



REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

## SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan	: EC002023110876, 14 November 2023
<b>Pencipta</b>	
Nama	: Mokhammad Tirono dan Farid Samsu Hananto
Alamat	: RT.12/RW.06 Anggarwangi Kec. Sukodono Sidoarjo, Sukodono, Sidoarjo, Jawa Timur, 61258
Kewarganegaraan	: Indonesia
<b>Pemegang Hak Cipta</b>	
Nama	: Mokhammad Tirono dan Farid Samsu Hananto
Alamat	: RT.12/RW.06 Anggarwangi Kec. Sukodono Sidoarjo, Sukodono, Sidoarjo, Jawa Timur, 61258
Kewarganegaraan	: Indonesia
Jenis Ciptaan	: Booklet
Judul Ciptaan	: Perlakuan Medan Magnet Untuk Meningkatkan Produktivitas Dan Kandungan Kurkumin Pada Tanaman Kunyit Merah ( <i>Curcuma Longa</i> )
Tanggal dan tempat didaftarkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia	: 14 November 2023, di Malang
Jangka waktu perlindungan	: Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, dihitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.
Nomor pencatatan	: 000543831

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atas produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

Anggoro Dusananto  
NIP. 196412081991031002

#### Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

# PERLAKUAN MEDAN MAGNET UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS DAN KANDUNGAN KURKUMIN PADA TANAMAN KUNYIT MERAH (*Curcuma longa*)

Oleh:

Mokhammad Tirono  
Farid Samsu Hananto



## Dummy Book

Uin Maulana Malik Ibrahim Malang

2023

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT., karena limpahan rahmat, nikmat, hidayah dan inayah-Nya Penelitian ini dapat terselesaikan. Penelitian ini disusun dengan tujuan untuk memenuhi salah satu tugas pelaksana Tri Darma Perguruan Tinggi yaitu melaksanakan penelitian dan mengembangkan Ilmu Pengetahuan sebagai sumbangsih terhadap kemajuan dan kemaslakhatan masyarakat.

Penyelesaian Penelitian ini tidak terlepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu bersama ini penulis sampaikan terima kasih kepada yth:

1. Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberi kemudahan dalam pelaksanaan penelitian.
2. Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat yang telah membantu kelancaran pendanaan.
3. Ketua Jurusan Fisika yang telah memberi ijin menggunakan peralatan laboratorium untuk pelaksanaan penelitian.
4. Para Reviewwer yang telah membantu kontrol dan perbaikan hasil penelitian.

Semoga semua dukungan dan bantuan mereka tersebut diatas dijadikan sebagai amal Jariyah oleh Allah Swt. Amin

Malang, November 2023

Peneliti



## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Kata Pengantar .....	ii
Daftar isi .....	iii
Abstrak .....	iv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
Latar Belakang .....	1
Rumusan Masalah .....	4
Tujuan Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
Medan magnet kumparan Helmholtz .....	7
Interaksi elektrodinamik pada sistem Biologis .....	8
Translasi Magnetokimia .....	8
Induksi arus listrik .....	9
Interaksi Medan Magnet dengan Bibit Tanaman .....	9
Efek pada Molekul Air .....	9
Medan Magnet Menginduksi Modifikasi Pada Tingkat Molekul .....	10
Reaksi Stres Sebagai Respons Terhadap Medan Magnet .....	11
Pengaruh Medan Magnet Terhadap Komposisi Unsur Tumbuhan .....	12
Medan Magnet Menginduksi Perubahan Konten Pigmen Fotosintetik .....	13
Medan Magnet Meningkatkan Berat Dan Kadar Air Dalam Tanaman .....	14
Struktur Bibit Kunyit .....	14
Kurkumin .....	14
Magnesium .....	16
Zat Besi .....	17
Asam Oksalat .....	18
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
Jenis Penelitian .....	21
Rancangan Percobaan .....	21
Waktu dan Tempat Penelitian .....	21
Alat dan Bahan .....	22
Alat .....	22
Bahan .....	22
Bagan Alir .....	22
Prosedur Penelitian .....	23
Paparan Medan Magnet .....	24
Penanaman dan Perawatan Tanaman di Polybag Besar .....	24
Pengambilan Data .....	25

Tahap Pengeringan dan Penghalusan .....	25
Proses Pengambilan ekstrak kurkumin .....	25
Proses Uji Kadar kurkumin.....	26
Proses uji magnesium dan zat besi .....	26
Proses Uji Asam Oksalat .....	27
Analisis Data .....	28
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
Hasil Penelitian .....	29
Bobot Segar .....	29
Kandungan Kurkumin .....	32
Kandungan Magnesium .....	36
Kandungan Zat besi .....	39
Kandungan Asam Oksalat .....	41
Pembahasan.....	45
<b>BAB V PENUTUP</b>	
Kesimpulan .....	49
Saran .....	49
Daftar Pustaka.....	51

## **ABSTRAK**

Kunyit banyak dikonsumsi masyarakat karena kandungan kurkuminnya, guna mencegah berbagai penyakit. Seiring bertambahnya populasi manusia dan berkurangnya lahan pertanian, maka diperlukan peningkatan kualitas pangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan hasil produksi dan kandungan kurkumin, magnesium, zat besi, dan asam oksalat pada kunyit merah. Penelitian ini menggunakan medan magnet (MF) yang kerapatan fluks magnetnya (MFD) berubah seiring waktu; waktu paparan adalah 20 menit dan diulang setiap hari selama lima hari. Hasil penelitian menunjukkan paparan MFD 0,2 mT meningkatkan produksi sebesar 42,96% dan kandungan besi sebesar 13,20%. Paparan MFD 0,3 mT meningkatkan kandungan kurkumin sebesar 85,95% dan magnesium sebesar 33,39%. Paparan MFD 0,4 mT menurunkan kandungan asam oksalat sebesar 2,18%. Tidak semua zat penting yang terkandung dalam kunyit berubah akibat pengolahan menggunakan MF. Penggunaan MF dengan MFD yang berubah seiring waktu memerlukan nilai yang rendah.

Kata Kunci : Kunyit, medan magnet, curcumin, magnesium, zat besi, asam oksalat.

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang Masalah

*Curcuma longa* (*Zingiberaceae*), juga dikenal sebagai kunyit, adalah sumber terpenting dari kurkuminoid, yang terdiri dari kurkumin dan dua senyawa terkait, demethoxycurcumin dan bisdemethoxycurcumin (Heffernan *et al.*, 2017). Saat ini, beberapa negara menggunakan kurkumin sebagai suplemen makanan dan sebagai dasar molekuler untuk aplikasi farmasi sebagai upaya mencegah terjangkitnya penyakit (Gupta, 2013). Kurkumin memiliki efek anti-inflamasi dan antioksidan yang sangat kuat. Untuk alasan ini, kurkumin dan turunannya menarik untuk ditingkatkan pada bidang makanan dan bidang farmasi. Secara umum masyarakat mengkonsumsi kunyit tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu, sehingga sering menimbulkan kebosanan rasa dan efek samping akibat banyaknya kunyit yang harus dikonsumsi. Kandungan kurkumin pada kunyit tidak terlalu tinggi, yakni sekitar 3,14% dari berat kunyit (Tayyem *et al.*, 2014). Kunyit memiliki kandungan asam oksalat, sehingga dapat menyebabkan batu ginjal apabila dikonsumsi berlebihan (Tang *et al.*, 2008). Dengan demikian, pengembangan strategi untuk peningkatan kandungan kurkumin murni dalam kunyit perlu ditingkatkan agar kebutuhan konsumsi perpenggunaan bisa menurun dengan cara memperbaiki teknik budidaya tanaman.

Saat ini, produktivitas tanaman adalah masalah yang terus berkembang dan menarik para peneliti di seluruh dunia untuk menerapkan teknik inovasi ramah lingkungan. Pengembangan tanaman, baik dari sisi produksi maupun kandungan zat nutrisi didalamnya sangat penting. Berbagai teknik aplikasi telah muncul untuk meningkatkan pengembangan tanaman, termasuk menggunakan tanaman sintetis, biofortifikasi tanah dengan mikroba, aplikasi pupuk kandang, dan nanoteknologi.



Penggunaan medan magnet (MF) adalah salah satu pendekatan untuk meningkatkan produktivitas dan kandungan gizi produk tanaman.

MF adalah faktor fisik yang mempengaruhi organisme hidup. Belakangan penggunaan MF banyak dipertimbangkan untuk induksi pertumbuhan tanaman, hasil, dan akumulasi metabolit sekunder, karena memiliki efek samping kecil bagi lingkungan (Aladjadjian, 2010). Organisme hidup, termasuk tumbuhan, memproduksi dan memanfaatkan berbagai domain listrik sebagai potensial transmembran, listrik, aksi, atau aliran muatan dalam aktivitasnya. Dengan demikian, MF memiliki pengaruh terhadap kemajuan dan metabolisme tanaman (Teixeira dan Dobránszki, 2015). Secara fisik, magnet mempengaruhi sistem biologis melalui berbagai mekanisme, diantaranya mekanisme klasik dan osilator kuantum, sistem resonansi siklotron, reaksi gabungan ion terikat, hasil kuantum dan elektron, eksitasi kuantum koheren, dan bioefek yang diinduksi medan torsi. Efek ini mencakup keadaan metastabil dari efek bioaktif yang diinduksi air, jalur radikal bebas, mekanisme spin, mekanisme resonansi parametrik, resonansi stokastik sebagai model penguat dalam magnetobiologi dan jalur acak lainnya (Latif *et al.*, 2020). Transisi fase dalam model biofisik yang mempengaruhi kristal cair, perilaku bifurkasi, konsep radio-teknis, dan sistem biologis digambarkan sebagai sirkuit listrik yang setara dengan pusaran muatan makroskopik dalam sitoplasma (Belyavskaya, 2004). Efek ini diterjemahkan oleh tanaman sebagai perubahan morfogenesis, reaksi biokimia di dalam sel. Oleh karena itu MF dapat mempengaruhi organisme hidup dengan mempengaruhi aktivitas radikal bebas dan mengubah transpor ionik dalam membran sel. MF juga dapat mengubah sifat listrik dan permeabilitas membran dan jalur metabolisme pada sel tumbuhan (Sahebjamei, *et al.*, 2007).

Untuk menilai dampak magneto-priming pada tanaman, berbagai jenis MF seperti medan magnet frekuensi sangat rendah, medan magnet statis, atau perlakuan dengan

elektromagnetik berdenyut digunakan dengan durasi dan frekuensi paparan yang bervariasi (Kataria dan Anjali, 2017). Medan magnet berdenyut memiliki pengaruh yang besar terhadap sistem biologis. Besarnya gaya interaksi antara MF dan benih dipengaruhi oleh gradien MF (Tao *et al.*, 2020). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan MF yang berubah dengan waktu agar mendapatkan hasil yang lebih optimal. Paparan benih dengan MFs meningkatkan jalannya perkecambahan dan kekuatan bibit, morfogenesis, meningkatkan hasil panen dan meningkatkan kandungan nutrisi tanpa dampak berbahaya pada ekosistem. Komponen seluler dan organel yang berbeda termasuk mitokondria, membran sel, protein, dan DNA mengubah perilaku elektromagnetik mereka akibat pengaruh medan magnet (Winklhofer, 2014), sehingga mempengaruhi berbagai respon fisiologis dan biokimia dalam sel.

Sejauh ini, banyak penelitian telah dilakukan untuk mempelajari efek MF pada organisme hidup, tetapi belum banyak melaporkan perubahan kandungan nutrisi pada produk yang dihasilkan. Perlakuan dengan medan magnet 1 mT selama 1 jam mendorong perkecambahan, pertumbuhan, dan kandungan protein dalam biji kanola dibandingkan dengan kontrol, dan intensitas yang lebih tinggi mengurangi parameter sebagaimana yang disebutkan (Shabrangi, *et al.*, 2015). Tingkat fotosintesis, kandungan klorofil, dan laju pertumbuhan dilaporkan berkurang dengan intensitas yang semakin naik (Shabrangi, *et al.*, 2015). Tingkat fotosintesis, kandungan klorofil, dan tingkat pertumbuhan dilaporkan meningkat pada biji wijen dengan perlakuan medan magnet *extra low frequency* 0,3 mT (Tirono *et al.*, 2021). Medan magnet statik 30 mT meningkatkan akumulasi taksol dalam suspensi sel hazel (*Corylus avellana*). Sahebamei dkk. (Shibghatallah *et al.*, 2013) menunjukkan bahwa MF meningkatkan aktivitas enzim antioksidan dalam suspensi sel tembakau. De Souza *et al.* (2008) melaporkan bahwa MF yang tidak seragam secara signifikan meningkatkan panjang dan berat akar dan tunas pada perkecambahan dan tahap vegetatif dan meningkatkan

hasil umbi dalam pembentukan umbi dan tahap kematangan bawang. Youssef dan Abou (2019) melaporkan peningkatan parameter pertumbuhan dan Kandungan nutrisi pada selada yang dibudidayakan dalam larutan nutrisi hidroponik magnet sebesar 1,45 Tesla.

Meskipun bioefek MF telah dialami banyak tanaman pada pertumbuhan dan respons biokimia pada tahap perkecambahan dan vegetatif selama 25 tahun terakhir, Masih sangat sedikit yang menggunakan medan magnet yang berubah dengan waktu. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan menggunakan medan magnet berubah dengan waktu. Beberapa karya telah melaporkan adanya perubahan kandungan nutrisi pada produk pertanian yang dihasilkan, tetapi belum dijumpai laporan efek medan magnet terhadap kandungan kurkumin, magnesium dan asam oksalat pada kunyit merah. Jadi, dalam penelitian ini, akan mengkaji dampak MF berubah dengan waktu terhadap produktivitas dan kandungan kurkumin, magnesium, dan asam oksalat pada kunyit merah.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapaun penelitian ini dapat dirumuskan

1. Bagaimana pengaruh perubahan kerapatan fluks magnet terhadap produktivitas kunyit merah ?
2. Bagaimana pengaruh perubahan kerapatan fluks magnet terhadap kandungan kurkumin pada kunyit merah ?
3. Bagaimana pengaruh perubahan kerapatan fluks magnet terhadap kandungan magnesium pada kunyit merah ?
4. Bagaimana pengaruh perubahan kerapatan fluks magnet terhadap kandungan asam oksalat pada kunyit merah ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan

1. Meningkatkan produktivitas kunyit merah dengan cara memberi perlakuan menggunakan medan magnet pada benih kunyit
2. Meningkatkan kandungan kurkumin kunyit merah dengan cara memberi perlakuan menggunakan medan magnet pada benih kunyit
3. Meningkatkan kandungan magnesium kunyit merah dengan cara memberi perlakuan menggunakan medan magnet pada benih kunyit
4. Mengurangi kandungan asam oksalat kunyit merah dengan cara memberi perlakuan menggunakan medan magnet pada benih kunyit.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah

1. Hasil produksi kunyit merah yang lebih berlimpah
2. Menghasilkan kunyit merah dengan kandungan kurkumin, magnesium yang lebih besar dengan kandungan asam oksalat yang lebih rendah..

### **1.5 Kajian Penelitian Terdahulu yang Relevan**

Paparan menggunakan medan magnet pada benih saat direndam air akan merubah sifat-sifat air yaitu pergeseran dan polarisasi atom atom air, sehingga kemampuan air merendam benih meningkat (Pang and Bo, 2008). Paparan medan magnet akan merubah sifat physicochemical air, termasuk menurunkan tegangan permukaan air dan menambah viscositasnya (Cai *et al.*, 2009). Oleh karena itu air lebih mudah diserap oleh benih yang ditumbuhkan (Teixeira dan Dobránszki, 2014), sehingga waktu dormasinya lebih pendek. Pada saat telah tumbuh kecambah paparan medan magnet memperpanjang umur ion radikal bebas dengan menginduksi transisi

singlet-triplet elektron tak berpasangan yang menyebabkan stres oksidatif (Sahebjamei, *et al.*, 2007), sehingga mempengaruhi reproduksi sel, metabolisme seluler, ekspresi gen, dan aktivitas enzim (Belyavskaya, 2004), akibatnya pertumbuhan batang lebih cepat.

Telah ditemukan bahwa medan magnet menyebabkan peningkatan terjadinya reaksi kimia tanaman, yang memiliki efek positif pada aktivitas fotokimia, rasio respirasi dan aktivitas enzim (Sahebjamei, *et al.*, 2007). Study sebelumnya telah melaporkan bahwa paparan flux medan magnet static 50 mT meningkatkan kadar klorofil, sedangkan flux medan magnet 100 mT cenderung menurunkan (Răcuciu, *et al.*, 2008). Laporan yang identik disampaikan bahwa medan magnet signifikan meningkatkan semua pigmen fotosintesis (Babaloo *et al.*, 2018). Kadar klorofil mengindikasikan kesehatan tanaman, dimana tanaman yang sama dengan kadar klorofil besar mengindikasikan tanaman tersebut lebih sehat (Pavlovic *et al.*, 2014). Oleh karena itu paparan medan magnet pada saat pembibitan membuat tanaman tumbuh lebih sehat. Medan magnet memiliki efek stimulasi yang sangat tinggi pada perbanyakan, pertumbuhan dan perkembangan sel (Maffei, 2014).

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Medan Magnet dari Kumparan 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. Kumparan Helmholtz terdiri dari dua kumparan koaksial yang dipisahkan oleh jarak yang sama dengan jari-jari bersamanya.

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

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

dimana N = Jumlah lilitan kumparan, I = arus yang mengalir pada kumparan, R = jari-jari kumparan,  $\alpha$  = jarak antara kedua kumparan, dan  $\mu_0$  = permeabilitas ruang bebas. Kerapatan fluks magnet di tengah sistem kumparan ( $x = 0$ ) adalah

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

#### 2.2 Interaksi Medan Magnet dengan Sistem Biologi

Secara fisik, magnet mempengaruhi sistem biologis melalui berbagai mekanisme, diantaranya mekanisme klasik dan osilator kuantum, sistem resonansi siklotron, reaksi gabungan ion terikat, hasil kuantum dan elektron, eksitasi kuantum koheren, dan bioefek yang diinduksi medan torsi. Efek ini mencakup keadaan metastabil dari efek bioaktif yang diinduksi air, jalur radikal bebas, mekanisme spin,

mekanisme resonansi parametrik, resonansi stokastik sebagai model penguat dalam magnetobiologi, sehingga terjadi beberapa peristiwa yang diungkapkan sub bab berikutnya.

### **2.2.1 Interaksi elektrodinamik pada sistem Biologis**

Dalam medan magnet zat diamagnetik maupun feromagnetik akan mengalami torsi yang mengarahkan mereka mengikuti arah medan magnet yang dikenakan. Makromolekul diamagnetik mengalami magnetoorientation karena memiliki sifat anisotropi pada susceptibilitas magnetiknya. Molekul-molekul anisotropi 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, maka akan ada peningkatan sebesar faktor N, sehingga efek yang ditimbulkan menjadi besar.

Kasus yang menarik adalah orientasi organisme hidup yang mensintesis struktur rantai organik, yang mengandung kristal magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan momen magnetik permanen murni, dimana ditemukan bahwa magnetosom mempengaruhi arah gerakan sel magnetotaktik.

### **2.2.2 Translasi Magnetokimia**

Perubahan kerapatan fluks magnet terhadap jarak menghasilkan gaya netto dalam bahan paramagnetik dan feromagnetik mengarahkan gerak translasi, yang memenuhi persamaan

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

di mana  $V$  adalah volume zat magnetik dan  $\lambda$  kerentanan magnetik. Karena terbatasnya jumlah zat magnetik pada sebagian besar makhluk hidup, maka efek ini pada fungsi biologis dapat diabaikan.

### 2.2.3 Induksi arus listrik

Medan magnet yang berubah-ubah akan menginduksi arus listrik dalam sistem biologis, yang besarnya 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  $\sigma$ , 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 Bibit Tanaman

### 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 dan 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 and Iino, 2009), melaporkan bahwa Medan magnet meningkatkan tegangan permukaan air dan memperkuat batas hidrofobik.

Oleh karena itu treatment medan magnet pada bibit 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 dan Maheshwari, 2011) melaporkan bahwa treatment bibit 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 and Al-Khayri, 2009).

Medan magnet dapat mempengaruhi aktivasi sintesis protein yang selanjutnya berpengaruh pada pengembangan sistem akar (Evans *et al.*, 2022). 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, Abdolmaleki and Ghanati, 2007). Stres oksidatif adalah faktor utama untuk meningkatkan mutasi (Pingping *et al.*, 2007) meningkatkan stres biologis (Dhawi dan 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 (Kumari *et al.*, 2020) termasuk turunan asam amino kuaterner seperti prolin, glisin betain, alanin betaine dan prolin betaine (Zulfiqar, Aisha and Muhammad, 2020). Proline adalah indikator stres paling umum yang terakumulasi setelah stres. Tingkat prolin terakumulasi dalam sel bervariasi, tergantung pada spesies dan tingkat stres abiotik (Samuel dan Noble, 2015). 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.)(Sahebamei *et al.*, 2007). Proline juga berperan dalam menstabilkan makromolekul dan mengurangi kerusakan karena radikal bebas (Samuel dan Noble, 2015) 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 (Marin *et al.*, 2010) Treatment medan magnet juga dapat menggeser jalur prolin melalui oksidasi prolin menjadi glutamat atau membentuk asam glutamat g-semialdehida (Marin *et al.*, 2010). 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 (Winklhofer, 2014). 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 (Aladjadjiyan, 2010). 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, Martinez and Amaya, 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 (Sahebamei *et al.*, 2007) yang dapat menyebabkan terjadinya peningkatan kadar karotenoid karena perannya dalam melindungi sistem tanaman (Swapnil *et al.*, 2021). 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 perkembangan sel (Maffei, 2014). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa produktivitas beberapa tanaman meningkat sebagai respons dari efek Medan magnet (Dardeniz dan 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 dan Al-Khayri, 2008) yang mengubah osmotik dan potensi listrik, serta meningkatkan penyerapan air.

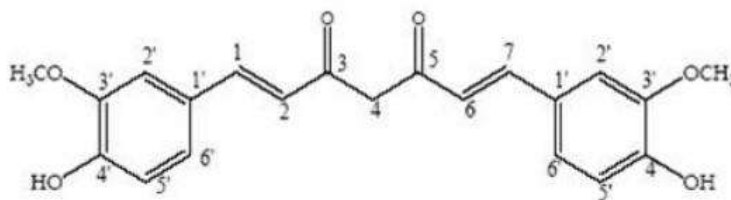
## **2.4 Struktur Bibit Kunyit**

Struktur dan organisasi tunas ketiak dan akar adventif pada rimpang kunyit (*Curcuma longa*) telah dipelajari. Rimpang induknya berbentuk bulat dengan ruas yang lebih kecil dibandingkan dengan cabang (jari) yang ruasnya lebih panjang. Tunas ketiak berkembang dari ketiak daun sisik rimpang. Cabang sekunder rimpang berkembang dari cabang primer. Akar berasal dari zona perantara rimpang. Akar apikalmeristem adalah tipe terbuka tiga set inisial struktural dan memiliki pusat diam yang berbeda.

## 2.5 Kurkumin

Kurkumin adalah bubuk kristal kuning yang tidak larut pada air. Struktur dari kurkumin sendiri yaitu  $C_{21}H_{20}O_6$  (Anamika Bagchi, 2012). Kurkumin dan ekstrak kunyit merupakan komponen yang memiliki kemampuan penghambatan terhadap bakteri seperti *Vibrio harveyi*, *Valginolytic*, *V. Vulnificus*, *V. Parahaemolyticus*, *V. Cholerae*, *bacillus subtilis*, *B. Aureus*, *Staph* (Moghadam Tosi dkk, 2014). Kurkumin merupakan polifenol yang berwarna kuning dan memiliki sifat sukar larut dalam air dan pelarut asam, tetapi larut dalam pelarut dimetil aseton etanol dan sulfoksida (pricilia & Saptarini, 2016). Jaringan aktif Kurkumin mempunyai pigmen aktif yang dapat mewarnai jaringan tumbuhan dan memberikan warna kuning pada makanan (sa'diyah et al., 2015). Studi evaluasi keselamatan menunjukkan bahwa kunyit dan kurkumin ditoleransi dengan baik pada dosis yang sangat tinggi tanpa efek toksik. Dengan demikian, kunyit dan kurkumin memiliki potensi untuk pengembangan obat modern untuk pengobatan berbagai penyakit. (Chattopadhyay dkk. , 2004)

Kurkumin merupakan komponen penting dari kunyit. Dan memberikan warna kuning yang khas. Kurkumin termasuk golongan senyawa polifenol dengan struktur kimia mirip asam ferulat yang banyak digunakan sebagai bahan penguat rasa pada industri makanan. Kurkumin tidak larut larut dalam air tetapi larut dalam etanol. Degradasi kurkumin tergantung pada pH dan berlangsung cepat pada kondisi netral (Anggarwal et al. 2003).



**Gambar 2. 1** Senyawa Kurkumin

Dari penelitian Ashraf dan Sultan (2017) mendapatkan hasil bahwa persentase kandungan curcumin yang berada dalam kunyit merupakan persentase senyawa yang paling besar daripada yang lainnya yaitu sekitar kurang lebih 80%. Sedangkan untuk senyawa turunannya itu sekitar 12%. Pigmen kurkumin inilah yang memberi warna orange pada rimpang kunyit. (Winarto, 2004). Kurkumin ini juga sangat peka pada cahaya oleh karena itu kurkumin disini digunakan sebagai sampel penelitian dan juga kurkumin ini dapat terlindung dari cahaya (Prasad *et al.*, 2014).

Untuk melakukan uji kadar kurkumin pada kunyit diperlukan beberapa alat dan larutan. Alat yang digunakan yaitu *spektrofotometri uv-vis*. Dan larutan untuk uji, larutan untuk pembanding dan larutan blanko etanol. Larutan yang kita gunakan pada pertama pengujian kurkumin yaitu larutan uji dengan cara ditimbang kurang lebih 0,50 mg serbuk simplisia, dan dimasukkan kedalam tabung reaksi kemudian ditambahkan larutan etanol sebanyak 10ml, vorteks selama 30 menit dan didiamkan selama 1 hari.

## **2.6. Magnesium**

Di dalam tumbuhan kunyit juga ada kandungan magnesium. Ketika kunyit itu berada pada 100 gram maka kandungan nutrisi magnesiumnya ada sekitar 208 ml. magnesium yang ada di kunyit memerlukan lebih dari 300 fungsi biokimia, manfaat magnesium yang ada di kunyit ini mampu menjaga sistem kekebalan tubuh, ritme jantung dan menjaga tulang agar tetap kuat.

Magnesium yang ada pada kunyit dapat membantu mengatasi dehidrasi dan menyeimbangkan cairan pada tubuh saat diare. Selain dapat mengatasi dehidrasi pada tubuh magnesium yang ada pada kunyit juga dapat meredakan sakit saat haid.

Magnesium merupakan kandungan mineral makro yang berfungsi sebagai zat pembangun dan pengatur. Kandungan mineral sangat berpengaruh pada penyusunan organ tubuh manusia seperti syaraf, gigi, otot dan lain sebagainya. Maka dari itu dilakukan uji kadar magnesium pada tanaman kunyit untuk mengetahui banyaknya

kandungan magnesium pada tanaman kunyit menggunakan AAS. Metode AAS (Atom Absorption Spectrophotometry) adalah salah satu metode analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui keberadaan dan kadar logam berat dalam berbagai bahan. Namun, terlebih dahulu dilakukan tahap pendestruksi. Dalam metode destruksi basah, sampel dicampur dengan menambah pereaksi asam tertentu ke dalam bahan yang dianalisis. Asam yang digunakan untuk pengoksidasi yaitu  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HClO}_4$ , atau aqua regia ( $\text{HCl}$  dan  $\text{HNO}_3$ ). Hasil analisis akan dipengaruhi oleh jenis asam yang dipilih untuk mendestruksi suatu bahan (Habibi, 2020).

## **2.7. Zat Besi**

Zat besi adalah komponen yang sangat penting dari berbagai enzim karena zat besi sangat mempengaruhi seluruh reaksi kimia yang ada pada tumbuhan kunyit merah dan sangat penting untuk tubuh kita, meskipun sulit diserap (10-15%). Zat besi sebenarnya cairan yang dibutuhkan tubuh setiap hari untuk menghasilkan hemoglobin (Zufialdi., 2015). Zat besi juga sangat dibutuhkan di dalam tubuh manusia, karena jika tidak ada zat besi maka sel darah merah yang ada pada tubuh kita akan terkuras, dan menyebabkan tubuh kita lemah serta lelah terus menerus. Akan tetapi pada tanaman besi merupakan bagian dari enzim tertentu dan protein yang sangat berguna di dalam tubuh kita karena sebagai pembawa elektron pada fase terang pada fotosintesis dan respirasi (Zufialdi,2015)

Zat besi merupakan mineral mikro yang sangat banyak berada di dalam tubuh manusia dan hewan. Fungsi dari zat besi jika di dalam tubuh yaitu sebagai alat angkut oksigen dari paru-paru ke jaringan yang berada di dalam tubuh manusia, sebagai alat angkut elektron didalam sel dan sebagai tempat reaksi enzim didalam jaringan tubuh (Anggraini., 2008). Zat besi (Fe) merupakan senyawa unsur yang sangat penting untuk membentuk hemoglobin dalam darah, yang nantinya berguna untuk mengangkut oksigen dan karbondioksida didalam tubuh (Ramli, 2008).



Jika tubuh kita kekurangan zat besi, maka tubuh kita akan mengalami lemas, pucat, pusing, nafsu makan berkurang dan menurunkan kinerja tubuh, sedangkan jika kelebihan zat besi gejalanya yaitu muntah, diare, denyut jantung meningkat dan sakit kepala (Sacher & McPherson., 2004). Maka dari itu kita harus mengukur kadar zat besi yang akan kita konsumsi dari makanan.

## **2.8. Asam Oksalat**

Kunyit juga mempunyai efek samping yang sangat berbahaya. Kandungan dalam kunyit sendiri tidak hanya untuk pengobatan. Maka dari itu jangan terlalu sering mengonsumsi kunyit secara langsung. Salah satu efek samping kunyit yaitu sakit kepala dan mual, efek samping ini terjadi jika mengonsumsi kunyit dengan dosis yang tinggi seperti diatas 450 mg. kandungan oksalat berikatan dengan kandungan kalsium sehingga terbentuk menjadi kalsium oksalat sehingga dapat menyebabkan terbentuknya batu ginjal dan juga menghambat penyerapan zat besi jika kandungan oksalat pada tanaman tersebut tinggi (Fitriani, nurlaila & Rakhimina, 2016). Ciri batu ginjal sendiri bisa memicu nyeri yang hebat dan juga rasa tidak nyaman. Kandungan oksalat yang di kunyit cukup tinggi, sehingga dilarang mengonsumsi kunyit berlebihan. Dimana oksalat ini mempunyai produk limbah yang harus keluar tubuh selama buang air kecil.

Oksalat merupakan sebuah senyawa yang bersifat padat dan tidak akan larut ketika diberikan kovalen sehingga dapat mengendap hingga berbentuk kristal dalam jaringan tumbuhan. Oksalat yang berada dalam tumbuhan dapat menyebabkan rematik maupun kelainan di dalam ginjal. Sehingga membuat kelainan metabolisme didalam tubuh dan dapat membentuk batu di dalam kantung kemih (Sutrian. 2010). Maka dari itu kita harus mengetahui kebutuhan oksalat di dalam tubuh kita agar tidak bisa menyebabkan penyakit gagal ginjal. Analisis yang digunakan untuk mengetahui kadar kandungan oksalat pada tanaman kunyit yaitu menggunakan metode

spektrofotometri ultraviolet visible (uv-vis). Kelebihan menggunakan metode ini yaitu hasil yang diperoleh lebih akurat karena angka yang terdeteksi otomatis masuk pada komputer dan menjadi angka digital maupun grafik yang telah diregresikan (Mustikaningrum, 2015)



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Penelitian untuk mengetahui perubahan produktivitas, kandungan kurkumin, magnesium, dan asam oksalat akibat perlakuan medan magnet yang berubah dengan waktu dilakukan secara eksperimental. Perlakuan bibit dilakukan menggunakan medan magnet dengan kerapatan fluks 0-0,5 mT dan lama pemaparan 20 menit selama 5 hari. Masing-masing perlakuan menggunakan 10 sampel dengan bibit yang diambil secara acak. Penanaman dilakukan di Green House menggunakan acak lengkap.

#### **3.2 Rancangan Percobaan**

Perlakuan menggunakan 5 perlakuan dan 1 kontrol dan masing-masing disediakan 10 sampel. Oleh karena itu penelitian menggunakan 60 sampel. Untuk menjamin kerandoman, maka disiapkan 60 angka acak dan penentuannya dilakukan menggunakan program minitab. Masing-masing sampel diberi perlakuan menggunakan medan magnet dan ditaman secara acak sesuai dengan hasil yang didapatkan.

#### **3.3 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.

### **3.4 Alat dan Bahan**

#### **3.4.1 Alat**

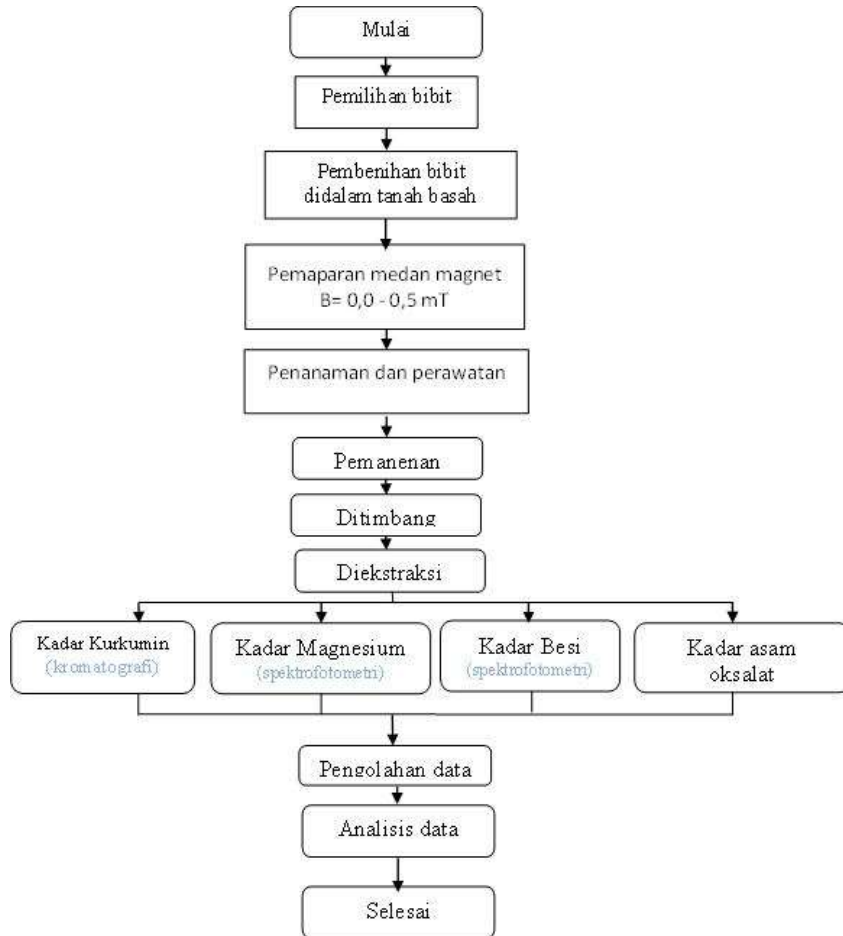
Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Alat yang digunakan untuk perlakuan medan magnet adalah kumparan Helmholtz, power supply, connecting cord, teslameter, media pembibitan, dan kertas label. Peralatan yang digunakan untuk mengukur panjang batang yaitu jangka sorong dan penggaris. Dan alat yang digunakan untuk mengukur kadar kurkumin adalah spektrofotometri Uv vis.

#### **3.4.2 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit kunyit merah, tanah murni, aquades, chloramphenicol kapsul, plastic wrap, aluminium foil, pupuk NPK, dan kertas saring.

### **3.5 Bagan Alir**

Penelitian ini dilaksanakan secara bertahap. Tiap tahap dilaksanakan dengan prosedur dan waktu tertentu. Pada akhir setiap tahap juga dilakukan pemeriksaan dan pengambilan data. Tahap penelitian disajikan dalam bagan alir seperti yang bisa dilihat pada Gambar 3.1. Secara garis besar tahap penelitian adalah persiapan, pemanenan, pengambilan data dan pengolahan data dan pengambilan kesimpulan.



Gambar 3.1 Bagan alir pelaksanaan penelitian

### 3.6 Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental di laboratorium dan eksternal. Jumlah kombinasi perlakuan yang digunakan pada penelitian ini adalah  $6 \times 10$ . Adapun langkahnya adalah

1. Pemilihan bibit tanaman yang homogen atau mendekati homogen.
2. Melakukan pembasahan bibit dengan air

3. Memberi perlakuan pada bibit dengan kerapatan fluks magnet sesuai dengan hasil pengacakan dengan waktu perlakuan 20 menit.
4. Pemindahan tanaman ke polibag dan ditempatkan sesuai dengan hasil pengacakan.
5. Melakukan perawatan tanaman cara yang seragam
6. Pengambilan data berat hasil produksi, kandungan kurkumin, kadar magnesium, dan kadar asam oksalat.

### **3.7 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 yang menghasilkan tegangan ripel dengan jumlah perubahan 100 kali tiap detik.
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 bibit diletakkan ditengah-tengah kumparan Helmholtz
5. Paparan medan magnet sebesar 0.0-0,5 mT dengan waktu 20 menit
6. Kontrol suhu 27<sup>0</sup>C

### **3.8 Penanaman dan Perawatan Tanaman di Polybag Besar**

Adapun prosedur penelitian untuk penanaman tanaman kunyit merah 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. Adapun dosis yang diberikan secara berurutan adalah 3 gram, 5 gram, 6 gram, dan 6 gram per polybag

### 3.9 Pengambilan Data

#### 3.9.1. Tahap Pengeringan dan Penghalusan

1. Kunyit merah yang sudah siap panen diambil buahnya kemudian dicuci sampai bersih dan dipotong secara tipis dengan tebal 6-7 mm.
2. Potongan tersebut kemudian dikeringkan dengan memakai oven dengan temperatur  $\pm 50^{\circ}$  sampai kadar air yang terkandung dalam kunyit merah berkurang dan kering.
3. Kunyit yang sudah kering dihaluskan hingga diperoleh serbuk kunyit. Kemudian diayak
4. Kemudian serbuk kunyit merah dihitung dengan menggunakan persentase antara bobot kunyit merah yang diperoleh dengan bobot awal daging kunyit merah yang dipakai.

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat serbuk simplisia kering}}{\text{berat sampel segar}} \times 100\%$$

#### 3.9.2. Proses Pengambilan ekstrak kurkumin

1. Diambilah serbuk kunyit sebanyak 0.50 gram, kemudian dibungkus dengan kertas saring dan dimasukkan ke dalam Soxhlet
2. Masukkan pelarut 400 ke dalam Soxhlet



3. Dirangkai alat ekstraksi, pendingin dialirkan dan pemanas dihidupkan dengan suhu tertentu
4. Proses ekstraksi selesai, kemudian bungkusannya dikeluarkan.
5. Pisahkan solvent dan kurkumin menggunakan penguapan.
6. Menghitung rendemen kurkumin menggunakan persamaan.

$$\text{rendemen} = \frac{\text{Berat Kurkumin}}{\text{berat kunyit serbuk}} \times 100\%$$

7. Dilakukan berulang kali dengan Langkah 1- 6 menggunakan pelarut etanol 96%.

### **3.9.3. Proses Uji Kadar kurkumin**

1. Dilakukan penglarutan sampel hasil ekstraksi dengan pelarut etanol 96%
2. Dilakukan pembuatan baku kurkumin dengan beberapa variasi konsentrasi
3. Melakukan analisis uji kurkumin dengan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 425 nm

### **3.9.4. Proses uji magnesium dan zat besi**

1. Sampel bubuk kunyit diambil 0.50 gram
2. Dilarutkan dengan Hno<sub>3</sub>: Hcl dengan perbandingan 1:3 pada lemari asam
3. Kemudian dimasukkan kedalam gelas beaker dan dipanaskan selama 10 menit diatas hotplate
4. Kemudian filtrat yang terbentuk dipisahkan dan disaring dengan kertas saring
5. Setelah dipanaskan di tunggu hingga dingin kemudian disaring
6. Kemudian ditanda bataskan dengan menggunakan labu ukur 50 ml dengan menggunakan pelarut aquades

7. Dilakukan pengujian kadar zat besi menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) dengan panjang gelombang 248,3 nm
8. Pengujian kadar magnesium menggunakan alat AAS dengan panjang gelombang 285,2 nm

### 3.9.5. Proses Uji Asam Oksalat

1. Buatlah larutan standar oksalat 100mg/l
2. Kemudian dibuat kurva kalibrasi dengan menggunakan larutan standar
3. Larutan standart dimasukan dengan suhu 20<sup>0</sup> selama 30 menit
4. Sebanyak 10 mL larutan standar dimasukkan ke dalam labu, kemudian ditambahkan 1,0 mL larutan buffer asetat (pH 5), 1,0 mL Fe<sub>2</sub> amonium sulfat, 0,5 mL kalium iodida 0,12 mol/L, dan 1 mL kalium bromat..
5. Kemudian dimasukan ke dalam labu leher 100ml untuk diencerkan sampai homogen menggunakan aquades.
6. Sampel bubuk kunyit sebanyak 0.50 gram
7. Dimasukkan kedalam beaker glass dan ditambahkan dengan aquades
8. Didihkan selama 20 menit, dan diamkan selama 20 menit pada.
9. Kemudian diatur di sentrifuge pada 17000 rpm selama 15 menit
10. Kemudian disaring dengan kertas whatman no 1 kedalam labu 500ml
11. Hasil filtrat yang diperoleh ditambahkan aquabidest sampai tanda batas.
12. Larutan sampel yang telah disiapkan dimasukan ke dalam labu 10ml
13. Ditambahkan 1,0 mL larutan buffer asetat (pH 5), 1,0 mL Fe<sub>2</sub> amonium sulfat, 0,5 mL kalium iodida 0,12 mol/L, dan 1 mL kalium bromat..
14. Kemudian diencerkan dengan aquabidest sampai tanda batas
15. Kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometri uv dengan panjang gelombang 345 nm

### **3.10 Analisis Data**

Analisis data penelitian tentang pengaruh medan magnet berubah dengan waktu terhadap produktivitas, kadar kurkumin, magnesium dan asam oksalat dilakukan menggunakan grafik. Analisis untuk mengetahui adanya perbedaan hasil dari masing-masing perlakuan medan magnet menggunakan statistic analysis of varian (ANOVA). Uji statistic diawali dengan menguji homogenitas data hasil penelitian. Jika data yang dihasilkan bersifat homogen dilakukan uji beda masing-masing perlakuan menggunakan ANOVA. Untuk memperoleh signifikansi perbedaan setiap perlakuan dilakukan uji lanjut dengan Tukey. Dari hasil uji statistik selanjutnya dilakukan analisis diskripsi dan merujuk beberapa teori yang ada untuk menjelaskan mekanisme fisika dari perlakuan medan magnet.

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Medan magnet dibangkitkan dengan memakai 2 kumparan kawat (kumparan helmholtz) yang dihubungkan dengan power supply sebagai sumber arusnya. Masing-masing kumparan mempunyai 1000 lilitan dengan diameter kawat 1mm dan disambungkan dengan arus berubah dengan waktu dengan jumlah perubahan 100 kali tiap detik. Perlakuan diberikan dengan kerapatan fluks magnet yaitu 0,0 mT, 0,1 mT, 0,2 mT, 0,3 mT, 0,4 mT, 0,5 mT, 0,6 mT dan 0,7 mT dengan jumlah sampel sebanyak 5 setiap kelompok perlakuan. Perlakuan setiap kelompok dilakukan selama 20 menit dan diulang setiap hari selama 5 hari.

Setelah dilakukan pemaparan pada tanaman kunyit merah, selanjutnya dilakukan penanaman. Benih kunyit yang telah tumbuh ditanaman pada polybag berukuran 20x20cm. Setelah tanaman berumur 75 hari dilakukan pemanenan dan dilakukan pengukuran berat bersih, kadar kurkumin, magnesium, zat besi dan oksalat. Pengukuran kadar asam oksalat dilakukan menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis, sedangkan kadar magnesium menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*). Sebelum dilakukan uji kadar kandungan kurkumin, magnesium, zat besi dan oksalat, dilakukan preparasi yaitu ekstraksi untuk kandungan kurkumin dan asam oksalat serta penggilingan untuk uji kandungan magnesium dan zat besi.

#### **4.1 Hasil Penelitian**

##### **4.1.1 Bobot segar**

Berat segar tanaman kunyit diukur menggunakan neraca analitik. Pengukuran dilakukan pada saat tanaman berumur 75 hari. Pengukuran dilakukan setelah rimpang kunyit dibersihkan dari segala kotoran yang menempel tanpa menggunakan

pembasahan. Berat terukur belum dikurangi dengan berat rimpang saat penanaman. Hasil pengukuran berat segar secara detail terlihat pada Gambar 4.1.

Tabel 4.1 Data berat segar rimpang kunyit yang diberi paparan medan magnet 0,0-0,7 mT

Medan magnet (mT)	Berat segar(gram)					Rata-rata (gram)	SD
	1	2	3	4	5		
0,0	17.63	16.87	17.71	17.61	18.05	17.57	0.43
0,1	21.89	26.85	13.28	16.57	18.09	19.33	5.22
0,2	23.26	27.34	21.64	27.65	25.75	25.13	2.61
0,3	24.21	23.28	23.09	17.73	22.19	22.10	2.55
0,4	21.43	24.80	23.71	19.86	19.38	21.83	2.37
0,5	17.20	24.49	23.09	24.43	19.80	21.80	3.20
0,6	19.23	24.97	24.38	15.69	17.39	20.33	4.16
0,7	20.79	16.02	17.96	15.75	21.96	18.49	2.79

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan berat segar tanaman antara tanaman kontrol dengan tanaman yang diberi paparan medan magnet. Berat segar tanaman kontrol lebih ringan dibandingkan dengan yang diberi perlakuan menggunakan medan magnet yaitu  $17.57 \pm 0.43$  gram. Ketika tanaman diberi perlakuan medan magnet 0,1 mT beratnya adalah tanaman yaitu  $19.33 \pm 5.22$  gram. Berat tertinggi diperoleh pada tanaman yang diberi perlakuan medan magnet 0,2 mT yaitu  $25.13 \pm 2.61$  gram.

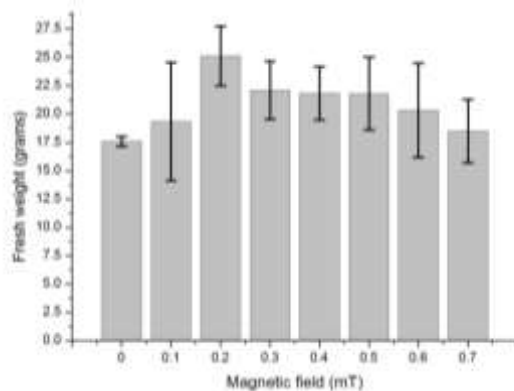
Data berat segar kunyit apabila diplot menggunakan grafik terlihat pada Gambar 4.1. Berat terukur merupakan berat total tanpa dikurangi berat benih pada saat

disemai yaitu 7 gram. Hasil pengukuran bobot hasil produksi menunjukkan bahwa paparan MFs mempengaruhi hasil produksi. Gambar 2 menunjukkan bobot paling ringan diperoleh pada tanaman yang tidak dipapar MF yaitu  $17,58 \pm 0,438$  gram, sedangkan bobot paling optimum diperoleh pada tanaman yang dipapar MFD 0,2 mT yaitu  $25,13 \pm 2,61$  gram atau mengalami peningkatan sebesar 42,96%. Pada paparan MFD 0,3-0,7 mT peningkatannya lebih kecil, dan terendah terjadi pada paparan MFD 0,7 mT yaitu 5,23% atau  $18,49 \pm 2,79$  gram. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa paparan MFD 0,1-0,5 mT berpengaruh nyata ( $p \leq 0,05$ ) terhadap berat segar kunyit merah (Grafik 4.2).

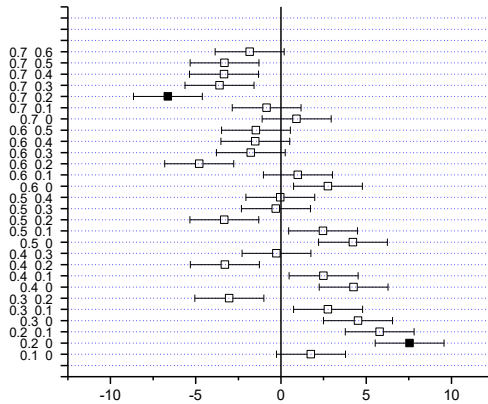
Uji Analysis of Variance (ANOVA) untuk mengetahui perbedaan antara kelompok kontrol dengan kelompok yang diberi perlakuan dengan medan magnet terlihat pada Tabel 4.2.

Tabel. 4.2 Hasil analisa statistik dengan ANOVA

	Jumlah kuadrat	Derajat kebebasan	Rata-rata berat segar	F-hitung	Sig
Antar grup	202.724	7	28.960	2.837	.000
Dalam grup	326.68	32	10.208		
Total	529.405	39			



Gambar 4.1. Berat segar kunyit merah dipaparkan pada MF 0,0-0,7 mT



4.2 Grafik hasil uji perbedaan setiap perlakuan menggunakan uji Tukey

#### 4.1.2 Kandungan Kurkumin

Pengujian kadar kurkumin pada rimpang kunyit menggunakan spektrofotometer uv-vis dan sebelumnya diekstraksi dengan cara maserasi. Metode maserasi dilakukan dengan cara melarutkan cairan etanol 96% ke dalam serbuk simplisia kunyit yang sudah disiapkan, kemudian didiamkan selama 24 jam. Hasil yang didapatkan disaring dan dipadatkan dalam *water bath* sampai membentuk ekstrak kental. Selanjutnya menghitung hasil rendemen yang didapatkan menggunakan persamaan :

$$\text{Rendeman} = \frac{\text{Berat kurkumin}}{\text{berat serbuk kunyit}} \times 100\%$$

Setelah melakukan pengekstrakan rimpang kunyit dilanjutkan dengan pembuatan kurva standar. Hasil pengukuran larutan standar diperoleh sebagaimana Tabel. 4.3. Setelah diplot menggunakan regresi linier diperoleh persamaan

$$y = 0,1691x - 0,0052.$$

Tabel 4. 3 Data absorbansi larutan standar kurkumin

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
x	y
1	0,167795
2	0,349489
3	0,474191
4	0,674565
5	0,832242
6	1,0219

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa terdapat pengaruh kerapatan fluks magnet terhadap kadar kandungan senyawa kurkumin tanaman kunyit merah. Kandungan senyawa kurkumin yang paling optimum diperoleh pada kerapatan fluks magnet 0,3 mT sebesar  $0.739 \pm 0.4300\%$ . Hasil kerapatan fluks magnet 0,0 mT sebesar  $1,48 \pm 0.86\%$ . Hasil uji kandungan kurkumin paling rendah pada medan magnet 0.7 mT yaitu  $0.65 \pm 0.22\%$ . Tabel 4.4. setelah diplot grafik terlihat pada gambar 4.3.

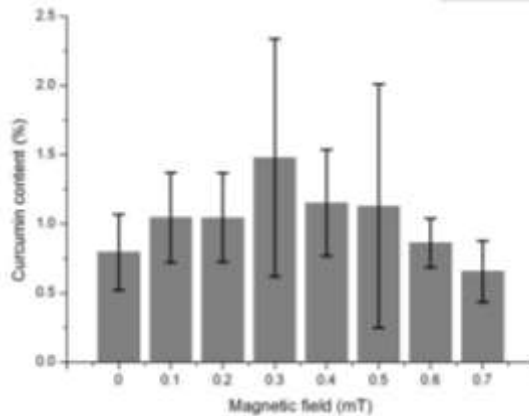


Tabel 4.4 Data kandungan kurkumin rimpang kunyit yang diberi paparan medan magnet 0,0-0,7 mT

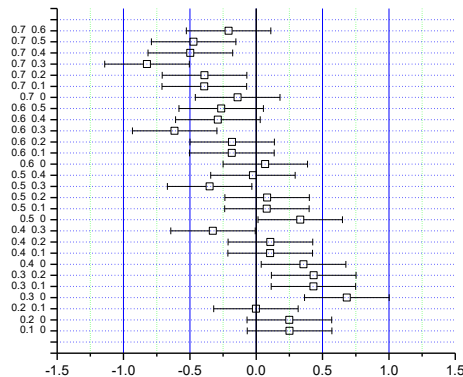
Medan magnet (mT)	Kandungan kurkumin (%)					Rata-rata (%)	SD
	1	2	3	4	5		
0,0	0.76	0.69	0.60	0.65	1.27	0.79	0.27
0,1	1.47	1.09	1.23	0.77	0.68	1.05	0.33
0,2	0.83	1.47	0.66	1.23	1.03	1.04	0.32
0,3	0.58	1.04	2.74	1.94	1.08	1.48	0.86
0,4	1.76	1.07	1.24	0.89	0.78	1.15	0.38
0,5	1.15	0.67	0.48	2.64	0.69	1.13	0.88
0,6	0.74	0.61	0.97	1.01	0.98	0.86	0.18
0,7	0.47	0.95	0.81	0.61	0.43	0.65	0.22

Kurkumin merupakan antioksidan yang memiliki efek antiinflamasi. Kurkumin adalah senyawa alami yang memberi warna kuning cerah pada kunyit. Kadar kurkumin diukur pada saat tanaman kunyit berumur 75 hari. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa paparan MF berpengaruh terhadap kandungan kurkumin. Gambar 3 menunjukkan bahwa tanpa paparan MF, kandungan kurkuminnya adalah  $0,79 \pm 0,27\%$ . Bila terkena MF dengan MFD 0,1-0,6 mT, kandungan kurkuminnya meningkat. Sebagai perbandingan, pada saat terkena MFD 0,7 mT, kandungannya menurun dibandingkan tanpa paparan. Kandungan kurkumin optimum diperoleh pada tanaman yang dipapar MF dengan MFD 0,3 mT yaitu  $1,48 \pm 0,86\%$  atau meningkat sebesar 85,95%

dibandingkan tanpa MF. Hasil analisis statistik pemaparan dengan MFD 0,3 mT memberikan pengaruh nyata ( $p \leq 0,05$ ) terhadap kandungan kurkumin. Sebaliknya paparan dengan MFD 0,1-0,2 mT dan 0,4-0,7 mT memberikan pengaruh yang tidak nyata (Gambar 4.4).



Gambar 4.3. Kandungan kurkumin kunyit merah yang dipapar MF 0,0-0,7 mT



Gambar 4.4 Grafik hasil uji perbedaan kandungan kurkumin setiap perlakuan menggunakan uji Tukey

#### 4.1.3 Kandungan Magnesium

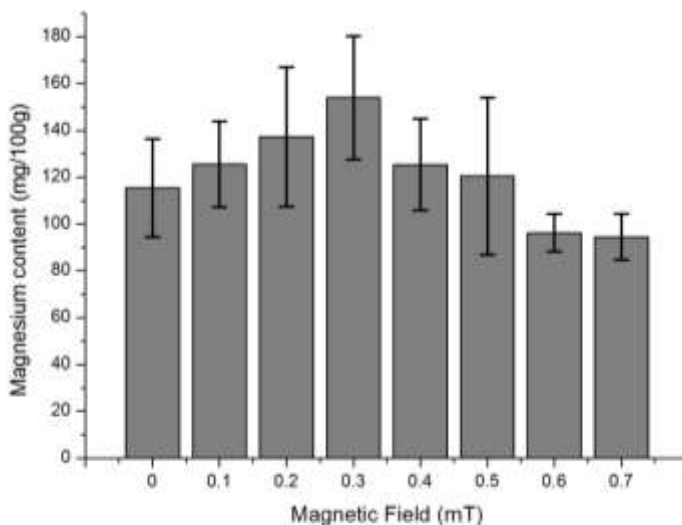
Magnesium merupakan aktivator yang berperan dalam transport energi dari berbagai enzim didalam tanaman. Unsur magnesium sangat dominan berada dalam daun dan ketersediaan klorofil. Kebutuhan magnesium sangat diperlukan untuk memperlancar proses fotosintesis. Magnesium merupakan nutrisi yang sangat penting dalam berbagai macam proses fisiologi dan biokimia dasar pada tanaman. Kadar magnesium yang ada dalam setiap tanaman berbeda-beda. Perbedaan dapat disebabkan faktor lingkungan dan juga metode budidaya yang berbeda-beda. Magnesium merupakan nutrisi yang sangat penting bagi tubuh manusia karena magnesium mempunyai peran yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari seperti aktivator beberapa enzim yang terlibat dalam transportasi energi dalam tubuh (Chairani Hanum, 2008). Jika tubuh kekurangan magnesium, maka akan menyebabkan berbagai macam gejala, salah satunya kram otot, darah tinggi, asma dan akibat yang dirasakan dari gejala tersebut yaitu sulit tidur, otot terasa lemah, gangguan otot dan osteoporosis. Magnesium merupakan unsur hara makro yang dapat ditemukan didalam tanaman jumlah yang banyak. Fungsi dari magnesium dalam tanaman yaitu komponen penyusun klorofil dan dapat menstabilkan partikel ribosom dalam konfigurasi sistem protein dalam tubuh.

Tabel 4.4 menunjukkan adalah data pengaruh kerapatan fluks magnet terhadap kandungan magnesium yang ada pada kunyit merah. Hasil menunjukkan bahwa kerapatan fluks magnet dapat mempengaruhi kadar Magnesium pada kunyit merah. Kadar magnesium pada kontrol yaitu  $115.40 \pm 20.90$  mg/100g. Ketika diberi paparan medan magnet dengan kerapatan fluks magnet 0,1 mT diperoleh kandungan magnesium sebanyak  $125.49 \pm 18.320$  mg/100g. Perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,2 mT diperoleh sebesar  $137.31 \pm 29.844$  mg/100g. Kandungan magnesium

tertinggi diperoleh pada kerapatan fluks magnet 0,3 mT yaitu sebesar  $153.93 \pm 26.359$  mg/100g. Data tabel 4.4 diplot grafik diperoleh Gambar 4.5.

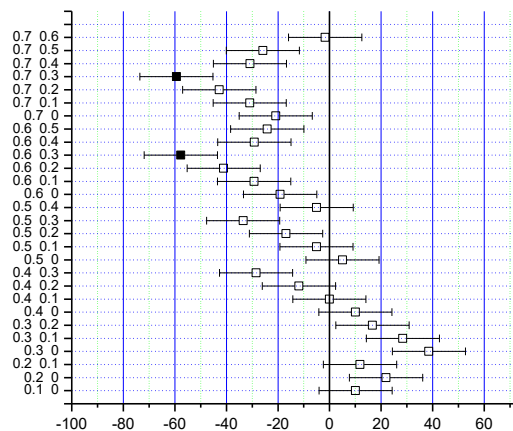
Tabel 4.4 Kandungan magnesium rimpang kunyit yang diberi perlakuan medan magnet 0,0-0,7 mT

Medan magnet (mT)	Kandungan Magnesium (mg/100g)					Rata-rata (mg/100g)	SD
	1	2	3	4	5		
0,0	146.18	87.37	117.20	113.24	113.01	115.40	20.90
0,1	118.78	132.07	153.49	105.14	118.00	125.50	18.32
0,2	125.80	164.01	166.85	135.49	94.40	137.31	29.84
0,3	127.97	165.46	184.39	124.52	167.33	153.93	26.36
0,4	121.99	156.35	112.13	130.43	106.22	125.42	19.61
0,5	173.30	133.74	92.22	98.79	104.07	120.42	33.55
0,6	89.98	95.34	93.79	91.94	110.12	96.23	8.02
0,7	83.07	93.79	93.79	91.94	110.12	94.54	9.77



Gambar 4.5. Kandungan magnesium rimpang kunyit merah yang dipapar MF 0,0-0,7 mT

Magnesium merupakan nutrisi penting yang tidak diproduksi secara alami oleh tubuh. Magnesium bermanfaat untuk menjaga metabolisme tubuh, memproduksi enzim, menjaga kesehatan tulang, otot, dan jantung, serta menurunkan risiko diabetes dan penyakit jantung. Rimpang kunyit memiliki kandungan magnesium yang relatif tinggi. Peningkatan kandungan magnesium pada rimpang kunyit merah dapat dilakukan dengan menggunakan MF pada awal pertumbuhan. Gambar 4 menunjukkan kandungan magnesium rimpang kunyit yang dipapar dengan MF dengan MFD 0,0-7,0 mT. Paparan dengan MFD 0,1-0,5 mT meningkatkan kandungan magnesium, sedangkan MFD 0,6-0,7 mT menurunkan kandungan magnesium. Kandungan magnesium optimum terdapat pada rimpang kunyit yang dipapar dengan MFD 0,3 mT yaitu  $153,93 \pm 26,36$  mg/100g, atau meningkat sebesar 33,39% dibandingkan tanpa paparan yaitu  $115,40 \pm 20,90$  mg/100g. Analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan dengan MFD 0,3 mT secara signifikan ( $p \leq 0,005$ ) meningkatkan kandungan magnesium, sedangkan MFD lainnya tidak signifikan (Gambar 4.6).



Gambar 4.6 Grafik hasil uji perbedaan kandungan magnesium setiap perlakuan menggunakan uji Tukey

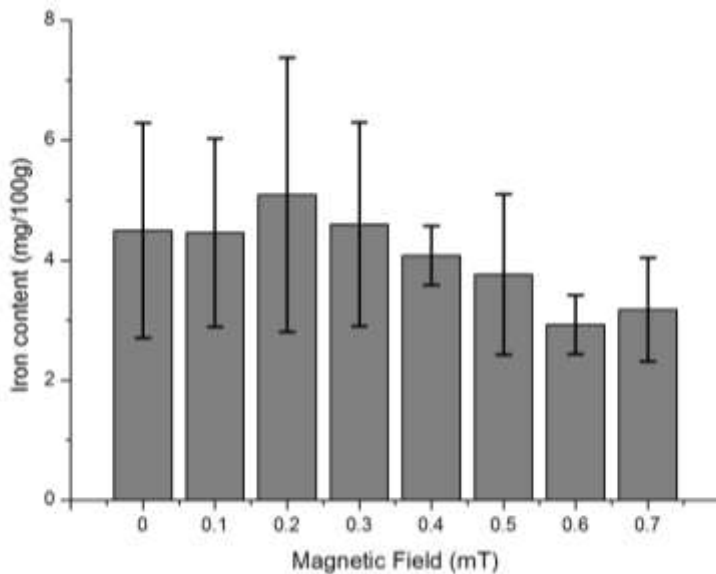
#### 4.1.4 Kandungan Zat besi

Kadar zat besi adalah jumlah zat besi yang berada pada tanaman. Zat besi memiliki peran yang sangat penting untuk tubuh dalam membentuk sel darah merah dan juga dapat meningkatkan kemampuan kinerja otak. Kadar ferritin yang ada dalam darah manusia menunjukkan adanya zat besi dalam tubuh. Zat besi sangat dibutuhkan untuk manusia baik remaja, anak-anak maupun orang tua. Kebutuhan zat besi pada tubuh manusia harus sesuai dengan kebutuhan tubuh. Apabila tubuh kekurangan zat besi dapat menyebabkan penyakit anemia defisiensi. Di negara indonesia, anemia defisiensi dapat memicu penurunan konsentrasi belajar dan perkembangan tubuh anak (Mann dan Truswell, 2014).

Tabel 4.5 Data kandungan zat besi rimpang kunyit yang diberi paparan medan magnet 0,0-0,7 mT

Medan magnet (mT)	Kandungan zat besi (mg/100g)					Rata-rata (mg/100g)	SD
	1	2	3	4	5		
0,0	7.90	3.55	2.72	3.86	4.47	4.50	2.00
0,1	2.49	7.23	3.81	3.95	4.81	4.46	1.76
0,2	6.34	4.80	4.58	8.35	1.40	5.09	2.56
0,3	3.13	2.80	4.51	7.59	4.95	4.60	1.90
0,4	3.92	4.81	4.03	4.32	3.32	4.08	0.55
0,5	3.36	4.35	5.97	3.17	1.96	3.76	1.50
0,6	3.17	2.41	3.77	2.59	2.70	2.93	0.55
0,7	3.61	1.84	3.18	4.45	2.80	3.18	0.97

Tabel 4.5 menunjukkan kandungan zat besi rimpang kunyit karena perlakuan medan magnet. Kandungan zat besi yang ada dalam rimpang kunyit kontrol adalah  $4.50 \pm 2.00$  mg/100g, sementara itu dengan perlakuan medan magnet 0,1 mT kandungan zat besinya menjadi  $4.46 \pm 1.76$  mg/100g atau sedikit menurun dibandingkan dengan kontrol. Kandungan zat besi tertinggi diperoleh dari perlakuan medan magnet 0,2 mT yaitu  $5.09 \pm 2.56$  mg/100g, sedangkan terendah diperoleh dari perlakuan medan magnet 0,6 mT yaitu  $2.93 \pm 0.55$  mg/100g. Selanjutnya dilakukan plot grafik dari data Tabel 4.5, diperoleh pada gambar 4.7.



Gambar 4.7. Kandungan zat besi rimpang kunyit merah yang dipapar MF 0,0-0,7 mT

Zat besi merupakan mineral yang berperan penting dalam pembentukan hemoglobin dalam sel darah merah. Kebutuhan zat besi pada manusia bergantung pada jenis kelamin dan berat badan. Rimpang kunyit mengandung zat besi meski dalam jumlah

terbatas. Paparan MF dapat meningkatkan atau menurunkan kandungan zat besi pada kunyit, seperti terlihat pada Gambar 4.7. Paparan dengan MFD 0,2 mT dan 0,3 mT meningkatkan kandungan zat besi, sedangkan paparan dengan MFD 0,1, 0,4, 0,5, 0,6, dan 0,7 mT menurunkan kandungan zat besi. Kandungan besi tertinggi diperoleh pada tanaman dengan paparan MFD 0,3 mT yaitu  $5,10 \pm 2,29$  mg/100g atau meningkat sebesar 13,2% dibandingkan tanpa paparan yaitu  $4,50 \pm 1,79$  mg/100g. Hasil pengujian menggunakan statistik menunjukkan tidak adanya pengaruh yang signifikan paparan MF terhadap kandungan zat besi.

#### **4.15 Kandungan Asam oksalat**

Asam oksalat merupakan senyawa turunan dari asam karboksilat yang mempunyai 2 karboksil yang berada pada bagian ujung rantai karbon yang lurus (Hutapea, 2011). Asam oksalat sering digunakan pada dunia industri, contohnya digunakan sebagai pelapis yang dapat melindungi logam dari kerak, bleaching dan bahan pencampur lain. Asam oksalat mempunyai manfaat yaitu sebagai bahan pemutih dalam bidang obat-obatan dan serat, pengolahan air limbah dan juga sebagai penghapus tinta pada kain (M Dakshene et.al 2013). Asam oksalat berada pada beberapa jenis makanan dan minum salah satunya yaitu pada tanaman kunyit merah. Selain berada didalam makanan dan minuman. Asam oksalat juga dapat dihasilkan dari sisa metabolisme vitamin C dan Asam Karbonat. Pembentukan asam oksalat biasanya terjadi di usus besar, ginjal dan saluran kemih. Tempat keluarnya asam oksalat biasanya terjadi di dalam tubuh melalui tinja dan urine. Jika terjadi kelebihan asam oksalat pada tubuh, maka mineral yang ada dalam tubuh akan mudah mengendap dan mengkristal. Dan akan menyebabkan masalah kesehatan di dalam tubuh manusia. Salah satu resiko jika kelebihan asam oksalat yaitu terjadinya batu ginjal dan menghambat penyerapan nutrisi.



Pengukuran kadar oksalat pada rimpang kunyit menggunakan metode spektrofotometer Uv-Vis. Metode spektrofotometer Uv-Vis digunakan untuk mengukur absorbansi pada panjang gelombang yang telah ditentukan. Laporan sebelumnya menyampaikan bahwa kadar oksalat pada tanaman bayam yaitu tinggi yaitu  $110,018 \pm 11,1817\%$ . Dari data tersebut didapatkan hasil yang sangat tinggi, dan memungkinkan terjadinya penyakit yang ada pada tubuh kita dan juga dapat menghambat zat-zat yang lain pada tubuh kita. Maka dilakukanlah penelitian menguji kadar asam oksalat pada tanaman kunyit merah dengan menggunakan beberapa kerapatan fluks magnet dan diharapkan kadar asam oksalat pada tanaman kunyit merah menurun sehingga kunyit dengan aman dikonsumsi oleh manusia.

Sebelum menghitung kadar oksalat pada tanaman kunyit merah, langkah pertama yang harus dilakukan adalah membuat kurva baku dengan menggunakan beberapa variasi konsentrasi dan menghasilkan garis linier. Hasil pengukuran absorbansi larutan standar asam oksalat diperoleh persamaan

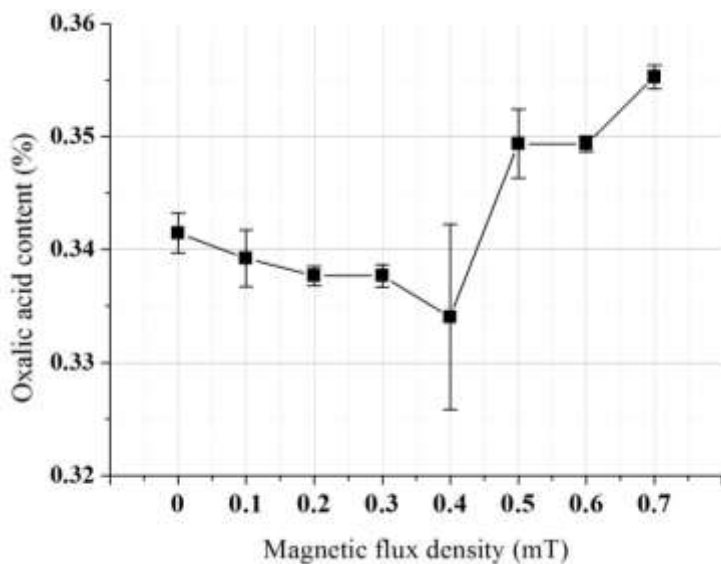
$$y = 0,01712 + 0,0364x$$

Dimana x adalah konsentrasi dan y adalah absorbansi.

Tabel 4.6 Menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan medan magnet terhadap kadar oksalat rimpang kunyit merah. Kandungan asam oksalat menunjukkan perbedaan di setiap perlakuannya. Kandungan asam oksalat pada kontrol adalah  $0.341 \pm 0.002\%$ , sedangkan pada kerapatan fluks magnet 0,1 mT mengalami penurunan menjadi  $0.339 \pm 0.003\%$ . Ketika diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,2 mT menjadi  $0.338 \pm 0.001\%$ . dan dengan medan magnet 0,3 mT menjadi  $0.338 \pm 0.001\%$ . Kadar oksalat dengan kerapatan fluks magnet 0,4 mT sebesar  $0.334 \pm 0.008\%$ . Hasil plot grafik dari data kandungan oksalat. seperti pada gambar 4.8.

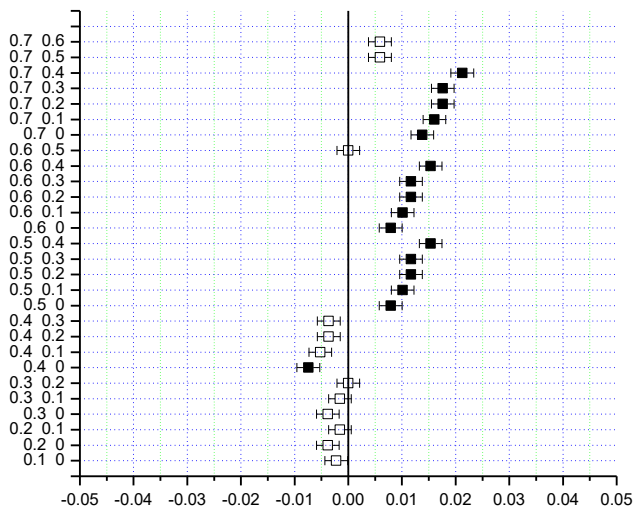
Tabel 4.6 Data kandungan asam oksalat rimpang kunyit yang diberi paparan medan magnet 0,0-0,7 mT

Medan magnet (mT)	Kandungan asam oksalat(%)					Rata-rata (mg/100g)	SD
	1	2	3	4	5		
0.0	0.340	0.343	0.341	0.340	0.344	0.341	0.002
0.1	0.342	0.336	0.341	0.339	0.337	0.339	0.003
0.2	0.338	0.339	0.337	0.336	0.338	0.338	0.001
0.3	0.337	0.337	0.338	0.337	0.339	0.338	0.001
0.4	0.343	0.344	0.328	0.328	0.328	0.334	0.008
0.5	0.355	0.347	0.349	0.349	0.348	0.349	0.003
0.6	0.349	0.349	0.351	0.349	0.349	0.349	0.001
0.7	0.355	0.356	0.357	0.354	0.355	0.355	0.001



Gambar 4.8. Kandungan asam oksalat rimpang kunyit merah yang dipapar MF 0,0-0,7 mT

Konsumsi asam oksalat secara berlebihan dapat menyebabkan terbentuknya batu pada saluran kemih. Rimpang kunyit merupakan bahan pangan yang mengandung asam oksalat. Pemaparan menggunakan MF pada saat menanam kunyit mempengaruhi kandungan asam oksalat. Gambar 4.8 menunjukkan kandungan asam oksalat pada rimpang kunyit yang dipapar dengan MFD 0,0-0,7 mT. Kadar asam oksalat terendah diperoleh pada kunyit yang dipapar dengan MF 0,4 mT sebesar  $0,33 \pm 0,01$  % atau turun sebesar 2,18% dibandingkan tanpa paparan  $0,34 \pm 0,00$  %. Kadar oksalat optimal diperoleh pada tanaman yang dipapar dengan MF 0,7 mT sebesar  $0,36 \pm 0,00$  % atau meningkat sebesar 4,04% dibandingkan tanpa paparan. Hasil pengujian menggunakan statistik paparan 0,4-0,7 mT memberikan pengaruh nyata ( $p \leq 0,05$ ) terhadap kandungan oksalat pada rimpang kunyit (Gambar 4.9).



Gambar 4.6 Grafik hasil uji perbedaan kandungan asam oksalat setiap perlakuan menggunakan uji Tukey

## 4.2 Pembahasan

Penggunaan MF di sektor pertanian mempengaruhi pertumbuhan, produktivitas, dan kualitas produk pertanian. Efek yang ditimbulkan oleh penggunaan MF dapat meningkatkan pertumbuhan, produksi, atau kualitas atau menurunkannya, tergantung pada MFD, frekuensi, waktu paparan, dan jenis MF. Paparan menggunakan MF dengan MFD 0,2 mT meningkatkan rendemen produksi dan kandungan besi kunyit merah. Paparan dengan MFD 0,3 mT meningkatkan kandungan kurkumin dan magnesium. Paparan dengan MFD 0,4 mT menurunkan kandungan asam oksalat, namun meningkat pada kepadatan 0,7 mT. Persentase kenaikan dan penurunan produksi dan kandungan kunyit merah dapat dilihat pada Tabel 4.7. Kondisi serupa juga dilaporkan bahwa paparan menggunakan MF statis 4 mT selama satu jam meningkatkan kandungan total fenolik sebesar 93,89%, flavonoid sebesar 36,43%, dan menurunkan nilai IC50 sebesar 43,01% (Mansourkhaki et al., 2019). Penelitian lain melaporkan bahwa paparan MF 50 mT selama 45 menit memiliki konsentrasi vitamin E yang lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol (Bukhari et al., 2021). Paparan MF statis sebesar 0,44 T, 0,77 T, dan 1 T selama 1-3 jam terbukti meningkatkan kandungan bioaktif selada (Arafat Abdel Hamed Abdel Latef; Dawood, MFA; Hassanpour, H. Rezayian, M.; Younes, 2020).

Tabel 4.7. Perubahan berat segar dan kandungan kurkumin, magnesium, besi, dan asam oksalat akibat paparan MF 0,1-0,7 mT

Magnetic field (mT)	Increased (%)				
	Fresh weight	Curcumin	Magnesium	Iron	Oxalic acid
0.1	10.01	31.64	8.75	-0.93	-0.65
0.2	42.96	31.41	18.99	13.20	-1.11
0.3	25.73	85.95	33.39	2.13	-1.11
0.4	24.24	44.89	8.69	-9.33	-2.18
0.5	24.04	41.77	4.35	-16.40	2.31
0.6	15.68	8.56	-16.61	-34.93	2.31
0.7	5.23	-17.62	-18.07	-29.42	4.04

Air dan jaringan hidup merupakan bahan diamagnetik (Schenck, 2005). Putaran elektron bahan diamagnetik tidak mengalami penataan ulang karena pengaruh MF eksternal dan selalu ditolak olehnya (Fuseya et al., 2012). Paparan MF pada air dapat menurunkan koefisien tegangan permukaan air (Hassan et al., 2021). MF menurunkan koefisien difusi diri molekul air dan membatasi pergerakannya, sehingga mengubah viskositasnya dalam keadaan cair (Chang, 2006). MF mengakibatkan perubahan struktur gugus air dan terbentuknya klatrat pada gas yang terlarut di dalamnya. (Chang, 2006) melaporkan bahwa lebih banyak ikatan hidrogen terbentuk di bawah pengaruh MF. Perubahan sifat fisikokimia air yang termagnetisasi dapat mempengaruhi secara langsung atau tidak langsung beberapa proses fisiologis pada tanaman, sehingga menimbulkan efek tambahan pada pertumbuhan dan perkembangan. Paparan MF selama proses penyemaian dilaporkan menyebabkan peningkatan produktivitas tanaman dan perubahan metabolisme air dan mineral (Tirono, 2022).

Telah ditemukan bahwa paparan MF memberikan pertumbuhan dan respon fisiologis bahkan pada tahap akhir pengolahan benih, seperti memanen tanaman dewasa (El-Gizawy A.M., M.E. Ragab, Nesreen A.S. Helal, 2016). (Shine et al., 2011)

menyatakan bahwa peningkatan perkecambahan benih kedelai yang diberi perlakuan MF dimungkinkan karena adanya spesies oksigen reaktif (ROS). Peningkatan produksi ROS dalam biji ini difasilitasi oleh reaksi oksidatif peroksidase (Sachdev et al., 2021), sedangkan antioksidan mendorong pembuangan radikal bebas berlebih (Martemucci et al., 2022). Keseimbangan antara produksi ROS dan pemulungannya mempunyai pengaruh yang lebih baik terhadap perkecambahan benih yang diberi perlakuan MF (Synowiec-Wojtarowicz, 2023). Selain itu, MF mempengaruhi struktur membran sel dengan meningkatkan permeabilitas dan transpor ion melalui saluran ion (Koch et al., 2003) dan mempengaruhi beberapa aktivitas metabolisme (Zhang et al., 2017). (Vashisth & Nagarajan, 2010) melaporkan bahwa paparan MF statis 50 mT - 250 mT pada biji bunga matahari memperkuat integritas membran sekaligus mengurangi penyaringan sel dan konduktivitas listrik. Oleh karena itu paparan medan listrik dengan MFD 0,1-0,5 mT menyebabkan produksi kandungan besi, kurkumin, dan magnesium meningkat, sedangkan kandungan besi meningkat pada MFD 0,2-0,3 mT dan asam oksalat 0,5-0,7 mT. .



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan mengenai pengaruh paparan medan magnet terhadap kadar kandungan senyawa kurkumin, Magnesium, Zat Besi dan Oksalat Pada Tanaman Kunyit Merah (*Curcuma Domestica Val*).

1. Paparan medan magnet mempunyai pengaruh terhadap berat segar Tanaman Kunyit Merah dan juga terhadap Kadar kandungan Senyawa Kurkumin Magnesium, Zat Besi dan Oksalat pada tanaman kunyit merah (*Curcuma Domestica Val*)
2. Hasil optimal berat segar dan zat besi pada kerapatan fluks 0,2 mT, kandungan kurkumin dan magnesium pada 0,3 mT, kandungan asam oksalat pada 0,7 mT.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, saran yang dapat dipertimbangkan untuk mengembangkan konsep penelitian kedepannya antara lain yaitu:

1. Perlu memperhatikan arah medan magnet khususnya apabila dihubungkan dengan arah magnet bumi.
2. Menambah waktu pemanenan agar perubahan yang terjadi lebih signifikan.





## DAFTAR PUSTAKA

- Aladjadjiyan, A. (2010) Influence of stationary magnetic field on lentil seeds', International Agrophysics 24: 321-324.
- Arafat Abdel Hamed Abdel Latef; Dawood, MFA; Hassanpour, H. Rezayian, M.; Younes, N. A. (2020). Impact of the Static Magnetic Field on Growth, Pigments, Osmolytes, Nitric Oxide, Hydrogen Sulfide, Phenylalanine Ammonia-Lyase Activity, Antioxidant Defense System, and Yield in Lettuce. *Biology*, 9(172).
- Atak, C., Çelik, O., 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.
- Babaloo, F., Majd, A., Arbabian, S., Sharifnia, F., Ghanati, F. (2018). The effect of magnetized water on some characteristics of growth and chemical constituent in rice (*Oryza sativa* L.) Var Hashemi. *EurAsian Journal of BioSciences*, 12(1):129–137.
- Barth, SW., Koch, TCL., Watzl, B., Dietrich, H., Will, F., Bub, A. (2010). Design & Development of Helmholtz Coil for Hyperpolarized MRI. Excerpt from the Proceedings of the COMSOL Conference 2010 India.
- Belyavskaya, NA. (2004). Biological effects due to weak magnetic field on plants. *Advances in Space Research* 34(7):1566–1574.
- Bukhari, S. A., Tanveer, M., Mustafa, G., & Zia-ud-den, N. (2021). Magnetic Field Stimulation Effect on Germination and Antioxidant Activities of Presown Hybrid Seeds of Sunflower and Its Seedlings. 2021.
- 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.
- Carbonell, MV., Martinez, E. Amaya, JM. (2000). Stimulation of germination in rice (*Oryza sativa* L.) by a static magnetic field. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 19(2): 121–128.
- Chang, K.-T. C.-I. W. (2006). The effect of an external magnetic field on the structure of liquid water using molecular dynamics simulation The effect of an external magnetic field on the structure of liquid water. *JOURNAL OF APPLIED PHYSICS*, January 1999. <https://doi.org/10.1063/1.2335971>

- Cho, NH. (2019) International Diabetes Federation. Ninth edition 2019. IDF. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(55\)92135-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(55)92135-8)
- 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.
- De Souza, A. Sueiro, L., Manuel L., et al. (2008). Improvement of the growth and yield of lettuce plants by non-uniform magnetic fields. Electromagnetic Biology and Medicine, 27(2):173–184.
- Dhawi, F., Al-Khayri, JM. (2008). Proline Accumulation in Response to Magnetic Fields in Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.). The Open Agriculture Journal, 2(1):80–83.
- Dhawi, F., Al-Khayri, JM. (2009). Magnetic Fields Induce Changes in Photosynthetic Pigments Content in Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Seedlings. The Open Agriculture Journal, 3(1):1–5.
- 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>
- Evans, EW., Dodson, CA., Maeda, K., Biskup, Wedge, TCJ., Timmel, CR. (2022). Magnetic field effects in flavoproteins and related systems. Interface Focus, 3 :1-17.
- Fujimura, Y. Iino, M. (2009). Magnetic field increases the surface tension of water', Journal of Physics: Conference Series, 156:1-5
- Fuseya, Y., Ogata, M., & Fukuyama, H. (2012). Spin-Hall Effect and Diamagnetism of Dirac Electrons. September. <https://doi.org/10.1143/JPSJ.81.093704>
- 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.
- Grewal, HS., Maheshwari, BL. (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.
- Gupta, SC. (2013). Review Article Curcumin, a Component of Turmeric : From Farm to Pharmacy, BioFactors: 2–13.

- Hassan, S. M., Batoo, K. M., & Raslan, E. H. (2021). Surface tension under magnetic field effect for nanoscaled water Surface tension under magnetic field effect for nanoscaled water. *The European Physical Journal Plus*, July 2022. <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-021-01287-1>
- Heffernan, C. Ukrainczyk, M., Gamidi, RK., Hodnett, BK., Rasmuson, ÅC. (2017). Extraction and Purification of Curcuminoids from Crude Curcumin by a Combination of Crystallization and Chromatography. *ACS Paragon Plus Environment* :1-15..
- 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.
- Kataria, MBSS., Anjali, KNG. (2017). Enhancement of maize seeds germination by magnetopriming in perspective with reactive oxygen species. *Journal of Agricultural and Crop Research* 5(4):66-76.
- Koch, C. L. M. B., Sommarin, M., Persson, B. R. R., Salford, L. G., & Eberhardt, J. L. (2003). Interaction between Weak Low Frequency Magnetic Fields and Cell Membranes. *Bioelectromagnetics*, 24(6), 395–402. <https://doi.org/10.1002/bem.10136>
- Kumari, A., Singh, SK., Rai, GK. (2020). Physiological and Biochemical Response of Plants under Drought Stress. *Plant Abiotic Stress Tolerance: Physiochemical and Molecular Avenues*:77-92.
- Latef AAHA, Dawood MFA., Hassanpour H, Rezayian M., and Younes NA. (2020) Impact of the Static Magnetic Field on Growth, Pigments, Osmolytes, Nitric Oxide, Hydrogen Sulfide Phenylalanine Ammonia-Lyase Activity, Antioxidant Defense System, and Yield in Lettuce, *biology* 172:1–19.
- Maffei, ME. (2014). Magnetic field effects on plant growth, development, and evolution. *Frontiers in Plant Science*, 5:1–15.
- Mansourkhaki, M., Hassanpour, H., & Hekmati, M. (2019). Effect of static magnetic field on growth factors , antioxidant activity and anatomical responses of *Silybum marianum* seedlings. 7(28).
- Marin, JA., Andreu, P., Carrasco, A., Arbeloa, A. (2010). Determination of proline concentration , an abiotic stress marker, in root exudates of excised root cultures of fruit tree rootstocks under salt stress. *Revue des Régions Arides* 24: 722–727.

- Martemucci, G., Costagliola, C., Mariano, M., Luca, D., Napolitano, P., & Alessandro, A. G. D. (2022). Free Radical Properties , Source and Targets , Antioxidant Consumption and Health. 48–78.
- Pang, XF., 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.
- Parola, AH. Kost, D. (2005) ‘Radical scavengers suppress low frequency EMF enhanced proliferation in cultured cells and stress effects in higher plants’, *Environmentalist*, 25(2-4):103–111.
- Paul, AL., Ferl, RJ., Meisel, MW. (2006). High magnetic field induced changes of gene expression in arabidopsis. *BioMagnetic Research and Technology*, 4:1–10.
- Pavlovic, D., Nikolic, B., Djurovic, S., Waisi, H., Andjelkovic, A., Marisavljevic, D. (2014). Chlorophyll as a measure of plant health: Agroecological aspects. *Pestic ifitomedicina*, 29(1) : 21–34.
- Pingping, Z., Ruochun, Y., Zhiyou, C., Lifang, W., Zengliang, Y. (2007). Genotoxic Effects of Superconducting Static Magnetic Fields (SMFs) on Wheat (*Triticum aestivum*) Pollen Mother Cells (PMCs). *Plasma Science and Technology*, 9(2):241-247.
- Răcuciu, M., Creangă, D. Horga, I. (2008). Plant growth under static magnetic field influence. *Romanian Reports of Physics*, 53(1–2):353–359.
- Sachdev, S., Ansari, S. A., Ansari, M. I., & Fujita, M. (2021). Abiotic Stress and Reactive Oxygen Species : Generation ,.
- 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.
- Samuel, T., Noble, R. (2015). Proline accumulation and metabolism-related genes expression profiles in *Kosteletzkya virginica* seedlings under salt stress. *Frontuers In Plant Science*, 6:1–9.
- Schenck, J. F. (2005). Physical interactions of static magnetic fields with living tissues. 87, 185–204. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2004.08.009>
- Shabrangi, A., Hassanpour, H., Majd, A., Sheidai, M. (2015). Induction of genetic variation by electromagnetic fields in *Zea mays* L. and *Brassica napus* L. *Caryologia*, 7114:1–8. <https://doi.org/10.1080/00087114.2015.1109920>.

- Shibghatallah, MAH. Khotimah, ST., Suhandono, S., Viridi, S., Kesuma, T. (2013). Measuring leaf chlorophyll concentration from its color: A way in monitoring environment change to plantations. AIP Conference Proceedings, 1554:210–213.
- Shine, M. B., Guruprasad, K. N., & Anand, A. (2011). Enhancement of Germination , Growth , and Photosynthesis in Soybean by Pre-Treatment of Seeds With Magnetic Field. 484(March), 474–484. <https://doi.org/10.1002/bem.20656>
- Swapnil, P. Meena, M., Singh, SK., et al. (2021). Current Plant Biology Vital roles of carotenoids in plants and humans to deteriorate stress with its structure , biosynthesis , metabolic engineering and functional aspects. Current Plant Biology, 26:100203.
- Synowiec-Wojtarowicz, A. A. K. M. K.-D. (2023). applied sciences The Effect of Resveratrol and Static Magnetic Field Interactions on the Oxidation – Reduction Parameters of Melanoma Malignant Cells. Appl. Sci. 2023,.
- 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
- Tang, M., Larson-meyer, DE., Liebman, M. (2008). Effect of cinnamon and turmeric on urinary oxalate excretion, plasma lipids, and plasma glucose in healthy subjects. Am J Clin Nutr, 87:1262–1267.
- Tao, Q., Zhang, L., Han, X., et al. (2020). Magnetic Susceptibility Difference-Induced Nucleus Positioning in Gradient Ultrahigh Magnetic Field. Biophysical Journal, 118(3):578–585.
- Tayyem, RF., Heath, DD., Al-Delaimy, WK., Rock, CL. (2014). Curcumin Content of Turmeric and Curry Powders Curcumin Content of Turmeric and Curry Powders. Nutrition And Cancer, 55(2):26–131.
- Teixeira, JA. Dobránszki, J. (2015). Magnetic fields : how is plant growth and development impacted . Protoplasma: 1-18.
- Tirono, M. (2022). The Use of a Time-Changing Magnetic Field to Increase Soybean ( Glycine max ) Growth and Productivity. 17(5), 737–743.
- Tirono, M. Hananto, FS., Suhariningsih, Aini, QA(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.

- Valiron, O. Peris, L., Rikken, G., et al. (2005). Cellular disorders induced by high magnetic fields', *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 22(3):334–340.
- Vashisth, A., & Nagarajan, S. (2010). Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field. *Journal of Plant Physiology*, 167(2), 149–156. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.08.011>
- Winklhofer, M. (2014). Introduction Magnetoreception. *J. R. Soc. Interface*, 7: S131–S134.
- Youssef, MA. Abou, ME. (2019). Effectiveness of different nutrition sources and magnetic fields on lettuce grown under hydroponic system. *Scientific Journal of Agricultural Sciences*, 1(2):62-71
- Zhang, X., Yarema, K., & Xu, A. (2017). Biological Effects of Static Magnetic Fields. In *Biological Effects of Static Magnetic Fields* (Issue April 2017). <https://doi.org/10.1007/978-981-10-3579-1>
- Zulfiqar, F., Aisha, N., Muhammad, A. (2020). Osmoprotection in plants under abiotic stresses : new insights into a classical phenomenon. *Planta*, 251(1):1–17.

## DOKUMENTASI PENELITIAN

1. Pemaparan Medan Magnet Pada Tanaman kunyit Merah (*Curcuma Domestica* Val)



2. Penanaman dan Perawatan Kunyit Merah Pada polybag





### 3. Pengeringan Sampel Rimpang kunyit merah



### 4. Penghalusan Rimpang Kunyit Merah Yang Sudah Di Oven



##### 5. Preparasi Sampel uji Kadar Magnesium dan Zat besi



##### 6. Preparasi Sampel Untuk Uji Kurkumin Menggunakan Alat Spektrofotometer Uv-Vis



## 7. Preparasi Uji Kadar Oksalat Rimpang Kunyit Merah



