

**APLIKASI MEDAN MAGNET EXTREMELY LOW
FREQUENCY (ELF) UNTUK MEMPERCEPAT
PERTUMBUHAN DAN MENINGKATKAN BUAH
TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* L. Merrill)**

**Mokhamad Tirono
Farid Samsu Hananto**



Dummy Book

**LP2M Uin Maulana Malik Ibrahim Malang
2022**

**APLIKASI MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY*
(ELF) UNTUK MEMPERCEPAT PERTUMBUHAN
DAN MENINGKATKAN BUAH TANAMAN KEDELAI
(*Glycine max L. Merril*)**

Oleh:

Mokhamad Tirono

Farid Samsu Hananto

Blank

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas petunjuk dan hidayah-Nya sehingga laporan penelitian yang berjudul “APLIKASI MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) UNTUK MEMPERCEPAT PERTUMBUHAN DAN MENINGKATKAN BUAH TANAMAN KEDELAI (*Glycine max L. Merril*)” dapat terselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan tersebut sangat sulit bagi penulis untuk dapat menyelenggarakan kegiatan penelitian ini.

Penulis telah berusaha untuk menyempurnakan tulisan ini, namun sebagai manusia penulis pun menyadari akan keterbatasan maupun kekhilafan dan kesalahan yang tanpa disadari. Oleh karena itu, saran dan kritik dari semua pihak akan sangat diperlukan untuk perbaikan laporan ini.

Malang, September 2021

Penulis

blank

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Abstrak	vii
BAB I Pendahuluan.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	5
BAB II Kajian Pustaka	7
2.1. Medan Magnet dan Kumparan Helmholtz.....	7
2.2. Interaksi Medan Magnet dengan Sistem Biologis	8
2.2.1. Interaksi elektrodinamik pada sistem Biologis.....	8
2.2.2. Translasi Magnetokimia.....	9
2.2.3. Induksi arus listrik.....	9
2.3. Interaksi Medan Magnet dengan BenihTanaman	10
2.3.1. Efek pada molekul air	10
2.3.2. Medan Magnet Menginduksi Modifikasi Pada Tingkat Molekul	11
2.3.3. Reaksi Stres Sebagai Respons Terhadap Medan Magnet	12
2.3.4. Pengaruh Medan Magnet Terhadap Komposisi Unsur Tumbuhan ...	14
2.3.5. Medan Magnet Menginduksi Perubahan Konten Pigmen Fotosintetik	15
2.3.6. Medan Magnet Meningkatkan Berat Dan Kadar Air Dalam Tanaman.....	16
2.4. Struktur Benih	16
BAB III Metodologi.....	19
3.1. Jenis Penelitian.....	19
3.2. Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.3. Alat dan Bahan`	19
3.3.1. Alat	19
3.3.2. Bahan	20
3.4. Bagan Alir Penelitian	20
3.5. Prosedur Penelitian.....	21
3.5.1. Rancangan Percobaan	21

3.5.2. Pemilihan dan Pembenuhan Biji Kedelai Didalam Tanah	22
3.5.3. Paparan Medan Magnet.....	23
3.5.4. Penanaman dan Perawatan Tanaman di Polybag Besar.....	23
3.5.5. Pengambilan Data	24
3.6. Analisis Data.....	25
BAB IV Hasil dan Pembahasan.....	27
4.1. Efek Medan Listrik terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Kedelai	27
4.1.1. Perkecambahan dan Tinggi Batang	27
4.1.2. Pertumbuhan Batang	29
4.1.3. Pola Pertumbuhan Batang	31
4.1.4. Kandungan Klorofil	33
4.1.5. Waktu Awal Berbunga	35
4.1.6. Berat per 10 Biji.....	36
4.1.7. Produksi per Pohon	37
4.2. Efek Waktu Paparan terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Kedelai	39
4.2.1. Waktu Munculnya kecambah	39
4.2.2. Tinggi Tanaman	42
4.2.3. Kandungan Klorofil	46
4.2.4. Waktu Awal Berbunga	50
4.2.5. Berat per 10 Biji.....	52
4.3. Efek Fusarium oxysporum terhadap pertumbuhan dan produktivitas	54
4.3.1. Tinggi Tanaman	54
4.3.2. Kandungan Klorofil	58
4.3.3. Waktu Awal Berbunga	62
4.3.4. Berat per 10 Biji.....	65
4.4. Pembahasan.....	68
BAB V Penutup	
5.1. Kesimpulan	71
5.2. Saran	72

Daftar Pustaka

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempercepat pertumbuhan dan meningkatkan produktivitas tanaman kedelai dengan memberikan perlakuan menggunakan medan magnet pada saat benih berkecambah. Sampel penelitian adalah benih kedelai varietas Grobogan yang diperoleh dari Puslitbang Aneka Umbi dan Kacang-kacangan. Medan magnet yang digunakan dalam perawatan searah dengan kerapatan fluks magnet, yang berubah terhadap waktu, dan frekuensi perubahannya adalah 100 kali per detik. Perlakuan diberikan dengan kerapatan fluks magnet dari 0,0 mT sampai 0,5 mT selama 0-20 menit per hari dan diulang selama lima hari. Perlakuan dengan medan magnet 0,1 mT menghasilkan nilai optimum waktu berkecambah, pertumbuhan batang, kandungan klorofil, waktu berbunga awal, bobot per 10 biji, dan produktivitas. Perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,5 mT berpengaruh negatif atau tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman kedelai. Waktu perlakuan 20 menit menghasilkan nilai optimum waktu berkecambah, pertumbuhan batang, kandungan klorofil, waktu berbunga awal, bobot per 10 biji, dan produktivitas. Perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,5 mT dan waktu perlakuan 30 menit berpengaruh negatif atau tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman kedelai. Perlakuan menggunakan medan magnet 0,1-0,4 mT berpengaruh positif terhadap pertumbuhan dan produktivitas kedelai, sedangkan 0,5 mT tidak berpengaruh atau berpengaruh negatif. Perlakuan medan magnet dapat memiliki efek positif dan negatif tergantung pada kerapatan fluks magnet yang digunakan.

Kata kunci : batang, biji, buah, bunga, klorofil, medan magnet, produktivitas.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penerapan medan magnet di bidang pertanian merupakan teknologi baru yang ramah lingkungan untuk meningkatkan benih perkecambahan dan meningkatkan hasil dengan mempengaruhi proses fisiologis dan biokimia dalam benih (El-Gizawy A.M., M. E. Ragab, Nesreen A. S. Helal, 2016). Medan magnet dapat menyebabkan perubahan pada tingkat sel (Zablotskii et al., 2016) dan meningkatkan viabilitas, organisasi, dan diferensiasi pada sel (Valiron et al., 2005). Banyak penelitian telah membuktikan bahwa medan magnet yang diterapkan pada benih dapat mempercepat kemunculan kecambah dan pertumbuhan tanaman (Ijaz et al., 2012). Perlakuan medan magnet pada kacang dapat meningkatkan perkecambahan dan kemunculan kultivar kacang lebih awal daripada tanaman kontrol. Pengaruh positif tersebut berpengaruh terhadap jumlah polong pada setiap tanaman sehingga dapat meningkatkan produktivitas tanaman tersebut (Podleśny & Podleśna, 2004).

Kedelai adalah tanaman yang memiliki banyak manfaat, karena kandungan protein dan karbohidrat yang tinggi. Kedelai dapat diolah menjadi berbagai macam bahan pangan seperti tempe, tahu, sari kedelai dan sebagainya. Masyarakat banyak yang telah mengonsumsi kedelai dan olahannya untuk memperbaiki gizi, karena harganya relatif murah apabila dibandingkan dengan sumber protein lain seperti daging, susu,

dan ikan. Oleh karena itu kebutuhan kedelai secara nasional terus terjadi peningkatan baik untuk bahan pangan, pakan, maupun industri (Putra et al., 2015). Namun, produksi kedelai belum mampu mengimbangi dengan peningkatan permintaan pasar.

Permintaan kedelai yang semakin tinggi menyebabkan Indonesia kekurangan stok, sehingga melakukan impor. Salah satu faktor yang menyebabkan penurunan produksi kedelai adalah kurangnya ketersediaan lahan yang produktif serta keterbatasan varietas unggul dengan benih bermutu. Benih kedelai yang bermutu adalah benih yang memenuhi standar pertumbuhan dan perkembangan serta bebas patogen. Keberadaan hama dan penyakit yang seringkali menyerang tanaman kedelai pada masa pertumbuhan termasuk salah satu faktor yang mempengaruhi rendahnya produktivitas kedelai.

Penyakit pada tanaman kedelai dapat menyebabkan kebusukan pada organ tumbuhan. Infeksi patogen *Fusarium oxysporum* menyebabkan kenampakan yang berbeda pada tanaman yang terinfeksi bila dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh secara normal. Perkembangan patogen dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti melalui air, alat pertanian, dan tanah. Patogen *Fusarium oxysporum* ini dapat menginfeksi tanaman kedelai mulai pekecambahan. Infeksi yang terjadi pada tanaman dewasa dapat menyebabkan tanaman menjadi layu, busuk akar samping, tudung akar dan pangkal batang dari tanaman (Inayati & Yusnawan, 2018). Apabila benih kedelai yang terinfeksi

ditanam, akan tetap tumbuh tetapi dapat menyebabkan terjadinya epidemi penyakit dan produktivitas menurun.

Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa perlakuan dengan medan magnet dengan dengan kerapatan fluks magnet 0,3 mT dapat menghasilkan pertumbuhan, kesehatan, dan ketahanan yang optimal dari tanaman wijen yang diinfeksi dengan patogen *Fusarium oxysporum* (Tirono et al., 2021).. Perlakuan benih dengan menggunakan medan magnet mulai dari perendaman benih hingga fase perkecambahan membuat tanaman wijen lebih sehat, buah lebih besar, dan lebih tahan terhadap serangan layu *Fusarium oxysporum* (Tirono et al., 2021). Hal tersebut dikarenakan perlakuan dengan menggunakan medan magnet memiliki efek positif pada perkecambahan biji, pertumbuhan bibit, dan produktivitas berbagai spesies tanaman (Sarraf et al., 2020). Perlakuan menggunakan medan magnet selama penyemaian dan perkecambahan biji akan mempengaruhi reproduksi sel dan metabolisme (Çelik et al., 2008). Paparan medan magnet juga akan mengubah sifat air, termasuk tegangan permukaan dan viskositas (Cai et al., 2009) sehingga kemampuan merendam benih meningkat (Pang & Bo, 2008).

Telah dilaporkan bahwa kelompok bibit kedelai yang diberi perlakuan dengan medan magnet memiliki batang lebih tinggi daripada kelompok kontrol (Asghar et al., 2016). Penih yang diberikan perlakuan medan magnet pra-semai memiliki potensi untuk meningkatkan bagian biologi kedelai, kandungan klorofil dan enzim metabolik penting (Asghar

et al., 2016). Pemaparan medan magnet dengan kerapatan fluks magnet 0.2 mT dapat menghambat patogenitas *Fusarium oxysporum* pada fase generatif sejak pembentukan bunga sampai produksi tomat (Agustrina et al., 2016).

Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa setiap jenis tanaman membutuhkan repatan fluks magnet yang berbeda untuk menghasilkan produksi yang optimum. Belum ada yang melaporkan waktu perlakuan yang tepat agar diperoleh hasil yang optimal. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan perlakuan dengan medan magnet pada saat penumbuhan benih kedelai dengan merubah kerapatan fluks magnet dan waktu perlakuan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain yaitu :

1. Bagaimana efek medan magnet ELF terhadap waktu mulai perkecambahan biji tanaman kedelai?
2. Bagaimana efek medan magnet ELF terhadap panjang batang tanaman kedelai?
3. Bagaimana efek medan magnet ELF terhadap kadar klorofil daun tanaman kedelai?

4. Bagaimana efek medan magnet ELF terhadap waktu awal berbunga tanaman kedelai?
5. Bagaimana efek medan magnet ELF terhadap berat buah tanaman kedelai ?.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui efek medan magnet ELF terhadap waktu mulai perkecambahan biji tanaman kedelai.
2. Untuk mengetahui efek medan magnet ELF terhadap panjang batang tanaman kedelai.
3. Untuk mengetahui efek medan magnet ELF terhadap kadar klorofil daun tanaman kedelai.
4. Untuk mengetahui efek medan magnet ELF terhadap waktu awal berbunga tanaman kedelai.
5. Untuk mengetahui efek medan magnet ELF terhadap berat buah tanaman kedelai.

1.4 Manfaat Penelitian

Data dan metode dari penelitian ini bermanfaat sebagai solusi untuk meningkatkan produksi kedelai.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Medan Magnet dari Kumbaran Helmholtz

Medan magnet dapat digambarkan sebagai garis-garis gaya yang disebut garis fluks. Arah medan pada suatu titik diberikan oleh arah garis gaya pada titik tersebut dan besarnya sebanding dengan kepadatan garis gaya disekitar titik tersebut

Medan magnet yang digunakan dalam pengolahan benih pada penelitian ini berasal dari dua buah kumbaran Helmholtz yang disusun sejajar sehingga kerapatan fluks magnet yang dihasilkan sepanjang sumbu kumbaran adalah (Bhatt et al., 2010)

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 NI}{2R} \left(\left[1 + \left(\frac{x+\alpha/2}{R^2} \right)^2 \right]^{-3/2} + \left[1 + \left(\frac{x-\alpha/2}{R^2} \right)^2 \right]^{-3/2} \right) \quad (1)$$

dimana N = Jumlah lilitan kumbaran, I = arus yang mengalir pada kumbaran, R = jari-jari kumbaran, α = jarak antara kedua kumbaran, dan μ_0 = permeabilitas ruang bebas. Kerapatan fluks magnet di tengah sistem kumbaran ($x = 0$) adalah

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 NI}{R} \left[1 + \left(\frac{\alpha}{2R} \right)^2 \right]^{-3/2} \quad (2)$$

Kumbaran mengalirkan arus listrik yang memenuhi persamaan

$$I = I_m \sin(2\pi ft + \varphi) \quad (3)$$

Dimana f = frekuensi, I_m = arus maksimum, dan φ = sudut fasa.

Jika aliran arus memiliki frekuensi 50 Hz, medan magnet yang dihasilkan beresilasi dengan frekuensi 50 Hz.

2.2 Interaksi Medan Magnet dengan Sistem Biologi

2.2.1 Interaksi elektrodinamik pada sistem Biologis

Dalam medan magnet yang seragam, zat diamagnetik maupun feromagnetik akan mengalami torsi yang cenderung akan mengarahkan mereka. Makromolekul diamagnetik mengalami magnetoorientation karena sifat anisotropi dari susceptibilitas magnetiknya. Molekul-molekul ini, umumnya berbentuk seperti batang dan cenderung berputar untuk mencapai konfigurasi energi minimumnya. Tingkat penjajaran biasanya sangat kecil, akan tetapi jika ada sebanyak N tumpukan makromolekul dengan sumbu rotasi sejajar akan ada peningkatan sebesar faktor N , sehingga efek yang ditimbulkan menjadi besar.

Ada kasus yang menarik dari orientasi organisme hidup yang mensintesis struktur rantai organik, yang mengandung kristal magnetit (Fe_3O_4) dengan momen magnetik permanen murni, yang disebut magnetosom. Dimana ditemukan bahwa magnetosom ini mempengaruhi arah gerakan bakteri magnetotaktik.

2.2.2 Translasi Magnetokimia

Perubahan kerapatan fluks magnet statik terhadap jarak menghasilkan gaya netto dalam bahan paramagnetik dan ferromagnetik yang mengarah pada gerak translasi, yang memenuhi persamaan

$$\vec{F} = V \cdot \frac{\lambda}{\mu_0} \cdot \vec{B} \cdot \frac{d\vec{B}}{dx}$$

di mana V adalah volume zat magnetik dan λ kerentanan magnetik. Karena terbatasnya jumlah zat magnetik pada sebagian besar makhluk hidup, maka efek ini pada fungsi biologis dapat diabaikan. Jumlah bahan magnetic pada jaringan hidup sangat terbatas, sehingga pengaruh efek ini terhadap fungsi biologis dapat diabaikan.

2.2.3 Induksi arus listrik

Medan magnet yang berubah-ubah akan menginduksi arus listrik dalam sistem biologis, yang dapat dihitung dengan hukum induksi Faraday. Dalam kasus medan sinusoidal dengan amplitudo B_0 dan frekuensi f , besarnya kerapatan arus yang diinduksi diberikan oleh

$$J = \pi \cdot r \cdot f \cdot \sigma \cdot B_0$$

dimana J besar arus yang diinduksi pada jari-jari lingkaran r dengan konduktivitas listrik jaringan σ , yang memiliki konsekuensi penting bagi sistem biologis. Medan yang berubah-ubah tetap dapat menginduksi arus listrik pada tingkat makroskopik, tetapi intensitasnya yang jauh lebih kecil dari pada yang terjadi pada tingkat sel. Mekanisme ini mendasari

berbagai efek medan magnet pada jaringan yang dapat dirangsang secara elektrik, termasuk stimulasi visiosensori yang menghasilkan magnetophosphenes.

2.3 Interaksi Medan Magnet dengan BenihTanaman

2.3.1 Efek pada Molekul Air

Medan magnet akan mengubah sifat-sifat air karena terjadinya perpindahan dan polarisasi atom air. Oleh karena itu medan magnet akan meningkatkan kemampuan air untuk merendam materi padat (Pang & Bo, 2008). Medan magnet juga menyebabkan perubahan sifat fisikokimia air termasuk penurunan tegangan permukaan air dan meningkatkan viskositas (Cai et al., 2009), Medan magnet juga menyebabkan terjadinya peningkatan energi aktivasi dan ukuran molekul air karena pembentukan ikatan hidrogen ekstra.

Medan magnet tidak hanya mempengaruhi intensitas hidrasi dari molekul air di sekitar ion dalam larutan elektrolit, tetapi juga mempengaruhi penguapan dan konduktivitasnya. (Szcześ et al., 2011) melaporkan bahwa medan magnet menurunkan konduktivitas air dan meningkatkan penguapan dengan mempengaruhi jaringan ikatan hidrogen dan mengganggu antarmuka gas / cairan dari nanobubbles udara di dalam air. Perubahan larutan elektrolit ketika terkena medan magnet, tergantung pada sifat ion dan fungsi termodinamika dari hidrasinya (Holysz et al., 2007). (Fujimura & Iino, 2009), melaporkan bahwa Medan

magnet meningkatkan tegangan permukaan air dan memperkuat batas hidrofobik.

Oleh karena itu treatment medan magnet pada benih yang direndam dalam air memiliki efek menguntungkan pada produktivitas tanaman. Dimana perendaman biji dapat mengaktifkan efek medan magnet, karena peran air sebagai mediator medan magnet. (Grewal & Maheshwari, 2011) melaporkan bahwa treatment benih dengan medan magnet memiliki efek positif.

2.3.2 Medan Magnet Menginduksi Modifikasi Pada Tingkat Molekul

Tanaman tersusun atas sel-sel yang didalamnya terdapat DNA dan disekitar molekul DNA terdapat muatan negatif. Muatan negatif di sekitar molekul DNA sebagai intensitas yang dibebani, dimana potensialnya akan meningkat akibat pemberian medan magnet. Oleh karena itu medan magnet berpengaruh pada level molekuler dan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Dhawi & Al-Khayri, 2009).

Medan magnet dapat mempengaruhi aktivasi sintesis protein yang selanjutnya berpengaruh pada pengembangan sistem akar (Phirke P.S. *et al.*, 1996). Medan magnet juga menginduksi perubahan di tingkat sel dan mengarah pada peningkatan viabilitas sel, organisasi dan diferensiasi (Valiron *et al.*, 2005). Selain itu, Medan magnet mempengaruhi reproduksi sel dan metabolisme sel (Atak *et al.*, 2007) ekspresi gen (Paul *et al.*, 2006) dan aktivitas enzim (Atak *et al.*, 2007). Konsep teoretis

tentang bagaimana medan magnet mempengaruhi DNA dapat dijelaskan bahwa medan magnet akan memperpanjang masa hidup ion radikal bebas, dengan cara menginduksi transisi singlet-triplet dari elektron tidak berpasangan yang menyebabkan stres oksidatif (Sahebamei et al., 2007). Stres oksidatif adalah faktor utama untuk meningkatkan mutasi (Cells & D, 2007) meningkatkan stres biologis (Dhawi & Al-Khayri, 2009). Tingkat konten DNA meningkat atau menurun sesuai dengan tingkat paparan Medan magnet.

2.3.3 Reaksi Stres Sebagai Respons Terhadap Medan Magnet

Treatment Medan magnet pada dosis yang lebih tinggi (dosis > 500mT) perlu mempertimbangkan faktor stres abiotik yang dapat menginduksi respons stres dalam sistem tanaman. Sistem fisiologis tanaman akan mengakumulasi zat terlarut seluler dalam merespon stres abiotik (Rhodes D, dan Hanson AD, 1993) termasuk turunan asam amino kuartener seperti prolin, glisin betain, alanin betaine dan prolin betaine (Patakas A. *et al.*, 2002). Proline adalah indikator stres paling umum yang terakumulasi setelah stres. Tingkat prolin terakumulasi dalam sel bervariasi, tergantung pada spesies dan tingkat stres abiotik (Claussen W, 2005). Dalam kondisi stres, proline berperan untuk meningkatkan pemulihan sel tanaman dan menghilangkan stres yaitu dengan menyediakan sel dengan karbon dan nitrogen sebagai sumber energi. Penurunan konsentrasi prolin atau senyawa antioksidan dapat diakibatkan

oleh akumulasi produknya sendiri yang dapat menyebabkan pengalihan jalur sintesis.

Treatment medan magnet juga menyebabkan pelepasan ion radikal bebas meningkat, sehingga mengganggu makromolekul seluler dan aktivitasnya (Ghanati et al., 2007) serta merusak fungsi enzim antioksidan (*nicotiana tabacum* L.)(Sahebjamei et al., 2007). Proline juga berperan dalam menstabilkan makromolekul dan mengurangi kerusakan karena radikal bebas (Matysik J. *et al.*, 2002) akibat treatment medan magnet dalam waktu yang lama. Senyawa antioksidan sebagai senyawa fenolik akan menurun secara signifikan setelah treatment medan magnet. (Ghanati et al., 2007) melaporkan bahwa medan magnet menurunkan aktivitas phenylalanine-ammonialyase dan konsentrasi senyawa fenolik di *ocimum basilicum*.

Teori 'reaksi terkurung' menjelaskan pengurangan prolin dengan mengoksidasi radikal bebas mengalami peningkatan selama treatment medan magnet (Parola et al., 2005). Pada 'reaksi terkurung' terjadi oksidasi prolin menjadi berbagai senyawa dan proses ini dapat melindungi jaringan tanaman dari potensi kerusakan (Matysik J. *et al.*, 2002). Treatment medan magnet juga dapat menggeser jalur prolin melalui oksidasi prolin menjadi glutamat atau membentuk asam glutamat α -semialdehida (Matysik J. *et al.*, 2002). Pergeseran jalur metabolisme seluler setelah treatment medan magnet membuat tanaman mengubah

metabolisme mereka dari biosintesis fenolik menjadi produksi minyak atsiri (Ghanati et al., 2007).

2.3.4. Pengaruh Medan Magnet Terhadap Komposisi Unsur Tumbuhan

Difusi partikel biologis dalam suatu larutan dapat berorientasi terhadap arus medan magnet karena pengaruh gaya Lorentz. Interaksi antara medan magnet eksternal dan medan magnet internal yang dihasilkan oleh elektron bebas memiliki dampak signifikan pada sistem biologis ((Goodman and Blank, 2002). Eksitasi energi karena medan magnet dapat diarahkan ke hal positif dengan cara mendistribusikan energi, sehingga dapat mempercepat metabolisme dan akibatnya perkecambahan dapat tumbuh lebih baik (Aladjadjian, 2002). Treatment medan magnet menginduksi transformasi molekuler untuk memelihara sel dalam kondisi yang lebih baik untuk pertumbuhan dan pengembangan lebih lanjut.

Efek Medan magnet terhadap molekul air dan larutan elektrolit dapat meningkatkan penyerapan ion. Sitoplasma sel penuh dengan ion bermuatan, sehingga dapat mengarah ke arah medan magnet. Perubahan komposisi ion di sepanjang membran sel akan mengubah potensial listrik sel. Medan magnet dapat meningkatkan potensial listrik, sehingga dapat meningkatkan penyerapan elemen. Adsorpsi dan penyerapan unsur-unsur yang dipengaruhi oleh muatan elektroforesis dan medan magnet (Atlas, 2019) yang merangsang akumulasi unsur secara berbeda.

2.3.5 Medan Magnet Menginduksi Perubahan Konten Pigmen Fotosintetik

Pertukaran dan transformasi energi adalah inti dari aktivitas biokimia dalam sistem biologis. Pigmen asimilasi terlibat langsung dalam konversi energi matahari menjadi energi kimia dan proses ini dapat dipengaruhi oleh medan magnet. Telah ditemukan bahwa medan magnet dapat meningkatkan terjadinya reaksi kimia dalam tanaman, sehingga memiliki efek positif pada aktivitas fotokimia, rasio respirasi dan aktivitas enzim (Carbonell et al., 2000). Klorofil dan karotenoid adalah pigmen fotosintesis penting dan indikator dari kesehatan tanaman serta dianggap sebagai mekanisme pertahanan stres. Stres yang disebabkan oleh medan magnet menyebabkan terjadinya peningkatan spesies oksigen reaktif (Sahebjamei et al., 2007) yang dapat menyebabkan terjadinya peningkatan kadar karotenoid karena perannya dalam melindungi sistem tanaman (Zaremba & Smoleński, 2000). Setiap struktur kimia organik dan kloroplas memiliki sifat paramagnetik yang dapat dipengaruhi oleh medan magnet dan memungkinkan berorientasi ke arah medan magnet. Peningkatan medan magnet dari energi dalam yang terlibat dalam metabolisme dan reaksi kimia meningkatkan pertumbuhan lebih lanjut. Medan magnet memiliki kemampuan untuk meningkatkan tingkat pigmen asimilasi yang digunakan dalam air bermagnet yang meningkatkan kandungan klorofil atau langsung saat mengekspos benih atau bibit yang dilaporkan dalam beberapa penelitian (Răcuciu et al., 2008).

2.3.6 Medan Magnet Meningkatkan Berat Dan Kadar Air Dalam Tanaman

Efek lanjutan dari Medan magnet pada akumulasi ion, pigmen fotosintesis, dan reaksi stres diungkapkan dalam akumulasi prolin yang akan menambah dan mempercepat pertumbuhan tanaman. Medan magnet memiliki efek treatment yang sangat tinggi pada multiplikasi, tumbuh, dan berkembang sel (Yokatani K.T. *et al.*, 2001). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa produktivitas beberapa tanaman meningkat sebagai respons dari efek Medan magnet (Dardeniz & Yalcin, 2007). Medan magnet dapat bertindak sebagai hormon tanaman dan dianggap meniru auksin dalam sistem tanaman yang mengarahkan pada pematangan buah dan peningkatan pertumbuhan atau dapat mengaktifkan atau mempercepat enzim yang terkait dengan reaksi auksin. Treatment Medan magnet menyebabkan peningkatan penyerapan ion dan radikal bebas yang mengarah pada peningkatan stres dan akumulasi prolin (Dhawi & Al-Khayri, 2008) yang mengubah osmotik dan potensi listrik, serta meningkatkan penyerapan air.

2.4 Struktur Benih

Struktur benih secara umum terdiri dari :

1. Embrio

Bagian anatomi utama kedelai dewasa adalah kulit biji atau lambung (8%), embrio terdiri dari dua kotiledon berdaging besar

(90%) dan dua struktur kecil, plumula dan sumbu hypocotyl-radiale (2%) (Wolf, 1972).

2. Lambung

Lambung terdiri dari epidermis yang terdiri dari sel palisade yang tersusun rapat ($40\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$), berbentuk persegi panjang dengan sumbu panjang tegak lurus terhadap permukaan luar. Di bawah epidermis terdapat satu lapis sel berbentuk jam pasir atau huruf kapital "I". Sel jam pasir ini unik untuk kedelai dan sering digunakan untuk mendeteksi keberadaan produk kedelai dalam berbagai makanan dan campuran pakan (Piper dan Morse, 1923).

3. Pelindung biji

Pelindung biji terdiri dari kulit biji, sisa-sisa nucleus dan endosperm dan kadang-kadang bagian buah. Umumnya kulit biji berasal dari integument ovule yang mengalami modifikasi selama proses pembentukan biji berlangsung. Kulit biji berfungsi untuk melindungi biji dari kekeringan, kerusakan mekanis atau serangan cendawan, bakteri dan insekta.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian untuk mengetahui pertumbuhan tanaman kedelai yang diberi perlakuan medan magnet ELF dengan lama pemaparan 0-30 menit selama 5 hari dan disusun secara faktorial dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) yang terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama, perlakuan pemaparan intensitas medan magnet yang terdiri dari 6 taraf perlakuan: 0.0 -5.0 mT. Faktor kedua, lama pemaparan 0-30 menit. Setiap unit percobaan diulang sebanyak 5 kali dan ulangan dijadikan satu kelompok.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Medan Magnet dan Biofisika jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Selanjutnya tanaman ditanam dan diteliti di Green House Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Alat yang digunakan untuk perlakuan medan magnet adalah kumparan Helmholtz,

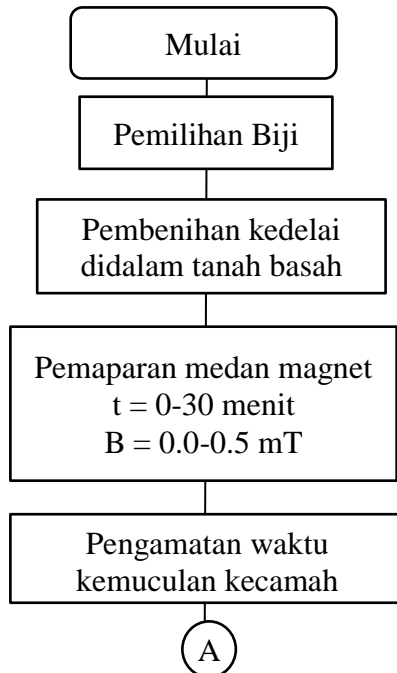
power supply, connecting cord, teslameter, media pembibitan, dan kertas label. Peralatan yang digunakan untuk mengukur panjang batang yaitu jangka sorong dan penggaris. Dan alat yang digunakan untuk mengukur kadar klorofil adalah spektrofotometri Uv vis.

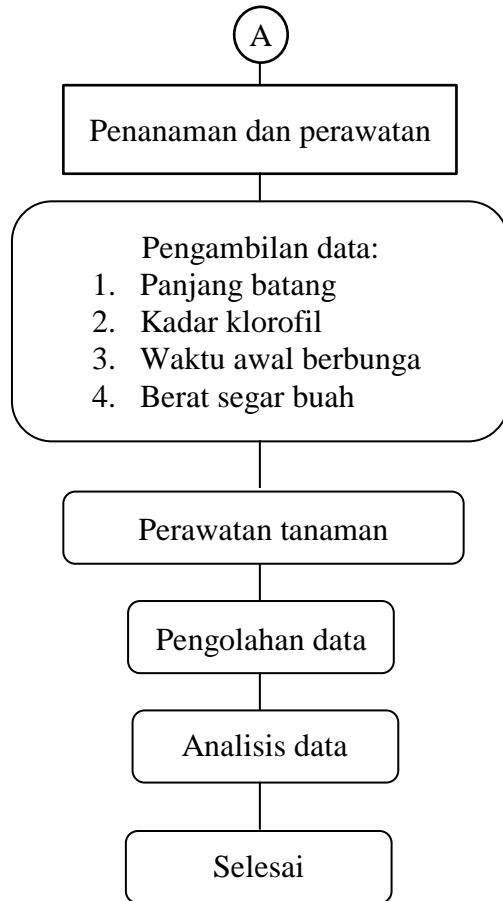
3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih kedelai varietas grobogan, tanah murni, aquades, chloramphenicol kapsul, plastic wrap, alumunium foil, pupuk NPK, dan kertas saring.

3.4 Bagan Alir

Tahap penelitian disajikan dalam bagan alir sebagai berikut :





3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1. Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental di laboratorium dan eksternal. Jumlah kombinasi perlakuan yang digunakan pada penelitian ini adalah 6 x 2. Adapun langkahnya adalah

1. Pemilihan bibit tanaman yang homogen atau mendekati homogen.

2. Melakukan pembasahan benih dengan air
3. Memberi perlakuan pada benih dengan variasi kerapatan fluks magnet dan waktu perlakuan.
4. Pengambilan data waktu kemunculan kecambah
5. Pemindahan tanaman ke polibag
6. Perawatan tanaman di polybag besar dengan cara yang seragam
7. Pengambilan data Panjang batang, Kadar klorofil, waktu awal berbunga, berat buah.

3.5.2 Pemilihan dan Pembenihan Biji Kedelai Didalam Tanah

Adapun prosedur pemilihan dan pembedihan biji kedelai didalam media tanam sebagai berikut :

1. Benih dipilih satu produksi dan memiliki ukuran yang sama
2. Benih kedelai yang digunakan adalah jenis varietas grobogan
3. Penanaman dilakukan pada tanah murni
4. Tanah dimasukkan ke dalam plastik berukuran 5x5 cm, dan dijemur dibawah sinar matahari untuk membunuh bakteri dan serangga
5. Tanah disiram dengan air terlebih dahulu sebelum pemberian benih
6. Plastik yang sudah berisi tanah ditanami dengan kedelai yang telah tumbuh.

7. Penyinaran dilakukan 1 kali sehari dengan ukuran yang sama dan dengan menyesuaikan dengan umur tanaman untuk menjaga kelembapan media tanam

3.5.3 Paparan Medan Magnet

Pemberian paparan medan magnet dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

1. Pembangkitan medan magnet dilakukan menggunakan dua kumparan Helmholtz yang dihubungkan sumber arus Bolak-balik frekwensi 50 Hz
2. Kumparan terdiri dari 1000 lilitan dengan kawat tembaga berdiameter 1 mm dan jarak antar kumparan dibuat 20 cm.
3. Pemaparan dilakukan 1 hari setelah pembasahan
4. Sampel benih diletakkan ditengah-tengah kumparan Helmholtz
5. Paparan medan magnet sebesar 0.0-0,5 mT dengan waktu 0-30 menit
6. Kontrol suhu 27⁰C

3.5.4 Penanaman dan Perawatan Tanaman di Polybag Besar

Adapun prosedur penelitian untuk penanaman tanaman kedelai dalam polybag sebagai berikut :

1. Polybag ukuran 30 cm diberi kertas label variasi intensitas medan magnet

2. Polybag diisi dengan tanah murni tanpa pupuk dengan pH 7 setinggi 20 cm
3. Bibit pada plastik diletakkan diatas tanah dan ditutup tanah sampai ketinggian 5 cm
4. Tanaman disiram setiap hari satu kali pada pagi hari
5. Tanaman diberi bubuk NPK saat berusia 10 HST, 20 HST, 30 HST dan 40 HST, dihitung sejak pemindahan bibit ke polybag besar. Adapun dosis yang diberikan secara berurutan adalah 3 gram, 5 gram, 6 gram, dan 6 gram per polybag

3.5.5 Pengambilan Data

Data yang diambil pada penelitian ini adalah waktu mulai perkecambahan, panjang batang, kadar klorofil, awal waktu berbunga dan berat buah kedelai yang dihasilkan.

1. Waktu kemunculan kecambah

Pengambilan data waktu kemunculan kecambah benih kedelai diambil setiap pagi hari hingga akhir kemunculan kecambah. Perhitungan mulai dari hari setelah pembasahan. Kemudian dihitung rata-rata hari perkecambahan menggunakan rumus :

2. Panjang Batang

Pengambilan data panjang batang dilakukan dengan pengukuran menggunakan penggaris. Pengukuran dimulai dari ujung sampai permukaan batang tanaman yang menyentuh tanah.

3. Kadar Klorofil

Pengambilan data kadar klorofil menggunakan alat spektrofotometri Uv-vis dengan mencari nilai absorbansinya. Panjang gelombang yang digunakan pada pengukuran ini yaitu 645 nm dan 663 nm. Nilai absorbansi yang diperoleh dihitung dengan menggunakan rumus :

Klorofil a (mg/l): $12,7D_{663} - 2,69D_{645}$

Klorofil b (mg/l): $22,9D_{645} - 4,68D_{663}$

Tabel 3.4 Kadar Klorofil Tanaman Kedelai (*Glycine max(L) Merril*)

4. Awal Waktu Berbunga

Dihitung pada awal keluar kuncup bunga

5. Berat Segar

Ditimbang pada saat buah sudah tidak bertambah besar

3.6 Analisis Data

Analisis data penelitian tentang pengaruh medan magnet ELF terhadap pertumbuhan tanaman kedelai dilakukan menggunakan grafik. Analisis untuk mengetahui adanya perbedaan antara kontrol dan perlakuan serta antar perlakuan dilakukan menggunakan statistik ANOVA.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Efek Medan Listrik terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Kedelai

4.1.1 Perkecambahan dan Tinggi Batang

Perubahan pH dan kekentalan air akibat perlakuan medan magnet, membuat proses perendaman benih menjadi optimal. Perendaman yang optimal mempengaruhi munculnya kecambah. Oleh karena itu, waktu munculnya kecambah yang dihasilkan berbeda-beda. Tabel 4.1 menunjukkan waktu munculnya perkecambahan biji kedelai yang diberi perlakuan medan magnet. Waktu perkecambahan lebih cepat pada benih yang diberi perlakuan medan magnet 0,1 mT dibandingkan dengan benih yang tidak diberi perlakuan (0,0 mT). Waktu munculnya perkecambahan biji tanpa perlakuan adalah $2,40 \pm 0,24$ hari, sedangkan perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,1 mT adalah $1,00 \pm 0,00$ hari. Namun kemunculan kecambah akan melambat pada perlakuan 0,2-0,5 mT dibandingkan dengan perlakuan 0,1 mT. Standar deviasi 0,00 pada perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,1 menunjukkan bahwa semua benih berkecambah sehari setelah perlakuan. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perlakuan 0,1 - 0,3 mT nyata mempercepat munculnya kecambah ($p \leq 0,05$), sedangkan perlakuan 0,4 - 0,5 mT tidak nyata. Ketidaksignifikanan tersebut diduga karena kenaikan pH air yang

relatif tinggi. Perubahan awal kemunculan kecambah dapat diungkapkan dengan fungsi polynomial pangkat 4

$$y = 2.39048 + -2.54841*x + 1.50833*x^2 - 0.32778*x^3 + 0.025*x^4$$

Table 4.1. Waktu munculnya kecambah dan tinggi batang tanaman kedelai diperlakukan menggunakan medan magnet

Magnetic filed (mT)	Time of emergence of sprouts (days)				Plant height at the age of 49 days (cm)			
0.0	2.40	±	0.24	b	72.75	±	5.55	d
0.1	1.00	±	-	a	144.35	±	6.29	a
0.2	1.20	±	0.20	a	135.19	±	3.16	b
0.3	1.40	±	0.24	a	126.00	±	7.74	c
0.4	1.80	±	0.37	ab	125.40	±	6.23	c
0.5	2.00	±	0.45	b	71.55	±	2.26	d

Perlakuan dengan medan magnet rendah pada biji membuat epikotil memanjang (Yamashita, dkk, 2004) dan meningkatkan aktivitas enzim (Podleśny dkk, 2021) dan fitohormon (Turker dkk, 2007), sehingga mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Tabel 4.1 menunjukkan pengaruh perlakuan menggunakan medan magnet terhadap tinggi batang tanaman kedelai. Tinggi batang diukur saat tanaman berumur 49 hari. Tinggi batang dihitung dari permukaan tanah polibag hingga pucuk

batang. Tanaman tanpa perlakuan medan magnet memiliki tinggi batang $72,75 \pm 5,55$ cm, sedangkan tanaman yang diberi perlakuan medan magnet 0,1 mT memiliki tinggi batang $131,51 \pm 5,73$ cm. Perlakuan medan magnet 0,1 mT membuat tinggi batang lebih optimum dibandingkan perlakuan lainnya yaitu 0,2 - 0,5 mT. Kecenderungan efek negatif terjadi pada perlakuan medan magnet 0,5 mT, yang membuat batang tanaman lebih rendah dibandingkan tanpa perlakuan medan magnet. Uji statistik menunjukkan bahwa perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,1-0,4 mT secara nyata meningkatkan tinggi batang tanaman kedelai ($p \leq 0,05$).

4.1.2 Pertumbuhan Batang

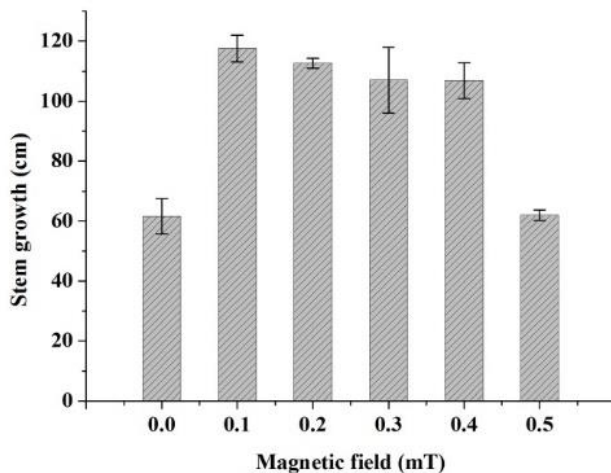


Figure 4.1. Pertumbuhan batang tanaman umur 7 - 49 hari setelah tanam ke dalam polibag

Perlakuan medan magnet mengubah struktur membran sel tanaman sehingga lebih banyak air dan nutrisi yang diserap tanaman. Penyerapan unsur hara yang lebih banyak dapat mendorong pembelahan sel lebih cepat sehingga batang tanaman tumbuh lebih cepat, sehingga membuat perbedaan tinggi batang pada setiap perlakuan. Gambar 2 menunjukkan grafik pertumbuhan batang kedelai pada umur 7 - 49 hari setelah diberi perlakuan medan magnet. Pertumbuhan batang tanaman yang optimal terjadi pada tanaman yang diberi perlakuan medan magnet dengan kerapatan fluks magnet 0,1 mT, $106,85 \pm 3,85$ cm, sedangkan pertumbuhan batang tanaman tanpa perlakuan adalah $61,65 \pm 5,88$ cm. Perlakuan 0,2 - 0,5 mT meningkatkan pertumbuhan batang tanaman, meskipun lebih lambat dibandingkan dengan perlakuan 0,1 mT. Uji statistik menemukan bahwa perlakuan 0,1-0,4 mT meningkatkan pertumbuhan batang kedelai secara nyata ($p \leq 0,05$).

4.1.3 Pola Pertumbuhan Batang

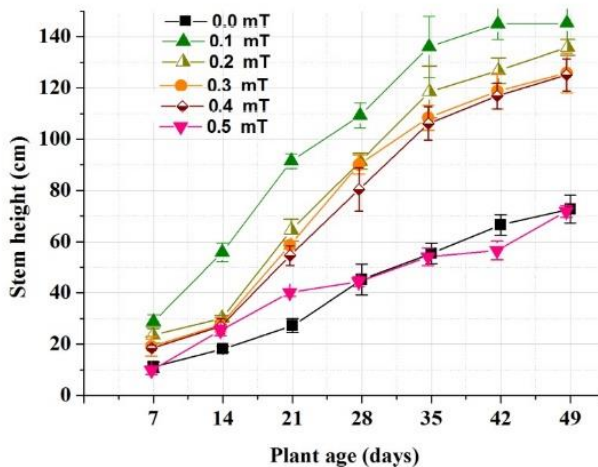


Figure 4.2. Pola pertumbuhan kedelai mulai dari 7 hari sampai 49 hari setelah tanam ke dalam polibag

Perlakuan menggunakan medan magnet mempengaruhi enzim tanaman dan sistem hormonal (Upadyshev dkk, 2021), sehingga mempengaruhi pertumbuhan batang tanaman. Gambar 3 menunjukkan pola pertumbuhan batang tanaman umur 7-49 hari. Grafik tersebut menunjukkan bahwa benih yang diberi perlakuan fluks magnet 0,1 mT pertumbuhan batang optimum terjadi pada 7-35 hari kemudian melambat. Perlakuan 0,2-0,4 mT membuat pertumbuhan batang optimum terjadi pada umur 14-35 hari; kemudian, pertumbuhan melambat. Untuk benih yang diberi perlakuan 0,5 mT pertumbuhan optimum terjadi pada umur 7-21 hari, kemudian lebih lambat dibandingkan dengan tanaman yang

tidak diberi perlakuan. Oleh karena itu, perlakuan 0,1 – 0,4 mT berpotensi meningkatkan pertumbuhan batang kedelai, sedangkan 0,5 mT cenderung memperlambat. Pola pertumbuhan batang kedelai yang diberi medan magnet 0,1 mT dapat didekati dengan fungsi polinomial dengan persamaan:

$$y = -0.65 + 3.5x + 2.057x^2$$

dimana, y adalah tinggi batang dan x adalah umur tanaman. Perlakuan menggunakan medan magnet 0,2-0,4 mT dapat didekati dengan fungsi polinomial:

$$y = a - 1.65x + 0.23x^2$$

di mana, a adalah konstanta yang nilainya tergantung pada kerapatan fluks magnet yang digunakan. Untuk medan magnet 0,2- 0,4 mT nilainya antara 21,41 - 19,37. Pola pertumbuhan batang tanaman yang tidak diberi medan magnet dan diberi perlakuan 0,5 mT dapat didekati dengan persamaan linier:

$$y = 4.42 + 1.37x$$

Pendekatan tersebut memiliki nilai R-Square lebih besar dari 0,98.

4.1.4 Kandungan Klorofil

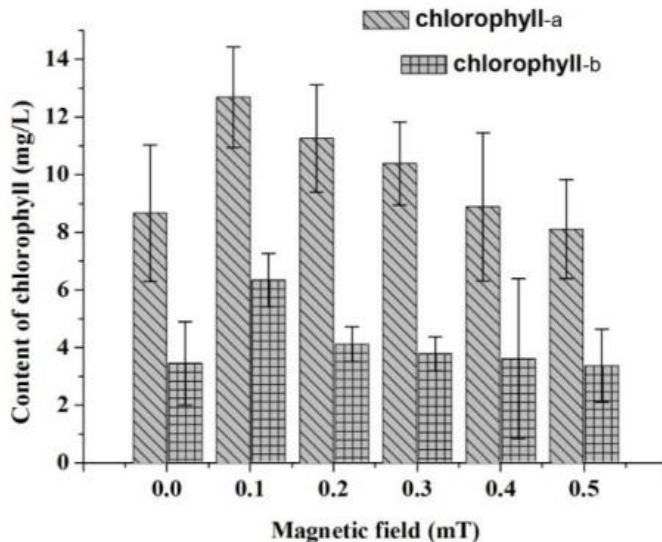


Figure 4. 3. Kandungan klorofil-a dan klorofil-b daun kedelai setelah 30 hari pada daun ketiga dari bawah.

Kandungan klorofil daun merupakan salah satu variabel yang berhubungan dengan kesehatan dan produktivitas tanaman. Oleh karena itu, informasi tentang kandungan klorofil daun sangat penting untuk mengetahui efek positif dan negatif dari perlakuan menggunakan medan magnet. Absorbansi larutan yang mengandung klorofil daun diukur dengan menggunakan Spektrometer UV-Vis. Posisi daun yang diukur kandungan klorofilnya berada pada urutan ketiga dari bawah dan pada saat tanaman berumur 30 hari. Gambar 4 menunjukkan kandungan klorofil daun kedelai yang diberi medan magnet. Perlakuan dengan

kerapatan fluks magnet 0,1-0,4 mT membuat kandungan klorofil-a daun lebih tinggi dibandingkan tanpa perlakuan. Kandungan klorofil-a daun tanpa perlakuan adalah $8,70 \pm 2,38$ mg/L, sedangkan dengan perlakuan $12,74 \pm 1,75$ mg/L, $11,31 \pm 1,87$ mg/L, $10,44 \pm 1,45$ mg/L, dan $8,92 \pm 2,58$ mg/L. L berturut-turut untuk perlakuan 0,1 mT, 0,2 mT, 0,3 mT, dan 0,4 mT. Kandungan klorofil-a daun menurun atau menjadi $8,14 \pm 1,72$ mg/L bila diberi perlakuan 0,5 mT. Klorofil-a menjadi optimum untuk benih yang diberi perlakuan 0,1 mT. Kandungan klorofil-b daun kedelai dengan perlakuan 0,1-0,4 mT lebih tinggi dibandingkan tanpa perlakuan. Dimana kandungan klorofil-b pada daun tanpa perlakuan adalah $3,42 \pm 1,45$ mg/L, sedangkan pada perlakuan 0,1; 0,2; 0,3; dan 0,4 mT masing-masing adalah $6,325 \pm 0,93$ mg/L, $4,09 \pm 0,61$ mg/L, $3,75 \pm 0,59$ mg/L, dan $3,58 \pm 2,79$ mg/L. Kandungan klorofil-b daun menjadi optimum dengan perlakuan 0,1 mT. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perlakuan 0,1 mT secara nyata meningkatkan kandungan klorofil daun kedelai, klorofil-a, dan klorofil-b.

4.1.5 Waktu Awal Berbunga

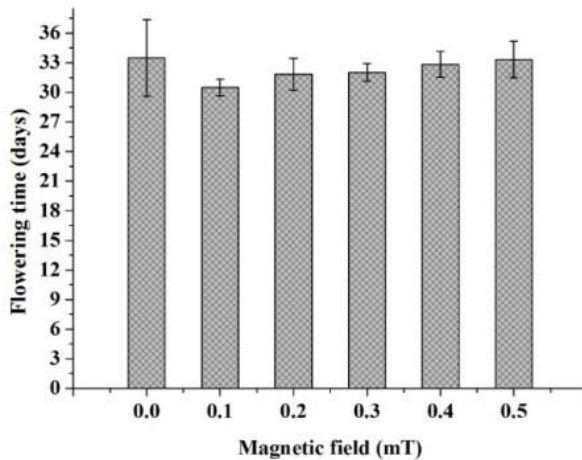


Figure 4.4. Waktu munculnya bunga paling awal dari tanaman kedelai

Waktu munculnya bunga diambil saat bunga pertama muncul. Karena benih diperlakukan dengan medan magnet, waktu berbunga awal tanaman kedelai berbeda untuk setiap perlakuan. Gambar 5 menunjukkan grafik waktu awal munculnya bunga dari tanaman kedelai dengan perlakuan 0,0-0,5 mT. Perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,1 mT hingga 0,5 mT membuat tanaman berbunga lebih cepat dibandingkan tanpa perlakuan. Waktu berbunga awal tanaman tanpa perlakuan adalah $33,5 \pm 3,89$ hari, sedangkan yang diberi perlakuan 0,1 mT adalah $30,50 \pm 0,84$ hari. Dari hasil uji statistik, perlakuan 0,1 mT nyata ($p \leq 0,05$) mempercepat waktu berbunga awal, sedangkan perlakuan 0,2-0,5 mT tidak nyata.

4.1.6 Berat Per 10 biji

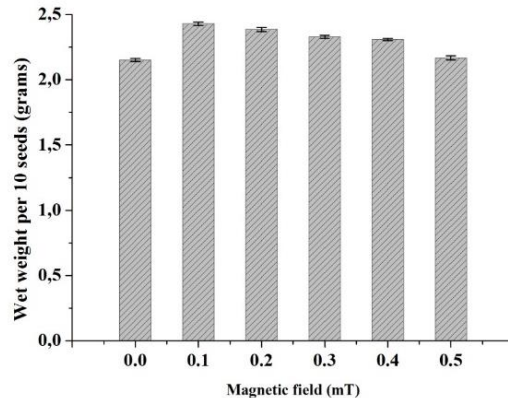


Figure 4.5. Weight per 10 soybeans in the condition without drying. Penimbangan dilakukan per 10 kedelai dalam kondisi segar atau tidak kering. Kedelai menghasilkan buah yang umumnya mengandung tiga biji per buah. Perlakuan dengan medan magnet selama pertumbuhan benih mempengaruhi berat benih segar. Gambar 6 menunjukkan pengaruh perlakuan medan magnet terhadap bobot per 10 kedelai segar. Bobot biji optimum yang diperoleh dari tanaman yang diberi perlakuan 0,1 mT adalah 2,43 gram, sedangkan tanaman tanpa perlakuan adalah 2,15 gram. Perlakuan 0,1-0,4 mT nyata meningkatkan bobot biji kedelai. Bobot biji menjadi optimum dengan perlakuan 0,1 mT, sedangkan perlakuan dengan 0,5 mT; pengaruhnya tidak signifikan, yaitu bobot 2,17 gram. Ketidaksignifikan tersebut terjadi karena perlakuan dengan medan magnet 0,5 mT menyebabkan kekakuan membran sel hampir melebihi ambang batas.

4.1.7 Produksi per Pohon

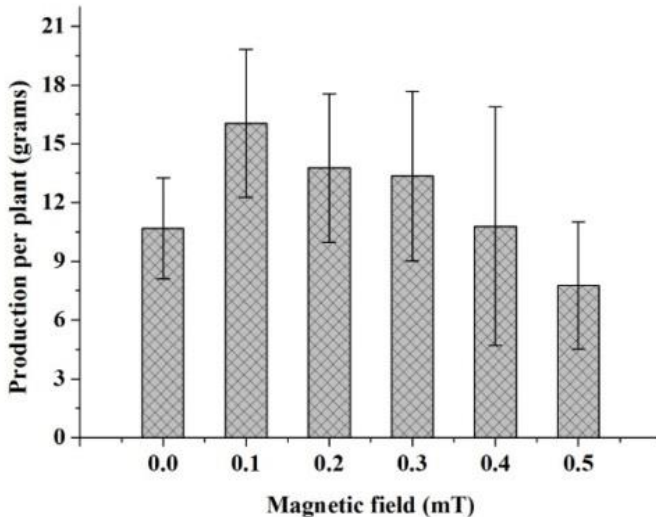


Figure 4. 6. Berat biji segar yang dihasilkan oleh satu tanaman kedelai

Penimbangan benih dilakukan terhadap benih yang dihasilkan oleh satu pohon kedelai. Penimbangan dilakukan pada saat benih masih segar atau belum kering. Perlakuan menggunakan medan magnet mempengaruhi berat biji dan jumlah buah, sehingga mempengaruhi produktivitas kedelai. Gambar 7 menunjukkan grafik pengaruh perlakuan menggunakan medan magnet terhadap produktivitas per tanaman kedelai. Perlakuan dengan kerapatan fluks magnet dari 0,1 mT menjadi 0,4 mT meningkatkan produktivitas, sedangkan perlakuan 0,5 mT menurunkan

produktivitas. Produktivitas per kedelai tanpa perlakuan $10,68 \pm 2,58$ gram, sedangkan dengan perlakuan 0,1 mT $15,62 \pm 3,68$ gram atau 1,46 kali lebih berat daripada tanpa perlakuan. Hasil uji statistik menyimpulkan bahwa perlakuan 0,1 mT meningkatkan produktivitas kedelai secara nyata ($p \leq 0,05$), sedangkan perlakuan 0,2 - 0,4 mT tidak nyata. Bobot benih per pohon dengan perlakuan 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 mT adalah $13,76 \pm 1,55$ gram, $13,36 \pm 1,77$ gram, $10,77 \pm 2,48$ gram, $7,76 \pm 1,33$ gram. Peningkatan ukuran dan jumlah buah terjadi karena perlakuan medan magnet dapat mengubah kandungan enzim dan hormon pada tanaman. Peningkatan hormon paling banyak terjadi pada perlakuan medan magnet 0,1 mT, sedangkan penurunan jumlah hormon terjadi pada perlakuan 0,5 mT. Perubahan produksi kedelai per pohon memenuhi fungsi matematis sebagai

$$y = 10.78 + 175.16 * x - 2014.93 * x^2 + 9363.54 * x^3 - 19277.28 * x^4 + 143 * x^5$$

4.2 Efek Waktu Paparan terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Kedelai

4.2.1 Waktu Munculnya kecambah

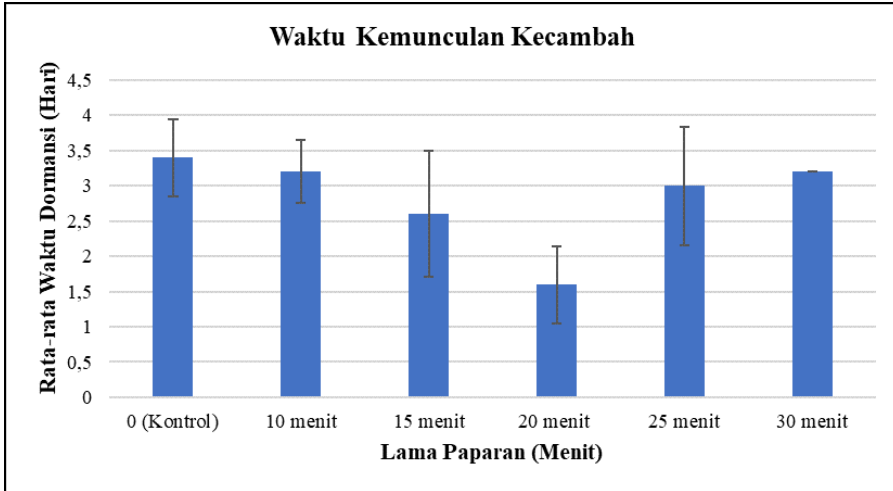
Tabel 4.2 Data Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet terhadap Waktu munculnya kecambah

Lama Paparan (Menit)	Rata-rata Waktu Dormansi (Hari)
0 (Kontrol)	$3,4 \pm 0,548$
10	$3,2 \pm 0,447$
15	$2,6 \pm 0,894$
20	$1,6 \pm 0,548$
25	$3 \pm 0,837$
30	$3,2 \pm 0,000$

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa ada perbedaan waktu kemunculan kecambah antara kontrol dengan sampel yang dipapari dengan medan magnet. Pada kontrol, waktu kemunculan kecambah terjadi pada $3,4 \pm 0,548$ hari, sedangkan sampel diberi perlakuan selama 10 menit waktu kemunculan kecambah lebih cepat dibandingkan yaitu 3,2

$\pm 0,447$ hari. Ketika sampel diberi paparan selama 15 menit waktu kemunculan kecambah adalah $2,6 \pm 0,894$ hari. Ketika sampel diberi perlakuan selama 20 menit waktu kemunculan kecambah menjadi $1,6 \pm 0,548$ hari. Namun, ketika sampel diberi lama paparan 25 menit waktu kemunculan kecambah menjadi lebih lambat dari pada perlakuan selama 20 menit yaitu menjadi $3 \pm 0,837$ hari. Sampel yang diberi perlakuan selama 30 menit waktu kemunculan kecambahnya adalah $3,2 \pm 0,000$ hari. Secara matematis dapat diungkapkan dengan fungsi

$$y=3.27 + (-13.31/(6.12*\sqrt{\pi/2}))*\exp(-2*((x-19.18)/ 6.12)^2)$$



Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet Terhadap Waktu Kemunculan Kecambah

Gambar 4.7 menunjukkan grafik pengaruh lama perlakuan menggunakan medan magnet terhadap waktu awal berkecambah tanaman kedelai. Grafik menunjukkan bahwa lama perlakuan berpengaruh terhadap waktu kemunculan kecambah. Dalam proses perkecambahan, enzim berperan dalam proses tersebut. Semakin besar medan magnet maka semakin besar gaya magnet yang dihasilkan untuk mengubah laju pergerakan elektron-elektron didalam sel yang akan memacu enzim α -amilase dalam proses perkecambahan (Yuhelsa, 2015). Oleh sebab itu, untuk memaksimalkan medan magnet dalam

mengubah laju pergerakan elektron dibutuhkan waktu pemaparan yang optimal supaya proses metabolisme dalam benih menjadi lebih cepat. Gambar 4.1 menunjukkan bahwa lama paparan 20 menit merupakan waktu yang optimal untuk mempercepat perkecambahan benih kedelai.

4.2.2 Tinggi Tanaman

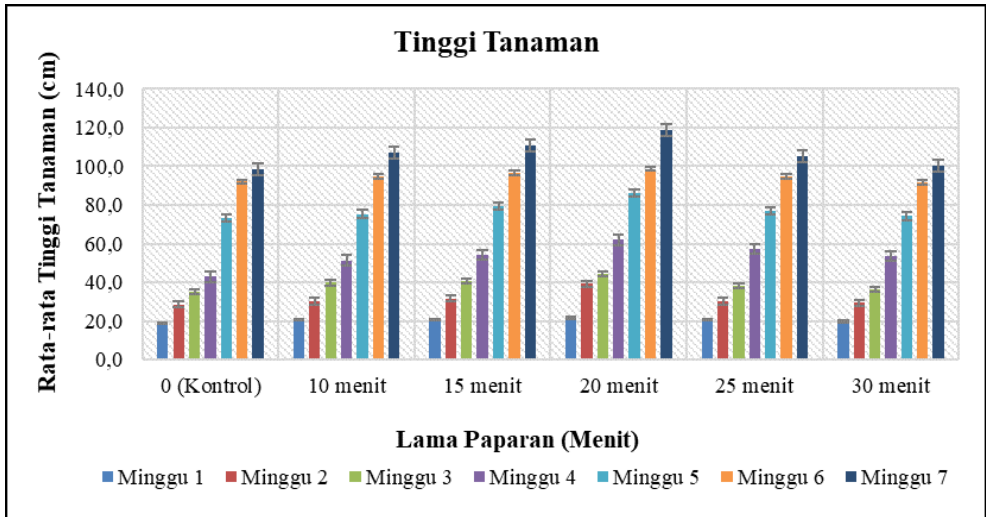
Pengukuran tinggi tanaman kedelai (*Glycine max(L.) Merril*) dilakukan dari ujung sampai permukaan batang tanaman yang menyentuh tanah. Pengamatan dilakukan setiap satu minggu sekali pada hari Minggu selama 7 Minggu setelah tanam. Data hasil, pengukuran tinggi tanaman kedelai (*Glycine max(L.) Merril*) dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Data Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet terhadap Tinggi Tanaman

Lama Paparan (Menit)	Rata-rata Tinggi Tanaman (Minggu Ke-) Hari Ke-7 (cm)						
	1	2	3	4	5	6	7
0 (Kontrol)	19,1 ± 0,742	28,6 ± 0,742	35,3 ± 0,570	42,9 ± 0,652	73,4 ± 0,962	92,1 ± 0,721	98,4 ± 0,929
10	20,7 ± 0,570	30,2 ± 0,522	39,8 ± 0,599	51,3 ± 0,758	75,4 ± 0,822	94,7 ± 0,853	106,9 ± 0,822
15	20,8 ± 0,837	31,7 ± 0,811	40,7 ± 0,653	54,1 ± 0,962	79,2 ± 0,908	96,5 ± 0,935	110,8 ± 0,837
20	21,6 ± 0,742	39,3 ± 0,837	44,2 ± 0,758	61,9 ± 0,978	86,0 ± 0,935	98,7 ± 0,704	118,5 ± 0,935
25	20,6 ± 0,894	30,2 ± 0,718	38,4 ± 0,822	57,3 ± 0,908	77,0 ± 0,791	94,7 ± 0,975	105,1 ± 0,822
30	19,8 ± 0,570	29,5 ± 0,500	36,4 ± 0,962	53,5 ± 0,612	74,2 ± 0,908	91,8 ± 0,837	100,1 ± 0,589

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tinggi tanaman antara kontrol dengan tanaman yang diberi perlakuan medan magnet. Pada minggu ke-1, tinggi tanaman kontrol adalah $19,1 \pm 0,742$ cm dan pada minggu ke-7 tinggi tanaman meningkat menjadi $98,4 \pm 0,929$ cm. Ketika sampel diberi perlakuan selama 10 menit, tinggi tanaman kedelai meningkat menjadi $20,7 \pm 0,570$ cm pada minggu ke-1 dan $106,9 \pm 0,822$ cm pada minggu ke-7. Ketika diberi perlakuan selama

15 menit, tinggi tanaman pada minggu ke-1 adalah $20,8 \pm 0,837$ cm dan pada minggu ke-7 adalah $110,8 \pm 0,837$ cm. Adapun pada sampel diberi perlakuan selama 20 menit menunjukkan adanya peningkatan yaitu pada minggu ke-1 menjadi $21,6 \pm 0,742$ cm dan pada minggu ke-7 menjadi $118,5 \pm 0,935$ cm. Ketika diberi perlakuan selama 25 menit tinggi tanaman meningkat lebih rendah dibandingkan perlakuan selama 20 menit yaitu menjadi $20,6 \pm 0,894$ cm pada minggu ke-1 dan pada minggu ke-7 menjadi $105,1 \pm 0,822$ cm. Ketika diberi perlakuan selama 30 menit rata-rata tinggi tanaman pada minggu ke-1 adalah $19,8 \pm 0,570$ cm dan $100,1 \pm 0,589$ cm pada minggu ke-7.



Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet Terhadap Tinggi Tanaman

Gambar 4.8 menunjukkan grafik pengaruh lama perlakuan medan magnet terhadap tinggi tanaman kedelai. Grafik menunjukkan terdapat perbedaan tinggi tanaman kontrol dengan yang diberi perlakuan menggunakan medan magnet. Pada perlakuan selama 20 menit dengan intensitas 0,3 mT terlihat grafik paling tinggi mulai dari minggu ke-1 sampai minggu ke-7. Sedangkan pada perlakuan selama 25 menit dan 30 menit tinggi tanaman cenderung menurun dibandingkan dengan perlakuan selama 20 menit.

4.2.3 Kadungan Klorofil

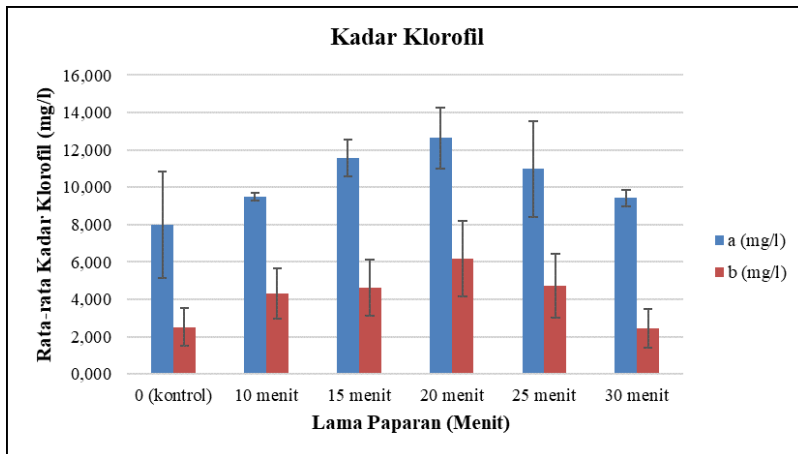
Klorofil merupakan pigmen pemberi warna hijau pada tumbuhan, dan merupakan faktor utama yang mempengaruhi fotosintesis (Song Ai, 2011). Pengukuran absobansi untuk menentukan kandungan klorofil daun dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Daun yang digunakan adalah daun ketiga dari bawah setiap tanaman. Larutan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aseton 80%. Hasil ekstrak klorofil diperoleh melalui penyaringan yang kemudian dimasukkan kedalam kuvet sampai tanda batas. Setelah itu, dilakukan pengukuran nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Panjang gelombang yang digunakan pada pengukuran klorofil ini yaitu 645 nm dan 663 nm. Hasil perhitungan nilai kandungan klorofil daun kedelai ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet terhadap Kadar Klorofil a dan b daun kedelai (*Glycine max(L.) Merril*)

Lama Paparan (Menit)	Rata-rata Kadar Klorofil	
	a (mg/l)	b (mg/l)
0 (Kontrol)	7,986 ± 2,865	2,510 ± 1,021
10	9,483 ± 0,217	4,292 ± 1,348
15	11,574 ± 1,001	4,599 ± 1,504
20	12,631 ± 1,654	6,168 ± 2,010
25	10,975 ± 2,564	4,728 ± 1,694
30	9,417 ± 0,455	2,436 ± 1,053

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kadar klorofil antara kontrol dengan sampel yang diberi perlakuan medan magnet. Pada kontrol kadar klorofil a sebesar 7,986 ± 2,865 mg/l dan klorofil b sebesar 2,510 ± 1,021 mg/l. Ketika sampel diberikan perlakuan selama 10 menit, kadar klorofil tanaman mengalami peningkatan yaitu klorofil a menjadi 9,483 ± 0,217 mg/l dan klorofil b menjadi 4,292 ± 1,348 mg/l. Pada saat sampel diberikan perlakuan selama 15 menit kadar klorofil a menjadi 11,574 ± 1,001 mg/l dan klorofil b menjadi 4,599 ± 1,504 mg/l. Semakin lama perlakuan medan magnet diberikan

membuat kadar klorofil daun mengalami kenaikan, dimana perlakuan selama 20 menit kadar klorofil a sebesar $12,631 \pm 1,654$ mg/l dan klorofil b sebesar $6,168 \pm 2,010$ mg/l. Sedangkan ketika diberi perlakuan selma 25 menit kadar klorofil daun mengalami penurunan dibandingkn dengan perlakuan selama 20 menit yaitu klorofil a menjadi $10,974 \pm 2,564$ mg/l dan klorofil b menjadi $4,728 \pm 1,694$ mg/l. Ketika sampel diberi perlakuan menggunakan medan magnet selama 30 menit, kadar klorofil daun menjadi $9,417 \pm 0,455$ mg/l untuk klorofil a dan $2,436 \pm 1,053$ mg/l. Untuk klorofil b



Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet Terhadap Kadar Klorofil Daun

Gambar 4.9 menunjukkan grafik pengaruh lama paparan medan magnet terhadap kadar klorofil daun kedelai (*Glycine max(L.) Merrill*). Pada grafik terlihat bahwa terdapat perbedaan antara kadar klorofil kontrol dengan yang diberikan perlakuan medan magnet. Secara umum kadar klorofil a lebih tinggi dibandingkan dengan klorofil b. Kadar klorofil a pada perlakuan selama 20 menit sebesar $12,631 \pm 1,654$ mg/l, sedangkan klorofil b adalah $6,168 \pm 2,010$ mg/l. Medan magnet menginduksi hormon sitokinin sehingga dapat menyebabkan meningkatnya pigmen fotosintesis pada tanaman, hormon sitokinin juga mempunyai peranan penting dalam perkembangan kloroplas. Disamping itu, medan magnet juga mampu meningkatkan kandungan ion negatif dalam sel tumbuhan sehingga ion positif menjadi mudah untuk diserap oleh akar. Ion positif tersebut berperan penting dalam sintesis protein, pembentukan struktur sel, menjadi aktivator enzim serta penyusunan klorofil sehingga peningkatan penyerapan ion positif menginduksi tumbuhan dengan lebih baik (Hasanah, 2019)

4.2.4 Waktu Awal Berbunga

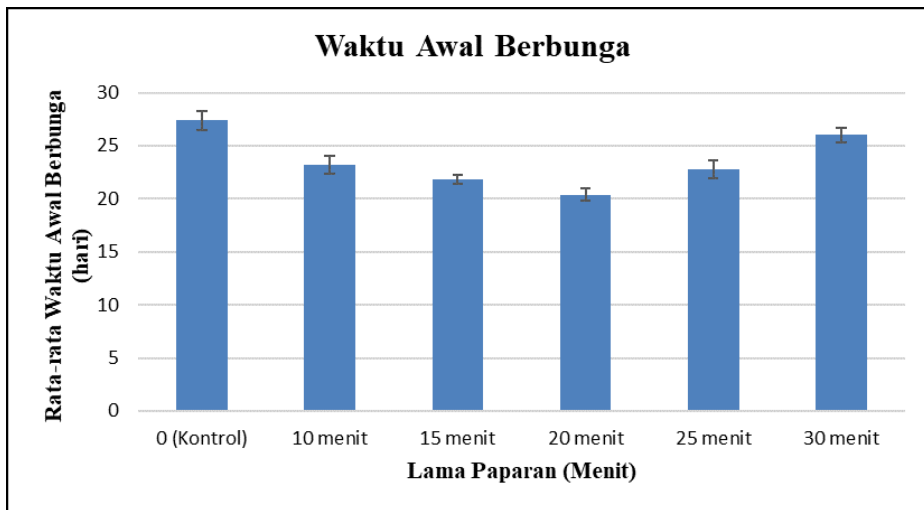
Pengambilan data waktu awal berbunga tanaman kedelai dihitung mulai dari pertama menanam sampai awal keluarnya bunga. Data awal berbunga dapat dilihat pada tabel 4.25. Tabel 4.25 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan waktu awal berbunga antara kontrol dengan yang diberikan perlakuan medan magnet.

Tabel 4.5 Data Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet terhadap Waktu Awal Berbunga

Lama Paparan (Menit)	Rata-rata Waktu Awal Berbunga (Hari)
0 (Kontrol)	$27,4 \pm 0,894$
10	$23,2 \pm 0,837$
15	$21,8 \pm 0,447$
20	$20,4 \pm 0,548$
25	$22,8 \pm 0,837$
30	$26 \pm 0,707$

Pada kontrol waktu awal berbunga adalah $27,4 \pm 0,894$ hari. Ketika diberikan perlakuan medan magnet selama 10 menit waktu awal berbunga menjadi $23,2 \pm 0,837$ hari. Pada perlakuan selama 15 menit waktu awal berbunga adalah $21,8 \pm 0,447$ hari. Jika diberikan perlakuan

selama 20 menit waktu awal berbunga menjadi lebih cepat yakni pada umur $20,4 \pm 0,548$ hari. Ketika diberikan perlakuan selama 25 menit waktu awal berbunga adalah $22,8 \pm 0,837$ hari. Pada perlakuan selama 30 menit waktu awal berbunga menjadi lebih lambat yaitu pada umur $26 \pm 0,707$ hari.



Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet Terhadap Waktu Awal Berbunga

Gambar 4.10 menunjukkan grafik pengaruh lama paparan medan magnet terhadap waktu awal berbunga tanaman. Perlakuan medan magnet dengan kerapatan fluks magnet 0,3 mT, lama perlakuan berpengaruh terhadap waktu awal berbunga. Pada kontrol, waktu awal berbunga terjadi pada umur 27,4 hari, sedangkan pada tanaman yang diberikan perlakuan medan magnet memiliki waktu awal berbunga lebih

cepat, dimana perlakuan selama 20 menit waktu awal berbunga terjadi pada umur 20,4 hari.

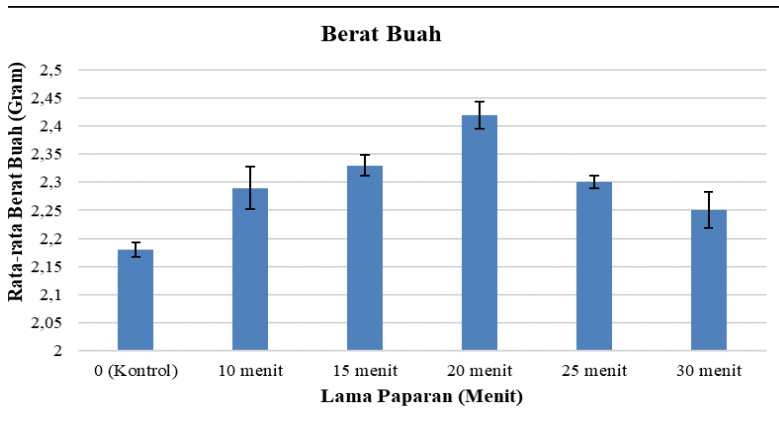
4.2.5 Berat Per 10 Biji

Pengambilan data berat buah kedelai dilakukan setelah tanaman kedelai berumur 85 hari. Pengambilan data ini dilakukan dengan cara menimbang biji menggunakan neraca. Berdasarkan hasil pengukuran, data berat buah kedelai terlihat pada tabel 4.6

Tabel 4.6 menunjukkan adanya pengaruh lama paparan medan magnet terhadap berat buah. Pada kontrol, berat buah adalah $2,18 \pm 0,013$ gram. Ketika sampel diberi perlakuan medan magnet selama 10 menit, berat buah menjadi $2,29 \pm 0,030$ gram. Jika diberikan perlakuan selama 15 menit, berat buah kedelai adalah $2,33 \pm 0,049$ gram. Sedangkan sampel diberikan perlakuan medan magnet selama 20 menit mengalami kenaikan sebesar $0,42 \pm 0,050$ gram menjadi $2,42 \pm 0,050$ gram. Namun jika diberi perlakuan selama 25 menit berat buah menjadi $2,3 \pm 0,064$ gram. Pada perlakuan selama 30 menit, berat buah kedelai yang dihasilkan semakin menurun yaitu menjadi $2,25 \pm 0,041$ gram.

Tabel 4. 6 Data Berat Kering Buah Kedelai (*Glycine max(L.) Merril*)

Lama Paparan (Menit)	Rata-rata Berat Buah per 10 biji (gram)
0 (Kontrol)	2,18 ± 0,013
10	2,29 ± 0,030
15	2,33 ± 0,049
20	2,42 ± 0,050
25	2,3 ± 0,064
30	2,25 ± 0,041



Gambar 4.11 Grafik Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet Terhadap Berat Buah

Gambar 4.11 menunjukkan grafik pengaruh lama paparan medan magnet terhadap berat buah. Grafik menunjukkan bahwa terdapat

perbedaan berat buah antara sampel yang diberi perlakuan medan magnet dengan kontrol. Menurut Agustrina (2019), unsur hara dalam tanaman merupakan yang paling penting dalam pembentukan sel-sel baru, adanya sejumlah protein tertentu yang diperlukan dalam mengkatalis asimilasi penting untuk dapat mempercepat pembuahan dan pemasakan buah. Gambar 4.11 menunjukkan bahwa waktu perlakuan yang memperoleh berat buah optimal adalah 20 menit yaitu menghasilkan buah dengan berat 2,42 gram.

4.3 Efek *Fusarium oxysporum* terhadap pertumbuhan dan produktivitas

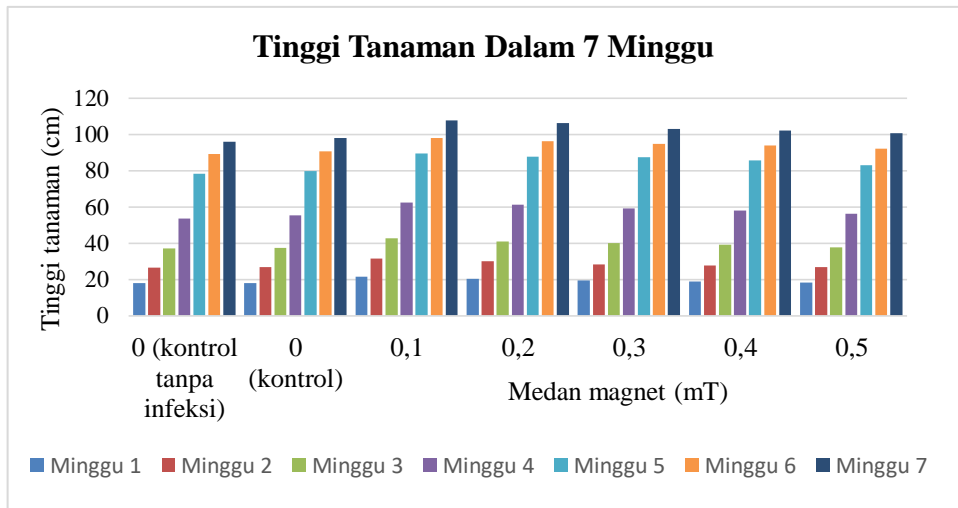
4.3.1 Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan ukuran pertumbuhan yang paling mudah dilihat, sehingga dapat melakukan pengukuran pada kondisi normal sebagai indikator pertumbuhan tanaman tersebut (Rohmah, 2016). Pengambilan data tinggi tanaman dilakukan menggunakan penggaris. Pengukuran dari batang tanaman yang menyentuh tanah sampai pucuk tanaman. Waktu pengambilan data dilakukan saat tanaman berumur satu minggu sampai berumur 7 minggu setelah tanam.

Tabel 4.7 Data Tinggi Tanaman Kedelai (*Glycine max(L.)Merril*) yang diinfeksi Patogen *Fusarium oxysporum*

Intensitas (mT)	Rata-rata tinggi tanaman (Minggu ke-)						
	1	2	3	4	5	6	7
0 (kontrol)	18,0 ±0,85 6	26,8 ±0,57	37,3 ±0,82	55,3 ±0,86 8	79,9 ±0,65 2	90,7 ±0,57	98 ±0,35 4
0,1	21,6 ±0,79 1	31,4 ±0,83 7	42,8 ±0,75 8	62,6 ±0,74 2	89,7 ±0,73	98,1 ±0,83 7	107,7 ±0,82 2
0,2	20,5 ±0,96 2	30,0 ±0,67 1	40,9 ±0,65 2	61,4 ±0,96 2	87,9 ±0,57	96,3 ±0,89 4	106,4 ±0,57
0,3	19,5 ±0,67 1	28,4 ±0,74 2	40 ±0,67 1	59,2 ±0,89 4	87,4 ±0,65 2	95 ±0,83 7	103,1 ±0,83 7
0,4	19,0 ±0,82 2	27,8 ±0,97 5	39,3 ±0,74 2	57,9 ±0,67 1	85,8 ±0,61 2	94,1 ±0,74 2	102,2 ±0,83 7
0,5	18,3 ±0,74 2	27,0 ±0,70 7	37,6 ±0,67 1	56,2 ±0,89 4	83,2 ±0,74 2	92,3 ±0,83 7	100,6 ±0,96 2

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan medan magnet berpengaruh terhadap tinggi tanaman kedelai yang diinfeksi patogen *Fusarium oxysporum*. Gambaran secara lengkap dapat dilihat pada tabel 4.7



Gambar 4.12 Grafik tinggi tanaman kedelai (*Glycine max(L.)Merril*) yang diinfeksi patogen *Fusarium oxysporum*

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tinggi tanaman antara kontrol dengan tanaman yang diberi perlakuan menggunakan medan magnet. Pada tanaman kontrol tanpa infeksi, tinggi tanaman pada minggu pertama adalah $17,9 \pm 0,742$ cm dan pada minggu ketujuh adalah $70 \pm 0,791$ cm. Pada minggu pertama tinggi tanaman kontrol yang diinfeksi *Fusarium* adalah $18 \pm 0,856$ cm dan pada minggu ketujuh adalah $69,4 \pm 0,652$ cm. Ketika tanaman kedelai diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,1 mT tinggi tanaman pada minggu pertama

adalah $21,6 \pm 0,791$ cm dan pada minggu ketujuh adalah $85,1 \pm 0,548$ cm. Ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,2 mT tinggi tanaman pada minggu pertama adalah $20,5 \pm 0,962$ cm dan rata-rata pada minggu ketujuh adalah $83 \pm 0,707$ cm. Ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,3 mT tinggi tanaman pada minggu pertama adalah $19,5 \pm 0,671$ cm dan pada minggu ketujuh adalah $81,6 \pm 0,894$ cm. Ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,4 mT tinggi tanaman pada minggu pertama adalah $19 \pm 0,822$ cm dan pada minggu ketujuh adalah $79,7 \pm 0,671$ cm. Ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,5 mT tinggi tanaman pada minggu pertama adalah $18,3 \pm 0,742$ cm dan pada minggu ketujuh adalah $78,9 \pm 0,742$ cm.

Gambar 4.12 menunjukkan bahwa perubahan kerapatan fluks magnet yang digunakan untuk perlakuan berpengaruh terhadap tinggi tanaman. Tinggi tanaman kontrol tanpa infeksi maupun kontrol diinfeksi dengan sampel yang diberikan perlakuan medan magnet memiliki tinggi yang berbeda beda. Ketika tanaman kedelai tanpa infeksi tidak diberikan perlakuan medan magnet, tinggi tanaman pada minggu pertama adalah $17,9 \pm 0,742$ cm dan pada minggu ketujuh adalah $70 \pm 0,791$ cm. Tanaman kontrol tidak diinfeksi, tinggi tanaman pada minggu pertama adalah

18±0,856 cm dan pada minggu ketujuh adalah 69,4±0,652 cm. Tanaman kedelai yang diberi perlakuan medan magnet, tinggi tanaman optimum terjadi pada perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,1 mT dimana tinggi tanaman pada minggu pertama adalah 21,6±0,791 cm dan pada minggu ketujuh adalah 85,1±0,548 cm. Ketika tanaman diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,2 mT hingga 0,5 mT, rata-rata tinggi tanaman semakin menurun dibandingkan dengan perlakuan dengan kerapatan fluks 0,1 mT. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan medan magnet pada tanaman kedelai dengan kerapatan fluks magnet 0,1 mT menghasilkan tinggi tanaman yang optimal.

4.3.2 Kandungan Klorofil

Pengambilan data kadar klorofil daun tanaman kedelai dilakukan pada daun ketiga dari bawah. Pengukuran absorbansi dilakukan menggunakan spektrofotometer vis. Ekstrak klorofil diperoleh dari penyaringan serta dimasukkan ke dalam cuvet sampai garis tanda batas. Setelah diketahui nilai absorbansinya, kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai klorofil a dan klorofil b. Panjang gelombang yang digunakan pada pengukuran ini yaitu 645 nm dan 663 nm. Adapun kandungan klorofil diperoleh dari perhitungan menggunakan rumus:

Klorofil a (mg/l): 12,7D-663 – 2,69D-645

Klorofil b (mg/l): 22,9D-645 – 4,68D-663

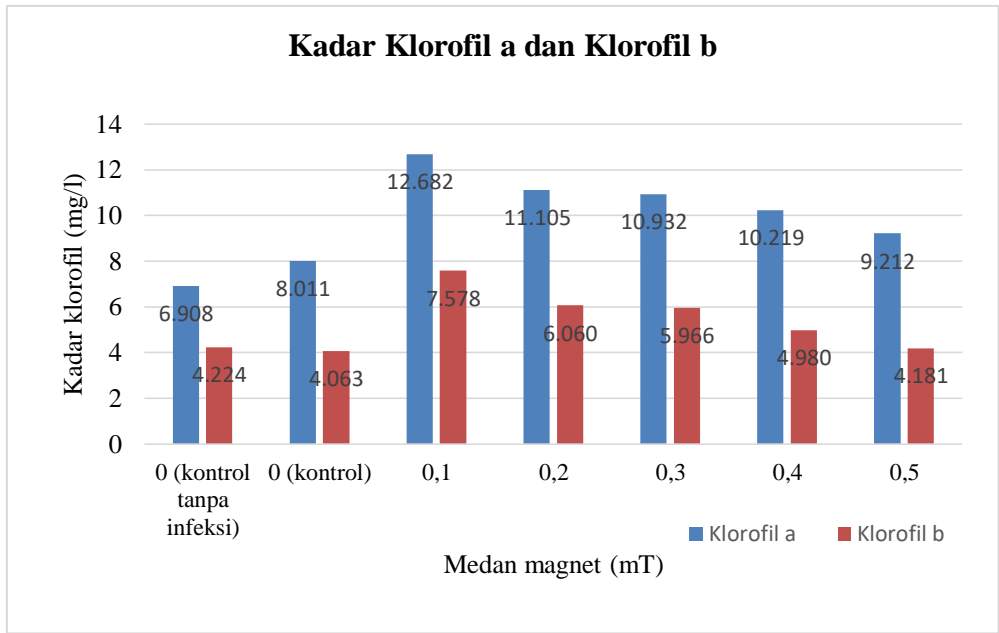
Hasil perhitungan kandungan klorofil daun untuk beberapa perlakuan medan magnet dan diinfeksi dengan *Fusarium oxysporum* dapat dilihat pada tabel 4.8

Tabel 4.8 Data Kadar Klorofil a dan Klorofil b Daun Tanaman Kedelai (*Glycine max(L.)Merril*) yang diinfeksi Patogen *Fusarium oxysporum*

Intensitas (mT)	Klorofil a (mg/l)	Klorofil b (mg/l)
0 (kontrol tanpa dinfeksi)	6,908 ±0,143	4,224 ±0,249
0 (kontrol)	8,011 ±0,264	4,063 ±0,241
0,1	12,682 ±0,1	7,578 ±0,137
0,2	11,105 ±0,134	6,06 ±0,180
0,3	10,932 ±0,125	5,966 ±0,213
0,4	10,219 ±0,274	4,980 ±0,118
0,5	9,212 ±0,290	4,181 ±0,210

Tabel 4.8 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kadar klorofil a dan klorofil b antara kontrol dengan sampel yang diberi perlakuan menggunakan medan magnet. Pada kontrol tanpa infeksi, kadar klorofil a adalah $8,011 \pm 0,264$ mg/l dan kadar klorofil b adalah $4,603 \pm 0,241$ mg/l. Sedangkan pada kontrol yang diinfeksi, kadar klorofil a adalah

6,855±0,054 mg/l dan kadar klorofil b adalah 4,011±0,127 mg/l. Ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,1 mT kadar klorofil a adalah 12,682±0,1 mg/l dan kadar klorofil b adalah 7,578±0,137 mg/l. Ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,2 mT kadar klorofil a adalah 11,105±0,134 mg/l dan kadar klorofil b adalah 6,06±0,180 mg/l. Ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,3 mT kadar klorofil a adalah 10,932±0,125 mg/l dan kadar klorofil b adalah 5,966±0,213 mg/l. Ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,4 mT kadar klorofil a adalah 10,219±0,274 mg/l dan kadar klorofil b adalah 4,980±0,118 mg/l. Kemudian ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,5 mT kadar klorofil a adalah 9,212±0,290 mg/l dan kadar klorofil b adalah 4,181±0,210 mg/l.



Gambar 4.13 Grafik kadar klorofil a dan klorofil b daun tanaman kedelai (*Glycine max(L.)Merril*) yang diinfeksi patogen *Fusarium oxysporum*

Gambar 4.13 menunjukkan perlakuan menggunakan medan magnet selama 20 menit berpengaruh terhadap kadar klorofil a dan klorofil b kontrol tanpa infeksi, kontrol telah diinfeksi dan sampel yang diberikan perlakuan medan magnet. Kadar klorofil a dan klorofil b tertinggi terjadi pada tanaman yang diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,1 mT yaitu $12,682 \pm 0,1$ mg/l untuk klorofil a dan $7,578 \pm 0,137$ mg/l untuk klorofil b. Kemudian ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,2 mT hingga 0,5 mT, kadar

klorofil a dan klorofil b lebih rendah dibandingkan dengan yang diberi perlakuan 0,1 mT.

4.3.3 Waktu Awal Berbunga

Pengambilan data waktu awal berbunga pada tanaman kedelai dilakukan ketika tanaman kedelai memunculkan bunga saat pertama kali. Berdasarkan pengamatan, pengaruh kerapatan fluks magnet terhadap waktu awal berbunga tanaman kedelai yang diinfeksi patogen *Fusarium oxysporum* dapat dilihat pada tabel 4.9

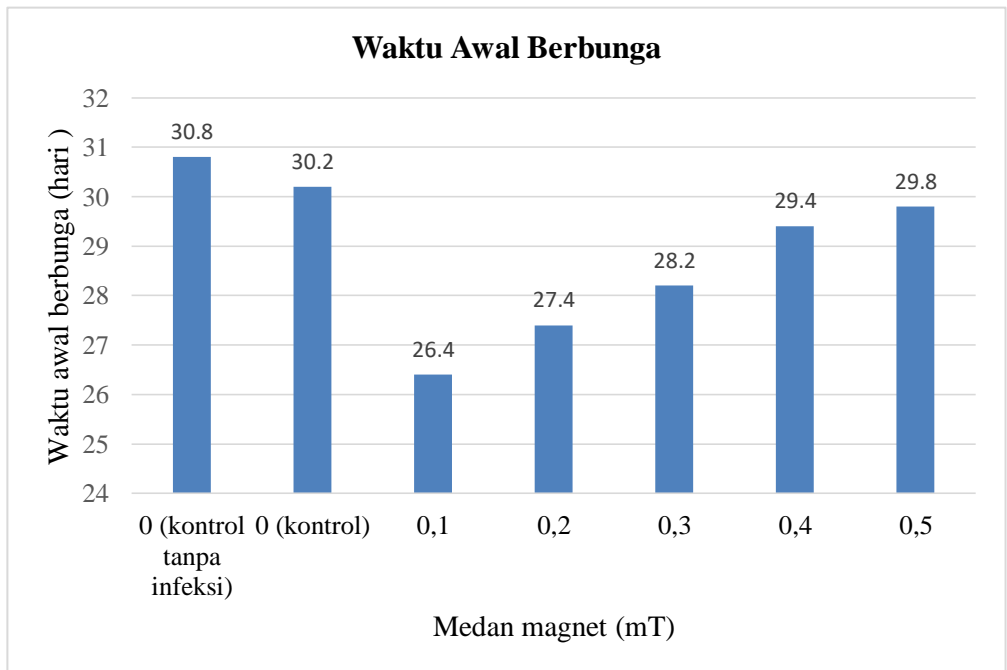
Tabel 4.9 Data Waktu Awal Berbunga Tanaman Kedelai (*Glycine max(L.)Merril*) yang diinfeksi Patogen *Fusarium oxysporum*

Intensitas	Waktu awal berbunga (hari ke)
0 (kontrol tanpa infeksi)	30,8 ±0,837
0 (kontrol)	30,2 ±0,837
0,1	26,4 ±0,548
0,2	27,4 ±0,548
0,3	28,2 ±0,837
0,4	29,4 ±0,548
0,5	29,8 ±0,447

Tabel 4.9 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan waktu awal berbunga antara kontrol dan tanaman yang dipapari menggunakan medan magnet. Tanaman kontrol tanpa infeksi, waktu awal berbunga adalah $30,8 \pm 0,837$ hari, sedangkan pada tanaman kontrol dengan infeksi *Fusarium oxysporum* waktu awal berbunga adalah $31 \pm 0,707$ hari. Ketika tanaman kedelai diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,1 mT waktu awal berbunga adalah $26,4 \pm 0,548$ hari. Ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,2 mT waktu awal berbunga adalah $27,4 \pm 0,894$ hari. Ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,3 mT waktu awal berbunga adalah $28,2 \pm 0,837$ hari. Ketika sampel diberiperlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,4 mT waktu awal berbunga adalah $29,4 \pm 0,548$ hari. Ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,5 mT waktu awal berbunga adalah $29,8 \pm 0,447$ hari.

Gambar 4.14 menunjukkan pengaruh paparan medan magnet dengan lama paparan 20 menit terhadap waktu awal berbunga. Ketika tanaman kedelai tanpa infeksi tidak diberikan perlakuan paparan medan magnet, waktu awal berbunga adalah $30,8 \pm 0,837$ hari. Kemudian ketika kontrol tidak diberi perlakuan medan magnet, waktu awal berbunga adalah $31 \pm 0,707$ hari. Sedangkan pada tanaman kedelai diberi perlakuan medan magnet, yang paling awal berbunga adalah tanaman yang diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,1 mT yaitu waktu awal berbunganya adalah $26,4 \pm 0,548$ hari. Kemudian ketika tanaman diberi

perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,2 mT hingga 0,5 mT , waktu mulai berbunga semakin lambat dibandingkan dengan perlakuan 0,1 mT. Ketika tanaman kedelai diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet semakin besar melebihi 0,1 mT, waktu awal berbunga mengalami penurunan dibandingkan dengan perlakuan 0,1 mT. Hal ini menunjukkan bahwa paparan medan magnet pada tanaman kedelai dengan kerapatan fluks magnet 0,1 mT menghasilkan waktu awal berbunga yang optimal.



Gambar 4.14 Grafik waktu awal berbunga kedelai (*Glycine max(L.)Merril*) yang diinfeksi patogen *Fusarium oxysporum*

4.3.4 Berat per 10 Biji

Pengambilan data berat buah kedelai dilakukan menggunakan neraca. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa perlakuan menggunakan medan magnet berpengaruh terhadap berat buah yang dihasilkan. Tabel 4,10 adalah berat per 10 biji buah tanaman kedelai yang diberi perlakuan menggunakan medan magnet dan diinfeksi dengan *Fusarium oxysporum*

Tabel 4.10 Data Berat Segar Biji Kedelai (*Glycine max(L.)Merril*) yang diinfeksi Patogen *Fusarium oxysporum*

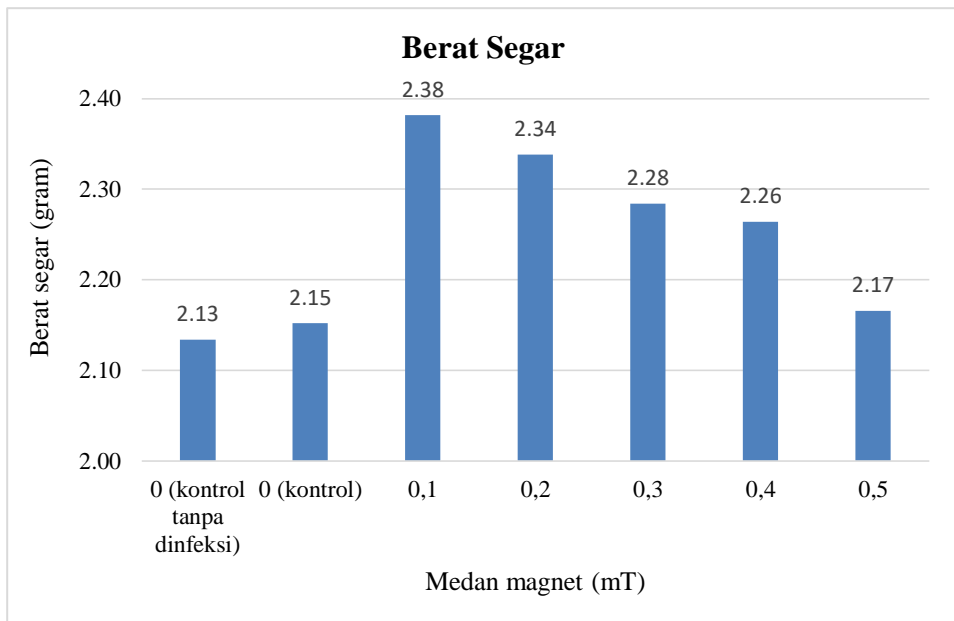
Intensitas (mT)	Rata-rata berat segar per 10 biji (gram)
0 (kontrol tanpa infeksi)	2,13 ±0,011
0 (kontrol)	2,15 ±0,013
0,1	2,38 ±0,013
0,2	2,34 ±0,016
0,3	2,28 ±0,011
0,4	2,26 ±0,009
0,5	2,17 ±0,017

Tabel 4.10 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan berat buah antara kontrol dan sampel yang telah dipapari medan magnet. Medan magnet dapat bertindak sebagai hormon tanaman yang dianggap meniru

auksin dalam sistem tanaman yang mengarahkan pada pematangan buah dan peningkatan pertumbuhan atau dapat mengaktifkan atau mempercepat enzim yang terkait dengan reaksi auksin. Peningkatan penyerapan air tanaman, setelah paparan medan magnet mampu meningkatkan penyerapan air, retensi, dan ionisasi. Peningkatan ini mempengaruhi biomassa tanaman (Dhawi, 2014). Pada tanaman kontrol tanpa infeksi, rata-rata berat buah yang dihasilkan seberat $2,25 \pm 0,019$ gram, sedangkan pada tanaman kontrol dengan infeksi, berat buah adalah $2,23 \pm 0,017$ gram. Ketika tanaman kedelai diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,1 mT berat buah yang dihasilkan adalah $2,38 \pm 0,013$ gram. Ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,2 mT berat buah yang dihasilkan adalah $2,34 \pm 0,016$ gram. Ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,3 mT berat buah yang dihasilkan adalah $2,31 \pm 0,029$ gram. Ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,4 mT rata-rata berat buah yang dihasilkan adalah $2,3 \pm 0,028$ gram. Ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,5 mT rata-rata berat buah yang dihasilkan adalah $2,28 \pm 0,029$ gram.

Gambar 4.15 menunjukkan pengaruh perlakuan medan magnet selama 20 menit terhadap berat buah kontrol tanpa infeksi maupun kontrol telah diinfeksi dengan sampel yang diberikan perlakuan medan magnet. Berat buah tertinggi diperoleh pada benih yang diberi perlakuan

dengan kerapatan fluks magnet 0,1 mT yaitu seberat $2,38 \pm 0,013$ gram. Ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,2 mT hingga 0,5 mT, berat buah yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,1 mT. Berat buah terendah diperoleh kontrol yang diinfeksi yaitu seberat $2,23 \pm 0,017$ gram.. Hal ini menunjukkan bahwa paparan medan magnet pada tanaman kedelai dengan kerapatan fluks magnet 0,1 mT menghasilkan berat buah yang optimal.



Gambar 4.15 Grafik berat segar kedelai (*Glycine max(L.) Merril*) yang diinfeksi patogen *Fusarium oxysporum*

4.4. Pembahasan

Pada penelitian ini terdapat pengaruh perlakuan medan magnet positif, negatif, atau tidak terhadap munculnya kecambah, pertumbuhan batang, kandungan klorofil, waktu berbunga awal, dan produktivitas kedelai. Efek positif diperoleh dari benih yang diberi perlakuan fluks magnet 0,1 mT, sedangkan efek negatif atau tidak ada efek diperoleh dari benih yang diberi perlakuan 0,5 mT. Efek optimum waktu paparan adalah 20 menit dan tidak ada efek atau berefek negatif adalah waktu paparan selama 30 menit. Perlakuan medan magnet terbukti mampu meningkatkan ketahanan tanaman dari serangan *Fusarium oxysporum*. Pertumbuhan batang yang optimal terjadi pada saat tanaman berumur 7 hari sampai 35 hari, tergantung dari rapat fluks magnet yang digunakan untuk memberikan perlakuan. Perlakuan dengan waktu pertumbuhan optimum 0,1 mT lebih lama dibandingkan perlakuan lainnya. Medan magnet secara signifikan menginduksi metabolisme seluler dan mitosis pada sel meristematik tanaman (Belyavskaya, 2004). Florez dkk. (2006) melaporkan bahwa menerapkan medan magnet stasioner 126 mT selama 1 jam mempercepat perkecambahan dan persentase benih berkecambah pada kelompok perlakuan. Shabrangi dkk.(2011) melaporkan bahwa pengobatan dengan medan magnet 3 mT dan 10 mT ELF selama empat jam menghasilkan peningkatan signifikan aktivitas katalase (CAT) dan askorbat peroksida (APX) di jaringan akar dan tunas. Prihatini dkk. (2020) melaporkan perlakuan medan magnet 6 mT selama pertumbuhan tunas meningkat 27,3%. Studi ini menemukan bahwa perlakuan medan magnet searah yang berubah terhadap waktu dengan kerapatan fluks 0,1-

0,3 mT mempercepat munculnya kecambah. Karkush dkk. (2019) mempelajari pengaruh medan magnet pada air dan melaporkan bahwa medan magnet dalam air dapat mengubah beberapa sifat seperti pH, tegangan permukaan, resistivitas listrik, viskositas, dan penghambatan pembentukan kalsit. Karakteristik aliran air sangat mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman (Idham dkk, 2021). Dilaporkan lebih lanjut bahwa medan magnet 2000 G selama lebih dari 24 jam membuat pH air naik dari 6,4 menjadi 8,6. Sementara itu Uguru dkk. (2012) melaporkan bahwa pH air yang tinggi dapat mempersulit benih untuk tumbuh. Oleh karena itu, perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,5 mT tidak mempercepat perkecambahan bahkan cenderung memperlambat perkecambahan. Hasil yang sama dilaporkan oleh Shabrangi dan Majd (2009), dimana perlakuan menggunakan medan magnet 0,3 T selama 20 menit menghambat pertumbuhan akar dan tunas pada bibit kultivar *Lens culinaris*. Perlakuan medan magnet searah yang kerapatan fluks magnetnya berubah seiring waktu pada kecambah akan mengenai ion kalsium (Ca^{2+}) pada saluran protein di membran sel (2003) yang secara efektif meningkatkan masuknya ion kalsium (Ca^{2+}) tanpa efek proliferasi (Miyakoshi, 2005), sehingga menyebabkan peningkatan permeabilitas membran sel (Zhang dkk, 2017). Peningkatan ion kalsium ke dalam membran sel dapat meningkatkan metabolisme. Podlešny dkk. (2021) melaporkan bahwa perlakuan medan magnet dapat mengubah kandungan enzim dan meningkatkan kandungan hormon. Peningkatan metabolisme dan kadar hormon membuat perlakuan medan magnet 0,1 mT mempercepat pertumbuhan batang, meningkatkan kandungan

klorofil, meningkatkan hasil gabah dan meningkatkan produktivitas kedelai. Hasil serupa telah dilaporkan bahwa perlakuan benih tomat dengan medan magnet 0,1 T selama 15 menit meningkatkan panjang batang transplantasi, diameter batang, luas daun, dan berat buah segar dan kering (Gholami, dkk, 2010). Bahadir dkk. [38][36] juga melaporkan bahwa perlakuan medan magnet 150 mT selama 72 jam diperoleh tinggi tanaman, jumlah umbi, bobot umbi, dan kandungan klorofil total terbaik. Benih kentang yang diberi perlakuan medan magnet 30 m selama 10 menit menghasilkan panjang tanaman, jumlah daun, hasil buah, dan kandungan kimia (P dan K) umbi kentang tertinggi (El-Gizawy dkk, 2016). Kelebihan ion kalsium (Ca^{2+}) yang masuk ke dalam sel akan merusak membran sel. Lin dkk. (Lin, dkk, 2013) melaporkan bahwa interaksi medan magnet dengan sel dapat meningkatkan kekakuan membran sel. Oleh karena itu, pada penelitian ini perlakuan medan magnet dengan kerapatan fluks magnet 0,5 mT cenderung berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan dan produktivitas kedelai. Hasil serupa dilaporkan oleh El-Gizawy et al. (2016), yang menyatakan bahwa paparan medan magnet 40 mT selama 10 menit dan 15 menit pada kentang berpengaruh negatif terhadap persentase perkecambahan, tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah umbi per tanaman, segar bobot umbi kentang per tanaman, dan ukuran umbi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada data dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Perlakukan medan magnet pada sata pembedihan tanaman kedelai dapat mempercepat waktu kemuculan kecambah. Waktu kemunculan kecambah optimum pada sata diberi perlakuan menggunakan medan magnet 0,1 mT selama 20 menit.
2. Perlakukan medan magnet pada sata pembedihan tanaman kedelai dapat mempercepat pertumbuhan batang. Pertumbuhan batang mulai unur 1-49 hari pertumbuhan optimum terjadi pada benih yang diberi perlakuan menggunakan medan magnet 0,1 mT selama 20 menit.
3. Perlakukan medan magnet pada sata pembedihan tanaman kedelai dapat meningkatkan kandungan klorofil a dan klorofil b. Kandungan klorofil a dan klorofil b optimum pada saat diberi perlakuan menggunakan medan magnet 0,1 mT selama 20 menit.
4. Perlakukan medan magnet pada sata pembedihan tanaman kedelai dapat waktu awal berbunga. Waktu awal berbunga optimum pada saat diberi perlakuan menggunakan medan magnet 0,1 mT selama 20 menit.

5. Perlakukan medan magnet pada saat pembenihan tanaman kedelai dapat meningkatkan produktivitas kedelai. Produktivitas optimum pada saat diberi perlakuan menggunakan medan magnet 0,1 mT selama 20 menit.

5.2 Saran-Saran

1. Perlakukan menggunakan medan magnet terbukti dapat meningkatkan produktivitas kedelai, tetapi belum banyak diketahui kualitas produk yang dihasilkan. Oleh karena itu pengukuran kandungan zat penting dari buah kedelai perlu diuji.
2. Benih hasil perlakuan medan magnet ditanam menggunakan tanah yang memenuhi standar kesuburan. Oleh karena itu perlu diuji coba dengan menanam menggunakan tanah yang kesuburannya berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustrina, R., Nurcahyani, E., Pramono, E., Listiana, I., & Nastiti, E. (2016). The influence of magnetic field on the growth of tomato (*Lycopersicum esculentum*) infected with *Fusarium oxysporum*. *Insist*, 1(1), 34–37. <https://doi.org/10.23960/ins.v1i1.16>
- Asghar, T., Jamil, Y., Iqbal, M., Zia-ul-Haq, & Abbas, M. (2016). Laser light and magnetic field stimulation effect on biochemical, enzymes activities and chlorophyll contents in soybean seeds and seedlings during early growth stages. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 165, 283–290. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.10.022>
- Atak, Çelik, Olgun, A., Alikamanoğlu, S., & Rzakoulieva, A. (2007). Effect of magnetic field on peroxidase activities of soybean tissue culture. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 21(2), 166–171. <https://doi.org/10.1080/13102818.2007.10817438>
- Bhatt, V., Rautela, R., Sharma, P., Tiwari, D., & Khushu, S. (2010). Design & Development of Helmholtz Coil for Hyperpolarized MRI. Excerpt from the Proceedings of the COMSOL Conference 2010 India. https://www.comsol.com/paper/download/62250/bhatt_paper.pdf
- Cai, R., Yang, H., He, J., & Zhu, W. (2009). The effects of magnetic fields on water molecular hydrogen bonds. *Journal of Molecular Structure*, 938(1–3), 15–19. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2009.08.037>
- Carbonell, M. V., Martinez, E., & Amaya, J. M. (2000). Stimulation of germination in rice (*Oryza sativa* L.) by a static magnetic field. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 19(2), 121–128.
- Çelik, Ö., Atak, Ç., & Rzakoulieva, A. (2008). Stimulation of rapid regeneration by a magnetic field in *Paulownia* node cultures. *Journal of Central European Agriculture*, 9(2), 297–303.

<https://doi.org/10.5513/jcea.v9i2.670>

- Cells, M., & Ð, C. Z. (2007). Genotoxic Effects of Superconducting Static Magnetic Fields (SMFs) on Wheat (Triticum Genotoxic Effects of Superconducting Static Magnetic Fields (SMFs).
- Claussen W. (2005). Proline as a measure of stress in tomato plants. Plant compounds in higher plants. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*.;44:357-384.
- Dardeniz, A., & Yalcin, S. (2007). Influence of Low-Frequency Electromagnetic Field on the Vegetative Growth of Grape Cv. Uslu. *Journal of Central European Agriculture*, 7(3), 389–396.
- Dhawi, F., & Al-Khayri, J. M. (2008). Proline Accumulation in Response to Magnetic Fields in Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.). *The Open Agriculture Journal*, 2(1), 80–83.
<https://doi.org/10.2174/1874331500802010080>
- Dhawi, F., & Al-Khayri, J. M. (2009). Magnetic Fields Induce Changes in Photosynthetic Pigments Content in Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Seedlings. *The Open Agriculture Journal*, 3(1), 1–5. <https://doi.org/10.2174/1874331500903010001>
- El-Gizawy A.M., M. E. Ragab, Nesreen A. S. Helal, A. E.-S. and I. H. O. (2016). Effect of Magnetic Field Treatments on Germination of True Potato Seeds, Seedlings Growth and Potato Tubers Characteristics. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 20774605, 74–81.
<http://www.curreweb.com/mejar/mejar/2016/74-81.pdf>
- Fujimura, Y., & Iino, M. (2009). Magnetic field increases the surface tension of water. *Journal of Physics: Conference Series*, 156.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/156/1/012028>
- Ghanati, F., Abdolmaleki, P., Vaezzadeh, M., Rajabbeigi, E., & Yazdani, M. (2007). Application of magnetic field and iron in order to change medicinal products of *Ocimum basilicum*. *Environmentalist*, 27(4), 429–434.

<https://doi.org/10.1007/s10669-007-9079-7>

- Grewal, H. S., & Maheshwari, B. L. (2011). Magnetic treatment of irrigation water and snow pea and chickpea seeds enhances early growth and nutrient contents of seedlings. *Bioelectromagnetics*, 32(1), 58–65. <https://doi.org/10.1002/bem.20615>
- Holysz, L., Szczes, A., & Chibowski, E. (2007). Effects of a static magnetic field on water and electrolyte solutions. *Journal of Colloid and Interface Science*, 316(2), 996–1002. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2007.08.026>
- Ijaz, B., Jatoi, S. A., Ahmad, D., Masood, M. S., & Siddiqui, S. U. (2012). Changes in Germination Behavior of Wheat Seeds Exposed to Magnetic Field and Magnetically Structured Water. *African Journal of Biotechnology*, 11(15), 3575–3582. <https://doi.org/10.5897/ajb11.2927>
- Inayati, A., & Yusnawan, E. (2018). Identifikasi Penyakit Utama Kedelai dan Cara Pengendaliannya. *Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang Dan Umbi*, 95–112.
- Matysik J, Alia PSP, Bhalu B, dan Mohanty P. (2002). Molecular mechanisms Merrill tissue cultures. *J Cell Mol Biol.*;2:113-119.
- Pang, X. F., & Bo, D. (2008). The changes of macroscopic features and microscopic structures of water under influence of magnetic field. *Physica B: Condensed Matter*, 403(19–20), 3571–3577. <https://doi.org/10.1016/j.physb.2008.05.032>
- Parola, A. H., Kost, D., Katsir, G., Monselise, E. B. I., & Cohen-Luria, R. (2005). Radical scavengers suppress low frequency EMF enhanced proliferation in cultured cells and stress effects in higher plants. *Environmentalist*, 25(2–4 SPEC. ISS.), 103–111. <https://doi.org/10.1007/s10669-005-4272-z>
- Patakas A, Nikolaou N, Zioziuo E, Radogluo K, dan Notisakis B. (2002). The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grape veins. *Plant*

Sci.;163:361-367

- Paul, A. L., Ferl, R. J., & Meisel, M. W. (2006). High magnetic field induced changes of gene expression in arabidopsis. *BioMagnetic Research and Technology*, 4, 1–10. <https://doi.org/10.1186/1477-044X-4-7>
- Phirke P.S., Patil M.N., dan Umbarkar S.P.. (1996). The application of magnetic treatment to seeds: Methods and responses. *Seed Sci. Technol.* 24:365- 73.
- Podleśny, J., & Podleśna, A. (2004). Morphological Changes and Yield of Selected Species of Leguminous Plants Under The Influence of Seed Treatment With Laser Light. *International Agrophysics*, 18(3), 253–260.
- Putra, Y., Rusbana, T. B., & Dharmesta, L. A. (2015). Pengaruh Medan Magnet Solenoida Dan Perendaman Air Magnetisasi Terhadap Benih Kacang Kedelai (*Glycyne max* (L) Merrill) Kadaluarsa Varietas Tanggamus. *Jurnal Agroekotek*, 7(2), 153–159.
- Răcuciu, M., Creangă, D., & Horga, I. (2008). Plant growth under static magnetic field influence. *Romanian Reports of Physics*, 53(1–2), 353–359.
- Rhodes D, dan Hanson AD. (1993). Quaternary ammonium and tertiary sulfonium compounds in higher plants. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol.*;44:357-384
- Sahebamei, H., Abdolmaleki, P., & Ghanati, F. (2007). Effects of magnetic field on the antioxidant enzyme activities of suspension-cultured tobacco cells. *Bioelectromagnetics*, 28(1), 42–47. <https://doi.org/10.1002/bem.20262>
- Sarraf, M., Kataria, S., Taimourya, H., Santos, L. O., Menegatti, R. D., Jain, M., Ihtisham, M., & Liu, S. (2020). Magnetic Field (MF) Applications in Plants: An Overview. *Plants*, 9(9), 1–17. <https://doi.org/10.3390/plants9091139>

- Szcześ, A., Chibowski, E., Hołysz, L., & Rafalski, P. (2011). Effects of static magnetic field on water at kinetic condition. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 50(1), 124–127. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2010.12.005>
- Tirono, M., Hananto, F. S., Suhariningsih, & Aini, V. Q. (2021). An effective dose of magnetic field to increase sesame plant growth and its resistance to fusarium oxysporum wilt. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, 16(3), 285–291. <https://doi.org/10.18280/IJDNE.160306>
- Valiron, O., Peris, L., Rikken, G., Schweitzer, A., Saudi, Y., Remy, C., & Job, D. (2005). Cellular disorders induced by high magnetic fields. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 22(3), 334–340. <https://doi.org/10.1002/jmri.20398>
- Yokatani KT, Hashimoto H, Yanagisawa M, (2001). Growth of avena seedlings under a low magnetic field. *Biol Sci Space.*;15:258-259
- Zablotskii, V., Polyakova, T., Lunov, O., & Dejneka, A. (2016). How a High-Gradient Magnetic Field Could Affect Cell Life. *Scientific Reports*, 6(November), 1–13. <https://doi.org/10.1038/srep37407>