20 |
| 2.7.3 Jenis-jenis Tomat | 21 |
| 2.7.4 Tomat Ranti | 24 |
| 2.8 Hipotesis Penelitian..... | 26 |
| BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN..... | 27 |
| 3.1 Jenis Penelitian..... | 27 |
| 3.2 Tempat Penelitian | 27 |
| 3.3 Identifikasi Variabel | 27 |
| 3.4 Desain Penelitian..... | 27 |
| 3.5 Definisi Operasional Variabel..... | 31 |
| 3.6 Alat dan Bahan Penelitian | 31 |
| 3.6.1 Alat | 31 |
| 3.6.2 Bahan | 33 |
| 3.7 Prosedur Penelitian | 33 |
| 3.7.1 Penentuan Sampel | 33 |
| 3.7.2 Perendaman | 34 |
| 3.7.3 Pemaparan | 34 |
| 3.7.4 Penyemaian | 34 |
| 3.7.5 Penanaman | 35 |
| 3.7.6 Bagan Prosedur Penelitian | 35 |

| | |
|--|-----------|
| 3.8 Metode Analisa Data | 36 |
| 3.8.1 Perhitungan Berulang pada Pengukuran | 37 |
| 3.9 Instrumen Pengumpulan Data | 39 |
| 3.9.1 Instrumen Paparan Medan Magnet ELF | 39 |
| 3.9.2 Instrumen Pengukuran Pertumbuhan Tomat | 39 |
| 3.10 Kerangka Konseptual | 41 |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN | 42 |
| 4.1 Hasil Penelitian | 42 |
| 4.1.1 Prosedur Penelitian | 42 |
| 4.1.2 Hasil Pengamatan Aplikasi Paparan Medan Magnet ELF Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti . | 45 |
| 4.1.3 Hasil Pengukuran Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti Dengan Paparasi Medan Magnet ELF | 55 |
| 4.2 Pembahasan..... | 61 |
| 4.2.1 Pembahasan Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF Intensitas 100 μ t dan 300 μ t Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti | 61 |
| 4.2.2 Pembahasan Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet ELF Secara Intermiten 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit Terhadap Pertumbuhan Tomat Ranti | 64 |
| 4.2.3 Pembahasan Paparan Efektif Medan Magnet ELF yang Berpengaruh Terhadap Pertumbuhan Tomat Ranti..... | 65 |
| BAB 5. PENUTUP..... | 66 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 66 |
| 5.2 Saran | 66 |
| DAFTAR PUSTAKA | 67 |
| LAMPIRAN-LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1 Nilai rapat arus dan efek biologis | 15 |
| Tabel 2.2 Batas paparan medan-medan listrik dan medan magnet | 15 |
| Tabel 2.3 Komposisi zat gizi tomat | 21 |
| Tabel 3.1 Data hasil pengukuran laju pertumbuhan tomat dengan lama paparan yang berbeda | 38 |



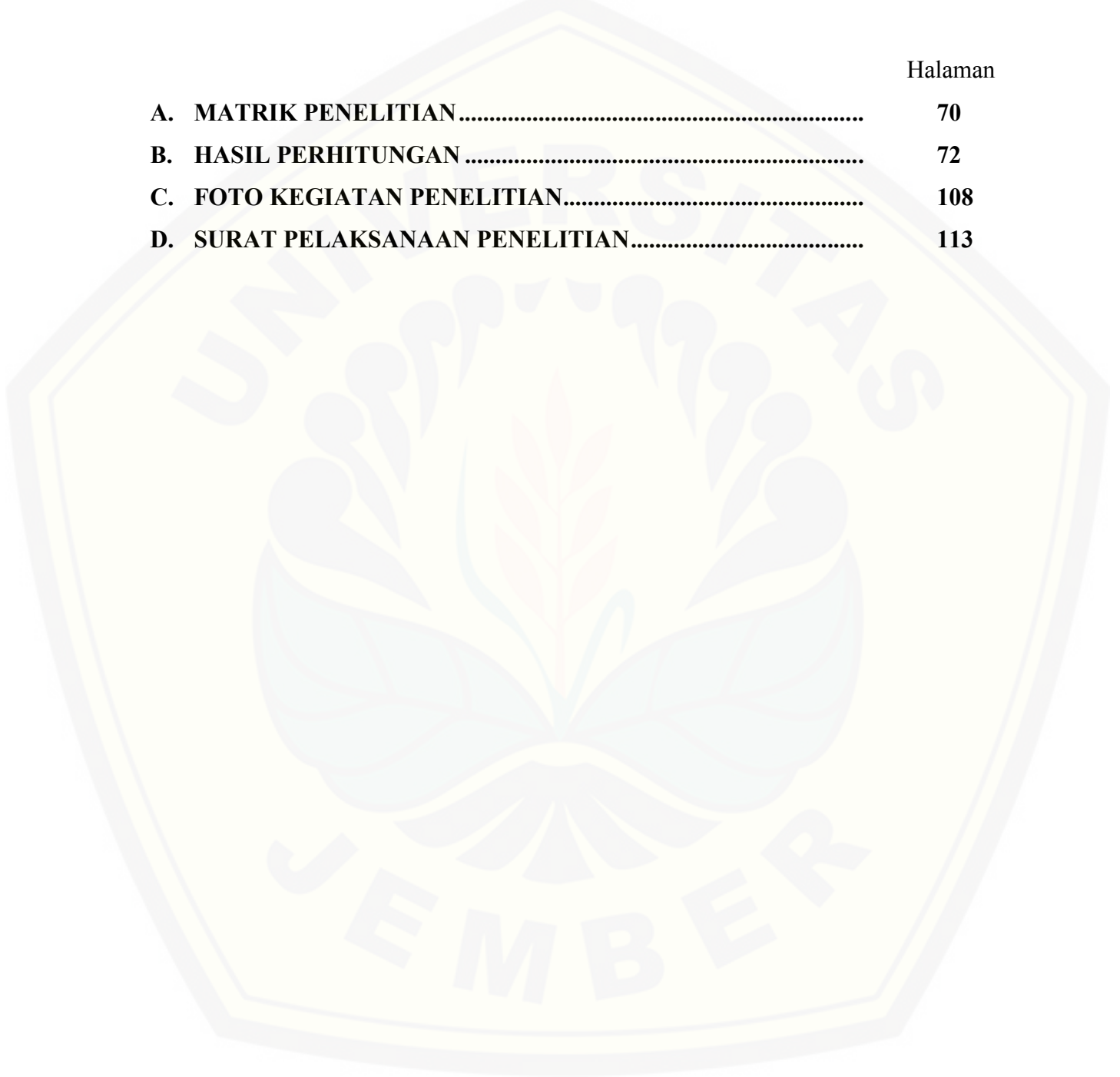
DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Garis Gaya Magnet..... | 10 |
| Gambar 2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik..... | 13 |
| Gambar 2.3 Tomat Ranti..... | 25 |
| Gambar 3.1 Desain Penelitian..... | 28 |
| Gambar 3.2 <i>Current Transformer</i> (CT)..... | 32 |
| Gambar 3.3 Bagan Prosedur Penelitian..... | 36 |
| Gambar 3.4 <i>Current Transformer</i> (CT)..... | 39 |
| Gambar 3.5 Kerangka Konseptual..... | 41 |
| Gambar 4.1 Kemasan Benih Tomat Ranti..... | 40 |
| Gambar 4.2 Proses Perendaman Biji tomat Ranti..... | 42 |
| Gambar 4.3 Proses Pemaparan Pada Kelompok Eksperimen..... | 42 |
| Gambar 4.4 Proses Penyemaian Biji Tomat Ranti..... | 43 |
| Gambar 4.5 Proses Pemindahan Dalam Polibag Pada Hari ke-10..... | 43 |
| Gambar 4.6 Kelompok Kontrol..... | 44 |
| Gambar 4.7 Kelompok E.100.15..... | 44 |
| Gambar 4.8 Kelompok E.100.30..... | 44 |
| Gambar 4.9 Kelompok E.100.45..... | 44 |
| Gambar 4.10 Kelompok E.100.60..... | 45 |
| Gambar 4.11 Kelompok E.300.15..... | 45 |
| Gambar 4.12 Kelompok E.300.30..... | 45 |
| Gambar 4.13 Kelompok E.300.45..... | 45 |
| Gambar 4.14 Kelompok E.300.60..... | 45 |
| Gambar 4.15 Proses Analisa Jumlah Daun Pada Hari ke-20..... | 47 |
| Gambar 4.16 Proses Analisa Massa Tanaman Pada Hari ke-20..... | 47 |
| Gambar 4.17 Proses Analisa Panjang Tanaman Pada Hari ke-20..... | 48 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.18 Proses Analisa Jumlah Daun Pada Hari ke-40..... | 49 |
| Gambar 4.19 Proses Analisa Massa Tanaman Pada Hari ke-40..... | 49 |
| Gambar 4.20 Proses Analisa Panjang Tanaman Pada Hari ke-40..... | 50 |
| Gambar 4.21 Kelompok Kontrol..... | 51 |
| Gambar 4.22 Kelompok E.100.15 | 51 |
| Gambar 4.23 Kelompok E.100.30 | 51 |
| Gambar 4.24 Kelompok E.100.45 | 51 |
| Gambar 4.25 Kelompok E.100.60 | 51 |
| Gambar 4.26 Kelompok E.300.15 | 51 |
| Gambar 4.27 Kelompok E.300.30 | 52 |
| Gambar 4.28 Kelompok E.300.45 | 52 |
| Gambar 4.29 Kelompok E.300.60 | 52 |
| Gambar 4.30 Kelompok Tanaman Muncul Bunga | 53 |
| Gambar 4.31 Grafik Jumlah Daun Tomat Ranti (Hari Ke-20) | 53 |
| Gambar 4.32 Grafik Massa Tanaman Tomat Ranti (Hari Ke-20) | 54 |
| Gambar 4.33 Grafik Panjang Tanaman Tomat Ranti(Hari Ke-20) | 55 |
| Gambar 4.34 Grafik Jumlah Daun Tomat Ranti (Hari Ke-40) | 56 |
| Gambar 4.35 Grafik Massa Tanaman Tomat Ranti (Hari Ke-40) | 58 |
| Gambar 4.36 Grafik Panjang Tanaman Tomat Ranti (Hari Ke-40) | 59 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|------------|
| A. MATRIK PENELITIAN..... | 70 |
| B. HASIL PERHITUNGAN | 72 |
| C. FOTO KEGIATAN PENELITIAN..... | 108 |
| D. SURAT PELAKSANAAN PENELITIAN..... | 113 |



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Magnet merupakan suatu yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan kita. Bumi yang kita diami adalah suatu medan magnet yang sangat besar. Bintang-bintang seperti matahari yang memberikan kehidupan pada makhluk hidup di bumi juga merupakan suatu magnet yang besar. Sesungguhnya keseluruhan bumi kita ini ditembus oleh medan magnetik.

Medan magnetik merupakan komponen dari gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik terdiri dari komponen medan magnet dan medan listrik. Efek medan magnet telah menarik perhatian para ilmuwan karena adanya efek perusakan terhadap manusia maupun bentuk kehidupan yang lebih rendah. Medan magnet AC menghasilkan aliran arus di dalam tubuh yang dapat menyebabkan efek fisik dan psikologi dikarenakan adanya komponen logam di dalam tubuh (Moechtar, 1999 dalam Suarga, 2006).

Paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* di lingkungan senantiasa semakin meningkat seiring dengan peningkatan teknologi pemanfaatan peralatan berenergi listrik dalam kehidupan sehari-hari. 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 magnetik 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).

Aplikasi medan magnet dalam bidang medis telah mengalami tradisi yang panjang. Berbagai metode eksitasi dengan menggunakan medan magnet frekuensi rendah telah digunakan dalam aplikasi tersebut, misalnya penggunaan medan magnet dalam penyembuhan luka dan tulang, regenerasi jaringan syaraf, MRI (*Magnetic Resonance Imaging*) dan sebagainya (Glaser, 1996 dalam Suarga, 2006).

Semua unsur di bumi digolongkan ke dalam unsur kemagnetan yang bersifat feromagnetik, paramagnetik, dan diamagnetik. Unsur yang bersifat diamagnetik mengalami magnetisasi ke arah berlawanan dengan medan magnet. Sedangkan unsur feromagnetik dan paramagnetik akan mengalami magnetisasi searah dengan medan magnet. Unsur hara penyusun jaringan tumbuhan dan berbagai senyawa organik dalam sitoplasma tumbuhan juga dipengaruhi oleh sifat kemagnetan feromagnetik, paramagnetik, dan diamagnetik. Sifat polarisasi magnetisasi dari unsur-unsur tersebut dapat dipengaruhi dengan keberadaan medan magnet disekitarnya (Reitz, 1994 dalam Rohma dkk, 2013).

Sebagai organisme yang tidak dapat berpindah tempat, pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, salah satunya adalah keberadaan medan magnet (Adjis, 1987 dalam Rohma dkk, 2013). Banyak penelitian telah dilakukan dengan melihat respon tanaman yang diberikan medan magnet. Pengaruh medan magnet terhadap tumbuhan tergantung pada intensitas dan frekuensi medan magnet yang diberikan, jenis tanaman yang dimagnetisasi, dan lama waktu magnetisasi (Saragih dan Silaban, 2010 dalam Anggraeni dkk, 2013). Penelitian yang dilakukan oleh Winandari (2011), membuktikan bahwa pemaparan medan magnet 0,2 mT selama 7 menit 48 detik pada benih tomat berpengaruh pada laju pertumbuhan tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill).

Tomat merupakan jenis tanaman sayur yang bersifat multiguna dan banyak diminati oleh masyarakat, khususnya Indonesia. Tomat mengandung banyak zat penting bagi tubuh seperti protein, gula, mineral, histamin, dan vitamin (Rugayah, 2004), sehingga banyak dikonsumsi dan bernilai ekonomi tinggi. Tomat juga memiliki komposisi zat yang cukup lengkap dan baik untuk tubuh. Komposisi yang paling menonjol adalah vitamin A dan C sehingga tomat dapat digunakan untuk membantu proses penyembuhan sariawan dan rabun ayam (Hidayati dan Dermawan, 2012).

Dari tahun ke tahun produksi tomat terus meningkat. Hal ini memperlihatkan bahwa kebutuhan akan buah tomat senantiasa terus meningkat. Sebagian besar

produksi tomat Indonesia masih diserap oleh pasaran lokal (dalam negeri). Peluang pasaran dalam negeri terlihat semakin menjanjikan. Namun, meskipun produksi tomat sudah cukup tinggi, dalam beberapa hal ternyata Indonesia masih mengimpor buah tomat, terutama pasta tomat (Tim Penulis PS, 2009).

Tomat ranti merupakan salah satu varietas tomat yang ada di Indonesia. Tomat ini memiliki bentuk yang unik. Berbentuk tidak bulat, tetapi menonjol disampingnya seperti kelopak bunga mawar. Tomat ini juga memiliki kandungan vitamin C yang sama dengan tomat jenis lain. Tetapi kadar air dan besarnya lebih dari tomat pada umumnya di Indonesia. Tomat ranti termasuk tanaman berumur pendek dan bertipe determinate. Varietas ini cocok ditanam di daerah dataran rendah atau medium (Cahyono, 1998).

Berdasarkan penjelasan di atas, peneliti mengkaji paparan medan magnet ELF terhadap pertumbuhan tomat ranti. Peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian dengan judul “Aplikasi Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 100 μ T dan 300 μ T pada Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Apakah intensitas paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) intensitas 100 μ T dan 300 μ T berpengaruh terhadap proses pertumbuhan tanaman tomat ranti?
- b. Apakah lama paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) intensitas 100 μ T dan 300 μ T secara intermiten 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti?
- c. Pada paparan berapakah medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) efektif berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan pembahasan dan permasalahan yang ada dalam penelitian ini, maka dalam penelitian ini perlu diberikan suatu batasan masalah. Adapun batasan adalah sebagai berikut :

- a. Intensitas medan magnet yang digunakan dalam penelitian ini adalah 100 μT dan 300 μT
- b. Sampel tanaman tomat yang digunakan adalah jenis tanaman tomat ranti
- c. Waktu pemaparan secara intermiten 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit
- d. Waktu pemaparan hanya dilakukan satu kali dengan lama paparan yang berbeda-beda
- e. Variabel yang diukur adalah pertumbuhan benih tomat hingga umur tomat 60 hari. Untuk pertumbuhan tanaman tomatnya adalah jumlah daun, massa tanaman, dan panjang tanaman
- f. Penelitian ini dikhususkan untuk pengaplikasian medan magnet *Extremely Low Frequency* terhadap pertumbuhan tomat ranti

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah :

- a. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) intensitas 100 μT dan 300 μT terhadap proses pertumbuhan tanaman tomat ranti
- b. Mengkaji pengaruh lama paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) intensitas 100 μT dan 300 μT secara intermiten 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti
- c. Menentukan paparan efektif medan magnet ELF yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat antara lain :

- a. Sebagai informasi ilmiah tentang aplikasi paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) intensitas 100 μT dan 300 μT terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti.
- b. Sebagai informasi ilmiah untuk menjelaskan mekanisme tentang aplikasi paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) intensitas 100 μT dan 300 μT terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti.
- c. Sebagai informasi ilmiah sebagai bahan pertimbangan dalam bidang pertanian.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Persamaan Maxwell

Persamaan Maxwell adalah persamaan yang paling penting dalam elektromagnetisme (Ishaq, 2007:178). Keempat persamaan matematis Maxwell tersebut meliputi :

a. Hukum Gauss pada Medan Listrik

Inti dari persamaan Gauss adalah untuk mengetahui seberapa besar muatan yang ada dari sebuah muatan maka yang dilakukan adalah dengan melingkupi muatan tersebut dengan sebuah permukaan imajiner, kemudian dihitung berapa fluks listrik yang menembus keluar dari permukaan tersebut. Dengan menjumlahkan seluruh fluks yang menembus keluar dari permukaan Gauss maka diperoleh besarnya muatan yang terkandung. Secara matematis ungkapan dan ilustrasi di atas dapat dinyatakan dalam:

$$\oint E \cdot dA = \frac{Q_{in}}{\epsilon} \quad (2.1)$$

Keterangan:

E : medan listrik

A : luas permukaan bidang Gauss

Q_{in} : total muatan

ϵ_0 : permitivitas listrik

Persamaan di atas adalah persamaan Maxwell I (Hukum Gauss pada Medan Listrik).

(Ishaq, 2007:172-173)

b. Hukum Gauss pada Medan Magnet

Persamaan kedua dari Maxwell sesungguhnya serupa dengan hukum Gauss medan listrik, namun dalam hal ini diterapkan dalam medan magnet. Telah diketahui bahwa dalam magnet tidak ada sumber tunggal tidak seperti listrik yang memiliki muatan positif (+) saja atau negatif (-) saja, dalam magnet keduanya selalu berpasangan (utara dengan selatan). Dengan kata lain dalam medan magnet tidak ada monopoli.

Jika hukum Gauss diterapkan pada suatu medan magnet, maka jumlah fluks magnetik yang masuk menembus permukaan Gauss akan sama dengan jumlah fluks magnet yang keluar, sehingga total fluks akan sama dengan nol. Dalam ungkapan matematis dan ilustrasi di atas dinyatakan :

$$\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0 \quad (2.2)$$

Keterangan:

B : medan magnet

A : luas permukaan bidang Gauss

Persamaan di atas adalah persamaan Maxwell II (Hukum Gauss pada Medan Magnet). (Ishaq, 2007:173)

c. Hukum Faraday

Faraday menjelaskan tentang perubahan fluks magnetik terhadap waktu akan menimbulkan arus listrik (akibat beda potensial), atau secara sederhana dituliskan ungkapan matematis berikut :

$$\varepsilon_i = -\frac{d\phi}{dt} \quad (2.3)$$

mengingat bahwa fluks magnetik ϕ adalah perkalian medan magnet dengan permukaan, maka $\phi = B.A$ sehingga :

$$\varepsilon_i = -\frac{d(B.A)}{dt} \quad (2.4)$$

$$\oint_L \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} \quad (2.5)$$

Persamaan di atas adalah persamaan Maxwell III (Hukum Faraday). (Ishaq, 2007:174-175)

d. Modifikasi Hukum Ampere

Hukum Bio-Savart yang menyatakan bahwa disekitar kawat berarus yang dialiri arus listrik akan timbul medan magnet. Jika medan magnet B sejauh r dari kawat yang dialiri arus sebesar I, maka secara otomatis :

$$B(P) = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int \frac{dl \times \hat{r}}{r^2} \quad (2.6)$$

Ampere menyatakan bahwa arus I dapat diperoleh dengan menjumlahkan medan magnet dB yang menyinggung suatu lingkaran loop L dengan jarak r dari kawat. Secara matematis hal ini diungkapkan dalam persamaan matematis :

$$\oint_L B \cdot dl = \mu_0 I \quad (2.7)$$

Namun terdapat sedikit kekurangan dari hukum Ampere tersebut, karena Hukum Ampere hanya berlaku pada kasus arus yang konstan, untuk kasus-kasus dimana arus berubah terhadap waktu seperti pada kapasitor, Hukum Ampere memerlukan modifikasi. Harus ada suatu suku tambahan ada ruas kanan dari Hukum Ampere yang merupakan “arus tambahan” selain arus konvensional (arus konduksi), Maxwell menamakan suku tambahan ini sebagai “arus perpindahan” (Displacement Current) I_d . Dengan demikian Hukum Ampere dimodifikasi menjadi :

$$\oint_L B \cdot dl = \mu_0 (I + I_d) \quad (2.8)$$

telah diketahui bahwa arus adalah turunan muatan terhadap waktu :

$$I_d = \frac{dQ}{dt} \quad (2.9)$$

Untuk kapasitor pelat berlaku hubungan :

$$dQ = \epsilon_0 E \cdot dA \quad (2.10)$$

sehingga;

$$I_d = \epsilon_0 \frac{E \cdot dA}{dt} \quad (2.11)$$

$$\oint_L B \cdot dl = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \int \frac{E \cdot dA}{dt} \quad (2.12)$$

atau :

$$\oint_L B \cdot dl = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int_s E \cdot dA \quad (2.13)$$

Keterangan :

B : medan magnet

ϵ_0 : permitifitas listrik

μ_0 : permeabilitas magnetik

I : arus listrik

t : waktu

E : medan listrik

A : luas permukaan bidang Gauss

yang tidak lain merupakan persamaan Maxwell keempat (Ishaq, 2007:175-178).

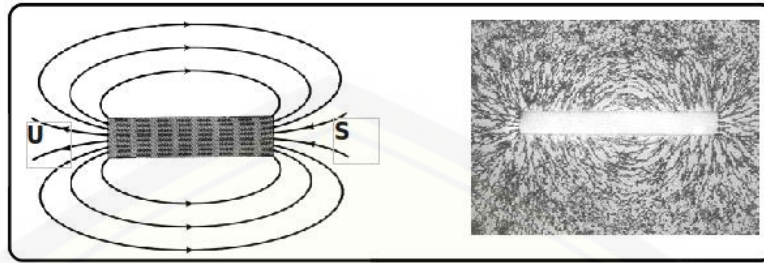
2.2 Gelombang Elektromagnetik

Persamaan Maxwell adalah persamaan yang paling penting dalam elektromagnetisme. Gelombang elektromagnetik saat ini sudah sangat dikenal dan bahkan aplikasinya banyak digunakan untuk membantu kehidupan manusia seperti dalam komunikasi radio, televisi, pengiriman informasi, antena, radar dan lain-lain. Namun pada saat itu konsep gelombang elektromagnetik ini belum dikenal dan baru sebatas konsep matematik saja. Melalui persamaan gelombang EM, Maxwell juga dapat memprediksi kecepatan gelombang EM sebesar :

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad (2.14)$$

yang secara ekperimental nilainya sama dengan kecepatan cahaya ($\sim 3 \times 10^8$ m/s) dalam vakum atau udara), hal ini menunjukkan bahwa cahaya ternyata merupakan gelombang elektromagnetik (EM). (Ishaq, 2007:178-179).

Di sekitar magnet alam, kawat berarus listrik atau suatu kumparan terdapat medan magnet, yaitu daerah di mana terdapat pengaruh gaya magnet. Medan tersebut bukanlah sesuatu yang abstrak tetapi dapat digambarkan dengan garis-garis gaya magnet. Daerah yang memiliki medan magnet kuat digambarkan dengan garis-garis gaya yang rapat, sedangkan daerah yang memiliki medan magnet lemah digambarkan dengan garis-garis gaya yang renggang.



Gambar 2.1 Garis gaya magnet

(Sumber: <http://my-first-essay-sistem-magnetik-bumi.html>, 2014)

Medan magnet berbentuk lingkaran konsentris berlapis-lapis, dimana setiap lapis kekuatannya berbeda, dengan medan magnet terkuat berada pada intinya sebagai sumber medan magnet. Medan magnet dapat menembus sebagian besar benda atau medium apa saja yang berada di dekatnya. (Suarga, 2006: 1-2)

2.3 Gelombang Elektromagnetik *Extremely Low Frequency*

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). Energi yang ditransmisikan melalui saluran transmisi dari sumber daya PLN adalah berupa gelombang tegangan listrik bolak-balik yang merambatkan arus AC melalui kawat konduktor dengan frekuensi 50 Hz atau 60 Hz, sehingga konduktor pada jaringan transmisi PLN merupakan sumber paparan medan elektromagnetik.

Radiasi yang dihasilkan oleh muatan yang bergerak osilasi, seperti arus AC pada konduktor dari sumber PLN tersebut 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).

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat disimpulkan bahwa medan elektromagnetik *ELF* merupakan spektrum medan elektromagnetik pada frekuensi amat-sangat rendah yaitu <300 Hz. Medan ini terdiri dari komponen medan listrik

dan medan magnet dan umumnya dihasilkan disekitar aliran arus listrik AC pada suatu konduktor dan termasuk radiasi *non-ionising*.

2.3.1 Komponen Gelombang Elektromagnetik

a. Medan Listrik

Medan listrik tidak hanya ditimbulkan oleh satu muatan listrik, melainkan dapat pula ditimbulkan oleh lebih dari satu muatan listrik, bahkan oleh distribusi muatan listrik baik yang diskrit maupun kontinu. Medan listrik bersifat terhalangi, artinya intensitas medan listrik akan mengalami penurunan jika terhalangi suatu benda. Intensitas medan listrik di bawah jaringan transmisi tegangan tinggi akan mengalami penurunan intensitas sampai kira-kira 10-100 kali lebih rendah oleh penghalang atap rumah penduduk dan tergantung pada jenis dan struktur penghalang. Intensitas medan listrik juga mengalami penurunan secara kuadrat terhadap jarak dari sumber paparan (WHO, 1987 dalam Sudarti, 2010).

b. Medan Magnet

Medan magnet adalah daerah di sekitar magnet yang masih dipengaruhi oleh magnet (Giancoli, 1998). Medan magnet terjadi karena adanya kutub-kutub magnet yang memiliki gaya tarik-menarik dan tolak menolak yang besar (Soedjojo, 2000). Medan magnet bersifat tidak menghalangi dan mampu menembus benda penghalang seperti genting, tembok bangunan, pepohonan, mapupun tubuh manusia dan akan mengalami penurunan secara linier terhadap jarak dari sumber paparan (WHO, 1987 dalam Sudarti 2010). Medan magnet dapat menembus sebagian besar benda atau medium apa saja yang berada di dekatnya.

2.3.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik

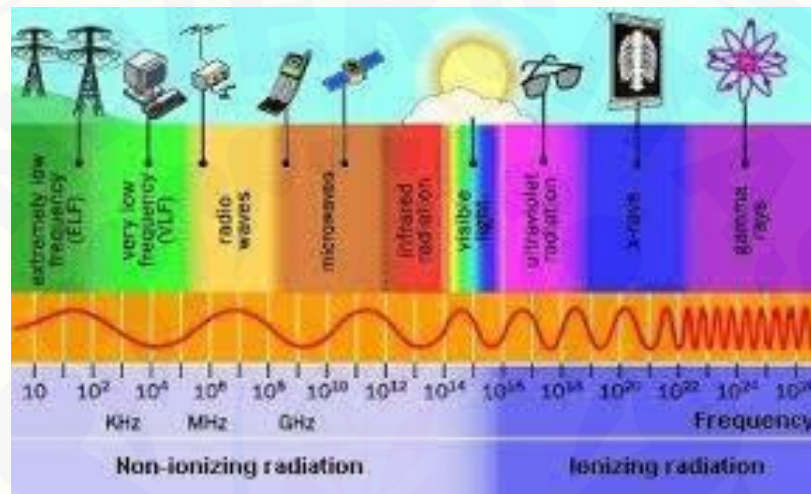
- a. Sinar X : Gelombang ini memiliki panjang 10^{-10} meter dan memiliki frekuensi 10^{18} hertz. Gelombang sinar X sering disebut juga dengan sinar rontgen, karena gelombang ini banyak dimanfaatkan untuk kegiatan rontgen di rumah sakit.
- b. Sinar UV : Gelombang UV memiliki panjang 10^{-8} meter dengan frekuensi 10^{16} hertz. Gelombang ini berasal dari matahari dan juga dapat dihasilkan oleh transisi

elektron dalam orbit atom, busur karbon, dan lampu mercury. Fungsi UV dapat bermanfaat dan dapat berbahaya bagi manusia. Salah satu contoh fungsi sinar UV adalah sebagai detector untuk membedakan uang asli dan uang palsu.

- c. Cahaya Tampak : Sesuai namanya, spektrum ini berupa cahaya yang dapat ditangkap langsung oleh mata manusia. Gelombang ini memiliki panjang 0.5×10^{-6} meter dengan frekuensi 10^{15} hertz. Dan gelombang cahaya tampak sendiri terdiri dari 7 macam yang disebut warna. Jika diurutkan dari yang paling besar frekuensinya adalah merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, dan ungu.
- d. Infra Merah : Gelombang ini memiliki panjang sekitar 10^{-5} meter dengan frekuensi sekitar 10^{12} hertz. Gelombang infra merah dihasilkan ketika molekul electron bergetar karena panas, contohnya tubuh manusia dan bara api. Manfaat kegunaan lain yaitu untuk remote TV dan transfer data di ponsel.
- e. Gelombang radio : Gelombang ini memiliki panjang sekitar 10^3 meter dengan frekuensi sekitar 10^4 Hertz. Sumber gelombang ini berasal dari rangkaian oscillator elektronik yang bergetar. Rangkaian oscillator tersebut terdiri dari komponen resistor (R), induktor (L), dan kapasitor (C). Spektrum gelombang radio dimanfaatkan manusia untuk teknologi radio, televisi, dan telepon.
- f. Low Frequency : Gelombang ini memiliki frekuensi dalam kisaran 30 kHz sampai 300 kHz. Di Eropa dan bagian dari Afrika Utara dan Asia, bagian dari spektrum LF digunakan untuk penyiaran gelombang siaran AM. Di belahan bumi barat, penggunaan utamanya adalah untuk sinyal pesawat, navigasi (LORAN), informasi, dan sistem cuaca. Juga dikenal sebagai gelombang kilometer sebagai panjang gelombang berkisar dari satu sampai sepuluh kilometer.
- g. Extremely Low Frequency : Frekuensi subradio yang sangat rendah. Instansi Pemerintah Amerika, seperti NASA menggambarkan ELF dengan frekuensi antara 0 dan 300 Hz. WHO menyatakan bahwa pada frekuensi antara 0 dan 300 Hz adalah panjang gelombang di udara yang sangat lama (6000 km pada 50 Hz dan 5000 km pada 60 Hz), dan dalam situasi praktis, medan listrik dan magnetik bertindak independen satu sama lain dan diukur secara terpisah. ELF digunakan

oleh Angkatan Laut Amerika Serikat untuk berkomunikasi dengan kapal selam di bawah permukaan air. Karena konduktivitas listrik air garam, kapal selam dilindungi dari sebagian besar komunikasi elektro-magnetik. Namun sinyal pada ELF bisa menembus lebih dalam.

(Sumber : http://id.wikipedia.org/wiki/Spektrum_elektromagnetik, 2014)



Gambar 2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik
(Sumber : http://gelombang-elektromagnetik_4.html, 2013)

2.4 Sumber Gelombang Elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF)

a. Sumber paparan medan elektromagnetik ELF alamiah

Matahari merupakan sumber paparan medan elektromagnetik alamiah. Pada dasarnya kita telah terpapar medan elektromagnetik ELF secara alamiah. Intensitas paparan medan magnetik ELF alamiah yang dihasilkan oleh bumi rata-rata 10^{-4} V/m untuk medan listrik dan 10^{-6} mikro tesla (μ T) untuk medan magnet. Secara kumulatif intensitas medan listrik di permukaan Bumi rata-rata 130 V/m dan intensitas medan magnet rata-rata 50 μ T (WHO, 1984 dalam Sudarti 2010). Pada intensitas medan elektromagnetik alamiah tersebut, proses kehidupan berlangsung secara alamiah dan tidak meninggalkan gangguan (Sudarti, 2010).

b. Sumber paparan medan elektromagnetik ELF buatan

Seiring dengan perkembangan teknologi pemanfaatan peralatan berenergi listrik dalam kehidupan tentunya paparan medan elektromagnetik ELF di lingkungan semakin meningkat. Dalam kehidupan sehari-hari, selain terpapar oleh medan elektromagnetik alamiah, kita juga terpapar oleh medan elektromagnetik buatan. Peralatan elektronik yang ada di dalam rumah tangga (perkabelan) merupakan paparan medan elektromagnetik buatan. Pengukuran intensitas medan listrik *ELF* yang dilakukan pada jarak 30 cm dari beberapa peralatan rumah tangga, didapatkan nilai yang bervariasi antara 2 V/m sampai 5 V/m, sedangkan intensitas medan listrik di dalam rumah tangga (orang Amerika) berkisar antara 1-10 V/m (WHO, 1984 dalam Sudarti 2010).

2.5 Batas Paparan Medan Magnet Terhadap Kesehatan

Menurut *International Non Ionizing Radiation Committee* (INIRC) dari *International Radiation Protection Association* (IRPA), nilai medan listrik dan medan magnet yang merupakan ciri kondisi paparan tidak terganggu adalah medan yang ada pada semua benda dihilangkan. *United Nations Environmental Programme* (UNEP), *World Health Organization* (WHO) dan IRPA pada tahun 1987 mengeluarkan suatu pernyataan tentang nilai rapat arus induksi dengan efek biologisnya yang ditimbulkan oleh paparan medan 50/60 Hz pada seluruh tubuh disajikan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 2.1 Nilai Rapat Arus dan Efek Biologis

| No | Nilai Rapat Arus (mA/m ²) | Efek Biologis yang Dapat Ditimbulkan |
|----|---------------------------------------|---|
| 1. | 1 – 10 | Tidak menimbulkan efek biologis yang berarti |
| 2. | 10 – 100 | Menimbulkan efek biologis yang terbukti, termasuk efek pada sistem penglihatan dan syaraf |
| 3. | 100 – 1000 | Menimbulkan stimulasi pada jaringan yang dapat dirangsang dan ada kemungkinan bahaya terhadap kesehatan |
| 4. | >1000 | Dapat menimbulkan ekstrasitole, dan fibrasi ventrikuler dari jantung (bahaya akut dari kesehatan) |

(Sumber: WHO, 1987 dalam Sudarti 2010)

Menurut *International Non Ionizing Radiation Committee* (INIRC) dari IRPA, 1990, bahwa batas paparan medan listrik dan medan magnet 50/60 Hz disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 2.2 Batas Paparan Medan Listrik dan Medan Magnet 50/60 Hz

| No. | Paparan untuk | Intensitas Medan Listrik (kV/m) | Intensitas Medan Magnet (mT) |
|-----|--------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 1. | Kelompok Petugas: | | |
| | - Sepanjang hari kerja | 10 | 0,5 |
| | - Jangka pendek | 30* | 5** |
| 2. | Kelompok Umum | | |
| | - Sampai 24 jam/hari | 5 | 0,1 |
| | - Beberapa jam/hari | 10 | 1 |

(Sumber : IRPA, 1990 dalam Sudarti 2010)

Keterangan:

* = lamanya paparan pada medan antara 10 dan 30 kV/m harus dihitung dari rumus $t < 80 / E$, t = waktu (jam/hari kerja)

** = lama paparan maksimum 2 jam/hari

2.6 Hasil Penelitian Medan Elektromagnetik *Extremely Low Frequency*

2.6.1 Hasil Penelitian Medan Elektromagnetik *Extremely Low Frequency* pada Sel Manusia

Medan Electromagnetik dapat digunakan untuk menyembuhkan patah tulang, sebab memiliki kemampuan untuk meningkatkan pembentukan tulang baru, namun mekanisme tersebut masih belum jelas. Beberapa hipotesis yang diajukan bahwa interaksi medan elektromagnetik ELF dengan sel tulang melalui komponen membran plasma. Gap junction yang terjadi pada pembentukan sel tulang, osteoblast berperan pada pembentukan tulang baru. Sistem paparan medan magnet ELF didesain sebagai gagang mikroskop untuk incubator kultur jaringan. Menggunakan sistem ini didapatkan bahwa medan magnet ELF 30 – 120 Hz 12,5 G (= 0,00125 T = 1,25 mT = 1250 μ T) terbukti dapat menurunkan Gap Junction intercellular communication pada sel MC3T3-E1 selama proliferasi pada fase perkembangan. Jumlah total protein connexin 43 dan distribusi gap junction protein connexin 43 antara cytoplasmic dan membran plasma tidak berubah oleh paparan medan magnet ELF.

Kalsium sitosol ($[Ca^{2+}]_i$) dapat menghambat/menghalangi gap junction communication, tidak berubah oleh paparan medan magnet ELF. Paparan medan magnet ELF tidak berpengaruh pada gap junction communication sel ROS 17/2.8 dan untuk sel MC3T3-E1 berdiferensiasi lebih. Oleh karena itu medan magnet ELF kemungkinan hanya mempengaruhi sedikit diferensiasi atau pre-osteoblast dan tidak sepenuhnya diferensiasi osteoblast. Hal ini menunjukkan bahwa medan EM ELF kemungkinan membantu pemulihan tulang oleh pengaruh penggunaan hanya pada osteoprogenitor or pre-osteoblasts. (Yamaguchi *et al* dalam Sudarti, 2010)

Penelitian yang dilakukan Nakasono dan Saiki (2000), menguji *Escherichia coli* K12 sebagai model sistem untuk menentukan apakah medan magnet ELF adalah faktor stres umum pada sel. Protein merespon kebanyakan faktor stres, termasuk perubahan suhu, senyawa kimia, logam berat, dan nutrisi. Ketika sel-sel bakteri yang terkena setiap MF pada 5-100 Hz dalam kondisi aerobik (6,5 jam) atau 50 Hz dalam kondisi anaerob (16 h) pada intensitas maksimum (7,8-14 rms mT), tidak ada perubahan direproduksi diamati pada gel 2D. Perubahan dalam sintesis protein yang terdeteksi oleh 2D HALAMAN dengan paparan heat shock (50 derajat C selama 30 menit) atau dalam kondisi anaerobik(tidak ada gelembung selama 16 jam). Peningkatan sintesis protein stres yang diamati pada sel (CH60, CH10, HTPG, DnaK, HSLV, PHEI dan beberapa protein tidak dikenal) dan sel tumbuh di bawah kondisi anaerobik (DnaK, PFLB, RecA, USPA dan banyak protein tidak teridentifikasi). Hasil ini menunjukkan bahwa 2D HALAMAN cukup untuk mendeteksi respon sel terhadap stres lingkungan.

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa medan magnet berpengaruh terhadap sel yang di amati. Sebagian ada yang hanya mempengaruhi sedikit dan ada juga yang berpengaruh sepenuhnya pada kerja sel dengan frekuensi dan intensitas yang berbeda.

2.6.2 Hasil Penelitian Medan Elektromagnetik *Extremely Low Frequency* pada Hewan

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh medan magnet terhadap kontraksi spontan usus halus kelinci secara *in vitro*. Dalam penelitian dihitung amplitudo, frekuensi dan periode kontraksi usus halus, duodenum, jejunum dan ileum. Hasil yang didapatkan setelah mengalami paparan medan magnet menunjukkan adanya penurunan amplitudo kontraksi spontan usus halus jika dibandingkan dengan kontrol, baik pada bagian duodenum, jejunum maupun ileum. Penurunan yang terjadi pada amplitudo kontraksi diduga terjadi karena adanya perubahan pada aliran ion Ca^{2+} yang disebabkan oleh gaya yang dikerahkan medan magnet terhadap ion. Efek medan magnet terhadap kontraksi usus halus kelinci ini memiliki hubungan berbanding lurus. Semakin besar medan magnet yang digunakan, semakin besar pula penurunan yang terjadi (Suarga, 2006).

Murthy KK, 1995, *in vivo*, paparan medan elektromagnetik ELF (60 Hz) pada primata non-manusia pada intensitas I: (6kV/m, 0,05 mT), II: (30 kV/m, 0,1 mT), III: (kontrol) selama 6 minggu 12 jam/hari, diperoleh bahwa total sel darah putih dan rasio CD4/CD8 antar kelompok berbeda secara bermakna.

Dapat disimpulkan bahwa paparan medan EM-ELF berpengaruh pada primata non-manusia. Pengaruh medan magnet berdampak besar pada binatang kelinci. Semakin besar medan magnet yang digunakan, semakin besar pula penurunan yang terjadi.

2.6.3 Hasil Penelitian Medan Elektromagnetik *Extremely Low Frequency* pada Tumbuhan

Setiap bentuk radiasi seperti halnya gelombang electromagnet pada tranmisi tegangan tinggi dapat berpengaruh terhadap tubuh mahluk hidup. Sel-sel tubuh yang mudah membelah adalah bagian yang mudah dipengaruhi oleh radiasi. Tanaman pada umumnya termasuk tomat mengalami pertumbuhan yang dimulai saat biji berkecambah. Perkecambahan adalah proses pemanjangan radikula atau akar embrionik ke arah luar menembus kulis biji (Salisbury, 1995 dalam Anggraeni dkk, 2013).

Pemanjangan radikula diikuti dengan proses pembelahan mitosis. Bagian tanaman yang paling aktif membelah adalah bagian ujung akar dan ujung batang tanaman (Suryo, 2008 dalam Anggraeni dkk, 2013).

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 (*Lycopersicum esculentum Mill*), luas daun dan kandungan klorofil pada daun menjadi lebih baik.

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa medan magnet berpengaruh pada tumbuh kembang tumbuhan. Dengan intensitas dan waktu yang berbeda dapat memberikan pengaruh pada tumbuh kembang tumbuhan, sehingga pemanfaatan medan magnet dapat dikembangkan khususnya para petani agar tanaman yang dibudidayakan dapat berproduksi pesat.

2.7 Tomat (*Lycopersicum esculentum Mill*)

Tomat merupakan tanaman yang berasal dari daerah Andean Amerika Selatan yang meliputi wilayah Chili, Ekuador, Bolivia, Kolumbia, dan Peru. Sebagian besar tomat spesies liar tersebar secara merata di negara-negara tersebut. Tomat yang didomestifikasikan pertama kali ada di Meksiko, yakni tomat cherry (*Lycopersicum esculentum var cerasiformae*). Kemudian tomat menyebar ke negara-negara Eropa dan selanjutnya ke Indonesia (Hidayati dan Dermawan, 2012).

Tomat merupakan salah satu jenis sayuran yang sangat dikenal masyarakat. Rasa buahnya yang manis-manis asam dapat memberikan kesegaran pada tubuh dan cita rasanya yang berbeda dengan buah-buah lainya merupakan ciri khas yang digemari oleh hampir seluruh lapisan masyarakat. Bahkan kelezatan rasa buah tomat ini juga dapat menambah cita rasa dan kelezatan berbagai macam masakan. Kegunaannya sebagai penyedap masakan memang hanya sedikit, namun ketersediannya tetap didambakan sepanjang masa (Cahyono, 1998).

2.7.1 Klasifikasi Tanaman Tomat

Tanaman tomat dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

| | |
|-----------|--|
| Divisi | : Spermatophyta |
| Subdivisi | : Angiospermae |
| Kelas | : Dicotyledoneae |
| Ordo | : Tubiflorae |
| Famili | : Solanaceae |
| Genus | : <i>Lycopersicon</i> |
| Spesies | : <i>Lycopersicon lycopersicum</i> (L) Karst |

Tanaman tomat termasuk golongan tanaman semusim (berumur pendek). Artinya, umur tanaman hanya satu kali berproduksi, dan setelah itu mati. Tanaman berbentuk perdu atau semak yang menjalar pada permukaan tanah dengan panjang mencapai ± 2 meter. Karena bersifat menjalar, maka dalam pembudidayaannya tanaman tomat dapat dijajarkan pada seturus bambu atau kayu, sehingga dapat tumbuh vertikal (ke atas) (Cahyono, 1998).

Batang tomat cukup kuat walaupun tidak sekeras tanaman tahunan. Batang tanaman tomat berbentuk persegi empat hingga bulat, berbatang lunak tapi kuat. Permukaan batang ditumbuhi banyak rambut halus, diantara rambut halus tersebut biasanya terdapat rambut kelenjar. Pada bagian bukannya terjadi penebalan dan kadang terdapat akar pendek pada buku bagian bawah. Jika dibiarkan (tidak dipangkas), akan mempunyai banyak cabang yang menyebar rata. Diameter batang lebih besar jika dibandingkan dengan jenis tanaman sayuran lainnya.

Daunya mudah dikenali karena mempunyai bentuk yang khas yaitu berbentuk oval, bergerigi, dan mempunyai celah yang menyirip. Daunnya berukuran sekitar 15-30 cm x 10-25 cm. Tangkai daun majemuk mempunyai panjang sekitar 3-6 cm. Daun majemuk tersusun spiral mengelilingi batangnya.

Bunganya kecil mungil berwarna kuning cerah, biasanya berdiameter sekitar 2 cm. Dibagian bawah terdapat 5 buah kelopak bunga yang berwarna hijau. Bunganya

mempunyai 6 buah benang sari dengan kepala benang sari yang juga berwarna kuning cerah. Bagian lain dari bunga tomat adalah mahkota bunga, yaitu bagian terindah dari bunga tomat. Bunga tomat tumbuh dari batang (cabang) yang masih muda.

Buah tomat yang masih muda biasanya terasa getir dan berbau tidak enak karena mengandung *lycopersicin* yang berupa lendir dan dikeluarkan oleh 2-9 kantung lendir. Bau tersebut akan hilang dengan sendirinya pada saat buah memasuki fase pematangan hingga matang. Rasanya juga akan berubah menjadi manis-manis agak asam yang menjadi ciri khas kelezatan buah tomat.

2.7.2 Manfaat dan Kandungan Tanaman Tomat

Selain mempunyai rasa yang lezat, ternyata tomat juga memiliki komposisi zat yang cukup lengkap dan baik untuk tubuh. Komposisi yang paling menonjol adalah vitamin A dan C sehingga tomat dapat digunakan untuk membantu proses penyembuhan sariawan dan rabun ayam. Selain itu, tomat juga berfungsi untuk memenuhi kebutuhan diet khusus, seperti diet pencegahan dan terapi penyakit karena kandungan antioksidan yang tinggi.

Sebagai sumber mineral, tomat bermanfaat untuk pembentukan tulang dan gigi (zat kapur dan fosfor), sedangkan zat besi (Fe) berfungsi untuk pembentukan sel darah merah. Tomat juga mengandung serat yang berfungsi memperlancar proses pencernaan makanan. Selain itu tomat mengandung zat “Potasium” yang sangat bermanfaat untuk menurunkan gejala tekanan darah tinggi (Cahyono, 1998).

Tabel 2.3 Komposisi Zat Gizi Tomat

| Zat Gizi | Kandungan Gizi |
|----------------------|----------------|
| Protein | 1 g |
| Karbohidrat | 4,2 g |
| Lemak | 0,3 g |
| Kalsium (Ca) | 5 mg |
| Fosfor (P) | 27 mg |
| Zat besi (Fe) | 0,5 mg |
| Vitamin A (karotena) | 1.500 SI |
| Vitamin B (tiamin) | 60 ug |

| | |
|---------------------------|-------|
| Vitamin B2 (riboflavin) | - |
| Vitamin C (asam askorbat) | 40 mg |
| Bagian yang dapat dimakan | 95% |

Sumber: Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI, 1972.

Kebutuhan pasarakan buah tomat pun terus meningkat. Hal ini tidak lepas dari peranan tomat sebagai salah satu komoditas hortikultura yang penting, yaitu terutama sebagai tanaman sayur. Bahkan, saat ini tomat tidak sekedar untuk sayuran, tetapi sudah menjadi komoditas buah. Tidak hanya untuk pasar dalam negeri, tetapi juga untuk pasar ekspor. Peluang bisnisnya juga masih terbuka lebar mengingat suplai dari tahun ke tahun yang belum tercukupi (Hidayati dan Dermawan, 2012).

2.7.3 Jenis-Jenis Tomat

Dewasa ini telah banyak ditemukan jenis atau varietas baru tanaman tomat yang memiliki keunggulan dalam hal berproduksi, ketahanan terhadap beberapa jenis hama dan penyakit, dan daya adaptasi terhadap keadaan lingkungan. Semua varietas bersifat unggul, namun masing-masing varietas memiliki perbedaan sifat. Perbedaan ini dapat dilihat dari bentuk buah yang dihasilkannya, ukuran atau berat buahnya, ketebalan daging buahnya, kandungan air, kandungan gula, ketahanan terhadap penyakit, daya adaptasi terhadap lingkungan, dan daya produktivitasnya (Cahyono, 1998).

Dari segi bentuk buah, ada yang berbentuk bulat, lonjong, dan berbentuk oval. Dengan mempelajari sifat-sifat berbagai macam varietas tomat, petani diharapkan dapat menentukan pilihan yang sesuai dengan daerah pertanaman dan permintaan pasar.

Adapun varietas-varietas tanaman tomat yang merupakan varietas unggul dan mempunyai nilai ekonomi tinggi di pasaran, antara lain sebagai berikut :

1. Penggolongan varietas yang tidak resmi

Beberapa dasar yang dipakai untuk membedakan varietas tomat diantaranya adalah bentuk, tandan, ketebalan daging, dan kandungan airnya. Berdasarkan bentuk dan penampilannya, tomat digolongkan sebagai berikut :

a. Tomat ceri

Bentuk buahnya kecil seperti kelereng. Buahnya merah dan rasanya cukup manis. Sekarang sering ditanam secara hidroponik.

b. Tomat biasa

Bentuk buahnya bulat pipih dan mempunyai alur yang jelas di dekat tangkainya serta lebih lunak. Jenis tomat ini cocok ditanam di dataran rendah.

c. Tomat apel

Bentuk buahnya bulat, kokoh, dan agak keras seperti buah apel. Jenis ini cocok ditanam di dataran tinggi.

d. Tomat kentang

Bentuk buahnya bulat, besar, dan agak padat.

e. Tomat keriting

Disebut tomat keriting karena daunnya keriting seperti terserang penyakit virus keriting. Bentuk buah umumnya agak lonjong, keras, dan memiliki kulit yang tebal sehingga tahan dalam pengangkutan jarak jauh.

2. Penggolongan varietas secara resmi

Penggolongan varietas seperti yang telah dijelaskan mempunyai kekurangan, yaitu masih ada kesalahan dalam menggolongkan tomat. Hal ini karena belum adanya kriteria yang jelas antar golongan. Nama varietas yang resmi juga diperlukan karena varietas hasil persilangan antar varietas semakin banyak.

a. Varietas intan

Tanamannya pendek. Buahnya berbentuk apel. Tanaman ini dapat tumbuh baik di dataran rendah, tahan terhadap penyakit layu bakteri dan peka terhadap penyakit busuk daun. Buah berukuran sedang (rata-rata 45 g/buah). Potensi hasilnya 5-24 ton/ha.

b. Varietas ratna

Tanamannya pendek dan bersifat determinate. Buahnya berbentuk apel, berwarna putih kehijauan pada waktu muda, serta permukaannya halus dan

sedikit bergelombang. Buah berukuran sedang (40 g). Potensi hasilnya 5-20 ton/ha.

c. Varietas berlian

Tanamanya pendek dan bersifat determinate. Buahnya berbentuk oval, dan berukuran sedang (43 g). Tanamannya tumbuh baik di dataran tinggi atau medium. Potensi hasilnya 11-23 ton/ha.

d. Varietas mutiara

Varietas ini merupakan hasil persilangan dalam negeri dan berumur genjah. Tanamannya berukuran sedang sampai sedikit tinggi serta bersifat determinate. Buah berukuran besar (75 g). Tanamannya tumbuh baik di dataran rendah dan tinggi serta tahan terhadap bakteri layu dan busuk daun. Potensi hasilnya 40 ton/ha.

e. Varietas moneymaker

Tanamannya sedikit tinggi (110 cm), bersifat indeterminate, dan berumur sedang. Buahnya berukuran sedang (50 g). Potensi hasil per pohon adalah 1 kg dan per hektar 27 ton. Tanamannya toleran terhadap penyakit layu bakteri dan tahan terhadap nematoda parasit.

f. Varietas precius FI hybrid (TW-375)

Tanamannya berumur sedang sampai dalam (101 hari panen pertama, 124 hari panen terakhir), bertipe determinate dan tidak terbatas, tahan terhadap penyakit layu cendawan *Fusarium oxysporum*, serta toleran terhadap TMV dan cuaca panas. Produksi per tanaman sekitar 3 kg. Bahkan jumlah buahnya bisa mencapai 100 buah/tanaman dengan berat ideal buahnya sekitar 90 g/buah. Kelebihan tersebut mungkin membuat varietas ini sekarang paling banyak disenangi oleh para petani.

g. Varietas farmers 209 FI hybrid (TW-369)

Varietas ini masih “saudara dekat” TW-375, karakteristiknya hampir sama, yaitu mempunyai produksi yang cukup tinggi serta tahan terhadap penyakit *Fusarium* dan *Vertilicium*. Varietas ini berbeda dengan TW-375 karena bentuknya yang lebih lonjong dan beratnya lebih ringan, antara 75-80 g.

h. Varietas sugar pearl FI hibrid (TW-373)

Varietas ini memiliki keunggulan yang hampir sama dengan TW-375 dan TW-369. Tomat ini tahan terhadap serangan penyakit *Fusarium* dan produktivitasnya cukup tinggi. Dapat dibayangkan dalam satu tanaman bisa sampai 200 buah tomat. namun ukurannya jauh lebih kecil dari tomat lainnya (kira-kira 20 g/buah).

2.7.4 Tomat Ranti

Tomat ranti termasuk dalam varietas ratna. Termasuk dalam tanaman berumur pendek (genjah) dan bertipe determinate atau tumbuh pendek. Memiliki tinggi tanaman 100-125 cm. Buah berukuran sedang (40-50 g). Buah berwarna merah, memiliki permukaan buah halus dan bergelombang. Varietas ini cocok ditanam di daerah dataran rendah. Ciri khas dari tomat ranti ini adalah rasanya yang sangat masam dengan tekstur daging buahnya yang lunak. Tomat ranti ini cocok untuk bahan pembuat sambal dan pelengkap sayur asam. Keunggulan tomat ranti ini adalah tahan terhadap penyakit layu bakteri dan memiliki tingkat adaptasi yang luas (Hidayati dan Dermawan, 2012).

Tomat ranti, yang dalam bahasa latin disebut *Lycopersicum pimpinellifolium* Mill, merupakan jenis tomat liar yang memiliki kadar likopen 40 kali lebih banyak dibanding tomat yang biasa kita konsumsi (atau yang dalam bahasa latin disebut *Lycopersicum esculentum* Mill). Lycopene, salah satu antioksidan alami yang sangat kuat ternyata terkandung didalam buah tomat dengan kadar 30-100 ppm (Bombardelli, 1999 dalam Maulida, 2010). Lycopene memiliki kemampuan untuk mencegah penyakit kanker. Selain itu tomat ranti juga mengandung vitamin C tiga kali lebih banyak dibanding jenis tomat yang lain (Sulistiyowati, 2013).

Astawan (2008) menyatakan bahwa tomat ranti dapat digolongkan sebagai sumber vitamin C yang sangat baik karena 100 gram tomat memenuhi 20% atau lebih dari kebutuhan vitamin C sehari. Dari 100 gram jus tomat akan diperoleh kalsium 7 mg, fosfor 15 mg, zat besi 0,9 mg, natrium 230 mg, dan kalium 230 mg. Vitamin yang terdapat dalam 100 gram sari buah tomat ranti adalah vitamin A (1.050 IU), vitamin B1 (0,05 mg), vitamin B2 (0,03 mg), dan vitamin C (16 mg).



Gambar 2.3 Tomat Ranti
(Sumber : <https://www.google.com/tomatranti>, 2014)

2.8 Hipotesis Penelitian

Dalam penelitian ini hipotesis berfungsi sebagai jawaban sementara terhadap masalah yang akan diteliti. Berdasarkan latar belakang dan tinjauan pustaka di atas, maka hipotesis pada penelitian ini adalah :

- a. Ada pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) intensitas 100 μ T dan 300 μ T terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti
- b. Ada pengaruh lama paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) intensitas 100 μ T dan 300 μ T secara intermiten 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti.
- c. Ada pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen laboratorium, yaitu jenis penelitian membandingkan kelompok eksperimen atau kelompok yang diberi perlakuan dengan kelompok kontrol atau kelompok yang tidak diberi perlakuan.

3.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di *GreenHouse* Program Studi Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Penelitian tersebut dilakukan mulai tanggal 3 Maret 2015 s/d 2 Mei 2015. Peneliti melakukan pengecekan terhadap objek penelitian 3-4 hari dalam seminggu. Penelitian ini meliputi perendaman benih, pembibitan, dan penganalisaan tanaman. Penganalisaan tanaman dilakukan yaitu pada hari ke-10, ke-20, ke-40, dan ke-60.

3.3 Identifikasi Variabel

Adapun variabel penelitian, sebagai berikut :

- a. variabel bebas : - Paparan medan magnet ELF (100 μ T dan 300 μ T)
- Lama paparan (15, 30, 45, dan 60 menit)
- b. variabel terikat : Pertumbuhan tomat ranti (jumlah daun, massa tanaman, dan panjang tanaman)

3.4 Desain Penelitian

Desain penelitian adalah rancangan yang dibuat sebagai rancangan kegiatan yang akan dilaksanakan. Adapun desain penelitian ini adalah menggunakan desain *randomized post-test only control group design* dimana pembagian dua kelompok subjek penelitian dilakukan secara pembagian acak (*random assignment*). Adapun pola desain penelitian seperti gambar dibawah ini.

Keterangan :

| | |
|--------------------------|--|
| Kontrol | : sampel kelompok tanpa paparan medan magnet ELF |
| 1 cawan 100 μ T (15) | : sampel kelompok eksperimen (intensitas 100 μ T dan lama paparan 15 menit) |
| 1 cawan 100 μ T (30) | : sampel kelompok eksperimen (intensitas 100 μ T dan lama paparan 30 menit) |
| 1 cawan 100 μ T (45) | : sampel kelompok eksperimen (intensitas 100 μ T dan lama paparan 45 menit) |
| 1 cawan 100 μ T (60) | : sampel kelompok eksperimen (intensitas 100 μ T dan lama paparan 60 menit) |
| 1 cawan 300 μ T (15) | : sampel kelompok eksperimen (intensitas 300 μ T dan lama paparan 15 menit) |
| 1 cawan 300 μ T (30) | : sampel kelompok eksperimen (intensitas 300 μ T dan lama paparan 30 menit) |
| 1 cawan 300 μ T (45) | : sampel kelompok eksperimen (intensitas 300 μ T dan lama paparan 45 menit) |
| 1 cawan 300 μ T (60) | : sampel kelompok eksperimen (intensitas 300 μ T dan lama paparan 60 menit) |
| t_0 | : hari ke-0 setelah biji dipapar dengan medan magnet ELF, kemudian biji langsung disemai ditempat penyemaian |
| t_{10} | : hari ke-10 setelah biji tomat disemai pada tempat penyemaian, bibit tomat dipindah kedalam masing-masing polibag |
| t_{20} | : hari ke-20 di ambil 10 tanaman dari setiap sampel untuk di analisis |
| t_{40} | : hari ke-40 di ambil 10 tanaman dari setiap sampel untuk di analisis |
| t_{60} | : hari ke-60 hanya di analisis produktivitas pertumbuhanya tanpa diambil tanamannya |

Berdasarkan keterangan diatas, pemaparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) menggunakan intensitas 100 μ T dan 300 μ T. Sampel yang digunakan dalam penelitian adalah jenis tanaman tomat ranti. Sebelum diberikan perlakuan, biji tomat (kontrol dan eksperimen) direndam air mineral Aqua selama 24 jam. Tahapan dalam desain penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Kontrol : pada kelompok kontrol tanpa paparan medan magnet ELF.
- b. 1 cawan 100 μT (15) : biji tomat dipapar menggunakan intensitas paparan 100 μT dengan lama paparan 15 menit.
- c. 1 cawan 100 μT (30) : biji tomat dipapar menggunakan intensitas paparan 100 μT dengan lama paparan 30 menit.
- d. 1 cawan 100 μT (45) : biji tomat dipapar menggunakan intensitas paparan 100 μT dengan lama paparan 45 menit.
- e. 1 cawan 100 μT (60) : biji tomat dipapar menggunakan intensitas paparan 100 μT dengan lama paparan 60 menit.
- f. 1 cawan 300 μT (15) : biji tomat dipapar menggunakan intensitas paparan 300 μT dengan lama paparan 15 menit.
- g. 1 cawan 300 μT (30) : biji tomat dipapar menggunakan intensitas paparan 300 μT dengan lama paparan 30 menit.
- h. 1 cawan 300 μT (45) : biji tomat dipapar menggunakan intensitas paparan 300 μT dengan lama paparan 45 menit.
- i. 1 cawan 300 μT (60) : biji tomat dipapar menggunakan intensitas paparan 300 μT dengan lama paparan 60 menit.
- j. t_0 : hari ke-0 setelah biji dipapar dengan medan magnet ELF, kemudian biji tomat langsung disemai ditempat penyemaian
- k. t_{10} : hari ke-10 setelah biji disemaikan pada tempat penyemaian, biji tomat sudah berkecambah. Penganalisaan pada hari ke-10 hanya dianalisis sampel manakah yang memiliki pertumbuhan yang cepat. Untuk mendapatkan bibit yang kokoh, bibit dirangsang dengan digoyang-goyang secara manual. Setelah itu, satu per satu bibit tomat dipindahkan ke dalam polibag yang sudah berisi tanah. Setiap polibag diberi label atau tanda sesuai perlakuan yang telah diberikan. Terdapat 90 benih tanaman tomat yang ditanam, yaitu 80 polibag untuk kelompok eksperimen dan 10 polibag untuk kelas kontrol.
- l. t_{20} : hari ke-20 dilakukan penganalisaan tanaman yang kedua, dan bibit tomat sudah tumbuh dengan jumlah daun yang lebih banyak. Penganalisaan pada t_{20} dengan mencabut 10 batang tomat pada tiap-tiap indikator waktu. Sehingga ada 90 batang tomat yang dicabut dan dianalisis. Kelompok eksperimen 80 batang dan kelompok kontrol 10 batang. Pada penganalisaan hari ke-20, tanaman yang dicabut bukan pada polibag yang sudah ditanam, melainkan tanaman yang masih tersisa pada cawan penyemaian.

- m. t_{40} : pada hari ke-40 dilakukan analisis tanaman yang ketiga. Dilakukan hal yang sama pada tahap sebelumnya, dengan mencabut batang untuk dianalisis. Semakin tomat tumbuh besar, indikator penganalisaan yang diambil berbeda saat biji mulai berkecambah. Sehingga dilakukan pengontrolan tanaman setiap hari.
- n. t_{60} : pada hari ke-60 dilakukan analisis tanaman yang keempat. Pada tahap ini berbeda dengan tahap sebelumnya. Pada hari ke-60 tanaman tomat sudah mulai memproduksi, sehingga penganalisaan tanaman tomat tidak dengan cara mencabut tanaman melainkan hanya dengan mengamati pertumbuhannya.

3.5 Definisi Operasional Variabel

- a. Medan elektromagnetik ELF merupakan frekuensi subradio. Medan magnet ELF sebagai non-pengion radiasi dengan frekuensi antara 0 – 300 Hz. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) juga menyatakan bahwa pada frekuensi 0 dan 300 Hz adalah panjang gelombang di udara yang sangat lama (6000 km pada 50 Hz dan 5000 km pada 60 Hz) dan dalam situasi praktis, medan listrik dan medan magnet bertindak independen satu sama lain sehingga dapat diukur secara terpisah.
- b. Pertumbuhan tomat ranti pada penelitian ini dilakukan untuk mengamati perbandingan pertumbuhan tomat ranti pada kelompok eksperimen (dipapar medan magnet ELF) dengan pertumbuhan tomat ranti pada kelompok kontrol (tanpa dipapar dengan medan magnet ELF).

Indikator :

- a) Indikator saat penyemaian

Pada hari ke-10 = sampel biji tomat yang paling tumbuh cepat

- b) Indikator saat pertumbuhan

Pada hari ke-20 = jumlah daun, panjang tanaman, massa tanaman.

Pada hari ke-40 = jumlah daun, panjang tanaman, massa tanaman.

Pada hari ke-60 = jumlah daun, panjang tanaman, massa tanaman, pada hari ke-60 tanaman sudah mulai muncul bunga.

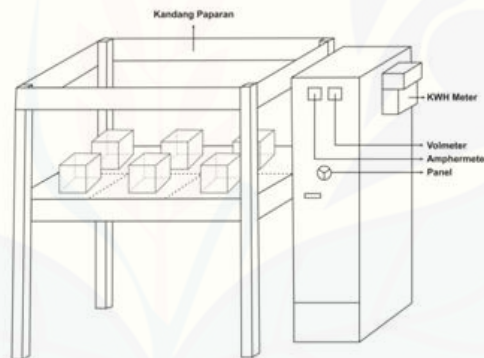
3.6 Alat dan Bahan Penelitian

3.6.1 Alat

a. *Current Transformer (CT)*

Current Transformer (CT) merupakan alat untuk menghasilkan medan magnet ELF dengan sumber arus pada frekuensi 50 Hz. Alat ini dibuat oleh Tim Teknisi dari ITS (lihat Gambar 3.1). Adapun komponen alat CT adalah sebagai berikut:

- 1) Transformer tegangan
- 2) 3 buah *transformer* arus (*Current Transformer*) masing-masing 100/50 A, 300/A, dan 600/5 A.
- 3) Pengatur tegangan (*voltage regulator*).
- 4) Amperemeter.
- 5) Batang konduktor dari tembaga dengan diameter 3 cm.



Gambar 3.2 *Current Transformer (CT)*
(Sumber : Sudarti, 2002)

Cara kerja alat ini adalah sebagai berikut:

- a) Menghidupkan MCB 2P 50 A (terdapat dalam panel). Bila tegangan telah terhubung, pilot lamp akan menyala.
- b) Memastikan output tegangan slite voltage regulator adalah nol, dengan memutar knob putar berlawanan arah jarum jam (ke kiri) hingga knob putar tak dapat diputar lagi.

- c) Menekan push button (warna merah) untuk menyalakan regulator arus. Bila knob putar pada no.b belum diputar sampai posisi nol maka kontaktor tidak akan On (menyala) dan peralatan belum dapat digunakan.
- d) Memutar knob putar searah jarum jam (ke kanan) sampai didapatkan besaran arus yang di inginkan, sehingga mencapai 100 μ T dan 300 μ T. Terdapat display arus untuk mengetahui berapa arus yang mengalir dalam peralatan regulator arus.
- e) Menekan push button (warna hijau) untuk mematikan regulator arus.

Sebelum CT ini digunakan dalam penelitian, maka langkah awal yang dilakukan adalah setting alat, yaitu menetapkan kuat arus listrik yang digunakan untuk mendapatkan intensitas medan magnet sekitar 100 μ T.

- b. Polibag
Polibag yang digunakan adalah polibag yang biasanya dipakai dalam menanam benih.
- c. Tanah
Tanah merupakan lahan untuk tumbuhnya tanaman tomat ranti.
- d. Neraca Ohaus
Neraca Ohaus merupakan alat yang digunakan untuk menimbang massa pada tanaman tomat ranti.
- e. Penggaris
Penggaris merupakan alat yang digunakan untuk menghitung tinggi tanaman.
- f. Gembor plastik
Gembor plastik merupakan alat untuk menyiram tanaman dengan air.

3.6.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- a. Biji tanaman tomat ranti

3.7 Prosedur Penelitian

3.7.1 Penentuan Sampel

Sampel dalam penelitian ini adalah biji tomat ranti. Biji tomat yang akan ditanam didapatkan dengan membeli pada toko pertanian yang terpercaya menyediakan benih-benih yang bermutu baik dan telah bersertifikat. Kemasan benih tomat ranti berjudul “Benih Unggul Bintang Asia Mawar” di produksi oleh PT. Benih Citra Asia (BCA) dengan nomor (Var.SL 283 SK 307/kpts/SR.120/5/2007). Keuntungan pengadaan benih dengan cara membeli adalah mutu benih lebih terjamin karena penanganannya dilakukan dengan teknologi modern oleh para ahli pertanian yang berpengalaman di perusahaan-perusahaan pembibitan.

3.7.2 Perendaman

Perendaman biji tomat ranti dilakukan selama 24 jam dengan menggunakan air. Sebagai pelarut, air berfungsi penting dalam pertumbuhan tanaman. Dalam perendaman menggunakan air mineral dengan merk “Aqua” karena memiliki pH air minum yang baik dibanding air mineral yang lain.

3.7.3 Pemaparan

Pemberian perlakuan pada biji yang sudah direndam dilakukan secara intermiten setiap 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit pada kelompok eksperimen pada pukul 08:00 WIB dengan menggunakan intensitas medan magnet 100 μ T dan 300 μ T. Terdapat 9 cawan sebagai media biji tomat untuk dipapar, yaitu 8 cawan untuk kelompok eksperimen dan 1 cawan untuk kelompok kontrol. Masing-masing cawan diisi dengan biji tomat (agar jumlah biji dari masing-masing sampel sama, digunakan sendok untuk mengambil biji tomat). Kemudian cawan yang berisi biji tomat diberi perlakuan medan magnet sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Setelah dipapar biji tomat langsung disemaikan pada tempat penyemaian yang berisi tanah.

3.7.4 Penyemaian

Penyemaian dilakukan setelah biji dipapar dengan medan magnet ELF. Ukuran tempat penyemaian 30 cm x 25 cm, dengan media tanam yaitu tanah. Ukuran ketebalan tanah untuk penyemaian ± 5 cm. Biji yang sudah dipapar ditanam pada 1 tempat penyemaian. Total dari tempat penyemaian adalah 9 tempat, yaitu 8 untuk kelompok eksperimen dan 1 untuk kelompok kontrol. Selama penyemaian harus dianalisis dari masing-masing intensitas dan lama paparan yang digunakan. Memasuki hari ke-10 penyemaian, kecambah tomat dipindahkan ke dalam polibag yang sudah diisi tanah. Masing-masing polibag ditanami 1 kecambah dan diberi label atau tanda sesuai perlakuan yang telah diberikan.

3.7.5 Penanaman

Kecambah tomat yang sudah ditanam ke dalam polibag akan dianalisis laju pertumbuhannya. Laju pertumbuhan tomat diamati berdasarkan jumlah daun, panjang tanaman, massa tanaman tomat, dan pertumbuhan bunga. Penganalisisan tanaman tomat dilakukan pada hari ke 10, 20, 40, dan 60. Pada hari ke-10, penganalisaan dilakukan untuk melihat sampel tanaman tomat yang tumbuh paling cepat dari masing-masing perlakuan. Pada hari ke-20 dan ke-40, dilakukan pengamatan dengan mencabut tanaman untuk dianalisis. Setiap indikator waktu tanaman tomat dicabut 10 batang untuk dianalisis.

3.7.6 Bagan Prosedur Penelitian

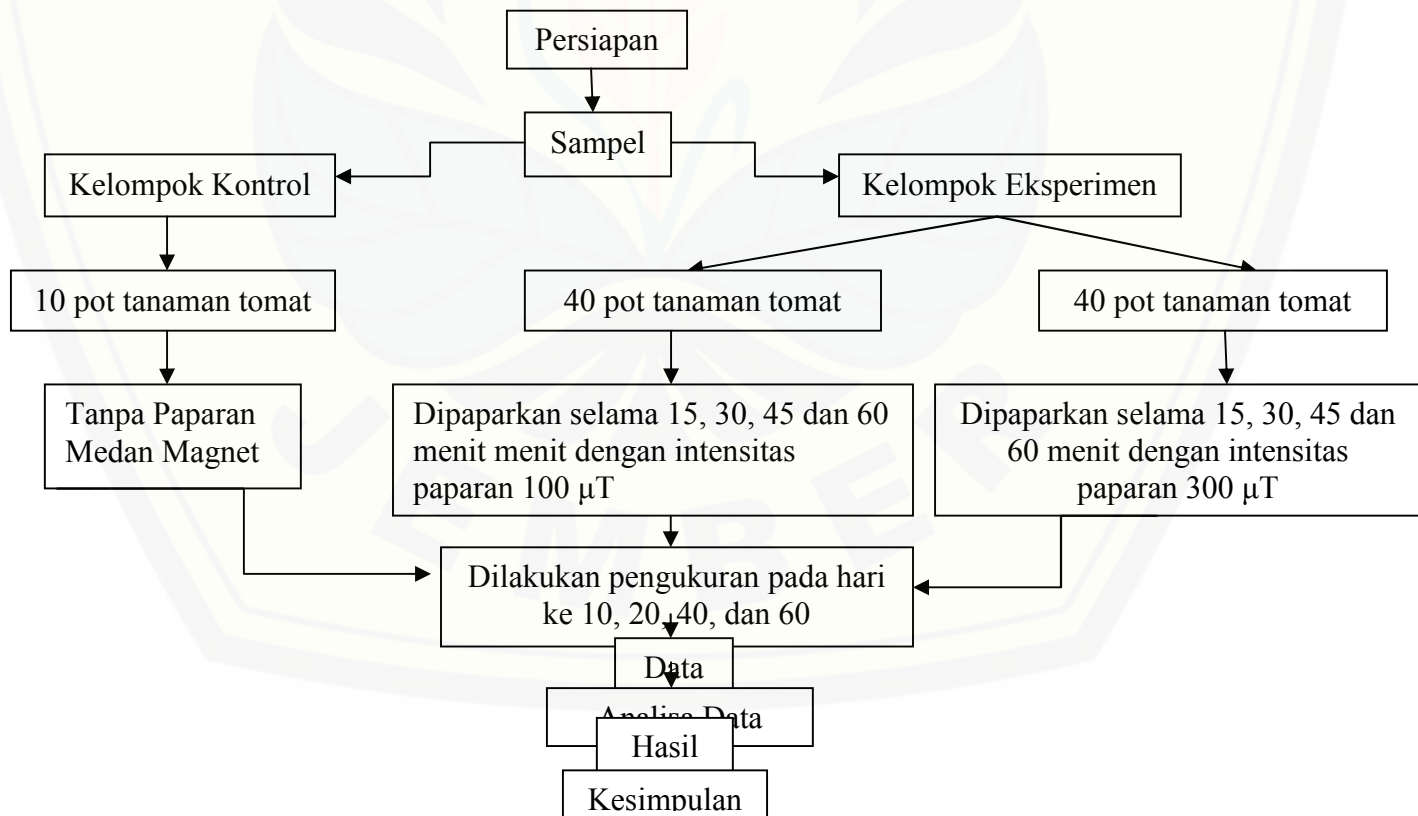
Langkah-langkah yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

- a. Melakukan persiapan
- b. Melakukan sampel penelitian, yaitu kelompok kontrol dan kelompok eksperimen dengan teknik *random sampling*
- c. Memberi paparan terhadap kelompok eksperimen dengan memaparkan medan magnet pada biji tanaman tomat yang sudah direndam dengan air selama 24 jam

dengan intensitas medan magnet sebesar $100 \mu\text{T}$ dan $300 \mu\text{T}$ pada lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit. Sedangkan untuk kelompok kontrol tanpa diberi paparan, yaitu dipaparkan secara alami tanpa paparan medan magnet ELF.

- d. Melakukan pengukuran pada tanaman tomat pada kelompok kontrol dan eksperimen.
- e. Menganalisis data hasil pengukuran dengan teknik regresi linier sederhana.
- f. Membuat pembahasan dari hasil analisa data.
- g. Membuat kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

Untuk lebih jelas alur penelitian dapat dilihat dalam bagan berikut ini :



Gambar 3.3 Bagan Prosedur Penelitan

3.8 Metode Analisa Data

Data yang diperoleh akan dianalisis dengan teknik regresi linear sederhana, yaitu regresi linear yang hanya melibatkan dua variabel, satu variabel bebas X dan satu variabel bebas Y (Hasan, 2004:63). Bentuk persamaanya adalah :

$$Y = aX + b$$

Keterangan :

$$b = \frac{n \sum XY - (\sum X) - (\sum Y)}{(\sum X) - (\sum Y)^2}$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n}$$

untuk memudahkan mengetahui hubungan antara pengaruh medan magnet pada benih tomat ranti (*Lycopersicum pimpinellifolium*) terhadap pertumbuhan tanaman tomat, dengan menggunakan analisis grafik sebagai berikut:



dengan Y adalah pertumbuhan tanaman, sedangkan X adalah hari (waktu pertumbuhan).

Berdasarkan grafik yang diperoleh, dengan teknik regresi, akan diperoleh persamaan regresi $Y = aX+b$ dan nilai R^2 . a adalah nilai konstanta a dari persamaan regresi. Artinya bahwa tanpa pengaruhi nilai variabel X, nilai variabel Y konstan dengan nilai a. Sedangkan nilai b, menunjukkan bahwa setiap kenaikan atau

penurunan nilai variabel akan kenaikan atau menurunkan variabel yang lain sebesar
b.

3.8.1 Perhitungan Berulang Pada Pengukuran

| No | .X | $(X - \bar{X})$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|------------|----|-----------------|-------------------|
| 1. | | | |
| 2. | | | |
| 3. | | | |
| 4. | | | |
| 5. | | | |
| $\Sigma =$ | | | |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n}$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma (X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I$$

$$\text{HP} = \{ \bar{X} \pm \Delta X \} \text{satuan}$$

a. Tabel Hasil Pengamatan Laju Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti

Tabel 3.1 Data hasil pengukuran laju pertumbuhan tomat dengan lama paparan yang berbeda

a) Tabel pengamatan pada t_{20} dengan pengukuran jumlah daun, panjang batang dan massa tanaman

| Usia ke- | Kelompok Eksperimen | | | | | | | | Kelompok Kontrol |
|----------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------|
| | T.1. | T.1 | T.1 | T.1 | T.3 | T.3 | T.3 | T.3 | |
| 15 | .30 | .45 | .60 | .15 | .30 | .45 | .60 | | |

| | |
|----------|-------------------|
| | Jumlah daun |
| t_{20} | Panjang batang |
| | Massa tanaman |

Keterangan :

T.Kontrol : sampel kelompok kontrol (dengan tidak diberi perlakuan)

T.1.15 : sampel kelompok eksperimen (dengan 100 μ T dan lama paparan 15 menit)

T.1.30 : sampel kelompok eksperimen (dengan 100 μ T dan lama paparan 30 menit)

T.1.45 : sampel kelompok eksperimen (dengan 100 μ T dan lama paparan 45 menit)

T.1.60 : sampel kelompok eksperimen (dengan 100 μ T dan lama paparan 60 menit)

T.3.15 : sampel kelompok eksperimen (dengan 300 μ T dan lama paparan 15 menit)

T.3.30 : sampel kelompok eksperimen (dengan 300 μ T dan lama paparan 30 menit)

T.3.45 : sampel kelompok eksperimen (dengan 300 μ T dan lama paparan 45 menit)

T.3.60 : sampel kelompok eksperimen (dengan 300 μ T dan lama paparan 60 menit)

b) Tabel pengamatan pada t_{40} dengan pengukuran jumlah daun, panjang batang, dan massa tanaman

| | Kelompok Eksperimen | | | | | | | | Kelompok Kontrol |
|----------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------|
| | T.1.15 | T.1.30 | T.1.45 | T.1.60 | T.3.15 | T.3.30 | T.3.45 | T.3.60 | |
| Usia ke- | 15 | .30 | .45 | .60 | .15 | .30 | .45 | .60 | |
| | Jumlah daun | | | | | | | | |
| t_{40} | Panjang batang | | | | | | | | |
| | Massa tanaman | | | | | | | | |

Keterangan :

T.Kontrol : sampel kelompok kontrol (dengan tidak diberi perlakuan)

T.1.15 : sampel kelompok eksperimen (dengan 100 μ T dan lama paparan 15 menit)

- T.1.30 : sampel kelompok eksperimen (dengan 100 μ T dan lama paparan 30 menit)
- T.1.45 : sampel kelompok eksperimen (dengan 100 μ T dan lama paparan 45 menit)
- T.1.60 : sampel kelompok eksperimen (dengan 100 μ T dan lama paparan 60 menit)
- T.3.15 : sampel kelompok eksperimen (dengan 300 μ T dan lama paparan 15 menit)
- T.3.30 : sampel kelompok eksperimen (dengan 300 μ T dan lama paparan 30 menit)
- T.3.45 : sampel kelompok eksperimen (dengan 300 μ T dan lama paparan 45 menit)
- T.3.60 : sampel kelompok eksperimen (dengan 300 μ T dan lama paparan 60 menit)

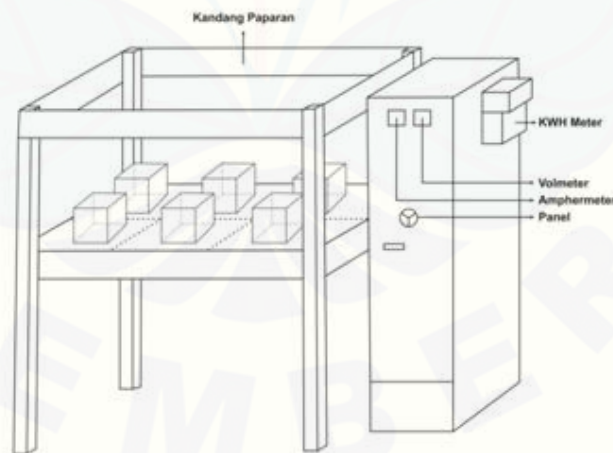
3.9 Instrumen Pengumpulan Data

3.9.1 Instrumen paparan medan magnet ELF

a. Alat dan Bahan

1) *Current Transformer (CT)*

Current Transformer (CT) merupakan alat untuk menghasilkan medan magnet ELF dengan sumber asru pada frekuensi 50 Hz. Alat ini dibuat oleh Tim Teknisi dari ITS (lihat Gambar 3.4)



Gambar 3.4 *Current Transformer (CT)*
(Sumber : Sudarti, 2002)

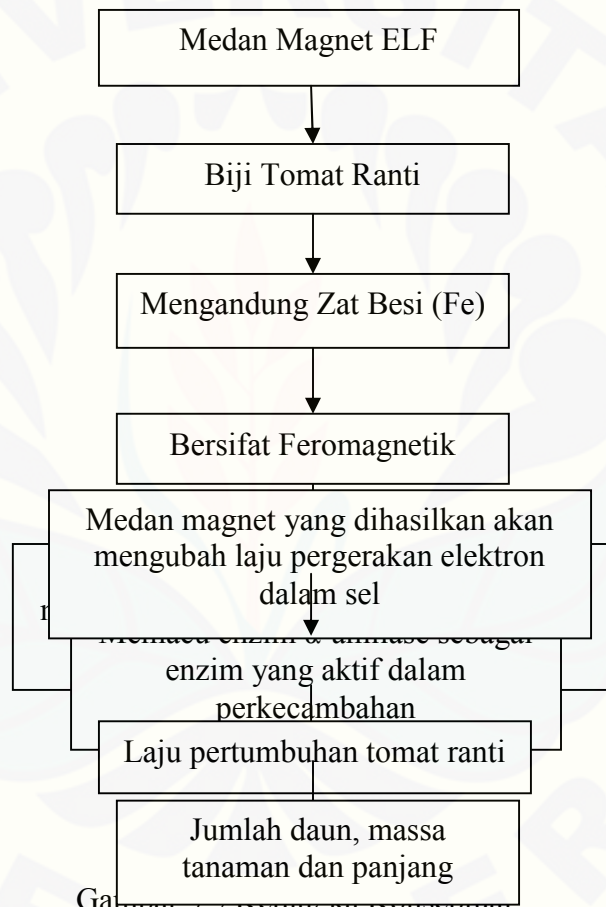
3.9.2 Instrumen Pengukuran Pertumbuhan Tomat

a. Alat dan Bahan

- 1) Polibag
 - 2) Tanah
 - 3) Neraca Ohaus
 - 4) Penggaris
 - 5) Gembor plastik
 - 6) Benih tomat ranti
- b. Prosedur
- 1) Tahap 1 Pemaparan
 - a) Biji direndam dengan air lalu tiriskan (langkah ini sama dilakukan untuk kelompok kontrol dan eksperimen).
 - b) Papar biji tomat dengan medan magnet ELF dengan intensitas $100 \mu\text{T}$ secara intermiten setiap 15, 30, 45 dan 60 menit pada kelompok eksperimen, sedangkan pada kelompok kontrol tidak diberi paparan medan magnet ELF.
 - c) Langkah diatas juga dilakukan pada kelompok eksperimen dengan intensitas $300 \mu\text{T}$.
 - 2) Tahap 2 Penyemaian
 - a) Biji yang sudah dipapar langsung disemai pada tempat penyemaian
 - b) Terdapat 8 tempat penyemaian untuk kelompok eksperimen dan 1 tempat penyemaian untuk kelompok kontrol.
 - c) Selama penyemaian ± 10 hari, benih tanaman tomat dicabut untuk dipindahkan pada polibag. Masing-masing polibag ditanami 1 kecambah dan diberi label atau tanda sesuai perlakuan yang telah diberikan.
 - d) Analisa pada t_{10} dilakukan dengan mengamati sampel dari masing-masing perlakuan yang cepat tumbuh.
 - 3) Tahap 3 Pertumbuhan
 - a) Hari ke-11 sampai ke-20 dianalisa pertumbuhan daun, massa tanaman dan panjang tanaman.

- b) Hari ke-21 sampai ke-40 dianalisa pertumbuhan daun, massa tanaman dan panjang tanaman.
- c) Hari ke-41 sampai ke-60 dianalisa pertumbuhan daun, massa tanaman, panjang tanaman dan munculnya bunga.
- d) Langkah diatas diberlakukan untuk kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

3.10 Kerangka Konseptual



Gambar 3.10 Kerangka konseptual

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Prosedur Penelitian

a. Penentuan sampel

Biji tomat ranti yang digunakan dalam penelitian didapatkan dengan membeli pada toko pertanian. Keuntungan pengadaan benih dengan cara membeli adalah mutu benih lebih terjamin karena penanganannya dilakukan dengan teknologi modern oleh para ahli pertanian yang berpengalaman di perusahaan-perusahaan pembibitan. Kemasan benih tomat ranti berjudul “Benih Unggul Bintang Asia Mawar” di produksi oleh PT. Benih Citra Asia (BCA) dengan nomor (Var.SL 283 SK 307/kpts/SR.120/5/2007).



Gambar 4.1 Kemasan benih tomat ranti

b. Perendaman Biji Tomat Ranti

Proses perendaman biji tomat ranti selama 24 jam. Biji yang telah dimasukkan kedalam wadah kemudian direndam dengan menggunakan air. Sebagai pelarut, air berfungsi penting dalam pertumbuhan tanaman. Pada penelitian ini air yang

digunakan adalah air dengan merk “Aqua” karena memiliki pH air minum yang baik dibanding air mineral yang lain.



Gambar 4.2 Proses perendaman biji tomat rantı

c. Proses Pemaparan

Proses selanjutnya setelah perendaman adalah pemaparan medan magnet ELF. Lama paparan yang digunakan untuk kelompok eksperimen secara intermiten setiap 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit pada pukul 08:00 WIB. Intensitas medan magnet yang digunakan dalam penelitian ini adalah 100 μT dan 300 μT . Sedangkan pada kelompok kontrol tidak diberikan perlakuan.



Gambar 4.3 Proses pemaparan pada kelompok eksperimen

Pada proses pemaparan terdapat 9 cawan sebagai media biji tomat untuk dipapar, yaitu 8 cawan pada kelompok eksperimen dan 1 cawan kelompok kontrol. Masing-masing cawan diisi dengan biji tomat yang telah direndam (agar jumlah biji dari masing-masing sampel sama, digunakan sendok untuk mengambil biji tomat).

d. Proses Penyemaian

Penyemaian dilakukan setelah biji dipapar dengan medan magnet ELF. Ukuran tempat penyemaian 30 cm x 25 cm, dengan media tanam yaitu tanah. Ukuran ketebalan tanah untuk penyemaian ± 5 cm. Biji yang sudah dipapar ditanam pada 1 tempat penyemaian. Total dari tempat penyemaian adalah 9 tempat, yaitu 8 untuk kelompok eksperimen dan 1 kelompok kontrol.



Gambar 4.4 Proses penyemaian biji tomat ranti

e. Proses Penanaman

Proses penanaman dilakukan apabila usia tanaman tomat sudah memasuki hari ke-10. Pada hari ke-10 biji yang telah berkecambah sudah kokoh untuk dipindahkan pada polibag dengan media tanah.



Gambar 4.5 Proses pemindahan tanaman tomat pada polibag pada hari ke-10

4.1.2 Hasil Pengamatan Aplikasi Paparan Medan Magnet ELF Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti

a. Hasil Pengamatan hari ke-10

Pada pengamatan hari ke-10, biji tomat yang disemaikan telah berkecambah. Dari masing-masing sampel nampak pertumbuhan tanaman tomat yang berbeda antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.



Gambar 4.6 Kelompok Kontrol



Gambar 4.7 Kelompok E.100.15



Gambar 4.8 Kelompok E.100.30



Gambar 4.9 Kelompok E.100.45



Gambar 4.10 Kelompok E.100.60



Gambar 4.11 Kelompok E.300.15





Gambar 4.12 Kelompok E.300.30



Gambar 4.13 Kelompok E.300.45



Gambar 4.14 Kelompok E.300.60

Keterangan:

- Kontrol : kelompok tanpa paparan medan magnet ELF
- E.100.15 : kelompok eksperimen intensitas 100 μ T dan lama paparan 15 menit
- E.100.30 : kelompok eksperimen intensitas 100 μ T dan lama paparan 30 menit
- E.100.45 : kelompok eksperimen intensitas 100 μ T dan lama paparan 45 menit
- E.100.60 : kelompok eksperimen intensitas 100 μ T dan lama paparan 60 menit
- E.300.15 : kelompok eksperimen intensitas 300 μ T dan lama paparan 15 menit
- E.300.30 : kelompok eksperimen intensitas 300 μ T dan lama paparan 30 menit
- E.300.45 : kelompok eksperimen intensitas 300 μ T dan lama paparan 45 menit
- E.300.60 : kelompok eksperimen intensitas 300 μ T dan lama paparan 60 menit

Berdasarkan keterangan pada gambar diatas, terlihat bahwa perkecambahannya dari masing-masing sampel mengalami perbedaan. Pertumbuhan keseluruhan pada kelompok eksperimen memiliki struktur batang yang terlihat lebih kokoh jika dibandingkan dengan kelompok kontrol. Pada hari ke-10 dilakukan pemindahan bibit tomat dari tempat penyemaian ke dalam polibag. Masing-masing sampel dari setiap intensitas ditanam 10 bibit tomat pada 10 polibag. Total bibit tomat yang ditanam pada polibag sejumlah 90 bibit tomat, yaitu 10 polibag untuk kelompok kontrol, 40 polibag kelompok eksperimen 100 μ T, dan 40 polibag kelompok eksperimen 300 μ T.

b. Hasil Pengamatan hari ke-20

Pengambilan kedua dilaksanakan pada hari ke-20. Indikator pengukuran yang dilakukan meliputi pengukuran jumlah daun, massa tanaman dan panjang tanaman. Pengukuran pada tanaman tomat dilakukan dengan mencabut tanaman sampai ke akarnya. Tanaman yang telah dicabut untuk dianalisis tidak digunakan kembali. Sehingga peneliti melakukan analisis pada bibit tomat yang masih pada tempat penyemaian. Pengukuran untuk jumlah daun dilakukan dengan menghitung berapa daun yang tumbuh pada batang. Massa tanaman dihitung dengan menggunakan neraca ohaus. Sedangkan untuk panjang tanaman dengan menggunakan penggaris, atau dengan menggunakan tali rafia. Tali rafia digunakan jika ada beberapa tanaman yang batangnya tidak lurus.



Gambar 4.15 Proses analisa jumlah daun pada hari ke-20



Gambar 4.16 Proses analisa massa tanaman pada hari ke-20



Gambar 4.17 Proses analisa panjang tanaman pada hari ke-20

c. Hasil Pengamatan Hari ke-40

Penganalisaan selanjutnya dilaksanakan pada hari ke-40. Sama halnya dengan pengukuran sebelumnya, indikator yang akan diukur adalah menghitung jumlah daun, massa tanaman dan panjang tanaman. Pada pengukuran hari ke-40, tanaman yang telah dianalisa tidak akan ditanam kembali. Sama halnya dengan pengukuran sebelumnya, tanaman yang akan dianalisis dicabut dari tempat penyemaian dan dilakukan analisa. Analisa untuk jumlah daun dilakukan dengan menghitung berapa daun yang tumbuh pada batang. Massa tanaman dihitung dengan menggunakan neraca ohaus. Sedangkan untuk panjang tanaman dengan menggunakan penggaris, atau dengan menggunakan tali rafia. Tali rafia digunakan jika ada beberapa tanaman yang batangnya tidak tumbuh lurus.



Gambar 4.18 Proses analisa jumlah daun pada hari ke-40



Gambar 4.19 Proses analisa massa tanaman pada hari ke-40



Gambar 4.20 Proses analisa panjang tanaman pada hari ke-40

d. Hasil Pengamatan Hari ke-60

Pengamatan pada hari ke-60 berbeda dengan pengamatan hari ke-20 dan ke-40. Pada hari ke-60 melakukan pengamatan dengan melihat masa produktifnya. Masa produktif pada hari ke-60 ditandai dengan muncul bunga pada masing-masing sampel.

Dari hasil pengamatan, kelompok yang sudah menunjukkan masa produktifnya nampak pada kelompok eksperimen pada paparan medan magnet $300 \mu\text{T}$ dengan lama paparan 60 menit. Untuk kelompok eksperimen $100 \mu\text{T}$ dan kelompok kontrol masih belum nampak adanya pertumbuhan bunga yang tumbuh. Terlihat pada penganalisaan sebelumnya bahwasanya intensitas $300 \mu\text{T}$ dengan lama paparan 60 menit telah memperoleh data yang paling tinggi dibandingkan dengan kelompok yang lainnya. Pada intensitas $100 \mu\text{T}$ yang menunjukkan tingkat produktifitasnya paling cepat adalah pada lama paparan 30 menit. Ditandai dengan data yang diperoleh paling tinggi dibandingkan dengan sampel yang lain. Namun kelompok dengan intensitas $100 \mu\text{T}$ masih belum nampak sampel yang mengalami pertumbuhan kuncup bunga.



Gambar 4.21 Kelompok Kontrol



Gambar 4.22 Kelompok E.100.15



Gambar 4.23 Kelompok E.100.30

E.100.45



Gambar 4.24 Kelompok



Gambar 4.25 kelompok E.100.60
E.300.15

Gambar 4.26 Kelompok



Gambar 4.27 Kelompok E.300.30
E.300.45



Gambar 4.28 Kelompok



Gambar 4.29 Kelompok E.300.60

Keterangan:

| | | | | | | | |
|----------|---|----------|------------|------------------------|---------------------|--------|-----|
| Kontrol | : | kelompok | tanpa | paparan | medan | magnet | ELF |
| E.100.15 | : | kelompok | eksperimen | intensitas 100 μ T | dan lama paparan 15 | menit | |
| E.100.30 | : | kelompok | eksperimen | intensitas 100 μ T | dan lama paparan 30 | menit | |
| E.100.45 | : | kelompok | eksperimen | intensitas 100 μ T | dan lama paparan 45 | menit | |
| E.100.60 | : | kelompok | eksperimen | intensitas 100 μ T | dan lama paparan 60 | menit | |
| E.300.15 | : | kelompok | eksperimen | intensitas 300 μ T | dan lama paparan 15 | menit | |
| E.300.30 | : | kelompok | eksperimen | intensitas 300 μ T | dan lama paparan 30 | menit | |

E.300.45 : kelompok eksperimen intensitas 300 μ T dan lama paparan 45 menit

E.300.60 : kelompok eksperimen intensitas 300 μ T dan lama paparan 60 menit

Berdasarkan hasil pengamatan, kelompok eksperimen pada paparan medan magnet 300 μ T dengan lama paparan 60 menit telah menunjukkan masa produktifnya dengan ditandai telah munculnya kuncup bunga. Bunga pada tanaman tomat berwarna kuning dan tersusun dalam dompolan dengan jumlah 5-10 bunga per dompolan. Jumlah bunga pada tanaman tomat per tandan 6-10. Berikut adalah gambar sampel tanaman tomat yang telah muncul kuncup bunga.



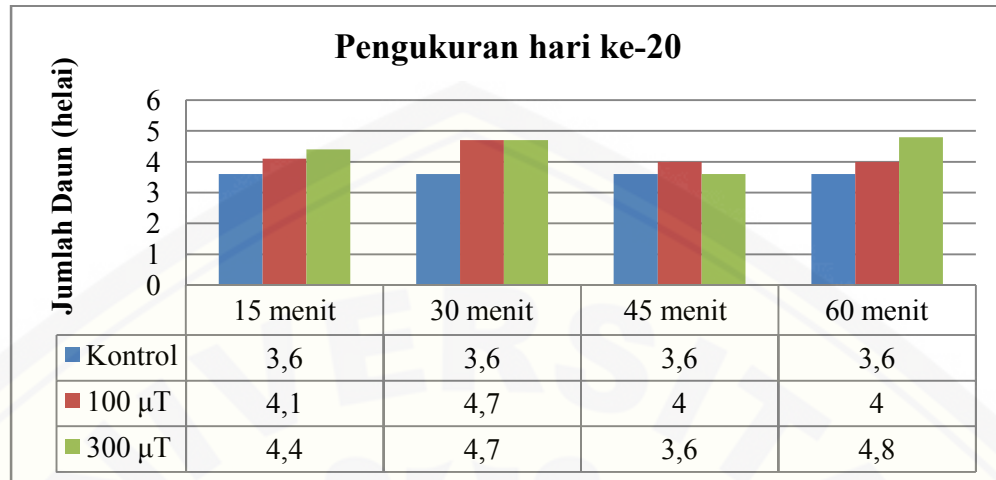
Gambar 4.30 Kelompok tanaman tomat yang telah muncul bunga

4.1.3 Hasil Pengukuran Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti Dengan Paparan Medan Magnet ELF

a. Analisa data pada hari ke-20

1) Jumlah daun (helai)

Pengukuran untuk jumlah daun pada tanaman tomat ranti dilakukan di Greenhouse Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Pengukuran jumlah daun pada sampel dilakukan dengan menghitung banyaknya daun yang tumbuh pada tanaman. Hasil pengukuran jumlah daun pada hari ke-20 dari percobaan eksperimen maupun kontrol dianalisis dalam bentuk diagram, sebagaimana gambar diagram 4.31 sebagai berikut :

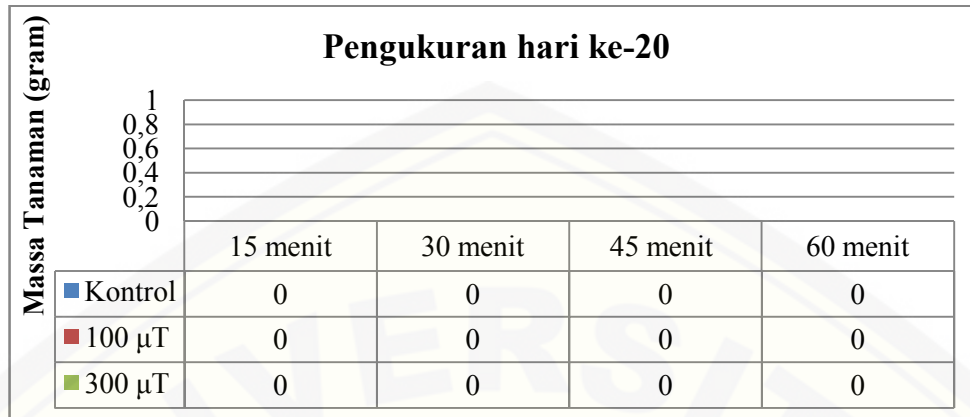


Gambar 4.31 Diagram jumlah daun tomat ranti

Berdasarkan diagram 4.31, pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap pertumbuhan jumlah daun pada lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit pada pengukuran hari ke-20 yakni kelompok eksperimen mendapatkan hasil lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol. Untuk hasil dari diagram pengukuran jumlah daun yakni merupakan nilai rata-rata dari setiap sampel kelompok eksperimen maupun kelompok kontrol.

2) Massa tanaman (gram)

Pengukuran untuk massa tanaman pada tanaman tomat ranti dilakukan di Greenhouse Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Pada proses pengukuran massa tanaman dengan menggunakan neraca ohaus digital. Pemilihan neraca digital dalam penelitian ini dikarenakan dalam proses pengukuran agar lebih akurat dan presisi data yang didapatkan. Dengan menggunakan neraca ohaus digital, benda yang akan diukur nilainya akan muncul pada layar. Hasil pengukuran massa tanaman pada hari ke-20 dari percobaan eksperimen maupun kontrol dianalisis dalam bentuk diagram, sebagaimana gambar diagram 4.32 sebagai berikut :

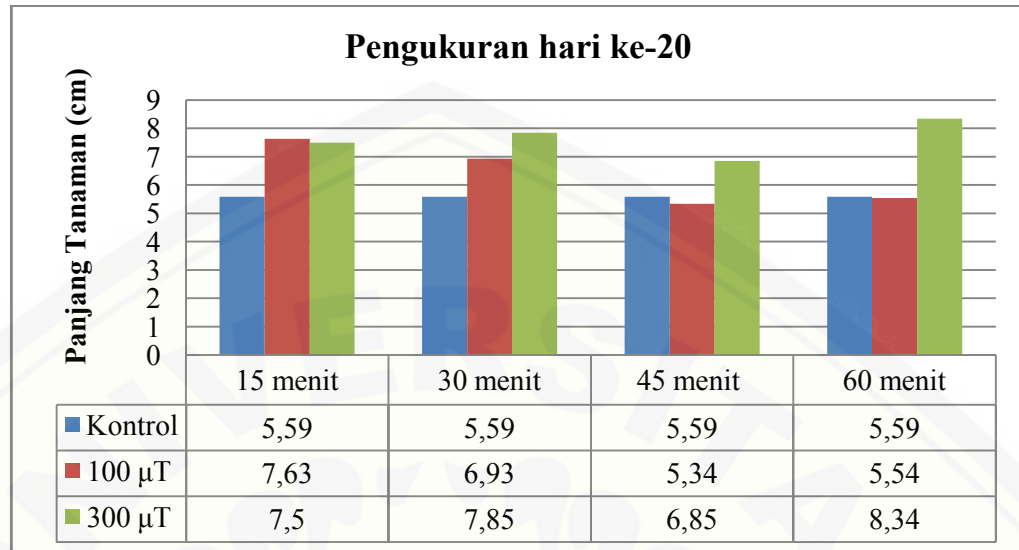


Gambar 4.32 Diagram massa tanaman tomat ranti

Berdasarkan diagram 4.32, pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap massa tanaman tomat ranti pada lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit pada pengukuran hari ke-20 yakni kelompok eksperimen maupun kelompok kontrol belum menghasilkan data pada masing-masing sampel, dikarenakan massa tanaman tomat ranti masih terlalu rendah dengan batas ketelitian neraca ohaus yang digunakan adalah 1 gram sehingga massa tanaman tomat ranti tidak muncul pada layar.

3) Panjang tanaman (cm)

Pengukuran untuk panjang tanaman pada tanaman tomat ranti dilakukan di Greenhouse Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Pada proses pengukuran panjang tanaman dengan menggunakan penggaris atau tali rafia. Pengukuran dengan menggunakan tali rafia dimungkinkan ada tanaman yang memiliki struktur batang yang tidak lurus. Pada proses pengukuran yakni dengan mengukur dari pucuk tanaman hingga ujung akar. Hasil pengukuran panjang tanaman pada hari ke-20 dari percobaan eksperimen maupun kontrol dianalisis dalam bentuk diagram, sebagaimana gambar diagram 4.33 sebagai berikut :



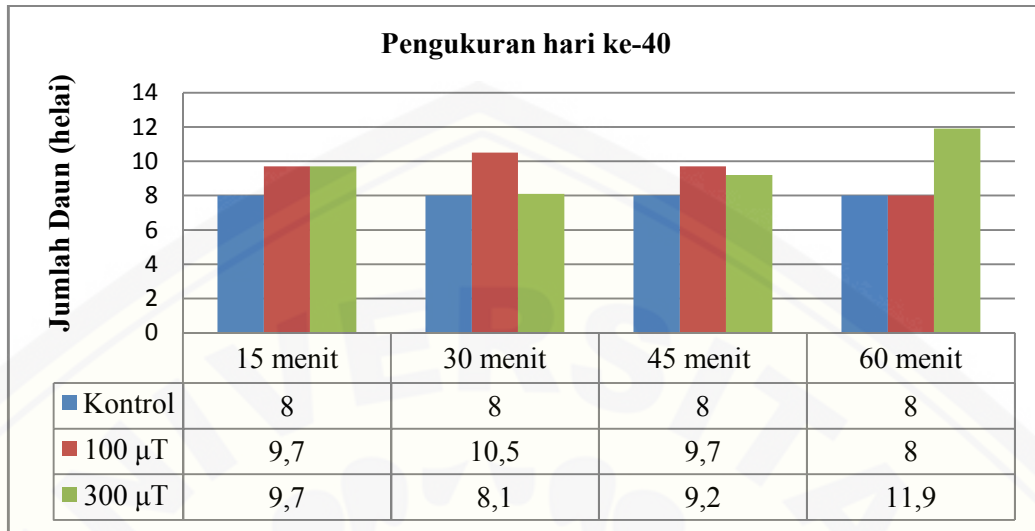
Gambar 4.33 Diagram panjang tanaman tomat ranti

Berdasarkan diagram 4.33, pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap pertumbuhan panjang tanaman pada lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit pada pengukuran hari ke-20 yakni kelompok eksperimen mendapatkan hasil lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol. Untuk hasil dari diagram pengukuran panjang tanaman yakni merupakan nilai rata-rata dari setiap sampel kelompok eksperimen maupun kelompok kontrol.

b. Analisa data pada hari ke-40

1) Jumlah daun (helai)

Penelitian untuk mengukur jumlah daun pada tanaman tomat ranti dilakukan di Greenhouse Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Pada pengukuran hari ke-40 sama halnya dengan hari ke-20. Pengukuran jumlah daun pada sampel dilakukan dengan menghitung banyaknya daun yang tumbuh pada tanaman. Hasil pengukuran jumlah daun pada hari ke-40 dari percobaan eksperimen maupun kontrol dianalisis dalam bentuk diagram, sebagaimana gambar diagram 4.34 sebagai berikut :

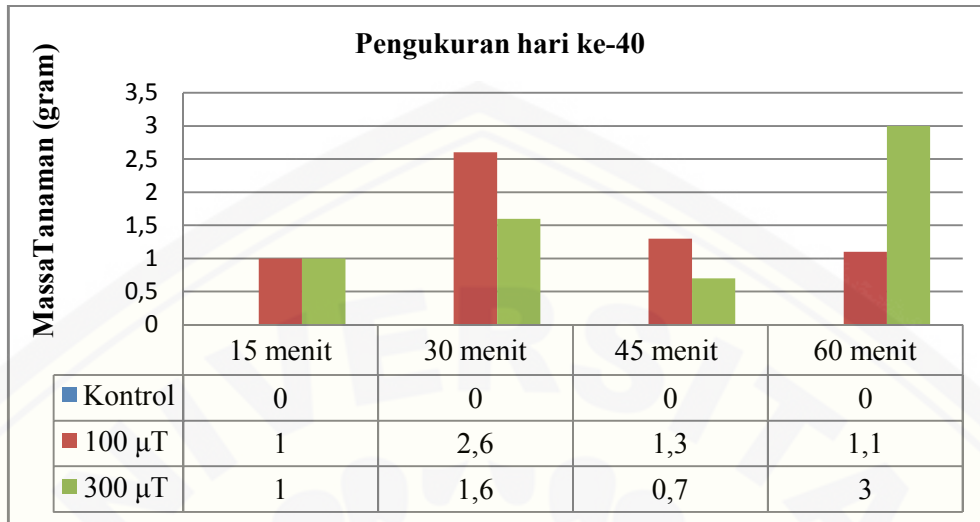


Gambar 4.34 Diagram jumlah daun tomat ranti

Berdasarkan diagram 4.34, pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap pertumbuhan jumlah daun pada lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit pada pengukuran hari ke-40 yakni kelompok eksperimen mendapatkan hasil lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol. Untuk hasil dari diagram pengukuran jumlah daun yakni merupakan nilai rata-rata dari setiap sampel kelompok eksperimen maupun kelompok kontrol.

2) Massa tanaman (gram)

Pengukuran untuk massa tanaman pada tanaman tomat ranti dilakukan di Greenhouse Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Sama halnya dengan pengukuran massa tanaman hari ke-20, pengukuran hari ke-40 pada proses pengukuran dengan menggunakan neraca ohaus digital. Pemilihan neraca digital dalam penelitian ini dikarenakan dalam proses pengukuran agar lebih akurat dan presisi data yang didapatkan. Hasil pengukuran massa tanaman pada hari ke-40 dari percobaan eksperimen maupun kontrol dianalisis dalam bentuk diagram, sebagaimana gambar diagram 4.35 sebagai berikut :

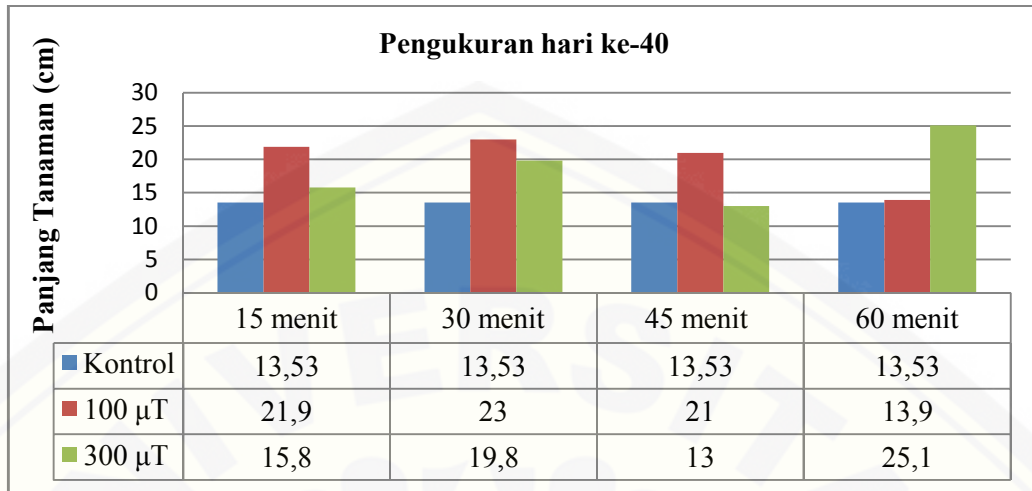


Gambar 4.35 Diagram massa tanaman tomat ranti

Berdasarkan diagram 4.35, pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap massa tanaman tomat ranti pada lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit pada pengukuran hari ke-40 yakni kelompok eksperimen memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol. Berbeda pada pengukuran hari ke-20 yang massa tanaman masih belum terbaca pada neraca ohaus. Pada pengukuran ini kelompok kontrol masih belum menghasilkan data. Sehingga untuk pengukuran pada kelompok kontrol pada hari ke-20 dan ke-40 tidak mengalami perubahan.

3) Panjang tanaman (cm)

Pengukuran untuk panjang tanaman pada tanaman tomat ranti dilakukan di Greenhouse Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Pada proses pengukuran panjang tanaman dengan menggunakan penggaris atau tali rafia. Pengukuran dengan menggunakan tali rafia dimungkinkan ada tanaman yang memiliki struktur batang yang tidak lurus. Pada proses pengukuran yakni dengan mengukur dari pucuk tanaman hingga ujung akar. Hasil pengukuran panjang tanaman pada hari ke-40 dari percobaan eksperimen maupun kontrol dianalisis dalam bentuk diagram, sebagaimana gambar diagram 4.36 sebagai berikut :



Gambar 4.36 Diagram panjang tanaman tomat ranti

Berdasarkan diagram 4.36, pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap pertumbuhan panjang tanaman pada lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit pada pengukuran hari ke-40 yakni kelompok eksperimen mendapatkan hasil lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol. Untuk hasil dari diagram pengukuran panjang tanaman yakni merupakan nilai rata-rata dari setiap sampel kelompok eksperimen maupun kelompok kontrol.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pembahasan Pengaruh Intensitas Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Intensitas 100 μ T dan 300 μ T Terhadap Proses Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti

Pertumbuhan suatu tanaman dapat diukur melalui penambahan tinggi dan diameter batang, panjang akar, atau dengan mengukur luas permukaan daun (Salisbury dan Ross, 1995). Sedangkan menurut Sitompul dan Guritno (1995), menyatakan pertumbuhan merupakan aktivitas pada makhluk hidup yang mengakibatkan adanya peningkatan ukuran dalam bentuk volume, tinggi dan berat. Tanaman pada umumnya termasuk tomat mengalami pertumbuhan yang dimulai saat biji berkecambah. Perkecambahan adalah proses pemanjangan radikula atau akar embrionik ke arah luar menembus kulit biji (Salisbury, 1995). Proses tersebut

membutuhkan air yang akan memicu terjadinya proses imbibisi yaitu penyerapan air oleh sel biji. Pemberian perlakuan perendaman biji dengan air dapat mempersingkat masa dormansi biji dan mengaktifkan sel biji untuk memacu perkecambahan. Peningkatan air dalam sel biji memacu aktivitas enzim-enzim perkecambahan pada biji seperti enzim α -amilase, sehingga metabolisme pada biji menjadi lebih cepat (Campbell et al.,2003). Proses pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal meliputi gen dan hormon (Pratiwi, 2006). Sedangkan faktor eksternal meliputi air, cahaya, temperatur, oksigen, medium, dan unsur hara (Campbell *et al.*,2003). Namun saat ini, telah banyak diteliti medan magnet terhadap pertumbuhan tanaman. Pengaruh medan magnet terhadap tumbuhan tergantung pada intensitas dan frekuensi medan magnet yang diberikan, jenis tanaman yang dimagnetisasi, dan lama waktu magnetisasi (Saragih dan Silaban, 2010).

Semua unsur di bumi digolongkan ke dalam unsur kemagnetan yang bersifat feromagnetik, paramagnetik dan diamagnetik. Unsur yang bersifat diamagnetik mengalami magnetisasi ke arah berlawanan dengan medan magnet. Sedangkan unsur feromagnetik dan paramagnetik akan mengalami magnetisasi searah dengan medan magnet. Unsur hara penyusun jaringan tumbuhan dan berbagai senyawa organik dalam sitoplasma tumbuhan juga dipengaruhi oleh sifat kemagnetan feromagnetik, diamagnetik dan paramagnetik. Sifat polarisasi magnet dari unsur-unsur tersebut dapat dipengaruhi dengan keberadaan medan magnet di sekitarnya (Reitz dkk.,1994). Unsur yang bersifat feromagnetik adalah Fe. Pt dan Al merupakan unsur yang bersifat paramagnetik. Sedangkan unsur yang bersifat diamagnetik adalah Au dan Cu (Soedjo. 1998).

Tomat ranti memiliki kandungan gizi yang banyak dan sangat dibutuhkan oleh tubuh. Mulai dari karbohidrat, zat besi, protein, vit A, vit C dan masih banyak lagi. Kandungan zat besi (Fe) yang dimiliki tomat mampu dipengaruhi sifat kemagnetan feromagnetik. Bahan yang mengandung sifat feromagnetik sangat mudah dipengaruhi medan magnet karena memiliki resultan medan magnet atomis yang besar, sehingga apabila bahan diberi medan magnet dari luar maka elektron-elektronya akan

mengusahakan dirinya untuk menimbulkan medan magnet searah dengan medan magnet luar.

Berdasarkan diagram 4.31 sampai 4.36, paparan medan magnet ELF terhadap proses pertumbuhan tanaman tomat ranti mengalami kenaikan pada kelompok eksperimen. Kelompok eksperimen dengan intensitas 100 μT dan 300 μT mendapatkan hasil rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol. Pemberian medan magnet ELF pada tanaman tomat ranti dimaksudkan untuk mengamati proses pertumbuhan laju tomat ranti dengan indikator pengukurannya meliputi jumlah daun, massa tanaman dan panjang tanaman. Proses pengukuran dari tahap penyemaian hingga pada masa produktif memberikan respon yang baik terhadap kelompok eksperimen dengan intensitas 100 μT dan 300 μT .

Pemberian perlakuan dengan paparan medan magnet ELF 100 μT dan 300 μT telah mempercepat laju pertumbuhan. Hasil rata-rata yang diperoleh dari pengukuran jumlah daun, massa tanaman, dan panjang tanaman pada masing-masing intensitas didapatkan bahwa intensitas 300 μT memiliki hasil yang lebih tinggi dibandingkan pada paparan 100 μT . Sesuai penjelasan sebelumnya bahwasanya tomat ranti memiliki kandungan gizi salah satunya yakni zat besi (Fe). Zat besi merupakan salah satu nutrisi yang bersifat feromagnetik. Bahan feromagnetik merupakan bahan yang mempunyai resultan medan atomis yang besar. Hal ini disebabkan oleh momen magnetik spin elektron. Pada bahan feromagnetik banyak spin elektron yang tidak berpasangan, misalnya pada atom besi terdapat empat buah spin elektron yang tidak berpasangan. Masing-masing spin elektron yang tidak berpasangan ini akan memberikan medan magnet sehingga total medan magnet yang dihasilkan oleh suatu atom lebih besar. Medan magnet yang dihasilkan akan mengendalikan dan mengubah laju pergerakan elektron dalam sel secara signifikan sehingga berbagai proses metabolisme dalam sel dapat dipengaruhi. Awal pertumbuhan tomat ranti adalah dengan perkecambahan. Dalam proses perkecambahan tomat ranti, enzim α -amilase merupakan enzim yang berperan dalam proses perkecambahan tumbuhan. Semakin

besar medan magnet yang dihasilkan akan memacu laju pergerakan enzim α -amilase dalam perkecambahan sehingga metabolisme menjadi lebih cepat.

Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang telah dilakukan Winandari (2011) dalam penelitiannya membuktikan bahwa pemaparan medan magnet 200 μ T selama 7 menit 48 detik berpengaruh pada laju pertumbuhan tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) dengan indikator yang diteliti adalah luas daun dan kandungan klorofil pada daun menjadi lebih baik.

Sebagai organisme yang tidak dapat berpindah tempat, pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, salah satunya adalah keberadaan medan magnet (Adjis dkk, 1987). Sehingga sesuai yang dikatakan oleh Saragih dan Silaban (2010), bahwa besar intensitas medan magnet berpengaruh pada tanaman yang dimagnetisasi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa keberadaan medan magnet ELF dengan intensitas 300 μ T berpengaruh terhadap proses pertumbuhan tanaman tomat ranti.

4.2.2 Pembahasan Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Intensitas 100 μ T dan 300 μ T Secara Intermiten 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti

Pada penelitian ini mengkaji pengaruh lama paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) intensitas 100 μ T dan 300 μ T secara intermiten 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti. Pengaruh paparan medan magnet pada tanaman selain pada intensitas medan magnet yang diberikan juga pada lama paparan (waktu magnetisasi).

Pada pembahasan kedua ini akan mengkaji pengaruh lama paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T dan 300 μ T secara intermiten 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti. Berdasarkan diagram 4.31 sampai 4.36, paparan medan magnet ELF terhadap proses pertumbuhan tanaman tomat ranti mengalami kenaikan pada kelompok eksperimen. Kelompok eksperimen

dengan intensitas 100 μT dan 300 μT mendapatkan hasil rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol.

Peneliti menggunakan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Winandari (2011), yang membuktikan bahwa pemaparan medan magnet 200 μT dengan lama paparan 7 menit 48 detik pada benih tomat berpengaruh pada laju pertumbuhan tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill). Sehingga peneliti menggunakan lama paparan dengan selang waktu yaitu 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Dari data yang diperoleh terjadi pengaruh lama paparan pada hasil pengukuran hari ke-20 dan ke-40 pada masing-masing intensitas. Dari hasil keseluruhan, pada paparan medan magnet intensitas 300 μT memiliki nilai rata-rata tertinggi pada lama paparan 60 menit.

Berdasarkan pembahasan pertama bahwasanya pada tomat mengandung nutrisi zat besi (Fe) dimana zat besi merupakan salah satu nutrisi yang bersifat feromagnetik. Dengan lama paparan 60 menit pada intensitas 300 μT telah memberikan pengaruh baik pada proses pertumbuhan tomat ranti. Semakin besar intensitas medan magnet maka semakin besar pula medan magnetik yang dihasilkan untuk mengubah laju pergerakan elektron dalam sel sehingga memacu enzim α -amilase dalam proses perkecambahan. Untuk lebih maksimal medan magnet dalam mengubah laju pergerakan elektron, dibutuhkan waktu pemaparan yang lama supaya proses metabolisme menjadi lebih cepat. Sehingga pada lama paparan 60 menit merupakan waktu maksimal medan magnet untuk pemaparan biji tomat ranti.

Sehingga sesuai dengan pernyataan Saragih dan Silaban (2010), bahwa pengaruh medan magnet tergantung pada lama waktu magnetisasi. Selain pengaruh pada intensitas paparan medan magnet 300 μT , terdapat faktor lain yang berpengaruh yaitu faktor lingkungan. Faktor lingkungan lain yang diduga ikut mempengaruhi hasil penelitian ini seperti air, cahaya, temperatur, oksigen, medium dan unsur hara (Campbell *et al.*, 2003). Selain itu, pada proses penanaman bersamaan dengan cuaca

yang tidak menentu. Sehingga faktor cuaca yang buruk dan sering terjadi hujan diduga juga berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman.

4.2.3 Pembahasan Paparan Efektif Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) yang Berpengaruh Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti

Pada penelitian ini menentukan pada dosis berapa medan magnet ELF berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti. Menurut Saragih dan Silaban (2010), menyatakan bahwa pengaruh medan magnet terhadap tumbuhan tergantung pada intensitas dan frekuensi medan magnet yang diberikan, jenis tanaman yang dimagnetisasi, dan lama waktu magnetisasi.

Berdasarkan pembahasan kedua diatas, bahwa pada intensitas 300 μT dengan lama paparan 60 menit merupakan waktu maksimal medan magnet untuk pemaparan pada biji tomat ranti, sehingga memberikan dampak positif dan mempercepat laju pertumbuhan tanaman tomat ranti. Dapat disimpulkan bahwa pada dosis ini tanaman tomat ranti lebih tumbuh maksimal dibandingkan dengan dosis yang lain.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

- a. Paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dengan intensitas 300 μ T berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti.
- b. Semakin besar intensitas medan magnet ELF dan lama paparan yang dipaparkan pada tumbuhan (tomat ranti) akan berpengaruh besar terhadap proses pertumbuhan.
- c. Dosis dengan intensitas medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) intensitas 300 μ T dengan lama paparan 60 menit merupakan dosis yang efektif untuk mempercepat laju pertumbuhan tanaman tomat ranti.

5.2 Saran

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

- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai dampak medan magnet ELF pada buah yang akan dihasilkan oleh tanaman dan dikonsumsi masyarakat.
- b. Untuk penelitian dengan menggunakan gelombang elektromagnetik harus memperhatikan intensitas dan lama pemaparan pada tanaman yang akan di uji coba.
- c. Untuk selanjutnya diharapkan diadakan penelitian lebih lanjut agar produksi tanaman tomat lebih baik di kalangan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adjis, A., Imam, P., Sumarboyo, Y. 1987. *Fisika Seni IPA*. Jakarta: Pustaka Ilmu.
- Arikunto, S. 2006. *Prosedur Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Bombardelli. 1999. *Process for Extraction of Lycopene Using Phospholipid in The Extraction Medium*. US Patent: 5897866.
- Cahyono, B. 1998. *Tomat*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Campbell ,N.A., Reece, J.B., dan Mitchell, L.G.2003. *Biologi Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.
- Giancoli, Douglas C. 2001 *Physics principles with applications, Fifth Edition*,. Prentice Hall, New York: Khoe Yao Tong.
- Glaser, Roland. 1996. *Biophysics*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Grotel E, Peter GK, Grobinski H, 1992. *EMF and ELF Fact Sheet. Electronok*, 77: 255-260.
- Hidayati dan Dermawan. 2012. *Tomat Unggul*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Ishaq M. 2007. *Fisika Dasar Elektisitas dan Magnetisme*.Yogyakarta: Graha Ilmu
- Moechtar, M. 1999. *Magnetic Field Effecton Human Beings*. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia Vol.1 Hlm: 1-7
- Nakasono, Saiki 2000. *Pengaruh medan magnet ELF pada sintesis protein pada Escherichia coli K12*.
- Reitz, J.R., Mildford, F.J. dan Cristy, R.W. 1994. *Dasar-dasar Teori Listrik Magnit*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Rugayah, E.A. Widjaja, dan Praptiwi. 2004. *Pedoman Pengumpulan Data Keanekaragaman Flora*. Pusat Penelitian Biologi, LIPI. Bogor.
- Salisbury, F.B., dan Ross, C.W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid I*. Penerbit Institut Teknologi Bandung. Bandung.

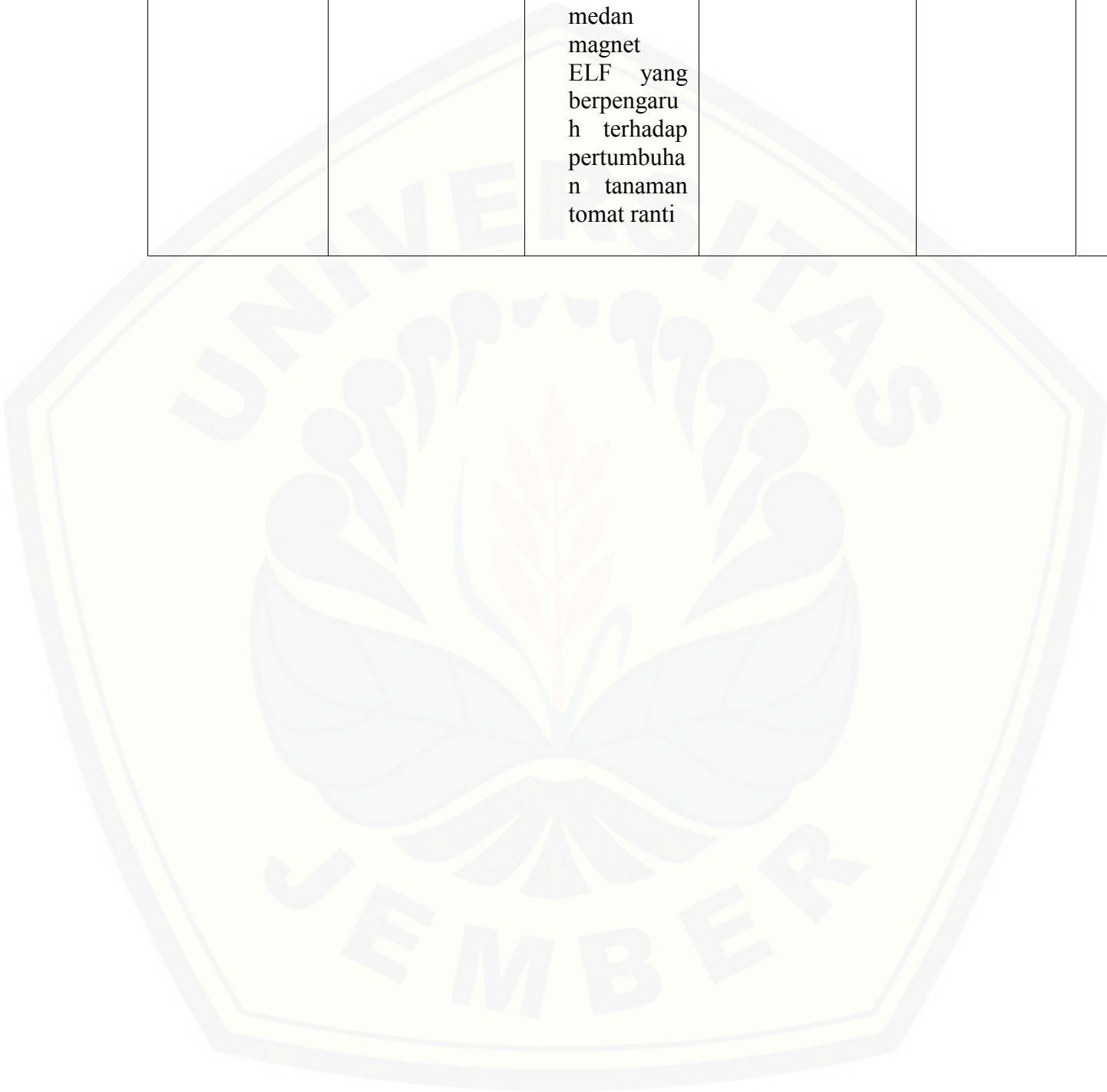
- Saragih, H., J., dan Silaban, O. 2010. Meningkatkan Laju Pertumbuhan Kecambah Kedelai Dengan Berbantuan Medan Magnetik Statik. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*. Universitas Advent Indonesia. Bandung.
- Sari, E. N. 2011. Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet yang Berbeda Terhadap Indeks Mitosis dan Anatomi Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum Mill.*). *Skripsi*. Jurusan Biologi Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Setyasih, N. 2013. Mitosis Akar Kecambah dan Anatomi Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum*) di Bawah Pemaparan Medan Magnet 0,3 mT . *Skripsi*. Jurusan Biologi Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Suarga, Cepy. 2006. *Efek Medan Magnet Terhadap Kontraksi Usus Halus Kelinci Secara In Vitro*. Bogor: IPB.
- Sudarti. 2010. *Mekanisme Peningkatan Kalsium Sel Germinal Pada Mencit Bulb/C yang Dipapar Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) 100-150 μ T* . Jember: Universitas Jember.
- Sukardi. 2003. *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Yogyakarta: Bumi Aksara.
- Suryo, H. 2008. *Sitogenetika*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. hal 446.
- Soedjojo, P. 2000. *Azaz-azaz Mekanika Analitik Peter Soedjojo*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Tatipata, A., Prapto Yudono, Aziz P dan Woerjono. 2004. Kajian Aspek Fisiologi dan Biokimia Deteriorasi Benih Kedelai (*Glycine max L*) dalam Penyimpanan. *Jurnal Ilmu Pertanian*. Vol 11 : 76-87
- Tim Penulis PS. 2009. *Budi Daya Tomat Secara Komersial*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- 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.
- Wulandari. 2011. *Pengaruh Medan Magnet Pada Biji Jagung (Zea Mays L) Terhadap Pertumbuhan*. *Skripsi*. Jurusan Pendidikan Fisika Universitas Jember. Jember.

- WHO. 1987. dalam Sudarti. 2010. *Mekanisme Peningkatan Kalsium Sel Germinal Pada Mencit Bulb/C yang Dipapar Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) 100-150 μ T* . Jember: Universitas Jember.
- WHO. 1984. dalam Sudarti. 2010. *Mekanisme Peningkatan Kalsium Sel Germinal Pada Mencit Bulb/C yang Dipapar Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) 100-150 μ T* . Jember: Universitas Jember.
- 2013. Dalam http://gelombang-elektromagnetik_4.html. Diakses 11 Mei 2014.
- 2014. Dalam <http://my-first-essay-sistem-magnetik-bumi.html>. Diakses 6 April 2014.
- 2014. Dalam http://id.wikipedia.org/wiki/Spektrum_elektromagnetik. Diakses 10 Mei 2014
- 2014. Dalam <https://www.google.com/tomatranti>. Diakses 20 Mei 2014.

Lampiran A. Matrik Penelitian

| Judul | Perumusan Masalah | Tujuan | Variabel | Indikator | Sumber |
|--|---|---|---|--------------------------------------|---|
| Aplikasi Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) 100 μ T dan 300 μ T Pada Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti | <p>d. Apakah intensitas paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) intensitas 100 μT dan 300 μT berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti?</p> <p>e. Apakah lama paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) secara intermiten 15menit, 30 menit, 45menit dan 60menit berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti?</p> <p>f. Pada paparan berapakah medan magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) efektif berpengaruh terhadap pertumbuhan</p> | <p>d. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) intensitas 100 μT dan 300 μT terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti</p> <p>e. Mengkaji pengaruh lama paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) secara intermiten 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti</p> <p>f. Menentuka</p> | <p>Variabel Bebas : Medan magnet Ekstremely Low Frequency (ELF)</p> <p>Variabel Terikat : laju pertumbuhan tanaman tomat ranti</p> <p>Variabel Kontrol : Intensitas > 100 μT, 300 μT medan magnet</p> | Laju pertumbuhan tanaman tomat ranti | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Literatur ▪ Penyertaan ▪ Neraca ▪ Medan Ekstre Freque (ELF) > 100 μT |

| | | | | | |
|--|----------------------|--|--|--|--|
| | tanaman tomat ranti? | n paparan efektif medan magnet ELF yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman tomat ranti | | | |
|--|----------------------|--|--|--|--|



LAMPIRAN B. PERHITUNGAN

1. Pengukuran tanaman tomat pada hari ke-20

1.1 Kelompok Kontrol

a. Jumlah daun (helai)

| No | X (helai) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|-----------|---------------|-------------------|
| 1. | 4 | 0,4 | 0,16 |
| 2. | 4 | 0,4 | 0,16 |
| 3. | 3 | -0,6 | 0,36 |
| 4. | 4 | 0,4 | 0,16 |
| 5. | 3 | -0,6 | 0,36 |
| 6. | 3 | -0,6 | 0,36 |
| 7. | 4 | 0,4 | 0,16 |
| 8. | 4 | 0,4 | 0,16 |
| 9. | 3 | -0,6 | 0,36 |
| 10. | 4 | 0,4 | 0,16 |
| Σ | 36 | | 2,4 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{36}{10} = 3,6$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2,4}{9}} = 0,51$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{0,51}{3,6} \times 100 \% = 14,16 \%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 14,16 \% = 85,83 \%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{3,6 \pm 0,51\} \text{ helai}$$

b. Massa tanaman (gram)

| No | X (gram) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|----------|---------------|-------------------|
| 1. | 0 | 0 | 0 |

| | | | |
|----------|---|---|---|
| 2. | 0 | 0 | 0 |
| 3. | 0 | 0 | 0 |
| 4. | 0 | 0 | 0 |
| 5. | 0 | 0 | 0 |
| 6. | 0 | 0 | 0 |
| 7. | 0 | 0 | 0 |
| 8. | 0 | 0 | 0 |
| 9. | 0 | 0 | 0 |
| 10. | 0 | 0 | 0 |
| Σ | 0 | | 0 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{0}{10} = 0$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{9}} = 0$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0}{0} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 0\% = 100\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{0 \pm 0\} \text{ gram}$$

c. Panjang tanaman (cm)

| No | X (cm) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|--------|---------------|-------------------|
| 1. | 5,5 | -0,09 | 0,0081 |
| 2. | 5,5 | -0,09 | 0,0081 |
| 3. | 5,5 | -0,09 | 0,0081 |
| 4. | 5,6 | 0,01 | 0,0001 |
| 5. | 5,7 | 0,11 | 0,0121 |

| | | | |
|----------|------|-------|--------|
| 6. | 5,6 | 0,01 | 0,0001 |
| 7. | 5,5 | -0,09 | 0,0081 |
| 8. | 5,6 | 0,01 | 0,0001 |
| 9. | 5,7 | 0,11 | 0,0121 |
| 10. | 5,7 | 0,11 | 0,0121 |
| Σ | 55,9 | | 0,069 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{55,9}{10} = 5,59$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,069}{9}} = 0,087$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{0,087}{5,59} \times 100 \% = 1,56 \%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 1,56 \% = 98,43 \%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{5,59 \pm 0,087\} \text{ cm}$$

1.2 Kelompok Eksperimen 100 μ T

1.2.1 Eksperimen 100 μ T (15 menit)

a. Jumlah daun (helai)

| No | X (helai) | $X - \frac{\text{menit}}{\bar{X}}$ | $(X - \frac{\text{menit}}{\bar{X}})^2$ |
|----|-----------|------------------------------------|--|
| 1. | 4 | -0,1 | 0,01 |

| | | | |
|----------|----|------|------|
| 2. | 4 | -0,1 | 0,01 |
| 3. | 4 | -0,1 | 0,01 |
| 4. | 5 | 0,9 | 0,81 |
| 5. | 4 | -0,1 | 0,01 |
| 6. | 4 | -0,1 | 0,01 |
| 7. | 4 | -0,1 | 0,01 |
| 8. | 4 | -0,1 | 0,01 |
| 9. | 4 | -0,1 | 0,01 |
| 10. | 4 | -0,1 | 0,01 |
| Σ | 41 | | 0,9 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{41}{10} = 4,1$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,9}{9}} = 0,3$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{0,9}{4,1} \times 100 \% = 7,3 \%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 7,3 \% = 92,7\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{4,1 \pm 0,3\} \text{ helai}$$

b. Massa tanaman (gram)

| No | X (gram) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|----------|---------------|-------------------|
| 1. | 0 | 0 | 0 |
| 2. | 0 | 0 | 0 |
| 3. | 0 | 0 | 0 |
| 4. | 0 | 0 | 0 |
| 5. | 0 | 0 | 0 |

| | | | |
|----------|---|---|---|
| 6. | 0 | 0 | 0 |
| 7. | 0 | 0 | 0 |
| 8. | 0 | 0 | 0 |
| 9. | 0 | 0 | 0 |
| 10. | 0 | 0 | 0 |
| Σ | 0 | | 0 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{0}{10} = 0$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{9}} = 0$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0}{0} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 0\% = 100\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{0 \pm 0\} \text{ gram}$$

c. Panjang tanaman (cm)

| No | X (cm) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|--------|---------------|-------------------|
| 1. | 8 | 0,37 | 0,1369 |
| 2. | 7,5 | -0,13 | 0,0169 |
| 3. | 7,5 | -0,13 | 0,0169 |
| 4. | 7,8 | 0,17 | 0,0289 |
| 5. | 7,7 | 0,07 | 0,0049 |
| 6. | 7,5 | -0,13 | 0,0169 |
| 7. | 7,5 | -0,13 | 0,0169 |
| 8. | 7,6 | -0,03 | 0,0009 |
| 9. | 7,5 | -0,13 | 0,0169 |

| | | | |
|----------|------|------|--------|
| 10. | 7,7 | 0,07 | 0,0049 |
| Σ | 76,3 | | 0,261 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{76,3}{10} = 7,63$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,261}{9}} = 0,17$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0,17}{7,63} \times 100\% = 2,23\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 2,23\% = 97,76\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{7,63 \pm 0,17\} \text{ cm}$$

1.2.2 Eksperimen 100 μ T (30 menit)

a. Jumlah daun (helai)

| No | X (helai) | $\frac{X-\bar{X}}{\bar{X}}$ | $(\frac{X-\bar{X}}{\bar{X}})^2$ |
|----|-----------|-----------------------------|---------------------------------|
| 1. | 5 | 0,3 | 0,09 |
| 2. | 5 | 0,3 | 0,09 |
| 3. | 5 | 0,3 | 0,09 |
| 4. | 4 | -0,7 | 0,49 |
| 5. | 5 | 0,3 | 0,09 |
| 6. | 4 | -0,7 | 0,49 |
| 7. | 4 | -0,7 | 0,49 |
| 8. | 5 | 0,3 | 0,09 |
| 9. | 5 | 0,3 | 0,09 |

| | | | |
|----------|----|-----|------|
| 10. | 5 | 0,3 | 0,09 |
| Σ | 47 | | 2,1 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{47}{10} = 4,7$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2,1}{9}} = 0,48$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0,48}{4,7} \times 100\% = 10,27\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 10,27\% = 89,72\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{4,7 \pm 0,48\} \text{ helai}$$

b. Massa tanaman (gram)

| No | X (gram) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|----------|---------------|-------------------|
| 1. | 0 | 0 | 0 |
| 2. | 0 | 0 | 0 |
| 3. | 0 | 0 | 0 |
| 4. | 0 | 0 | 0 |
| 5. | 0 | 0 | 0 |
| 6. | 0 | 0 | 0 |
| 7. | 0 | 0 | 0 |
| 8. | 0 | 0 | 0 |
| 9. | 0 | 0 | 0 |
| 10. | 0 | 0 | 0 |
| Σ | 0 | | 0 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{0}{10} = 0$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{9}} = 0$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{0}{0} \times 100\% = 0 \%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 0 \% = 100\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{0 \pm 0\} \text{ gram}$$

c. Panjang tanaman (cm)

| No | X (cm) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|--------|---------------|-------------------|
| 1. | 7,5 | 0,57 | 0,3249 |
| 2. | 7 | 0,07 | 0,0049 |
| 3. | 7 | 0,07 | 0,0049 |
| 4. | 6,8 | -0,13 | 0,0169 |
| 5. | 7 | 0,07 | 0,0049 |
| 6. | 6,5 | -0,43 | 0,1849 |
| 7. | 7 | 0,07 | 0,0049 |
| 8. | 7 | 0,07 | 0,0049 |
| 9. | 7 | 0,07 | 0,0049 |
| 10. | 6,5 | -0,43 | 0,1849 |
| Σ | 69,3 | | 0,741 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{69,3}{10} = 6,93$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,741}{9}} = 0,28$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{0,28}{6,93} \times 100\% = 4,04 \%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 4,04 \% = 95,95\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{6,93 \pm 0,28\} \text{ cm}$$

1.2.3 Eksperimen 100 μ T (45 menit)

a. Jumlah daun (helai)

| No | X (helai) | $\frac{X - \bar{X}}{\bar{X}}$ | $(\frac{X - \bar{X}}{\bar{X}})^2$ |
|----------|-----------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1. | 4 | 0 | 0 |
| 2. | 4 | 0 | 0 |
| 3. | 4 | 0 | 0 |
| 4. | 4 | 0 | 0 |
| 5. | 4 | 0 | 0 |
| 6. | 4 | 0 | 0 |
| 7. | 4 | 0 | 0 |
| 8. | 4 | 0 | 0 |
| 9. | 4 | 0 | 0 |
| 10. | 4 | 0 | 0 |
| Σ | 40 | | 0 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{40}{10} = 4$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma (X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{9}} = 0$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{0}{4} \times 100 \% = 0 \%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 0 \% = 100\%$$

$$HP = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{4 \pm 0\} \text{ helai}$$

b. Massa tanaman (gram)

| No | X (gram) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|----------|---------------|-------------------|
| 1. | 0 | 0 | 0 |
| 2. | 0 | 0 | 0 |
| 3. | 0 | 0 | 0 |
| 4. | 0 | 0 | 0 |
| 5. | 0 | 0 | 0 |
| 6. | 0 | 0 | 0 |
| 7. | 0 | 0 | 0 |
| 8. | 0 | 0 | 0 |
| 9. | 0 | 0 | 0 |
| 10. | 0 | 0 | 0 |
| Σ | 0 | | 0 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{0}{10} = 0$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{9}} = 0$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0}{0} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 0\% = 100\%$$

$$HP = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{0 \pm 0\} \text{ gram}$$

c. Panjang tanaman (cm)

| No | X (cm) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|--------|---------------|-------------------|
| 1. | 5,3 | -0,04 | 0,0016 |

| | | | |
|----------|------|-------|--------|
| 2. | 5,3 | -0,04 | 0,0016 |
| 3. | 5,5 | 0,16 | 0,0256 |
| 4. | 5,2 | -0,14 | 0,0196 |
| 5. | 5,2 | -0,14 | 0,0196 |
| 6. | 5,3 | -0,04 | 0,0016 |
| 7. | 5,3 | -0,04 | 0,0016 |
| 8. | 5,3 | -0,04 | 0,0016 |
| 9. | 5,5 | 0,16 | 0,0256 |
| 10. | 5,5 | 0,16 | 0,0256 |
| Σ | 53,4 | | 0,124 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{53,4}{10} = 5,34$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,124}{9}} = 0,11$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{0,11}{5,34} \times 100 \% = 2,19 \%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 2,19 \% = 97,80\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{6,93 \pm 0,11\} \text{ cm}$$

1.2.4 Eksperimen 100 μ T (60 menit)

a. Jumlah daun (helai)

| No | X (helai) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|-----------|---------------|-------------------|
| 1. | 4 | 0 | 0 |
| 2. | 4 | 0 | 0 |
| 3. | 4 | 0 | 0 |
| 4. | 4 | 0 | 0 |
| 5. | 4 | 0 | 0 |
| 6. | 4 | 0 | 0 |
| 7. | 4 | 0 | 0 |
| 8. | 4 | 0 | 0 |
| 9. | 4 | 0 | 0 |
| 10. | 4 | 0 | 0 |
| Σ | 40 | | 0 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{40}{10} = 4$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{9}} = 0$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0}{4} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 0\% = 100\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{4 \pm 0\} \text{ helai}$$

b. Massa tanaman (gram)

| No | X (gram) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|----------|---------------|-------------------|
| 1. | 0 | 0 | 0 |
| 2. | 0 | 0 | 0 |

| | | | |
|----------|---|---|---|
| 3. | 0 | 0 | 0 |
| 4. | 0 | 0 | 0 |
| 5. | 0 | 0 | 0 |
| 6. | 0 | 0 | 0 |
| 7. | 0 | 0 | 0 |
| 8. | 0 | 0 | 0 |
| 9. | 0 | 0 | 0 |
| 10. | 0 | 0 | 0 |
| Σ | 0 | | 0 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{0}{10} = 0$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{9}} = 0$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0}{0} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 0\% = 100\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{0 \pm 0\} \text{ gram}$$

c. Panjang tanaman (cm)

| No | X (cm) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|--------|---------------|-------------------|
| 1. | 5,3 | -0,15 | 0,0225 |
| 2. | 5,3 | -0,15 | 0,0225 |
| 3. | 5,3 | -0,15 | 0,0225 |
| 4. | 5,5 | 0,05 | 0,0025 |
| 5. | 5,6 | 0,15 | 0,0225 |
| 6. | 5,5 | 0,05 | 0,0025 |

| | | | |
|----------|------|------|--------|
| 7. | 5,5 | 0,05 | 0,0025 |
| 8. | 5,5 | 0,05 | 0,0025 |
| 9. | 5,5 | 0,05 | 0,0025 |
| 10. | 5,5 | 0,05 | 0,0025 |
| Σ | 54,5 | | 0,105 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{54,5}{10} = 5,45$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,105}{9}} = 0,1$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{0,1}{5,45} \times 100 \% = 1,98 \%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 1,98 \% = 98,01\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{5,45 \pm 0,1\} \text{ cm}$$

1.3 Kelompok Eksperimen 300 μ T

1.3.1 Eksperimen 300 μ T (15 menit)

a. Jumlah daun (helai)

| No | X (helai) | $\frac{X - \bar{X}}{\bar{X}}$ | $(\frac{X - \bar{X}}{\bar{X}})^2$ |
|----|-----------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1. | 5 | 0,6 | 0,36 |
| 2. | 5 | 0,6 | 0,36 |

| | | | |
|----------|----|------|------|
| 3. | 4 | -0,4 | 0,16 |
| 4. | 4 | -0,4 | 0,16 |
| 5. | 4 | -0,4 | 0,16 |
| 6. | 4 | -0,4 | 0,16 |
| 7. | 4 | -0,4 | 0,16 |
| 8. | 5 | 0,6 | 0,36 |
| 9. | 5 | 0,6 | 0,36 |
| 10. | 4 | -0,4 | 0,16 |
| Σ | 44 | | 2,4 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{44}{10} = 4,4$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2,4}{9}} = 0,51$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0,51}{4,4} \times 100\% = 11,73\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 11,73\% = 88,26\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{4,4 \pm 0,51\} \text{ helai}$$

b. Massa tanaman (gram)

| No | X (gram) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|----------|---------------|-------------------|
| 1. | 0 | 0 | 0 |
| 2. | 0 | 0 | 0 |
| 3. | 0 | 0 | 0 |
| 4. | 0 | 0 | 0 |
| 5. | 0 | 0 | 0 |
| 6. | 0 | 0 | 0 |

| | | | |
|----------|---|---|---|
| 7. | 0 | 0 | 0 |
| 8. | 0 | 0 | 0 |
| 9. | 0 | 0 | 0 |
| 10. | 0 | 0 | 0 |
| Σ | 0 | 0 | 0 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{0}{10} = 0$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{9}} = 0$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0}{0} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 0\% = 100\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{0 \pm 0\} \text{ gram}$$

c. Panjang tanaman (cm)

| No | X (cm) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|-----|--------|---------------|-------------------|
| 1. | 7 | -0,5 | 0,25 |
| 2. | 7 | -0,5 | 0,25 |
| 3. | 7,5 | 0 | 0 |
| 4. | 7,7 | 0,2 | 0,04 |
| 5. | 8 | 0,5 | 0,25 |
| 6. | 8 | 0,5 | 0,25 |
| 7. | 7,5 | 0 | 0 |
| 8. | 7,8 | 0,3 | 0,09 |
| 9. | 7,5 | 0 | 0 |
| 10. | 7 | -0,5 | 0,25 |

| | | | |
|----------|----|--|------|
| Σ | 75 | | 1,38 |
|----------|----|--|------|

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{75}{10} = 7,5$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1,38}{9}} = 0,39$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{0,39}{7,5} \times 100 \% = 5,2 \%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 5,2 \% = 94,8\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{7,5 \pm 0,39\} \text{ cm}$$

1.3.2 Eksperimen 300 μ T (30 menit)

a. Jumlah daun (helai)

| No | X (helai) | $\frac{X-\bar{X}}{\bar{X}}$ | $(\frac{X-\bar{X}}{\bar{X}})^2$ |
|----------|-----------|-----------------------------|---------------------------------|
| 1. | 5 | 0,3 | 0,09 |
| 2. | 5 | 0,3 | 0,09 |
| 3. | 4 | -0,7 | 0,49 |
| 4. | 5 | 0,3 | 0,09 |
| 5. | 5 | 0,3 | 0,09 |
| 6. | 5 | 0,3 | 0,09 |
| 7. | 4 | -0,7 | 0,49 |
| 8. | 5 | 0,3 | 0,09 |
| 9. | 4 | -0,7 | 0,49 |
| 10. | 5 | 0,3 | 0,09 |
| Σ | 47 | | 2,1 |

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{47}{10} = 4,7$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2,1}{9}} = 0,48$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{0,48}{4,7} \times 100\% = 10,21\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 10,21 \% = 89,78\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{4,7 \pm 0,48\} \text{ helai}$$

b. Massa tanaman (gram)

| No | X (gram) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|----------|---------------|-------------------|
| 1. | 0 | 0 | 0 |
| 2. | 0 | 0 | 0 |
| 3. | 0 | 0 | 0 |
| 4. | 0 | 0 | 0 |
| 5. | 0 | 0 | 0 |
| 6. | 0 | 0 | 0 |
| 7. | 0 | 0 | 0 |
| 8. | 0 | 0 | 0 |
| 9. | 0 | 0 | 0 |
| 10. | 0 | 0 | 0 |
| Σ | 0 | | 0 |

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{0}{10} = 0$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{9}} = 0$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{0}{0} \times 100\% = 0 \%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 0 \% = 100\%$$

$$HP = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{0 \pm 0\} \text{ gram}$$

c. Panjang tanaman (cm)

| No | X (cm) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|--------|---------------|-------------------|
| 1. | 8 | 0,15 | 0,0225 |
| 2. | 7,9 | 0,05 | 0,0025 |
| 3. | 7,8 | -0,05 | 0,0025 |
| 4. | 7,6 | -0,25 | 0,0625 |
| 5. | 8 | 0,15 | 0,0225 |
| 6. | 8 | 0,15 | 0,0225 |
| 7. | 8 | 0,15 | 0,0225 |
| 8. | 7,6 | -0,25 | 0,0625 |
| 9. | 7,6 | -0,25 | 0,0625 |
| 10. | 8 | 0,15 | 0,0225 |
| Σ | 78,5 | | 0,305 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{78,5}{10} = 7,85$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,305}{9}} = 0,184$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0,184}{7,85} \times 100\% = 2,34\%$$

$$\text{Keseeksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 2,34\% = 97,65\%$$

$$HP = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{7,85 \pm 0,184\} \text{ cm}$$

1.3.3 Eksperimen 300 μ T (45 menit)

a. Jumlah daun (helai)

| No | X (helai) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|-----------|---------------|-------------------|
| 1. | 3 | -0,6 | 0,36 |
| 2. | 4 | 0,4 | 0,16 |
| 3. | 4 | 0,4 | 0,16 |
| 4. | 4 | 0,4 | 0,16 |
| 5. | 4 | 0,4 | 0,16 |
| 6. | 3 | -0,6 | 0,36 |
| 7. | 3 | -0,6 | 0,36 |
| 8. | 3 | -0,6 | 0,36 |
| 9. | 4 | 0,4 | 0,16 |
| 10. | 4 | 0,4 | 0,16 |
| Σ | 36 | | 2,4 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{36}{10} = 3,6$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2,4}{9}} = 0,51$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{0,51}{3,6} \times 100 \% = 14,16\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 14,16 \% = 85,83\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{3,6 \pm 0,51\} \text{ helai}$$

b. Massa tanaman (gram)

| No | X (gram) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|----------|---------------|-------------------|
| 1. | 0 | 0 | 0 |
| 2. | 0 | 0 | 0 |
| 3. | 0 | 0 | 0 |
| 4. | 0 | 0 | 0 |
| 5. | 0 | 0 | 0 |
| 6. | 0 | 0 | 0 |
| 7. | 0 | 0 | 0 |
| 8. | 0 | 0 | 0 |
| 9. | 0 | 0 | 0 |
| 10. | 0 | 0 | 0 |
| Σ | 0 | | 0 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{0}{10} = 0$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{9}} = 0$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0}{0} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 0\% = 100\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{0 \pm 0\} \text{ gram}$$

c. Panjang tanaman (cm)

| No | X (cm) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|--------|---------------|-------------------|
| 1. | 6 | -0,85 | 0,7225 |
| 2. | 6,5 | 0,35 | 0,1225 |
| 3. | 6,5 | -0,35 | 0,1225 |

| | | | |
|----------|------|-------|--------|
| 4. | 7 | 0,15 | 0,0225 |
| 5. | 7 | 0,15 | 0,0225 |
| 6. | 7 | 0,15 | 0,0225 |
| 7. | 6,5 | -0,35 | 0,1225 |
| 8. | 7,8 | 0,95 | 0,9025 |
| 9. | 7,8 | 0,95 | 0,9025 |
| 10. | 6,5 | -0,35 | 0,1225 |
| Σ | 68,5 | | 3,085 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{68,5}{10} = 6,85$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3,085}{9}} = 0,585$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0,585}{6,85} \times 100\% = 8,54\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 8,54\% = 91,45\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{6,85 \pm 0,585\} \text{ cm}$$

1.3.4 Ekeperimen 300 μ T (60 menit)

a. Jumlah daun (helai)

| No | X (helai) | $\frac{X - \bar{X}}{\bar{X}}$ | $(\frac{X - \bar{X}}{\bar{X}})^2$ |
|----|-----------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1. | 5 | 0,2 | 0,04 |
| 2. | 5 | 0,2 | 0,04 |
| 3. | 5 | 0,2 | 0,04 |

| | | | |
|----------|----|------|------|
| 4. | 5 | 0,2 | 0,04 |
| 5. | 5 | 0,2 | 0,04 |
| 6. | 4 | -0,8 | 0,64 |
| 7. | 4 | -0,8 | 0,64 |
| 8. | 5 | 0,2 | 0,04 |
| 9. | 5 | 0,2 | 0,04 |
| 10. | 5 | 0,2 | 0,04 |
| Σ | 48 | | 1,6 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{48}{10} = 4,8$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1,6}{9}} = 0,42$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{0,42}{4,8} \times 100 \% = 8,75\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 8,75 \% = 91,25\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{4,8 \pm 0,42\} \text{ helai}$$

b. Massa tanaman (gram)

| No | X (gram) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|----------|---------------|-------------------|
| 1. | 0 | 0 | 0 |
| 2. | 0 | 0 | 0 |
| 3. | 0 | 0 | 0 |
| 4. | 0 | 0 | 0 |
| 5. | 0 | 0 | 0 |
| 6. | 0 | 0 | 0 |
| 7. | 0 | 0 | 0 |

| | | | |
|----------|---|---|---|
| 8. | 0 | 0 | 0 |
| 9. | 0 | 0 | 0 |
| 10. | 0 | 0 | 0 |
| Σ | 0 | | 0 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{0}{10} = 0$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{9}} = 0$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0}{0} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 0\% = 100\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{0 \pm 0\} \text{ gram}$$

c. Panjang tanaman (cm)

| No | X (cm) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|--------|---------------|-------------------|
| 1. | 8 | -0,34 | 0,1156 |
| 2. | 8 | -0,34 | 0,1156 |
| 3. | 8 | -0,34 | 0,1156 |
| 4. | 8,3 | -0,04 | 0,0016 |
| 5. | 8,5 | 0,16 | 0,0256 |
| 6. | 8,5 | 0,16 | 0,0256 |
| 7. | 8,5 | 0,16 | 0,0256 |
| 8. | 8,5 | 0,16 | 0,0256 |
| 9. | 8,6 | 0,26 | 0,0676 |
| 10. | 8,5 | 0,16 | 0,0256 |
| Σ | 83,4 | | 0,544 |

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{83,4}{10} = 8,34$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,544}{9}} = 0,245$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0,544}{8,34} \times 100\% = 6,5\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 6,5\% = 93,47\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{8,34 \pm 0,245\} \text{ cm}$$

2. Pengukuran tanaman tomat pada hari ke-40

2.1 Kelompok Kontrol

a. Jumlah daun (helai)

| No | X (helai) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|-----------|---------------|-------------------|
| 1. | 8 | 0 | 0 |
| 2. | 10 | 2 | 4 |
| 3. | 10 | 2 | 4 |
| 4. | 7 | -1 | 1 |
| 5. | 9 | 1 | 1 |
| 6. | 7 | -1 | 1 |
| 7. | 7 | -1 | 1 |
| 8. | 7 | -1 | 1 |
| 9. | 7 | -1 | 1 |
| 10. | 8 | 1 | 1 |
| Σ | 80 | | 14 |

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{80}{10} = 8$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{14}{9}} = 1,24$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{1,24}{8} \times 100\% = 15,56\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 15,56\% = 84,43\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{8 \pm 1,24\} \text{ helai}$$

b. Massa tanaman (gram)

| No | X (gram) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|----------|---------------|-------------------|
| 1. | 0 | 0 | 0 |
| 2. | 0 | 0 | 0 |
| 3. | 0 | 0 | 0 |
| 4. | 0 | 0 | 0 |
| 5. | 0 | 0 | 0 |
| 6. | 0 | 0 | 0 |
| 7. | 0 | 0 | 0 |
| 8. | 0 | 0 | 0 |
| 9. | 0 | 0 | 0 |
| 10. | 0 | 0 | 0 |
| Σ | 0 | | 0 |

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{0}{10} = 0$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{9}} = 0$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0}{0} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 0\% = 100\%$$

$$HP = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{0 \pm 0\} \text{ gram}$$

c. Panjang Tanaman (cm)

| No | X (cm) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|--------|---------------|-------------------|
| 1. | 14,5 | 0,97 | 0,9409 |
| 2. | 15 | 1,47 | 2,1609 |
| 3. | 15 | 1,47 | 2,1609 |
| 4. | 13 | -0,53 | 0,2890 |
| 5. | 14,8 | 1,27 | 1,6129 |
| 6. | 13 | -0,53 | 0,2809 |
| 7. | 12,5 | -1,03 | 1,0609 |
| 8. | 12 | -1,53 | 2,3409 |
| 9. | 13 | -0,53 | 0,2809 |
| 10. | 12,5 | -1,03 | 1,0609 |
| Σ | 135,3 | | 12,181 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{135,3}{10} = 13,53$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{12,181}{9}} = 1,16$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{1,16}{13,53} \times 100 \% = 8,59 \%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 8,59 \% = 91,40 \%$$

$$HP = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{13,53 \pm 1,16\} \text{ cm}$$

2.2 Kelompok Eksperimen 100 μ T

2.2.1 Eksperimen 100 μ T (15 menit)

a. Jumlah daun (helai)

| No | X (helai) | $\frac{X - \bar{X}}{\bar{X}}$ | $(\frac{X - \bar{X}}{\bar{X}})^2$ |
|----------|-----------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1. | 7 | -2,7 | 7,29 |
| 2. | 8 | 0,3 | 0,09 |
| 3. | 8 | -1,7 | 2,89 |
| 4. | 11 | 1,3 | 1,69 |
| 5. | 10 | 0,3 | 0,09 |
| 6. | 10 | 0,3 | 0,09 |
| 7. | 10 | 0,3 | 0,09 |
| 8. | 10 | 0,3 | 0,09 |
| 9. | 10 | 0,3 | 0,09 |
| 10. | 11 | 1,3 | 1,69 |
| Σ | 97 | | 14,1 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{97}{10} = 9,7$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{14,1}{9}} = 1,25$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{1,25}{9,7} \times 100 \% = 12,88\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 12,88 \% = 87,11\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{9,7 \pm 1,25\} \text{ helai}$$

b. Massa Tanaman (gram)

| No | X (gram) | $\frac{X - \bar{X}}{\bar{X}}$ | $(\frac{X - \bar{X}}{\bar{X}})^2$ |
|----|----------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1. | 1 | 0 | 0 |

| | | | |
|----------|----|---|---|
| 2. | 1 | 0 | 0 |
| 3. | 1 | 0 | 0 |
| 4. | 1 | 0 | 0 |
| 5. | 1 | 0 | 0 |
| 6. | 1 | 0 | 0 |
| 7. | 1 | 0 | 0 |
| 8. | 1 | 0 | 0 |
| 9. | 1 | 0 | 0 |
| 10. | 1 | 0 | 0 |
| Σ | 10 | | 0 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{10}{10} = 1$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{9}} = 0$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0}{1} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 0\% = 100\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{1 \pm 0\} \text{ gram}$$

c. Panjang tanaman (cm)

| No | X (cm) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|--------|---------------|-------------------|
| 1. | 22 | 0,1 | 0,01 |
| 2. | 24 | 2,1 | 4,41 |
| 3. | 22 | 0,1 | 0,01 |
| 4. | 23 | 1,1 | 1,21 |
| 5. | 24 | 2,1 | 4,41 |

| | | | |
|----------|-----|------|------|
| 6. | 20 | -1,9 | 3,61 |
| 7. | 20 | -1,9 | 3,61 |
| 8. | 24 | 2,1 | 4,41 |
| 9. | 20 | -1,9 | 3,61 |
| 10. | 20 | -1,9 | 3,61 |
| Σ | 219 | | 28,9 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{219}{10} = 21,9$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{28,9}{9}} = 1,79$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{1,79}{21,9} \times 100\% = 8,18\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 8,18\% = 91,81\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{21,9 \pm 1,79\} \text{ cm}$$

2.2.2 Eksperimen 100 μ T (30 menit)

a. Jumlah daun (helai)

| No | X (helai) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|-----------|---------------|-------------------|
| 1. | 11 | 0,5 | 0,25 |
| 2. | 12 | 1,5 | 2,25 |

| | | | |
|----------|-----|------|------|
| 3. | 10 | -0,5 | 0,25 |
| 4. | 10 | -0,5 | 0,25 |
| 5. | 10 | -0,5 | 0,25 |
| 6. | 10 | -0,5 | 0,25 |
| 7. | 10 | -0,5 | 0,25 |
| 8. | 11 | 0,5 | 0,25 |
| 9. | 10 | -0,5 | 0,25 |
| 10. | 11 | 0,5 | 0,25 |
| Σ | 105 | | 4,5 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{105}{10} = 10,5$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4,5}{9}} = 0,7$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0,7}{10,5} \times 100\% = 6,73\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 6,73\% = 93,26\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{10,5 \pm 0,7\} \text{ helai}$$

b. Massa tanaman (gram)

| No | X (gram) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|----------|---------------|-------------------|
| 1. | 1 | -1,6 | 2,56 |
| 2. | 1 | -1,6 | 2,56 |
| 3. | 2 | -0,6 | 0,36 |
| 4. | 1 | -1,6 | 2,56 |
| 5. | 2 | -0,6 | 0,36 |
| 6. | 3 | 0,4 | 0,16 |

| | | | |
|----------|----|-----|-------|
| 7. | 3 | 0,4 | 0,16 |
| 8. | 4 | 1,4 | 1,96 |
| 9. | 6 | 3,4 | 11,56 |
| 10. | 3 | 0,4 | 0,16 |
| Σ | 26 | | 22,4 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{26}{10} = 2,6$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{22,4}{9}} = 1,57$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{1,57}{2,6} \times 100\% = 60,56\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 60,56\% = 39,43\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{2,6 \pm 1,57\} \text{ gram}$$

c. Panjang tanaman (cm)

| No | X (cm) | $X - \bar{x}$ | $(X - \bar{x})^2$ |
|-----|--------|---------------|-------------------|
| 1. | 32 | 9 | 81 |
| 2. | 24 | 1 | 1 |
| 3. | 22 | -1 | 1 |
| 4. | 20 | -3 | 9 |
| 5. | 20 | -3 | 9 |
| 6. | 22 | -1 | 1 |
| 7. | 24 | 1 | 1 |
| 8. | 24 | 1 | 1 |
| 9. | 22 | -1 | 1 |
| 10. | 20 | -3 | 9 |

| | | | |
|----------|-----|--|-----|
| Σ | 230 | | 114 |
|----------|-----|--|-----|

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{230}{10} = 23$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{114}{9}} = 3,55$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{3,55}{23} \times 100\% = 15,46\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 15,46\% = 84,53\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{23 \pm 3,55\} \text{ cm}$$

2.2.3 Eksperimen 100 μ T (45 menit)

a. Jumlah daun (helai)

| No | X (helai) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|-----------|---------------|-------------------|
| 1. | 10 | 0,3 | 0,09 |
| 2. | 10 | 0,3 | 0,09 |
| 3. | 10 | 0,3 | 0,09 |
| 4. | 10 | 0,3 | 0,09 |
| 5. | 11 | 1,3 | 1,69 |
| 6. | 9 | -0,7 | 0,49 |
| 7. | 9 | -0,7 | 0,49 |
| 8. | 9 | -0,7 | 0,49 |
| 9. | 9 | -0,7 | 0,49 |

| | | | |
|----------|----|-----|------|
| 10. | 10 | 0,3 | 0,09 |
| Σ | 97 | | 4,1 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{97}{10} = 9,7$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4,1}{9}} = 0,67$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0,67}{9,7} \times 100\% = 6,9\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 6,9\% = 93,09\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{9,7 \pm 0,67\} \text{ helai}$$

b. Massa tanaman (gram)

| No | X (gram) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|----------|---------------|-------------------|
| 1. | 1 | -0,3 | 0,09 |
| 2. | 1 | -0,3 | 0,09 |
| 3. | 1 | -0,3 | 0,09 |
| 4. | 2 | 0,7 | 0,49 |
| 5. | 2 | 0,7 | 0,49 |
| 6. | 1 | -0,3 | 0,09 |
| 7. | 1 | -0,3 | 0,09 |
| 8. | 2 | 0,7 | 0,49 |
| 9. | 1 | -0,3 | 0,09 |
| 10. | 1 | -0,3 | 0,09 |
| Σ | 13 | | 2,1 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{13}{10} = 1,3$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2,1}{9}} = 0,48$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0,48}{1,3} \times 100\% = 37,13\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 37,13\% = 62,86\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{1,3 \pm 0,48\} \text{ gram}$$

c. Panjang tanaman (cm)

| No | X (cm) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|--------|---------------|-------------------|
| 1. | 22 | 1 | 1 |
| 2. | 18 | -3 | 9 |
| 3. | 20 | -1 | 1 |
| 4. | 22 | 1 | 1 |
| 5. | 24 | 3 | 9 |
| 6. | 22 | 1 | 1 |
| 7. | 20 | -1 | 1 |
| 8. | 22 | 1 | 1 |
| 9. | 20 | -1 | 1 |
| 10. | 20 | -1 | 1 |
| Σ | 210 | | 26 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{210}{10} = 21$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{26}{9}} = 1,69$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{1,69}{21} \times 100\% = 8,08\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 8,08\% = 91,91\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{21 \pm 1,69\} \text{ cm}$$

2.2.4 Eksperimen 100 μ T (60 menit)

a. Jumlah daun (helai)

| No | X (helai) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|-----------|---------------|-------------------|
| 1. | 8 | 0 | 0 |
| 2. | 9 | 1 | 1 |
| 3. | 8 | 0 | 0 |
| 4. | 8 | 0 | 0 |
| 5. | 8 | 0 | 0 |
| 6. | 7 | -1 | 1 |
| 7. | 9 | 1 | 1 |
| 8. | 8 | 0 | 0 |
| 9. | 8 | 0 | 0 |
| 10. | 7 | -1 | 1 |
| Σ | 80 | | 4 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{80}{10} = 8$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4}{9}} = 0,66$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0,66}{8} \times 100\% = 8,29\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 8,29\% = 91,7\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{8 \pm 0,66\} \text{ helai}$$

b. Massa tanaman (gram)

| No | X (gram) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|----------|---------------|-------------------|
| 1. | 1 | -0,1 | 0,01 |
| 2. | 1 | -0,1 | 0,01 |
| 3. | 1 | -0,1 | 0,01 |
| 4. | 1 | -0,1 | 0,01 |
| 5. | 1 | -0,1 | 0,01 |
| 6. | 2 | 0,9 | 0,81 |
| 7. | 1 | -0,1 | 0,01 |
| 8. | 1 | -0,1 | 0,01 |
| 9. | 1 | -0,1 | 0,01 |
| 10. | 1 | -0,1 | 0,01 |
| Σ | 11 | | 0,9 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{11}{10} = 1,1$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,9}{9}} = 0,31$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{0,31}{1,1} \times 100 \% = 28,74 \%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 28,74 \% = 71,25\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{1,1 \pm 0,31\} \text{ gram}$$

c. Panjang tanaman (cm)

| No | X (cm) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|--------|---------------|-------------------|
| 1. | 16 | 2,1 | 4,41 |
| 2. | 11 | -2,9 | 8,41 |
| 3. | 14 | 0,1 | 0,01 |

| | | | |
|----------|-----|------|------|
| 4. | 16 | 2,1 | 4,41 |
| 5. | 14 | 0,1 | 0,01 |
| 6. | 14 | 0,1 | 0,01 |
| 7. | 16 | 2,1 | 4,41 |
| 8. | 14 | 0,1 | 0,01 |
| 9. | 12 | -1,9 | 3,61 |
| 10. | 12 | -1,9 | 3,61 |
| Σ | 139 | | 28,9 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{139}{10} = 13,9$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{28,9}{9}} = 1,79$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{1,79}{13,9} \times 100 \% = 12,88 \%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 12,88 \% = 87,11 \%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{13,9 \pm 1,79\} \text{ cm}$$

2.3 Kelompok Eksperimen 300 μ T

2.3.1 Eksperimen 300 μ T (15 menit)

a. Jumlah daun (helai)

| No | X (helai) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|-----------|---------------|-------------------|
| 1. | 11 | 1,3 | 1,69 |
| 2. | 9 | -0,7 | 0,49 |
| 3. | 9 | -0,7 | 0,49 |

| | | | |
|----------|----|------|------|
| 4. | 9 | -0,7 | 0,49 |
| 5. | 10 | 0,3 | 0,09 |
| 6. | 10 | 0,3 | 0,09 |
| 7. | 10 | 0,3 | 0,09 |
| 8. | 9 | -0,7 | 0,49 |
| 9. | 10 | 0,3 | 0,09 |
| 10. | 10 | 0,3 | 0,09 |
| Σ | 97 | | 4,1 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{97}{10} = 9,7$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4,1}{9}} = 0,67$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0,67}{9,7} \times 100\% = 6,91\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 6,91\% = 93,08\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{9,7 \pm 0,67\} \text{ helai}$$

b. Massa Tanaman (gram)

| No | X (gram) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|----------|---------------|-------------------|
| 1. | 1 | 0 | 0 |
| 2. | 1 | 0 | 0 |
| 3. | 1 | 0 | 0 |
| 4. | 1 | 0 | 0 |
| 5. | 1 | 0 | 0 |
| 6. | 1 | 0 | 0 |
| 7. | 1 | 0 | 0 |

| | | | |
|----------|----|---|---|
| 8. | 1 | 0 | 0 |
| 9. | 1 | 0 | 0 |
| 10. | 1 | 0 | 0 |
| Σ | 10 | | 0 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{10}{10} = 1$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{9}} = 0$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0}{1} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 0\% = 100\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{1 \pm 0\} \text{ gram}$$

c. Panjang tanaman (cm)

| No | X (cm) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|--------|---------------|-------------------|
| 1. | 18 | 2,2 | 4,84 |
| 2. | 18 | 2,2 | 4,84 |
| 3. | 18 | 2,2 | 4,84 |
| 4. | 14 | -1,8 | 3,24 |
| 5. | 14 | -1,8 | 3,24 |
| 6. | 12 | -3,8 | 14,44 |
| 7. | 14 | -1,8 | 3,24 |
| 8. | 16 | 0,2 | 0,04 |
| 9. | 16 | 0,2 | 0,04 |
| 10. | 18 | 2,2 | 4,48 |
| Σ | 158 | | 42,52 |

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{158}{10} = 15,8$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{42,52}{9}} = 2,17$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{2,17}{15,8} \times 100\% = 13,75\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 13,75\% = 86,24\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{15,8 \pm 2,17\} \text{ cm}$$

2.3.2 Eksperimen 300 μ T (30 menit)

a. Jumlah daun (helai)

| No | X (helai) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|-----------|---------------|-------------------|
| 1. | 8 | -0,1 | 0,01 |
| 2. | 9 | 0,9 | 0,81 |
| 3. | 7 | -1,1 | 1,21 |
| 4. | 8 | -0,1 | 0,01 |
| 5. | 9 | 0,9 | 0,81 |
| 6. | 7 | -1,1 | 1,21 |
| 7. | 8 | -0,1 | 0,01 |
| 8. | 10 | 1,9 | 3,61 |
| 9. | 8 | -0,1 | 0,01 |
| 10. | 7 | -1,1 | 1,21 |
| Σ | 81 | | 8,9 |

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{81}{10} = 8,1$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{8,9}{9}} = 0,98$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0,98}{8,1} \times 100\% = 12,22\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 12,22\% = 87,78\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{8,1 \pm 0,98\} \text{ helai}$$

b. Massa tanaman (gram)

| No | X (gram) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|----------|---------------|-------------------|
| 1. | 1 | -0,6 | 0,36 |
| 2. | 2 | 0,4 | 0,16 |
| 3. | 2 | 0,4 | 0,16 |
| 4. | 1 | -0,6 | 0,36 |
| 5. | 2 | 0,4 | 0,16 |
| 6. | 2 | 0,4 | 0,16 |
| 7. | 2 | 0,4 | 0,16 |
| 8. | 2 | 0,4 | 0,16 |
| 9. | 1 | -0,6 | 0,36 |
| 10. | 1 | -0,6 | 0,36 |
| Σ | 16 | | 2,4 |

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{16}{10} = 1,6$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2,4}{9}} = 0,5$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0,5}{1,6} \times 100\% = 31,86\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 31,86\% = 68,13\%$$

$$HP = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{1,6 \pm 0,5\} \text{ gram}$$

c. Panjang tanaman (cm)

| No | X (cm) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|--------|---------------|-------------------|
| 1. | 18 | -1,8 | 3,24 |
| 2. | 18 | -1,8 | 3,24 |
| 3. | 22 | 2,2 | 4,84 |
| 4. | 20 | 0,2 | 0,04 |
| 5. | 20 | 0,2 | 0,04 |
| 6. | 20 | 0,2 | 0,04 |
| 7. | 22 | 2,2 | 4,84 |
| 8. | 18 | -1,8 | 3,24 |
| 9. | 20 | 0,2 | 0,04 |
| 10. | 20 | 0,2 | 0,04 |
| Σ | 198 | | 19,6 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{198}{10} = 19,8$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{19,6}{9}} = 1,47$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{1,47}{19,8} \times 100\% = 7,43\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 7,43\% = 92,56\%$$

$$HP = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{19,8 \pm 1,47\} \text{ cm}$$

2.3.3 Eksperimen 300 μ T (45 menit)

a. Jumlah daun (helai)

| No | X (helai) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|-----------|---------------|-------------------|
| 1. | 7 | -2,2 | 4,84 |
| 2. | 10 | 0,8 | 0,64 |
| 3. | 10 | 0,8 | 0,64 |
| 4. | 9 | -0,2 | 0,04 |
| 5. | 8 | -1,2 | 1,44 |
| 6. | 10 | 0,8 | 0,64 |
| 7. | 10 | 0,8 | 0,64 |
| 8. | 10 | 0,8 | 0,64 |
| 9. | 9 | -0,2 | 0,04 |
| 10. | 9 | -0,2 | 0,04 |
| Σ | 92 | | 9,6 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{92}{10} = 9,2$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{9,6}{9}} = 1,02$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{1,02}{9,2} \times 100 \% = 11,19 \%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 11,19 \% = 88,80 \%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{9,2 \pm 1,02\} \text{ helai}$$

b. Massa tanaman (gram)

| No | X (gram) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|----------|---------------|-------------------|
| 1. | 1 | 0,3 | 0,09 |

| | | | |
|----------|---|------|------|
| 2. | 1 | 0,3 | 0,09 |
| 3. | 1 | 0,3 | 0,09 |
| 4. | 1 | 0,3 | 0,09 |
| 5. | 1 | 0,3 | 0,09 |
| 6. | 0 | -0,7 | 0,49 |
| 7. | 0 | -0,7 | 0,49 |
| 8. | 0 | -0,7 | 0,49 |
| 9. | 1 | 0,3 | 0,09 |
| 10. | 1 | 0,3 | 0,09 |
| Σ | 7 | | 2,1 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{7}{10} = 0,7$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2,1}{9}} = 0,47$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{0,47}{0,7} \times 100 \% = 68,51 \%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 68,51 \% = 31,48 \%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{0,7 \pm 0,47\} \text{ gram}$$

c. Panjang tanaman (cm)

| No | X (cm) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|--------|---------------|-------------------|
| 1. | 14 | 1 | 1 |
| 2. | 12 | -1 | 1 |
| 3. | 16 | 3 | 9 |
| 4. | 14 | 1 | 1 |
| 5. | 12 | -1 | 1 |

| | | | |
|----------|-----|----|----|
| 6. | 12 | -1 | 1 |
| 7. | 12 | -1 | 1 |
| 8. | 14 | 1 | 1 |
| 9. | 12 | -1 | 1 |
| 10. | 12 | -1 | 1 |
| Σ | 130 | | 18 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{130}{10} = 13$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{18}{9}} = 1,41$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{1,41}{13} \times 100\% = 10,87\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 10,87\% = 89,12\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{13 \pm 1,41\} \text{ cm}$$

2.3.4 Eksperimen 300 μT (60 menit)

a. Jumlah daun (helai)

| No | X (helai) | $\frac{X-\bar{X}}{\bar{X}}$ | $(\frac{X-\bar{X}}{\bar{X}})^2$ |
|----|-----------|-----------------------------|---------------------------------|
| 1. | 12 | 0,1 | 0,01 |
| 2. | 13 | 1,1 | 1,21 |
| 3. | 12 | 0,1 | 0,01 |
| 4. | 11 | -0,9 | 0,81 |
| 5. | 10 | -1,9 | 3,61 |
| 6. | 12 | 0,1 | 0,01 |

| | | | |
|----------|-----|------|------|
| 7. | 11 | -0,9 | 0,81 |
| 8. | 12 | 0,1 | 0,01 |
| 9. | 13 | 1,1 | 1,21 |
| 10. | 13 | 1,1 | 1,21 |
| Σ | 119 | | 8,9 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{119}{10} = 11,9$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{8,9}{9}} = 0,98$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100 \% = \frac{0,98}{11,9} \times 100\% = 8,31 \%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 8,31\% = 91,68\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{11,9 \pm 0,98\} \text{ helai}$$

b. Massa tanaman (gram)

| No | X (gram) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|-----|----------|---------------|-------------------|
| 1. | 3 | 0 | 0 |
| 2. | 3 | 0 | 0 |
| 3. | 4 | 1 | 1 |
| 4. | 2 | -1 | 1 |
| 5. | 2 | -1 | 1 |
| 6. | 4 | 1 | 1 |
| 7. | 4 | 1 | 1 |
| 8. | 2 | -1 | 1 |
| 9. | 3 | 0 | 0 |
| 10. | 3 | 0 | 0 |

| | | | |
|----------|----|--|---|
| Σ | 30 | | 6 |
|----------|----|--|---|

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{30}{10} = 3$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{6}{9}} = 0,81$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0,81}{3} \times 100\% = 27,08\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100\% - I = 100\% - 27,08\% = 72,91\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{3 \pm 0,81\} \text{ gram}$$

c. Panjang tanaman (cm)

| No | X (cm) | $X - \bar{X}$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----------|--------|---------------|-------------------|
| 1. | 24 | -1,1 | 1,21 |
| 2. | 24 | -1,1 | 1,21 |
| 3. | 24 | -1,1 | 1,21 |
| 4. | 26 | 0,9 | 0,81 |
| 5. | 27 | 1,9 | 3,61 |
| 6. | 26 | 0,9 | 0,81 |
| 7. | 24 | -1,1 | 1,21 |
| 8. | 24 | -1,1 | 1,21 |
| 9. | 26 | -0,9 | 0,81 |
| 10. | 26 | -0,9 | 0,81 |
| Σ | 251 | | 12,9 |

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{251}{10} = 25,1$$

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{12,9}{9}} = 1,19$$

$$\text{Kesalahan relatif (I)} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{1,19}{25,1} \times 100\% = 4,76\%$$

$$\text{Keseksamaan (K)} = 100 \% - I = 100 \% - 4,76\% = 95,23\%$$

$$\text{HP} = \{\bar{X} \pm \Delta X\} = \{25,1 \pm 1,19\} \text{ cm}$$



LAMPIRAN C. FOTO HASIL PENELITIAN



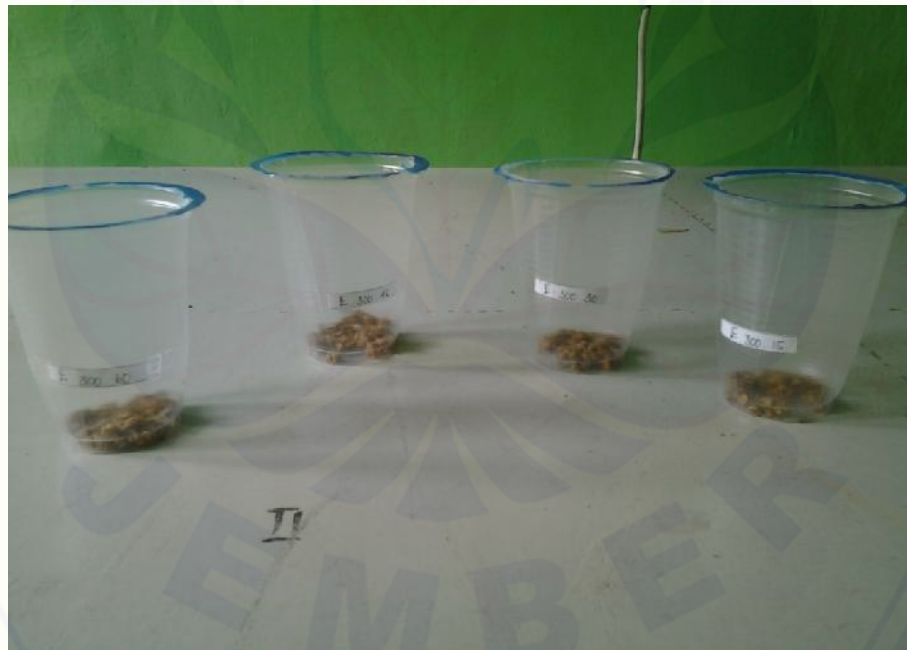
Gambar. 1 Benih tomat ranti



Gambar. 2 Proses perendaman benih tomat ranti



Gambar 3. Proses menakar benih tomat dalam cawan



Gambar 4. Proses pemaparan medan magnet ELF



Gambar 5. Tempat penyemaian benih tomat



Gambar 6. Proses penyemaian



Gambar 7. Salah satu sampel pada hari ke-7 (E.300.60)



Gambar 8. Proses pemindahan benih dalam polibag



Gambar 9. Pengukuran massa tanaman tomat ranti



Gammba 10. Pengukuran panjang tanaman tomat ranti

LAMPIRAN D. SURAT IZIN PENELITIAN



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

20 FEB 2015

Nomor : 1087 /UN25.1.5/LT/2015
Lampiran : -
Hal : 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 : Reza Emelia Yuni Wulan Sari
NIM : 100210102090
Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Program Studi : Pendidikan Fisika

Bermaksud mengadakan penelitian tentang "Aplikasi Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 100 μ T dan 300 μ T Pada Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti" di Laboratorium Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember pada bulan Februari 2015.

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

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

Dekan
Pembantu Dekan I,
F. Sukatman, M.Pd.
NIP. 19640123 199512 1 001

Tembusan Kepada Yth:
Kepala Laboratorium Pendidikan Biologi
FKIP Universitas Jember

Perihal : Permohonan Izin Penelitian
Lampiran : -

Yth. Kepala Laboratorium Pendidikan Fisika
FKIP Universitas Jember
Jember

Dalam rangka kegiatan penelitian (Skripsi), saya mahasiswa FKIP Universitas Jember :

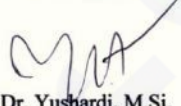
Nama : Reza Emelia Yuni Wulan Sari
NIM : 100210102090
Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Program Studi : Pendidikan Fisika

Bermaksud mengadakan penelitian fisika dengan judul "Aplikasi Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 100 μ T dan 300 μ T Pada Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti" di Laboratorium Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember pada bulan Februari tahun 2015 selama dua bulan.

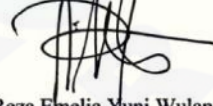
Maka demi kelancaran kegiatan penelitian tersebut, saya mohon dengan hormat agar Bapak berkenan memberikan izin serta peminjaman alat yang kami perlukan antara lain: 1) satu set alat *ELF Electromagnetic Fields Sources*, 2) satu buah timbangan.

Demikian atas perkenan izin dan peminjaman alat, sebelum dan sesudahnya saya sampaikan terima kasih.

Menyetujui,
Ketua Program Studi Pendidikan Fisika


Dr. Yushardi, M.Si.
NIP. 196504201995121001

Jember, 23 Februari 2015
Mahasiswa pemohon,


Reza Emelia Yuni Wulan S.
NIM. 100210102090



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121
Telepon: 0331- 334988, 330738 Faks: 0331-334988
Laman: www.fkip.unej.ac.id

Lampiran : -
Perihal : Permohonan Izin Penelitian

Yth. Ketua Laboratorium Pendidikan Fisika
Universitas Jember
Jember

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

Nama : Reza Emelia Yuni Wulan Sari
NIM : 100210102090
Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Program Studi : Pendidikan Fisika

Bermaksud mengadakan penelitian tentang “Aplikasi Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 100 μ T dan 300 μ T Pada Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti” di Laboratorium yang Saudara pimpin pada bulan Februari tahun 2015.

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

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

Dosen Pembimbing I

Dr. Fransilo Prihandono, M.Si
NIP. 19620401 198702 1 001

Jember, 23 Februari 2015

Mahasiswa yang Bersangkutan

Reza Emelia Yuni Wulan S.
NIM. 100210102090

