

**APLIKASI MEDAN MAGNET 0,2 mT UNTUK MENINGKATKAN  
VIGOR DAN AKTIVITAS ENZIM PROTEASE BENIH PADI (*Oryza sativa*  
L.) GOGO USANG KULTIVAR LOKAL LAMPUNG**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**RAYNA SYURAIHA RABBANI IMRAN  
2017021003**



**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2024**

**APLIKASI MEDAN MAGNET 0,2 mT UNTUK MENINGKATKAN  
VIGOR DAN AKTIVITAS ENZIM PROTEASE BENIH PADI (*Oryza sativa*  
L.) GOGO USANG KULTIVAR LOKAL LAMPUNG**

**Oleh**

**Rayna Syuraiha Rabbani Imran**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Lampung**



**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2024**

## **ABSTRAK**

### **APLIKASI MEDAN MAGNET 0,2 mT UNTUK MENINGKATKAN VIGOR DAN AKTIVITAS ENZIM PROTEASE BENIH PADI (*Oryza sativa* L.) GOGO USANG KULTIVAR LOKAL LAMPUNG**

Oleh

**RAYNA SYURAIHA RABBANI IMRAN**

Produksi padi ditentukan oleh ketersediaan benih yang berkualitas. Benih yang disimpan terlalu lama akan mengalami deteriorasi yang menyebabkan vigor benih menurun. Salah satu cara untuk mengembalikan vigor benih tua adalah dengan pemaparan medan magnet. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh medan magnet 0,2 mT terhadap vigor dan aktivitas enzim protease benih padi gogo lokal Lampung usang. Percobaan dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor yang terdiri atas 5 level perlakuan dengan 5 kali pengulangan yaitu  $S_N$  (kontrol positif),  $S_O$  (kontrol negatif),  $S_{OM3}$ ,  $S_{OM7}$ , dan  $S_{OM11}$  adalah benih tua yang masing masing mendapat paparan medan magnet selama 3 menit 54 detik, 7 menit 48 detik, dan 11 menit 32 detik. Parameter yang diamati meliputi indeks kecepatan perkecambahan (IKP), germinasi hari terakhir (GHT), sebaran waktu germinasi (SWG), tinggi tanaman, berat segar, dan aktivitas enzim protease. Data yang diperoleh dianalisis varian dilanjutkan dengan uji DMRT pada  $\alpha - 5\%$ . Hasil penelitian menunjukkan  $S_{OM3}$  memberikan hasil terbaik pada parameter IKP, GHT, dan SWG, sedangkan aktivitas enzim protease tertinggi diperoleh dari perlakuan  $S_{OM7}$ . Medan magnet tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan berat segar benih.

Kata kunci: enzim protease, benih usang, medan magnet, vigor benih

## ABSTRACT

### APPLICATION OF 0.2 mT MAGNETIC FIELD TO IMPROVE VIGOR AND PROTEASE ENZYME ACTIVITY OF OLD UPLAND RICE (*Oryza sativa* L.) SEEDS FROM LOCAL CULTIVAR OF LAMPUNG

By

RAYNA SYURAIHA RABBANI IMRAN

The quality of rice production is heavily influenced by the availability of high-quality seeds. However, seeds stored for extended periods tend to deteriorate, leading to a decline in vigor. A method to restore the vigor of old seeds is exposure to a magnetic field. This study aimed to assess the effects of a 0.2 mT magnetic field on the vigor and protease enzyme activity of old upland rice seeds from the local Lampung cultivar. The experiment was conducted using a Completely Randomized Design (CRD) with a single factor, comprising five treatment levels with five replications, namely  $S_N$  (positive control),  $S_O$  (negative control),  $S_{OM3}$ ,  $S_{OM7}$ , and  $S_{OM11}$ . The  $S_{OM3}$ ,  $S_{OM7}$ , and  $S_{OM11}$  treatments involved exposing the aged seeds to a magnetic field for 3 minutes 54 seconds, 7 minutes 48 seconds, and 11 minutes 32 seconds, respectively. The parameters observed included the germination rate index (GRI), final germination day (FGD), germination time distribution (GTD), plant height, fresh weight, and protease enzyme activity. The data were analyzed using variance analysis, followed by the DMRT test at a 5% significance level. The results indicated that  $S_{OM3}$  provided the best outcomes in terms of IKP, GHT, and SWG, while the highest protease enzyme activity was observed in the  $S_{OM7}$  treatment. The magnetic field exposure did not significantly affect plant height or fresh seed weight.

**Keywords:** aged seeds, magnetic field, protease enzyme, seed vigor

Judul Skripsi

**: APLIKASI MEDAN MAGNET 0,2 mT  
UNTUK MENINGKATKAN VIGOR DAN  
AKTIVITAS ENZIM PROTEASE BENIH  
PADI (*Oryza sativa* L.) GOGO USANG  
KULTIVAR LOKAL LAMPUNG**

Nama Mahasiswa

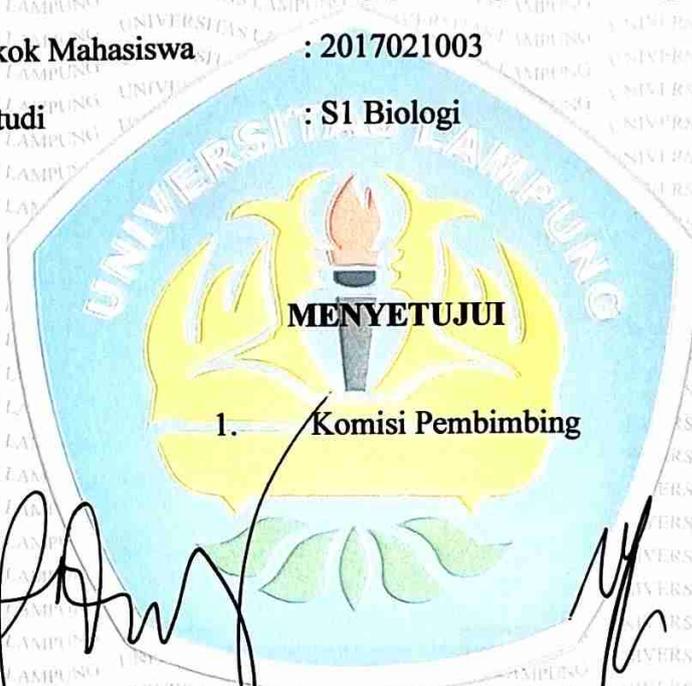
**: Rayna Syuraiha Rabbani Imran**

Nomor Pokok Mahasiswa

**: 2017021003**

Program Studi

**: S1 Biologi**



1. **Komisi Pembimbing**

**Rochmah Agustina, Ph. D.**  
**NIP. 196108031989032002**

**Lili Chrisnawati, S. Pd., M. Si.**  
**NIP. 198808102019032014**

2. **Ketua Jurusan Biologi**

**Dr. Jani Mafter, M. Si.**  
**NIP. 198301312008121001**

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

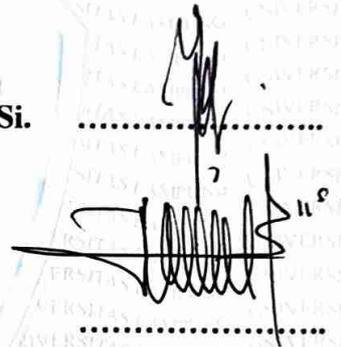
**Ketua Penguji**

**: Rochmah Agustina, Ph. D.**



**Anggota Penguji**

**: Lili Chrisnawati, S. Pd., M. Si.**



**Penguji Utama**

**: Dra. Yulianty, M. Si.**

**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Dr. Eng. Heri Satria, S. Si., M. Si.**

**NIP. 197110012005011002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 7 Agustus 2024**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Rayna Syuraiha Rabbani Imran  
NPM : 2017021003  
Jurusan : Biologi  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenarnya dan sejujurnya, bahwa skripsi saya yang berjudul

**“APLIKASI MEDAN MAGNET 0,2 mT UNTUK MENINGKATKAN VIGOR DAN AKTIVITAS ENZIM PROTEASE BENIH PADI (*Oryza sativa* L.) GOGO USANG KULTIVAR LOKAL LAMPUNG”**

Baik data, gagasan, serta pemaparannya adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika yang berlaku serta memastikan bahwa karya ini bukan hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia untuk menerima sanksi yang berlaku dan mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 7 Agustus 2024  
Yang menyatakan,

  
  
**Rayna Syuraiha Rabbani Imran**  
NPM. 2017021003

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Rayna Syuraiha Rabbani Imran atau lebih akrab dipanggil Rayna, lahir di Bandar Lampung, 27 Desember 2002 dari pasangan Bapak Moh. Imran Wira Sakti dan Ibu Maula Dina Mansa. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis mengawali pendidikan dasar di SD Kartika II-5 Bandar Lampung pada tahun 2008-2014. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 4 Bandar Lampung pada tahun 2014-2017. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 2 Bandar Lampung pada tahun 2017-2020. Penulis melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi di Universitas Lampung Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam pada tahun 2020 melalui jalur masuk Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Penulis menyelesaikan pendidikan pada Perguruan Tinggi dan meraih gelar Sarjana Sains Pada tahun 2024. Selama menjadi mahasiswa Jurusan Biologi FMIPA Unila, penulis aktif dalam kegiatan Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) sebagai Anggota Biro Kesekretariatan dan Logistik pada tahun 2020-2023. Penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi Korps Muda BEM XVI Badan Eksekutif Mahasiswa Universitas Lampung pada tahun 2020-2021. Penulis telah melaksanakan kegiatan Praktik Kerja Lapangan (PKL) selama 40 hari di Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan (BBPOM) di Bandar Lampung dengan laporan PKL yang berjudul “Uji Kesesuaian Metode Identifikasi *Pseudomonas aeruginosa* pada Sampel Kosmetik di Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan di Bandar Lampung” pada bulan April 2023 dan melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Way Harong, Kecamatan Way Lima,

Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Penulis pernah lolos pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) bidang Kewirausahaan pada tahun 2022 dan Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) pada tahun 2023, serta memperoleh medali emas pada acara Indonesian International Invention Expo (IIIEX) yang diselenggarakan oleh Politeknik Negeri Semarang dan International Young Scientist Association (IYSA) tahun 2022 serta memperoleh medali perak lomba pembuatan Environment Poster pada acara 1<sup>st</sup> Agritech Research and Entrepreneur Innovation (AGREETION) yang diselenggarakan Universitas Brawijaya tahun 2022. Penulis menyelesaikan tugas akhirnya dalam bentuk skripsi pada bulan Agustus 2024 dengan judul “Aplikasi Medan Magnet 0,2 mT untuk Meningkatkan Vigor dan Aktivitas Enzim Protease Benih Padi (*Oryza sativa* L.) Gogo Usang Kultivar Lokal Lampung.”

## **PERSEMBAHAN**

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayat, dan karunia-Nya senantiasa memberikan kekuatan, kemelimpahan, dan kemudahan pada setiap proses penulisan skripsi ini.

Saya persembahkan skripsi ini kepada kedua orang tuaku Bapak Moh. Imran Wira Sakti dan Ibu Maula Dina Mansa dan kedua adikku Camellia Azzikra Rabbana Imran dan Ranna Adzkie Rabbaka Imran yang telah memberikan doa, semangat, perhatian, serta kasih sayang yang tiada henti selama perjalanan pendidikan.

Ucapan terima kasih saya kepada bapak dan ibu dosen atas bimbingan dengan tulus dan sabar serta memberikan arahan berupa masukan yang membangun dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semua sahabat dan teman-teman Biologi 2020 yang telah berjuang bersama sedari awal masuk menjadi mahasiswa baru hingga saat ini yang selalu bersedia bertukar pikiran dan semangat selama masa perkuliahan ini.

Almamater tercinta, Universitas Lampung yang akan menjadi kebanggaan bagi saya

## **MOTTO**

“Hidupkanlah aku jika kehidupan itu baik untukku”  
(HR. Bukhari no. 5671)

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya  
sesudah kesulitan itu ada kemudahan”  
(Q.S Al-Insyirah: 5-6)

“Pilih jalan mendaki karena itu akan mengantar kita ke puncak puncak baru”  
(Anies Baswedan)

“Bring your diploma”  
(Choi Seungcheol)

## SANWACANA

Segala puji penulis sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Aplikasi Medan Magnet 0,2 mT pada Benih Padi (*Oryza sativa* L.) Usang Kultivar Lokal Lampung untuk Meningkatkan Viabilitas (Vigor) Benih dan Aktivitas Enzim Protease**” sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan skripsi ini dapat memahami banyak hal mengenai dunia pekerjaan yang akan dilakukan penulis di masa depan. Hal ini sebagai wujud pengaplikasian ilmu yang diterima penulis selama perkuliahan. Selain itu, skripsi dapat menjadi bentuk proses adaptasi bagi setiap mahasiswa dalam memahami dunia kerja yang sesungguhnya. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait terlaksananya skripsi yaitu kepada:

1. Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya. Serta Nabi Muhammad SAW atas teladan baik bagi umatnya.
2. Keluarga tercinta atas doa dan kasih sayang serta dukungan motivasi yang telah diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S. Si., M. Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Jani Master, S. Si., M. Si. selaku Ketua Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
5. Ibu Kusuma Handayani, M. Si. selaku Ketua Program Studi S1 Biologi Universitas Lampung.

6. Ibu Rochmah Agustrina, Ph. D. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan nasihat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Ibu Lili Chrisnawati, S. Pd., M. Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan saran dan dukungan kepada penulis.
8. Ibu Dra. Yulianty, M. Si. selaku dosen pembahas yang telah memberikan bimbingan, nasihat, saran, kritik, dan bantuan selama proses penyelesaian skripsi ini.
9. Teruntuk sahabatku, Adinda Aurethashafa Priandana, Victoria Alfita Santosa, Rizka Alifia Zahra, Felya Wulandari, Alina, Nindya, Jess, dan Aurora Awindya Nareswari yang telah memberikan dukungan serta doa kepada penulis.
10. Teruntuk kak Oti, kak Dean, kak Lili, Arsen, bang Kyle, bang Nathan, dan Edgar yang telah menemani dan memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
11. Teruntuk Ade Puspita Putri Maharani, Aprilia Eka Putri, Mega Astuti, dan Hanan Nabila selaku tim penelitian yang telah membantu dan memberikan dukungan serta doa kepada penulis.
12. Teruntuk Oktavia Nanda Putri, Nadya Anna Safitri, Wahyuning Permatasari, dan teman-teman Biologi 2020 lainnya yang telah merangkul dan memberikan semangat kepada penulis.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini mungkin masih jauh dari kesempurnaan, namun penulis memiliki harapan skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua orang.

Bandar Lampung, Agustus 2024  
Penulis,

**Rayna Syuraiha Rabbani Imran**  
NPM. 2017021003

## DAFTAR ISI

<b>SANWACANA</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan .....	4
1.3. Kerangka Pikir .....	4
1.4. Hipotesis .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1. Padi ( <i>Oryza sativa</i> L.) .....	6
2.1.1. Biologi Padi .....	6
2.1.2. Padi Lokal Lumbung Sewu Cantik .....	11
2.1.3. Pertumbuhan Padi .....	13
2.2. Viabilitas Benih .....	17
2.3. Enzim Protease .....	17
2.4. Medan Magnet .....	18
<b>III. METODE KERJA</b> .....	<b>21</b>
3.1. Waktu dan Tempat .....	21
3.2. Alat dan Bahan .....	21
3.3. Rancangan Penelitian .....	22
3.4. Diagram Alir Penelitian .....	23
3.5. Pelaksanaan Penelitian .....	24
3.5.1. Pengusangan Benih .....	24
3.5.2. Pemaparan Medan Magnet .....	24
3.5.3. Penyemaian Benih .....	24

3.5.4. Penanaman Padi .....	25
3.5.5. Pengambilan Data .....	25
3.5.6. Analisis Data .....	27
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>28</b>
4.1 Hasil.....	28
4.2 Pembahasan .....	34
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>38</b>
5.1. Simpulan .....	38
5.2. Saran .....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>47</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik Padi Lumbung Sewu Cantik.....	12
2. Diagram Alir Penelitian.....	23
3. Pengaruh Medan Magnet 0,2 mT terhadap Tinggi Tanaman .....	31
4. Pengaruh Medan Magnet 0,2 mT terhadap Berat Segar .....	32

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagian-bagian Tanaman Padi .....	7
2. Morfologi Benih Padi .....	11
3. Fase Vegetatif pada Tanaman Padi .....	13
4. Aplikasi medan magnet 0,2 mT terhadap indeks .....	29
5. Aplikasi medan magnet 0,2 mT terhadap germinasi .....	30
6. Aplikasi medan magnet 0,2 mT terhadap sebaran .....	31
7. Aplikasi medan magnet 0,2 mT terhadap enzim protease.....	33

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Hasil Uji Normalitas Indeks Kecepatan Perkecambahan (IKP)
- Lampiran 2. Hasil Uji ANOVA Indeks Kecepatan Perkecambahan (IKP)
- Lampiran 3. Hasil Uji DMRT Indeks Kecepatan Perkecambahan (IKP)
- Lampiran 4. Hasil Uji Normalitas Germinasi Hari Terakhir (GHT)
- Lampiran 5. Hasil Uji ANOVA Germinasi Hari Terakhir (GHT)
- Lampiran 6. Hasil Uji DMRT Germinasi Hari Terakhir (GHT)
- Lampiran 7. Hasil Uji Normalitas Sebaran Waktu Germinasi (SWG)
- Lampiran 8. Hasil ANOVA Sebaran Waktu Germinasi (SWG)
- Lampiran 9. Hasil Uji DMRT Sebaran Waktu Germinasi (SWG)
- Lampiran 10. Hasil Uji Normalitas Tinggi Tanaman pada 35 HST
- Lampiran 11. Hasil ANOVA Tinggi Tanaman pada 35 HST
- Lampiran 12. Hasil Uji Normalitas Tinggi Tanaman pada 55 HST
- Lampiran 13. Hasil ANOVA Tinggi Tanaman pada 55 HST
- Lampiran 14. Hasil Uji Normalitas Berat Basah pada 35 HST
- Lampiran 15. Hasil ANOVA Berat Basah pada 35 HST
- Lampiran 16. Hasil Uji Normalitas Berat Basah pada 55 HST
- Lampiran 17. Hasil ANOVA Berat Basah pada 55 HST
- Lampiran 18. Hasil Uji Normalitas Aktivitas Enzim Protease
- Lampiran 19. Hasil ANOVA Aktivitas Enzim Protease
- Lampiran 20. Hasil Uji DMRT Aktivitas Enzim Protease
- Lampiran 21. Dokumentasi Hasil Kegiatan

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan makanan pokok bagi sebagian besar masyarakat Indonesia yang mengalami penurunan produksi setiap tahunnya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2023) terdapat adanya penurunan produksi sebesar 2,05% dari produksi pada tahun 2022 yaitu sebesar 54,75 juta ton. Selain itu, jika total produksi padi dikonversi menjadi beras untuk kebutuhan pangan penduduk, produksi padi tahun 2023 mengalami penurunan sebesar 2,05% daripada produksi beras pada tahun 2022 yaitu sebesar 31,54 juta ton beras. Hal ini menunjukkan bahwa diperlukan upaya tambahan untuk memenuhi kebutuhan beras nasional melalui perbaikan teknologi pada pertanian.

Produksi tanaman padi salah satunya ditentukan oleh ketersediaan benih (Waluyo dan Suparwoto, 2018). Kualitas benih sangat dipengaruhi oleh masa dormansi (Halimursyadah *dkk.*, 2020), sehingga padi tidak dapat langsung ditanam setelah panen. Perbedaan periode dormansi pada padi umumnya beragam yaitu selama 100-115 hari dan tidak selalu memiliki periode *after-ripening* yang pendek. Periode dormansi primer padi gogo berkisar di antara 0-11 minggu setelah panen (Branco *dkk.*, 2022). Menurut Suparto *dkk.*, (2022) penyimpanan benih melebihi masa dormansi yakni sekitar 6 bulan dapat meningkatkan laju deteriorasi. Deteriorasi pada benih padi menyebabkan penurunan viabilitas benih yang ditandai dengan penundaan perkecambahan, menurunnya laju perkecambahan, penurunan berat kering

kecambah, kurangnya keserempakan tumbuh biji, dan adanya penurunan daya kecambah biji (Navira *dkk.*, 2021).

Upaya untuk mengatasi deteriorasi padi diantaranya adalah dengan melakukan invigorasi benih. Invigorasi benih adalah perlakuan pada benih untuk memperbaiki perkecambahan sebelum dilakukan penanaman (Sagita dan Rahayu, 2022). Salah satu cara yang digunakan yaitu memberi perlakuan medan magnet. Penelitian mengenai aplikasi medan magnet terhadap benih tanaman telah dilakukan oleh Sari (2019) dan Manullang (2020) yaitu pada benih cabai yang hasilnya memperlihatkan adanya peningkatan kadar karbohidrat dan vitamin C. Penelitian Rivera (2018) membuktikan bahwa paparan medan magnet 0,2 mT pada benih tomat lama dan baru berpengaruh nyata terhadap kecepatan berbunga. Pengaruh medan magnet terhadap aktivitas enzim perkecambahan telah diteliti oleh Radhakrisnan dan Kumari (2012) dan Kataria *et al.*, (2019) pada biji kedelai yang menunjukkan adanya pengaruh positif medan magnet terhadap peningkatan aktivitas enzim hidrolitik  $\alpha$ -amilase dan protease. Penelitian Vashisth dan Nagarajan (2010) membuktikan bahwa paparan medan magnet pada biji bunga matahari positif meningkatkan enzim  $\alpha$ -amilase, dehidrogenase, dan protease.

Protease adalah enzim hidrolitik yang mengatalis degradasi protein. Protease dilaporkan memiliki peran penting dalam perkecambahan biji melalui mobilisasi simpanan senyawa-senyawa protein yang terakumulasi di dalam biji-bijian serealia (Radchuk *et al.*, 2018). Protein disintesis selama perkembangan dan pematangan biji lalu disimpan sebagai protein cadangan makanan yang akhirnya terdegradasi selama proses perkecambahan (Martinez *et al.*, 2019).

Kultivar padi lokal adalah kultivar padi yang telah mengalami adaptasi terhadap berbagai kondisi lahan dan iklim setempat selama turun-temurun sehingga telah memiliki ketahanan terhadap iklim, hama, dan patogen setempat, serta memiliki kualitas biji yang unggul (Hafni *dkk.*, 2019). Padi

gogo Lumbung Sewu Cantik (LSC) merupakan salah satu kultivar lokal dari Lampung yang dikenal memiliki aroma yang khas dan tekstur yang lembut. (Chrisnawati dkk., 2020). Keistimewaan lain dari padi varietas LSC adalah produktivitas yang tinggi bahkan tanpa perlu proses pemupukan serta kemampuannya untuk tumbuh subur di lahan kering. (Putri dkk., 2022). Namun demikian, padi LSC masih belum banyak dikaji dan dikembangkan lebih jauh.

Penelitian pemanfaatan medan magnet terhadap biji padi yang kedaluwarsa sebelumnya telah dilakukan oleh Putra *et al.*, (2015) menggunakan air yang termagnetisasi medan magnet 0 mT, 15 mT, 20 mT, dan 25 mT. Namun, belum dapat meningkatkan daya germinasi biji padi. Penelitian lain yang dilakukan Lette *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa perlakuan medan magnet 2,05 mT, 3,38 mT, dan 4,33 mT menyebabkan adanya peningkatan daya perkecambahan yang sangat tinggi. Penelitian Luo *et al.*, (2022) membuktikan pemanfaatan magnet statis 10 mT diketahui dapat meningkatkan germinasi biji padi. Hasil uji pendahuluan menunjukkan pemberian medan magnet 0,2 mT terhadap benih padi usang meningkatkan kualitas benih. Parameter vigor benih seperti persentase kecambah abnormal (PKA) menunjukkan peningkatan melebihi kontrol. Namun, parameter lain seperti daya kecambah, persentase kecambah akhir (FDG), sebaran waktu germinasi (TSG), dan germinasi hari terakhir (LDG) tidak menunjukkan peningkatan namun dapat mengimbangi FDG, TSG, dan LDG dari perlakuan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa medan magnet memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas vigor benih padi usang. Berdasarkan uraian di atas, dilakukan kajian pengaruh lama paparan medan magnet 0,2 mT pada biji padi LSC usang terhadap viabilitas benih dan aktivitas enzim protease.

## 1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui:

1. pengaruh paparan medan magnet 0,2 mT terhadap viabilitas (vigor) dan aktivitas enzim protease pada benih padi gogo LSC usang.
2. memperoleh waktu paparan medan magnet 0,2 mT yang optimum untuk meningkatkan vigor dan aktivitas enzim protease pada benih padi gogo LSC usang.

## 1.3. Kerangka Pikir

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan sumber makanan pokok bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Mengingat jumlah penduduk yang terus meningkat, produksi padi di Indonesia pun harus ditingkatkan. Produksi padi yang berkualitas di antaranya ditentukan oleh ketersediaan benih.

Ketersediaan benih dipengaruhi oleh masa dormansi sehingga padi tidak dapat langsung ditanam setelah panen. Namun, jika padi disimpan jauh lebih lama dari masa dormansinya, benih akan mengalami deteriorasi. Sementara umumnya petani menggunakan padi yang dipanen pada masa panen sebelumnya sebagai benih yang masa penyimpanannya sudah melewati masa dormansinya dan benih sudah mengalami deteriorasi atau keusangan.

Salah satu upaya untuk mengembalikan kualitas benih yang telah mengalami deteriorasi adalah dengan perlakuan invigorasi menggunakan medan magnet sebelum dikecambahkan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa medan magnet memiliki efek positif pada pertumbuhan dan perkecambahan berbagai tanaman, termasuk peningkatan aktivitas enzim perkecambahan. Pada biji kedelai diketahui bahwa perlakuan medan magnet dapat meningkatkan aktivitas enzim hidrolitik  $\alpha$ -amilase dan protease.

Padi kultivar lokal seperti LSC sudah memiliki daya adaptasi terhadap kondisi lahan dan iklim setempat serta memiliki kualitas unggul yaitu

memiliki aroma wangi, tekstur pulen, dan produktivitas tinggi bila ditumbuhkan di lahan kering. Namun demikian, penelitian terhadap benih padi LSC masih terbatas, sehingga dalam penelitian ini benih padi gogo LSC digunakan sebagai objek penelitian.

Hasil uji pendahuluan diketahui bahwa medan magnet 0,2 mT memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas vigor biji padi usang. Dalam penelitian ini dilakukan kajian tentang potensi paparan medan magnet 0,2 mT dalam meningkatkan vigor dan aktivitas enzim protease benih padi gogo LSC usang.

#### **1.4. Hipotesis**

Hipotesis pada penelitian ini adalah:

1. paparan magnet 0,2 mT meningkatkan viabilitas (vigor) benih dan aktivitas enzim protease benih padi gogo LSC usang.
2. diperoleh waktu paparan magnet 0,2 mT optimum untuk meningkatkan viabilitas (vigor) benih dan aktivitas enzim protease benih padi gogo LSC usang.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Padi (*Oryza sativa* L.)

Padi termasuk serealia yang memiliki garis keturunan yang sama dengan gandum, jagung, barley, oat, rye, dan lainnya. Padi merupakan tanaman pokok yang menyumbangkan 50-80% kalori ke lebih dari setengah populasi dunia (Ichsan *et al*, 2021). Berdasarkan habitatnya, padi digolongkan dalam dua jenis yaitu padi kering (gogo) yang ditanam di dataran tinggi tanpa memerlukan pemupukan dan padi sawah di dataran rendah yang memerlukan irigasi (Malik, 2017).

Menurut Cronquist (1981) dan APG II (2003), klasifikasi tanaman padi (*Oryza sativa* L.) adalah:

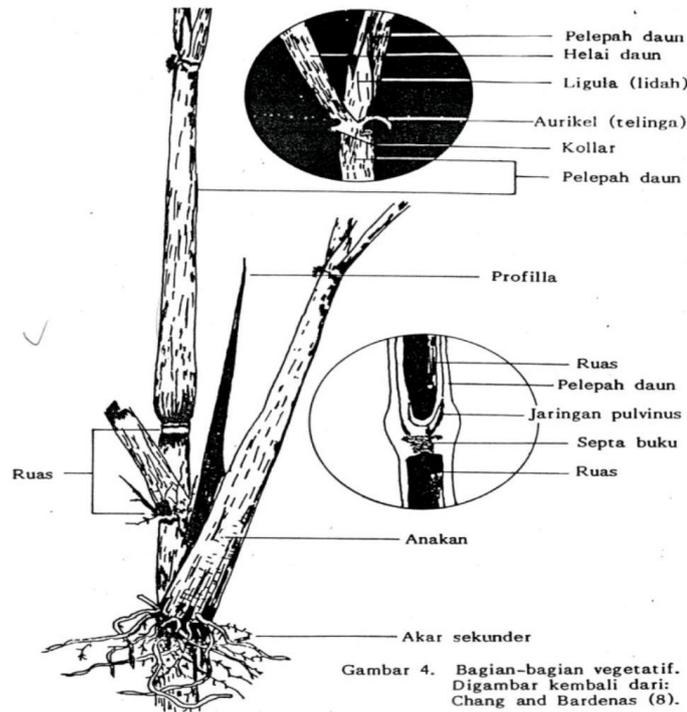
Kingdom	: Plantae
Divisio	: Magnoliophyta
Classis	: Liliopsida
Ordo	: Poales
Familia	: Poaceae
Genus	: <i>Oryza</i>
Species	: <i>Oryza sativa</i> L.

#### 2.1.1 Biologi Padi

Sistem perakaran padi terdiri dari akar serabut. Akar muda berwarna putih, sementara akar yang telah dewasa berubah menjadi cokelat.

Padi gogo memiliki perakaran lebih panjang, padat, dan diameter

akar yang lebih besar dibandingkan dengan padi sawah, serta memiliki daya tembus akar yang lebih tinggi (Taufik dkk, 2016). Menurut Sinaga (2022), bagian-bagian vegetatif dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Bagian-bagian Tanaman Padi (Chang dan Bardenas, 1956)

### **Akar seminal**

Akar seminal tumbuh dari radikula (akar primer) dan muncul saat benih padi mulai berkecambah. Radikula merupakan akar pertama yang muncul saat benih padi berkecambah. Jika akar primer mengalami hambatan dalam pertumbuhannya, akar seminal akan tumbuh dengan cepat.

### **Akar adventif**

Akar adventif merupakan akar yang bercabang dan tumbuh dari bagian bawah batang tanaman padi muda. Akar-akar seminal akan digantikan oleh akar-akar adventif (akar serabut) yang tumbuh dari bagian bawah batang.

**Akar rambut**

Akar rambut berperan sebagai saluran di permukaan akar yang berfungsi untuk mengabsorpsi air dan nutrisi dari tanah. Akar rambut memiliki umur yang singkat dan morfologinya hampir sama dengan akar serabut.

**Akar tajuk**

Akar tajuk tumbuh dari bagian ruas batang terendah tanaman padi dan dapat dibedakan berdasarkan kedalaman pertumbuhannya dalam tanah, yaitu akar yang tumbuh dangkal dan akar yang dapat tumbuh lebih dalam. Pertumbuhan akar tajuk dipengaruhi oleh kelembapan tanah. Akar-akar yang tumbuh dangkal berkembang lebih baik apabila kandungan air di tanah rendah.

Selain itu, di dalam sistem perakaran tanaman padi, terdapat saluran aerenkim yang berperan dalam penyediaan oksigen untuk akar ketika tanaman padi berada dalam kondisi terendam air (anaerobik). Saluran aerenkim ini memiliki struktur yang menyerupai pipa yang membentang hingga ke ujung daun tanaman padi (Sinaga, 2022).

Batang tanaman padi memiliki karakteristik berupa bentuk bulat dan berongga. Tanaman padi termasuk dalam kelompok tumbuhan Graminae. Batang padi terdiri dari beberapa ruas, di mana panjang tiap ruas tidak seragam. Ruas-ruas ini memiliki struktur yang berongga dan terdapat buku yang menutupi kedua ujung ruas. Ruas terpendek terletak di dekat pangkal batang. Sementara, ruas kedua, ketiga, dan seterusnya memiliki panjang yang lebih besar daripada ruas sebelumnya (Sinaga, 2022).

Batang tanaman padi tumbuh sangat pendek dan rapat pada tahap awal pertumbuhan. Namun, saat tanaman masuk ke fase produktif, batang dapat tumbuh memanjang. Pertumbuhan batang sekunder

dimulai dari bagian buku paling bawah dan kemudian menjadi batang tersier. Pada bagian bawah buku, terdapat daun pelepah yang melingkupi ruas hingga buku bagian atas (Sinaga, 2022).

Pada buku bagian bawah ruas, terdapat percabangan di mana cabang paling pendek menjadi ligula (lidah daun), sementara yang paling panjang dan besar menjadi daun kelopak dengan *auricle* di bagian kiri dan kanan. Daun kelopak terpanjang dan melingkupi ruas paling atas dari batang padi dikenal sebagai daun bendera. Pembentukan anakan padi dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti nutrisi tanah, sinar matahari, jarak tanam, dan teknik budidaya (Sinaga, 2022).

Karakteristik daun tanaman padi dapat diidentifikasi berdasarkan keberadaan sisik, telinga daun, dan tulang daun yang sejajar. Daun padi muncul pada buku-buku dengan susunan berseling yang membentuk lanset (memanjang sempit) dan memiliki pelepah. Menurut Sinaga (2022), daun padi terdiri dari:

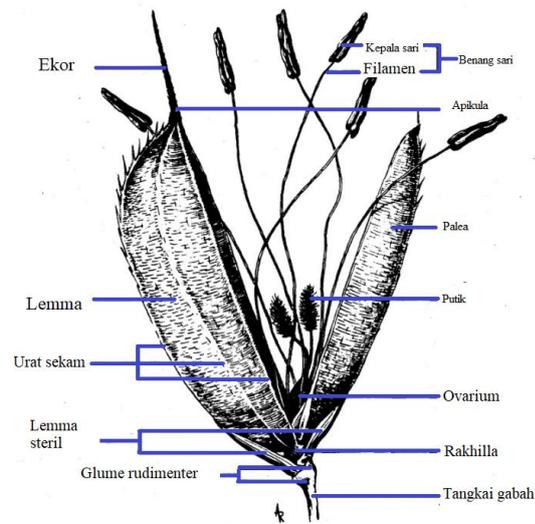
Helai daun melekat pada buku melalui pelepah daun, dan selalu muncul pada batang padi. Bentuk daun memanjang seperti pita dengan panjang dan lebar beragam tergantung pada kultivar padi. Pelepah daun padi adalah bagian daun yang melingkupi ruas di atasnya dan terkadang pelepah daun juga melingkupi helaian daun ruas berikutnya. Pelepah daun berfungsi untuk menopang bagian ruas yang memiliki jaringan lunak.

Telinga daun (*auricle*) adalah bagian daun yang terletak di dua sisi pangkal helaian daun. Lidah daun terletak di perbatasan antara helai daun dan pelepah daun. Lidah daun memiliki panjang beragam tergantung dari kultivar padi yang digunakan (Sinaga, 2022). Lidah daun berfungsi untuk mencegah air hujan masuk di antara batang dan pelepah daun serta untuk mencegah penyebaran penyakit melalui air (Taufik dkk, 2016).

Bagian daun yang muncul saat benih padi berkecambah disebut koleoptil. Koleoptil yang muncul dari benih akan terus memanjang menuju permukaan air. Koleoptil akan terbuka diikuti oleh munculnya daun pertama, daun kedua, dan seterusnya hingga mencapai daun puncak yang dikenal sebagai daun bendera. Daun bendera memiliki ukuran lebih pendek daripada daun-daun di bawahnya, namun memiliki lebar yang lebih besar daripada daun sebelumnya. Daun bendera terletak di bawah malai padi (Sinaga, 2022).

Bunga padi merupakan bunga hemafrodit yang memiliki satu bakal buah, 6 benang sari, dan 2 tangkai putik. Benang sari terdiri dari tangkai sari, kepala sari, dan kandung serbuk. Tangkai sari padi tipis dan pendek, dan kepala sari berisi serbuk sari. Bunga padi muncul dalam malai, yang merupakan sekumpulan bunga padi yang keluar dari buku teratas (Taufik dkk, 2016).

Buah padi, atau sering disebut gabah, adalah ovarium yang telah matang dan bersatu dengan lemma dan pelepas. Gabah merupakan hasil penyerbukan dan pembuahan yang terdiri dari embrio yang mengandung calon batang, calon daun, dan calon akar, endosperm sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan yang dikelilingi oleh selaput protein; apex atau ekor gabah, lemma yaitu kulit penutup berwarna coklat, *hull* atau bulu-bulu halus pada kulit penutup, dan *bran* atau lapisan kulit padi yang dapat tumbuh beberapa minggu setelah dituai (Taufik dkk, 2016). Morfologi benih padi dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Morfologi Benih Padi (Chang dan Bardenas, 1965)

### 2.1.2 Padi Lokal Lumbung Sewu Cantik

Kultivar padi lokal adalah kultivar padi yang telah mengalami adaptasi terhadap berbagai kondisi lahan dan iklim setempat selama turun-temurun sehingga telah memiliki ketahanan terhadap iklim, hama, dan patogen setempat, serta memiliki kualitas biji yang unggul (Hafni *et al*, 2019). Salah satu padi kultivar lokal asal Lampung adalah padi gogo Lumbung Sewu Cantik (LSC). Padi Lumbung Sewu Cantik (LSC) merupakan padi kultivar lokal yang menjadi hasil bumi Kabupaten Pringsewu. Padi ini memiliki karakteristik yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Karakteristik Padi Lumbung Sewu Cantik

<b>Keterangan</b>	<b>Karakteristik</b>
Nomor seleksi	835/PVL/2018
Golongan	Cere
Umur tanaman	120-150 hari
Bentuk tanaman	Tegak
Tinggi tanaman	$\pm 156$ cm
Panjang batang	$\pm 117,9$ cm
Ketebalan batang	$\pm 0,78$ mm
Anakan produktif	$\pm 10$ anakan
Warna kaki	Hijau
Warna batang	Hijau
Warna lidah daun	Tidak berwarna
Warna antosianin daun	Tidak berwarna
Panjang helai daun	$\pm 66$ cm
Lebar helai daun	$\pm 1,5$ cm
Jumlah malai perumpun	$\pm 20$
Tipe malai	Terkulai
Tipe cabang malai	Sekunder
Warna gabah	Kuning bersih
Kerebahan	Tahan
Kerontokan	Sedang
Warna kulit beras	Putih
Tekstur nasi	Pulen
Kadar amilosa	13,99%
Hasil rata-rata	3,8 - 4,0 t/ha
Anjuran tanam	Tanpa pemupukan dikarenakan khawatir terlalu subur dan mudah rubuh
Dilepas tahun	Belum dilepas

(Fitriyani, 2023).

### 2.1.3 Pertumbuhan Padi

Pertumbuhan adalah proses yang mencakup peningkatan jumlah dan perubahan ukuran pada tanaman, sehingga menghasilkan perubahan dalam morfologi yang permanen (*irreversible*) (Andita *et al.*, 2016). Fase vegetatif merupakan fase awal dalam pertumbuhan tanaman padi yang meliputi perkembangan organ-organ vegetatif, seperti penambahan jumlah anakan, tinggi tanaman, bobot, serta jumlah dan luas daun. Sedangkan, fase reproduktif yang merupakan masa pertumbuhan padi ditandai dengan kemunculan daun bendera dan pembungaan, bersamaan dengan pertumbuhan ruas teratas pada batang padi, dan penurunan jumlah anakan (Siswanti dan Agustin, 2014). Fase vegetatif dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Fase Vegetatif pada Tanaman Padi

Tahap pertumbuhan diawali dengan perkecambahan benih yang terjadi saat benih menyerap air dari lingkungan dan mengakhiri masa dormansi ditandai dengan munculnya radikula serta plumula. Faktor-faktor yang memengaruhi perkecambahan benih adalah kelembapan, cahaya, dan suhu. Tahap ini berlangsung selama 3-5 hari hingga munculnya daun pertama (Santhiawan dan Suwardike, 2019).

Secara umum, pertumbuhan padi dapat dibedakan menjadi tiga tahap utama, yaitu tahap vegetatif dan generatif dan pemasakan. Fase utama dimulai dengan tahap 0 di mana benih berkecambah sampai

muncul radikula dan plumula ke permukaan. (Suspidayanti dan Rokhmana, 2021).

Menurut Santhiawan dan Suwardike (2019), pertumbuhan benih dibagi menjadi tahapan vegetatif dan reproduktif. Tahap vegetatif disebut sebagai tahap pertunasan (*seedling stage*). Tahap pertunasan dimulai setelah benih berkecambah dan berlangsung hingga munculnya anakan pertama. Pada tahap awal, akar seminal tumbuh hingga munculnya akar sekunder (*adventitious*) membentuk sistem perakaran serabut permanen. Sementara itu, tunas terus tumbuh dan membentuk dua daun tambahan. Selama tahap ini, daun terus berkembang dengan kecepatan satu daun setiap 3-4 hari hingga terbentuk 5 daun sempurna, yang menandai akhir tahap ini. Pada usia sekitar  $15 \pm 20$  hari setelah penanaman benih, bibit telah memiliki 5 daun dan sistem perakaran yang berkembang dengan cepat sehingga siap untuk ditanamkan.

Tahap pembentukan anakan merupakan tahapan reproduktif padi yang dimulai setelah munculnya daun kelima dan berlangsung hingga pembentukan anakan mencapai jumlah maksimal. Anakan ini muncul dari tunas aksial (*axillary*) pada buku batang dan menggantikan posisi daun sambil terus tumbuh dan berkembang. Pembentukan anakan ini disertai dengan perpanjangan batang, yang terjadi sebelum pembentukan malai atau pada tahap akhir pembentukan anakan.

Pada fase ini, terdapat dua tahapan penting, yaitu pembentukan anakan aktif dan perpanjangan batang. Kedua tahapan ini dapat berlangsung secara bersamaan, tergantung pada perkembangan tanaman. Fase pembentukan anakan berlangsung selama sekitar 30 hari dan pada tanaman yang menggunakan sistem penanaman langsung periode ini mungkin lebih pendek karena bibit tidak mengalami stagnasi sebagaimana yang terjadi pada tanaman yang dipindah-tanam.

Tahap inisiasi bunga/primordia (*panicle initiation*) yang dimulai dengan inisiasi bunga. Awalnya, bakal malai muncul sebagai kerucut berbulu putih (*white feathery cone*) dan berukuran sekitar 1-1,5 mm. Pertama kali terlihat pada ruas batang utama (*main culm*), kemudian pada anakan dengan pola yang tidak teratur. Proses ini berlanjut hingga malai mulai membentuk bentuk yang jelas, dan spikelet (bulir) dapat dibedakan. Selama perkembangan malai, malai muda terus berkembang dalam pelepah daun bendera, yang menyebabkan pelepah daun membengkak (*bulge*).

Tahap bunting atau fase penggembungan yang ditandai dengan terjadi penggembungan daun bendera. Tahap bunting pertama kali terlihat pada ruas batang utama. Selama fase ini, ujung daun mulai layu dan mati, dan anakan non-produktif mulai terlihat di bagian dasar tanaman.

Tahap keluar malai adalah tahap keluar malai (*heading stage*). *Heading* ditandai dengan munculnya ujung malai dari pelepah daun bendera. Malai terus berkembang hingga sepenuhnya keluar dari pelepah daun. Tahap ini diikuti oleh pembungaan, yang dimulai ketika serbuk sari menonjol keluar dari bulir dan proses pembuahan dimulai.

Tahap pembungaan dimulai ketika kelopak bunga terbuka dan antera muncul dari kelopak bunga akibat pemanjangan stamen dan kemudian serbuk sari tersebar. Setelah itu, kelopak bunga kembali menutup. Serbuk sari kemudian jatuh ke putik yang menyebabkan terjadinya proses pembuahan. Struktur pistil yang berbulu memungkinkan tabung tepung sari dari serbuk sari yang muncul yang muncul untuk berkembang ke arah ovarium. Proses pembungaan berlanjut hingga hampir semua spikelet pada malai

mekar, biasanya sehari setelah tahap keluar malai. Selama pembungaan, sekitar 3-5 daun tetap tumbuh.

Anakan pada tanaman padi dipisahkan pada awal pembungaan dan dikelompokkan menjadi anakan produktif dan non-produktif. Tahap matang susu (*milk grain stage*) merupakan tahap pemasakan gabah yang ditandai dengan gabah yang mulai mengisi diri dengan substansi yang mirip susu. Gabah menjadi penuh dengan larutan putih susu, yang dapat dikeluarkan dengan menekan gabah di antara dua jari. Selama tahap ini, malai yang awalnya hijau mulai merunduk. Pelayuan pada dasar anakan terus berlanjut, sementara daun bendera dan dua daun di bawahnya tetap hijau. Tahap ini juga disukai oleh hama walang sangit. Ketersediaan air sangat penting pada tahap ini, dan kondisi pertanaman diharapkan dalam keadaan tergenang setinggi  $5 \pm 7$  cm, seperti fase sebelumnya.

Tahap gabah  $\frac{1}{2}$  matang (*dough grain stage*) yang ditandai dengan perubahan warna isi gabah yang menyerupai susu menjadi gumpalan lunak dan akhirnya mengeras. Gabah pada malai mulai menguning. Layuan pada anakan dan daun di bagian dasar tanaman semakin jelas terlihat. Tanaman padi mulai menguning, dan seiring dengan menguningnya malai, ujung dua daun terakhir pada setiap anakan mulai mengering.

Tahap gabah matang penuh (*mature grain stage*) dicapai saat setiap gabah telah matang sepenuhnya, keras, dan berwarna kuning. Gabah pada malai telah mencapai  $90 \pm 100\%$  pematangan, dengan isi gabah berubah menjadi kuning dan keras. Daun bagian atas mulai mengering dengan cepat, walaupun beberapa kultivar masih tetap hijau. Pada tahap ini, sejumlah daun mati terakumulasi di bagian dasar tanaman, yang berbeda dari tahap awal pemasakan. Di tahap ini, air tidak lagi dibutuhkan dan tanah dibiarkan kering.

## 2.2. Viabilitas Benih

Viabilitas merupakan kemampuan benih untuk menunjukkan proses pertumbuhannya yang ditandai dengan keberlangsungan hidup suatu benih. Viabilitas benih berhubungan dengan mutu benih yang merupakan langkah awal dalam mencapai keberhasilan produksi padi. Jika viabilitas awal benih tidak dapat dipertahankan, maka benih yang telah disimpan lebih dari masa dormansi akan mengalami peningkatan laju deteriorasi selama penyimpanan. Laju deteriorasi dapat diketahui secara fisiologis maupun biokimia. Laju deteriorasi secara kimiawi ditandai dengan penurunan aktivitas enzim, penurunan cadangan makanan, dan peningkatan nilai konduktivitas (Fatikhasari *et al.*, 2022).

Penurunan kualitas benih dapat diatasi dengan invigorasi benih. Invigorasi benih adalah perlakuan pada benih untuk memperbaiki perkecambahan sebelum dilakukan penanaman (Sagita dan Rahayu, 2022). Salah satu cara yang umumnya digunakan yaitu memberi pemaparan medan magnet.

Pemaparan medan magnet merupakan perlakuan pada benih kering yang dilaporkan dapat meingkatkan laju perkecambahan dan vigor benih pada beberapa tanaman seperti benih tomat yang dilakukan pada penelitian Anand *et al.*, (2019), benih timun (Bhardwaj *et al.*, 2019), dan benih kedelai (Asghar *et al.*, 2016).

## 2.3. Enzim Protease

Perkecambahan merupakan tahap awal dalam perkembangan individu baru pada tanaman. Proses ini dimulai dengan munculnya radikel dari lapisan luar benih yang disebut testa. Perkecambahan bergantung pada ketersediaan air di lingkungan pertumbuhan. Air akan diserap dan digunakan sebagai pendorong untuk mengaktifkan aktivitas enzim-enzim yang terlibat dalam perkecambahan (Junaidi dan Ahmad, 2021). Enzim-enzim yang terlibat

dalam proses perkecambahan, seperti amilase, protease, dan lipase, berperan dalam hidrolisis pati dan protein yang membantu penyediaan energi untuk pertumbuhan embrio dalam benih sehingga memungkinkan benih untuk segera berkecambah (Ridha *et al.*, 2017).

Secara umum, protein benih dapat dibagi menjadi tiga jenis protein, yaitu: protein penyimpanan utama, protease, dan protease inhibitor. Saat perkecambahan, protease memecah protein penyimpanan menjadi asam amino bebas dan peptida yang berkontribusi pada pembentukan protein struktural dan fungsional dari radikula yang sedang berkembang. Protease inhibitor memiliki peran dalam menghambat proteolisis pada fase pra perkecambahan dan proteolisis oleh serangga (Bera *et al.*, 2023).

Selama perkecambahan, lapisan *scutellum* dan *aleurone* bertanggung jawab untuk produksi enzim hidrolitik. Enzim protease memungkinkan terjadinya mobilisasi protein cadangan yang ada di endosperm untuk membantu pertumbuhan awal benih. Setelah proses selesai, sel lapisan *scutellum* dan *aleurone* mengalami kematian dan kandungannya digunakan untuk pertumbuhan embrio yang berkecambah. Protease tidak hanya penting dalam hidrolisis protein cadangan, namun berperan dalam modifikasi pasca-translasi, modifikasi, aktivasi, dan inaktivasi enzim serta mekanisme pertahanan tumbuhan. (Guzman-Ortiz *et al.*, 2018). Enzim protease termasuk enzim proteolitik yang mengkatalis hidrolisis ikatan peptida antara asam amino dan residu protein. Prinsip kerja protease adalah memecah ikatan peptida dengan menggabungkan ikatan peptida N atau C terminal atau secara internal (Zhu *et al.*, 2019).

Penelitian mengenai enzim protease memiliki pengaruh terhadap germinasi tanaman telah dilakukan pada benih yang kaya protein seperti penelitian Botcha dan Prattipati (2020) menggunakan kastanye, biji wijen (Hemalatha dan Prasad, 2003), dan kacang hijau (Rahman *et al.*, 2007).

#### **2.4. Medan Magnet**

Benda magnet adalah benda yang memiliki kemampuan untuk menarik benda lain di sekelilingnya. Daerah yang berada di sekitar benda magnet disebut dengan medan magnet (Sumardi dkk, 2018). Medan magnet merupakan faktor lingkungan yang tidak bisa dihindari bagi tumbuhan di bumi. Selama proses evolusi, semua organisme hidup mengalami aksi dari medan magnet bumi yaitu geomagnetik, yang merupakan komponen alami lingkungannya. Geomagnetik terus bertindak pada sistem kehidupan, dan diketahui mempengaruhi banyak proses biologis. Terdapat perbedaan yang signifikan dalam kekuatan dan arah medan magnet (geomagnetik) bumi. (Kobayashi *et al.*, 2004 dan Maffei, 2014).

Faktor eksternal perkecambahan mencakup elemen-elemen yang ada di lingkungan tumbuhan seperti temperatur, kelembapan, cahaya, air, dan elemen seperti medan magnet (Prasetyo, 2020). Metode memberikan perlakuan awal dengan paparan medan magnet sendiri memiliki efektivitas dalam biaya dan ramah lingkungan karena tidak melibatkan bahan kimia apapun dan diketahui dapat mengurangi biaya produksi dan menghindari risiko toksisitas bagi pekerja dan masyarakat di ladang. Perawatan benih dengan paparan medan magnet statis memiliki efek menguntungkan bagi fisiologi tanaman, yakni meningkatkan viabilitas (*vigor*) benih, meningkatkan perkembangan akar, kekuatan dan biomassa bibit, kandungan klorofil, dan serapan air dan unsur hara (Sarraf *et al.*, 2020).

Para ilmuwan telah menemukan bahwa medan magnet dapat meningkatkan perkecambahan benih dengan mengubah proses biokimia dengan merangsang aktivitas protein dan enzim (Maffei, 2014). Medan magnet dapat berinteraksi dengan medan listrik internal yang ada pada sistem biologis melalui perilaku resonansinya. Sel hidup memiliki muatan listrik yang dihasilkan oleh ion atau radikal bebas yang berperan magnet endogen dan terlibat dalam proses biokimia (Martinez *et al.*, 2017). Penelitian lain menyatakan bahwa medan magnet berinteraksi dengan arus ion pada membran sel embrio. Interaksi ini mengubah konsentrasi ion dan tekanan

osmotik yang diberikan pada kedua sisi membran sehingga mengubah hubungan antara air dan biji (Reina *et al.*, 2001).

Pengaruh paparan medan magnet terhadap perkecambahan benih telah menjadi tujuan banyak penelitian, dan peningkatan perkecambahan benih akibat paparan medan magnet telah dikonfirmasi oleh banyak ilmuwan (Occhipinti *et al.*, 2014). Mahajan dan Pandey (2014) melakukan penelitian dengan memberi perlakuan medan magnet statis terhadap perkecambahan kacang hijau (*Vigna radiata* (L.) Wilczek.) dan terjadi peningkatan linier pada rata-rata tingkat perkecambahan, koefisien tingkat perkecambahan, dan penyerapan air seiring dengan meningkatnya intensitas medan magnet. Selain itu, pada penelitian Menegatti *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa pemaparan benih markisa ke medan magnet secara terisolasi merangsang perkecambahan, viabilitas, dan vigor benih. Penelitian Kataria *et al.*, (2017) juga melakukan penelitian dengan memaparkan medan magnet pada perkecambahan awal dan ciri-ciri benih jagung dan kedelai pada kondisi saline menyatakan adanya penambahan aktivitas penyerapan air dan adanya aktivitas enzim protease yang tinggi. Pengaruh positif yang sama terhadap laju perkecambahan biji dan indeks vigor juga ditemukan pada penelitian Bhardwaj *et al.* (2012) yang menggunakan biji mentimun (*Cucumis sativus* L. var. Barsati), penelitian Vashisth dan Joshi (2017) yang menggunakan biji jagung (*Zea mays* L. var. HQPM-1), Poinapen *et al.* (2013) yang menggunakan biji tomat (*Solanum lycopersicum* L. var. mst/32), dan Konefal-Janocha *et al.* (2019) yang menggunakan biji lobak (*Raphanus sativus* L.).

### III. METODE KERJA

#### 3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan dari Januari 2024 – Mei 2024 di Laboratorium Botani Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan Laboratorium Lapangan Terpadu Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

#### 3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah solenoida, pinset, waring, cawan petri, sendok, *sprayer*, kotak plastik ukuran 2500 mL, toples, jerigen, gaussmeter, pipet tetes, penggaris, corong, gelas ukur, beaker glass 1000 mL, 300 mL dan 400 mL, kertas merang, plastik obat ukuran 20 cc, neraca digital, alat tulis, dan kamera. Pengukuran aktivitas enzim protease dengan menggunakan alat berupa tabung reaksi, rak tabung reaksi, sentrifuge, mortar dan alu, *waterbath*, oven, dan spektrofotometer.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih padi gogo kultivar LSC yang diperoleh dari Kecamatan Pardasuka Kabupaten Pringsewu, akuades, NaOCl, tisu, pupuk kambing, tanah, aluminium foil, kertas label, dan etanol. Uji aktivitas enzim protease menggunakan bahan berupa kecambah berumur 72 jam, 0,1 M TRIS-HCl pH 8.0, kasein, 0,4 M TCA, dan tirosin standar.

### 3.3. Rancangan Penelitian

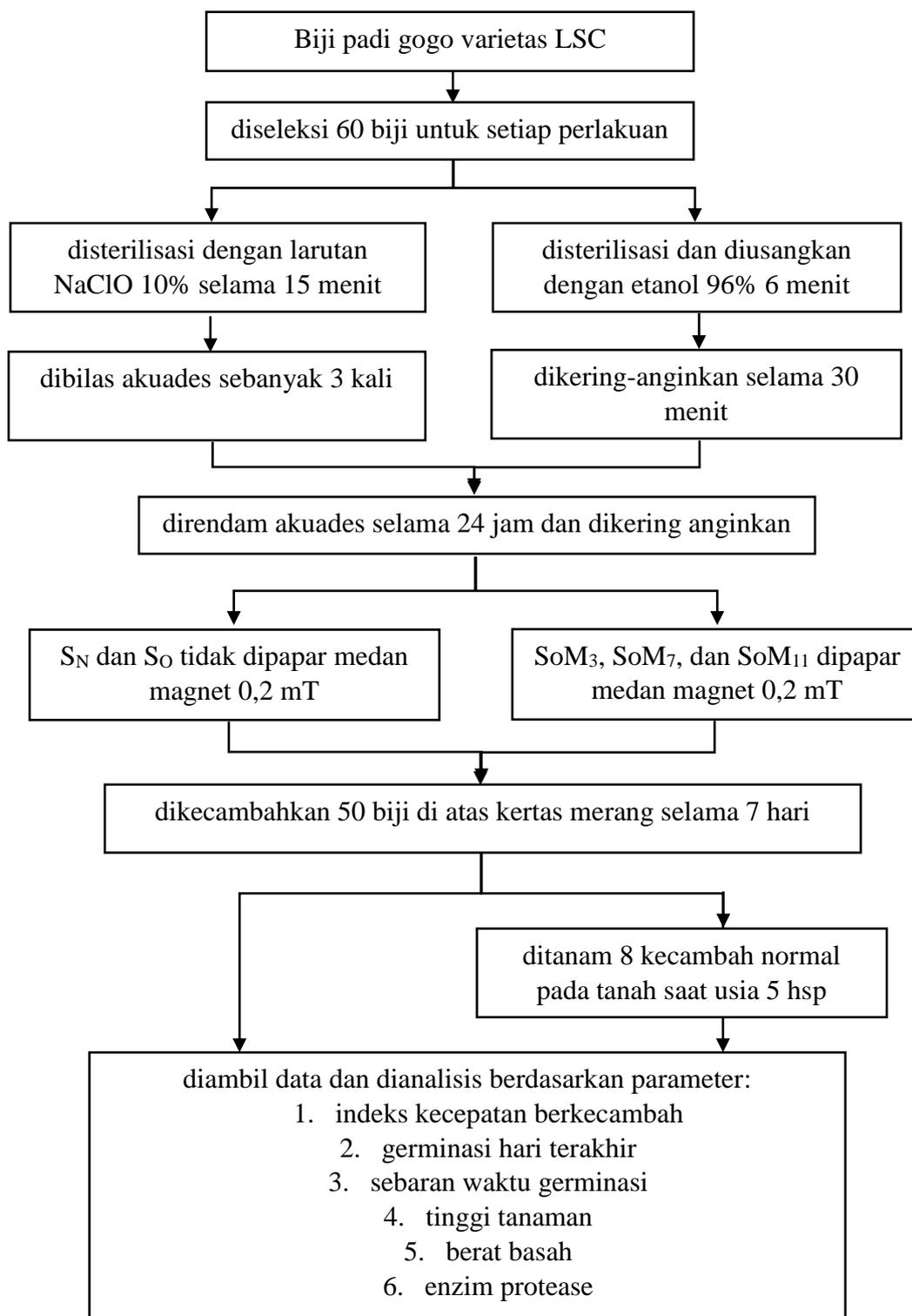
Penelitian ini akan dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor yaitu perlakuan lama paparan medan magnet 0,2 mT yang terdiri atas 5 tahap perlakuan dan setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali. Adapun 5 perlakuan terdiri atas:

1. benih baru ( $S_N$ ) tanpa paparan medan magnet sebagai kontrol positif penelitian
2. benih usang ( $S_0$ ) tanpa paparan medan magnet sebagai kontrol negatif penelitian
3. benih usang yang dipapar medan magnet selama 3 menit 54 detik ( $S_0M_3$ )
4. benih usang yang dipapar medan magnet selama 7 menit 48 detik ( $S_0M_7$ )
5. benih usang yang dipapar medan magnet selama 11 menit 44 detik ( $S_0M_{11}$ ).

Parameter yang diukur yaitu indeks kecepatan perkecambahan (IKP), germinasi hari terakhir (GHT), sebaran waktu germinasi (SWG), tinggi tanaman, berat segar, dan aktivitas enzim protease.

### 3.4. Diagram Alir Penelitian

Gambaran singkat pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.



**Tabel 2.** Diagram Alir Penelitian

### **3.5. Pelaksanaan Penelitian**

Pelaksanaan penelitian terdiri dari beberapa tahapan yaitu pengusangan benih, pemaparan medan magnet, penyemaian, penanaman, dan pengambilan data.

#### **3.5.1. Pengusangan Benih**

Benih diseleksi dengan merendamkannya dalam air. Benih yang mengapung dibuang, sedangkan benih yang tenggelam digunakan untuk penelitian. Jumlah benih yang digunakan untuk setiap perlakuan adalah 60 butir. Pengusangan benih padi dilakukan mengikuti metode Deanesia *et al.*, (2014) dengan modifikasi. Benih padi yang memperoleh perlakuan diusangkan direndam etanol selama 6 menit dalam gelas beaker lalu dikeringanginkan selama 30 menit. Benih padi baru (S<sub>N</sub>) disterilkan menggunakan larutan campuran 2 mL bayclin + 18 mL akuades, benih kemudian direndam selama 15 menit lalu dibilas dengan akuades sebanyak 3 kali.

#### **3.5.2. Pemaparan Medan Magnet**

Benih baru maupun yang telah diusangkan direndam akuades selama 24 jam kemudian benih usang dipapar medan magnet 0,2 mT dengan lama pemaparan sesuai perlakuan yaitu 3 menit 54 detik, 7 menit 48 detik, dan 11 menit 44 detik.

#### **3.5.3. Penyemaian Benih**

Benih yang telah dipapar medan magnet dipindahkan ke cawan petri yang telah diisi kertas merang sebagai media perkecambahan. Benih padi dipertahankan dengan memberikan akuades secukupnya. Cawan petri berisi 50 benih yang dikecambahkan

disimpan dalam *germination chamber* selama 5 hari dan terhalang dari cahaya langsung.

#### 3.5.4. **Penanaman Padi**

Kecambah padi berumur 5 HST ditanam dalam pot plastik yang telah berisi media tanam yang terdiri dari campuran tanah humus dan pupuk kambing. Masing-masing pot diisi oleh 8 kecambah.

#### 3.5.5. **Pengambilan Data**

##### **Indeks Kecepatan Perkecambahan (IKP)**

Nilai IKP diperoleh dihitung menggunakan rumus sesuai dengan Lauterboom (2019) yaitu:

$$IKP (\% / hari) = \frac{G1}{D1} + \frac{G2}{D2} + \dots + \frac{Gn}{Dn}$$

Keterangan:

G = Persentase benih yang berkecambah pada hari tertentu

D = Waktu yang sesuai dengan jumlah benih

n = Jumlah hari pada perhitungan akhir

Benih yang memperoleh nilai IKP dengan kisaran antara 20,00% - 33,33% memiliki vigor kuat, dan bagi benih yang memiliki nilai lebih rendah dari 20,00% memiliki vigor lemah (Lauterboom, 2019).

##### **Germinasi Hari Terakhir (GHT)**

Nilai GHT merupakan hari terakhir germinasi terjadi. Semakin rendah nilai GHT mengindikasikan adanya proses perkecambahan yang lebih cepat selesai. Nilai GHT dinyatakan dalam satuan hari-ke. (Al Mudaris, 1998).

### **Sebaran Waktu Germinasi (SWG)**

Nilai SWG merupakan akumulasi waktu dari awal hingga akhir proses perkecambahan. Semakin tinggi nilai SWG, maka semakin besar perbedaan kecepatan perkecambahan pada setiap perlakuan. Nilai SWG dinyatakan dalam hari (Al Mudaris, 1998).

### **Tinggi Tanaman**

Tinggi tanaman diukur pada tanaman padi dengan daun tertinggi yang diukur secara vertikal dari pangkal batang hingga ujung daun menggunakan penggaris dan dinyatakan dalam satuan sentimeter (cm). Pengukuran dilakukan pada umur 35 HST dan 55 HST (Sute *et al.*, 2017).

### **Berat segar**

Akar dan tunas dipotong dan ditimbang berat segarnya menggunakan timbangan digital dan hasil penimbangan dinyatakan dalam satuan gram (g). Pengukuran dilakukan pada umur 35 HST dan 55 HST (Rivera, 2018)

### **Aktivitas Enzim Protease**

Aktivitas enzim protease dilakukan mengikuti metode Li *et al.*, (2011) dengan modifikasi. Sebanyak 1 g kecambah berumur 72 jam dihomogenisasi dalam 10 mL 0,1 M Tris HCl (pH 8.0) dalam keadaan dingin. Homogenat kemudian disentrifugasi pada 10000 rpm selama 30 menit. Supernatan yang diperoleh digunakan sebagai pengujian protease. Sebanyak 1 mL ekstrak diambil kemudian ditambahkan 1 mL larutan substrat yang terdiri dari 0,6% kasein di dalam 0,1 M TRIS-HCl pH 8.0. Fungsi kasein adalah sebagai substrat yang akan dihidrolisis oleh protease menjadi peptida dan asam amino dalam masa inkubasi (Lani *et al.*, 2019). Reaksi kemudian dimulai dengan dimasukkan ke dalam

*waterbath* pada temperatur 40°C selama 10 menit dan dihentikan dengan melakukan inkubasi pada temperatur 90°C selama 5 menit dan ditambahkan 2 mL 0,4M TCA (*Tricloro Acetic Acid*). TCA berfungsi untuk menonaktifkan kerja enzim dan waktu inkubasi enzim protease. Larutan kemudian didiamkan pada suhu ruang selama 15 menit dan disentrifugasi pada 12000 rpm selama 10 menit dengan tujuan untuk memisahkan asam amino dan peptida dengan protein dengan substrat yang belum terhidrolisis (Lani *et al.*, 2019). Aktivitas enzim protease diukur menggunakan panjang gelombang 280 nm dan dinyatakan dalam satuan U/ml.

### **3.5.6. Analisis Data**

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji normalitas, dilanjutkan One-Way ANOVA, dan uji DMRT menggunakan aplikasi SPSS 24.

## **V. SIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1. Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. paparan medan magnet 0,2 mT berpengaruh terhadap peningkatan viabilitas (vigor) dan aktivitas enzim protease benih padi gogo LSC usang.
2. waktu pemaparan medan magnet 0,2 mT pada benih padi gogo LSC usang paling optimum untuk meningkatkan viabilitas (vigor) benih adalah pada 3 menit 54 detik sedangkan untuk meningkatkan enzim protease adalah 7 menit 48 detik.

### **5.2. Saran**

Penelitian lebih lanjut untuk melakukan uji aktivitas enzim protease menggunakan kecambah pada umur yang lebih awal, seperti 24 jam dan 48 jam setelah perkecambahan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh medan magnet terhadap perlakuan benih usang pada tahap awal perkembangan kecambah yang mungkin memiliki aktivitas enzim yang lebih optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Mudaris, M. 1998. Notes on various parameters recording the speed of seed germination. *Der Tropenlandwirt*. 99, 147-154.
- Andita, R. P., Khumairoh, U., Guritno, B., dan Aini, N. 2016. Kajian Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) terhadap Tingkat Kompleksitas Sistem Pertanian yang Berbeda. *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(8): 624-630.
- Asghar, T., Jamil, Y., Iqbar, M., ul-Haq, Z., dan 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.
- Atmaja, T. A. 2018. Pengaruh Paparan Medan Magnet 0,2 mT Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Benih Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) yang Diinfeksi *Fusarium* sp. (Skripsi). FMIPA Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Badan Pusat Statistik. 2023. Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2022. Berita Resmi Statistik No, 21/03/Th. XXVI.
- Bera, I., O'Sullivan, M., Flynn, D., dan Shields, D. C. 2023. Relationship between Protein Digestibility and the Proteolysis of Legume Proteins during Seed Germination. *Molecules*. 28 (7): 3204.
- Bhardwaj, J., Anand, A., Nagarajan, S. 2012. Biochemical and Biophysical Changes Associated with Magnetopriming in Germinating Cucumber Seeds. *Plant Physiology and Biochemistry*. 57: 67-73.
- Botcha, S. dan Prattipati, S. D. 2020. Role of amylase and protease in germinating *Sterculia urens* Roxb. *Bangladesh J. Sci. Ind. Res.* 55(2): 107-112.
- Branco, L. M., Ilas, S., Purwoko, B. S., Purwito, A., dan Palupi, E. R. 2022. Karakter Agro-morfologi dan Periode *After-ripening* Benih Lima Lanras Potensial Padi Timor-Leste. *J. Agron Indonesia*. 50(3): 249-256.
- Chrisnawati, L., Yulianty, Ernawati, E., Fitriyani, U., dan Putri, A. E. 2020. Penapisan toleransi kekeringan padi lokal Lampung pada fase perkecambahan. *Jurnal Biologi Udayana*. 25(1): 1-6.

- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press: New York. Hal. 447.
- Deanesia, D., Roslim, D. I., dan Herman. 2014. Isolasi DNA Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) Asal Kecamatan Bantan, Bengkalis – Riau. *JOM FMIPA*. 1(2): 644-650.
- Diaz-Mendoza, M., Diaz, I., dan Martinez, M. 2019. Insights on the Proteases Involved in Barley and Wheat Grain Germination. *Int. J. Mol. Sci.* 20(9): 2087.
- Din, A. R. J. M., Hanapi, S. Z., Supari, N., Alam, S. A. Z., Javed, M. A., Tin, L. C., dan Sarmidi, M. R. 2014. Germination, Seedling Growth, Amylase, and Protease Activities in Malaysian Upland Rice Seed under Microbial Inoculation Condition. *Journal of Pure and Applied Microbiology*. 8(4): 2627-2635.
- Fatikhassari, Z., Lailat, I. Q., Sartika, D., dan Ubaidi, M. A. 2022. Viabilitas dan Vigor Benih Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.), Kacang Hijau (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) dan Jagung (*Zea mays* L.) pada Temperatur dan Tekanan Osmotik Berbeda. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 27(1): 7-17.
- Fitriyani, U. 2023. Identifikasi Karakter Morfologi dan Anatomi Padi Lumbung Sewu Cantik Varietas Lokal Lampung terhadap Cekaman Kekeringan Menggunakan PEG (Polyethylene Glycol) 6000. (Skripsi). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung.
- Fridayanti, N. 2014. Pengaruh Pengusangan Cepat Secara Fisik terhadap Penurunan Viabilitas Tetua Benih Padi Hibrida (*Oryza sativa* L.) *Jurnal Agrium*. 11(2): 145-149.
- Galotta, M. F., Pugliese, P., Gutierrez-Boem, F. H., Veliz, C. G., Criado, M. V., Caputo, C., Echeverria, M., dan Roberts, I. N. 2019. Subtilase Activity and Gene Expression During Germination and Seedling Growth in Barley. *Plant Physiology and Biochemistry*. 139: 197-206.
- Group, T. H. E. A. P. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 141(4), 399–436.
- Guzmán-Ortiz, F. A., Castro-Rosas, J., Gómez-Aldapa, C. A., Mora-Escobedo, R., Rojas-León, A., Rodríguez-Marín, M. L., Falfan-Cortes, R. N., dan Román-Gutiérrez, A. D. 2018. Enzyme activity during germination of different cereals: A review. *Food Reviews International*. 1–24.
- Hafni, T, Zakaria, S., dan Kesumawati, E. 2019. Daya Adaptasi Beberapa Varietas Padi Gogo (*Oryza sativa* L.) pada Naungan yang Berbeda. *Jurnal Agrista*. 23(3): 145-158.

- Halimursyadah, Syamsuddin, Hasanuddin, Efendi, Anjani, N. 2020. Penggunaan kalium nitrat dalam pematangan dormansi fisiologis setelah pematangan pada beberapa galur padi mutan organik spesifik lokal Aceh. *Jurnal Kultivasi*. 19 (1): 1061-1068.
- Handoko, Sudarti, dan Handayani, R. D. 2017. Analisis Dampak Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) pada Biji Cabai Merah Besar (*Capsicum annuum* L.) terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah Besar (*Capsicum annuum* L.) *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 5(4): 370-377.
- Haq, U. Z., Iqbal, M., Jamil, Y., Anwar, H., Younis, A., Arif, M., Fareed, M. Z., dan Hussain, F. 2016. Magnetically treated water irrigation effect on turnip seed germination, seedling growth and enzymatic activities. *Information Processing in Agriculture*. 3(2): 99-106
- Hasanah, F., Agustrina, R, Ernawiati, E., dan Wahyuningsih, S. 2019. Pengaruh Kuat Medan Magnet terhadap Pertumbuhan Generatif Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill) dari Benih Lama. *Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Biologi Indonesia XXV*. 161-168.
- Hemalatha, K. P. J. dan Prasad, S. D. 2003. Changes in the metabolism of protein during germination of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*. 58: 1-10.
- Ichsan, C, N., Bakhtiar, Efendi, dan Sabaruddin. 2021. Morphological and Physiological Change of Rice (*Oryza sativa* L.) Under Water Stress at Early Season. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci*. 644: 1-8.
- Irawan, A. K., Agustrina, R., dan Rita, R. 2014. Pengaruh Medan Magnet 0,1 mT terhadap Perkecambahan Biji Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus* L.). *Jurnal Bioterdidik*. 2(9): 1-7.
- Junaidi dan Ahmad, F. 2021. Pengaruh Suhu Perendaman terhadap Pertumbuhan Vigor Biji Kopi Lampung (*Coffea canephora*). *Jurnal Inovasi Penelitian*. 2(7): 1911-1916.
- Kataria, S., Baghel, L., dan Guruprasad, K. N. 2017. Alleviation of Adverse Effects of Ambient UV Stress on Growth and Some Potential Physiological Attributes in Soybean (*Glycine max*) by Seed Pre-treatment with Static Magnetic Field. *Journal of Plant Growth Regulation*. 36: 550-565.
- Kataria, S., Baghel, L., Jain, M., dan Guruprasad, K. N. 2019. Magnetopriming regulates antioxidant defense system in soybean against salt stress. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 18: 101090.
- Kaur, H., Nazir, F., Hussaun, S. J., Kaur, R., Rajurkar, A. B., Kumari, S., Siddiqui, M. H., Mahajan, M., Khatoon, S., dan Khan, M. I. R. 2023. Gibberelic Acid Alleviates Cadmium-Induced Seed Germination Inhibition through

- Modulation of Carbohydrate Metabolism and Antioxidant Capacity in Mung Bean Seedlings. *Sustainability*. 15(4): 3790.
- Kobayashi, M., Soda, N., Miyo, T., dan Ueda, Y. 2004. Effects of Combined DC and AC Magnetic Fields on Germination of Hornwort Seeds. *Bioelectromagnetics*. 25: 552-559.
- Konefal-Janocha, Banas-Zabczyk, A., Bester, M., Bocak, D., Budzik, S., Gorny, S., Larsen, S., Majchrowski, K., dan Cholewa, M. 2019. The Effect of Stationary and Variable Electromagnetic Fields on the Germination and Early Growth of Radish (*Raphanus sativus*). *Pol. J. Environ. Stud.* 28(2): 709-715.
- Kurek, K., Plitta-Machalak, B., dan Ratajczak, E. 2019. Reactive Oxygen Species as Potential Drivers of the Seed Aging Process. *Plants*. 8(6). 174.
- Lani, R. K., Kasmiyati, S., dan Sukmana, A, 2019. Seleksi dan Karakterisasi Enzim Protease dari Getah Tumbuhan *Ficus* spp. Pada Variasi Suhu dan pH. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Entrepreneurship VI Tahun 2019*.
- Lauterboom, D. P. 2019. Uji Daya Kecambah 2 Varietas Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) pada Berbagai Konsentrasi NaCl. Dinamis. 1(12): 57-67.
- Lette, S. L., Refli, R., dan Tanesib, J. L. 2019. Stimulasi Perkecambahan Padi (*Oryza sativa* L.) dengan Penggunaan Medan Magnet. *Seminar Nasional Sains dan Teknik FST Undana (SAINSTEK-IV)*. 512-520.
- Li, C., Cao, X., Gu, Z., Wen, H. 2011. A preliminary study of the protease activities in germinating brown rice (*Oryza sativa* L.). *J. Sci. Food Agric.* 91: 915-920.
- Luo, X., Li, D., Tao, Y., Wang, P., Yang, R., dan Han, Y. 2022. Effect of static magnetic field treatment on the germination of brown rice: Changes in  $\alpha$ -amylase activity and structural and functional properties in starch. *Food Chemistry*. 383: 132392.
- Maffei, M, E. 2014. Magnetic Field Effects on Plant Growth, Development, and Evolution. *Front Plant Sci.* 5: 445.
- Mahajan, T. S. dan Pandey, O. P. 2014. Magnetic-time Model at Off-season Germination. *Int. Agrophys.* 28: 57-62.
- Malik, A. 2017. *Prospek Pengembangan Padi Gogo: Perspektif Kebijakan dan Implementasi di Lapangan*. IAARD Press: Jakarta.
- Manullang, H. M. 2020. Ketahanan Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) pada Fase Generatif yang Diinduksi Medan Magnet 0,2 mT dan Diinfeksi Jamur *Fusarium* sp. (Tesis). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung.

- Martinez, E., Florez, M., Carbonell, M. 2017. Stimulatory Effect of the Magnetic Treatment on the Germination of Cereal Seeds. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. 2(1): 375-381.
- Menegatti, R. D., Oliveira, L. O., Costa, A. V. L., Braga, E. J. B., Bianchi, V. J. 2019. Magnetic Field and Gibberelic Acid as Pre-germination Treatments of Passion Fruit Seeds. *Ciencia Agricola Rio Largo*. 17: 15-22.
- Mousavizadeh, S.J., Sedaghatthoor, S., Abdolrahman, R. dan Mohammad, H. 2013. Germination Parameters and Peroxidase Activity of Lettuce Seed Under Stationary Magnetic Field. *International Journal of Bioscene*. 3(4): 199-207.
- Nastiti, E. 2017. Efektifitas Medan Magnet 0,2 mT Terhadap Vigor dan Karakter Tanaman Tomat (*Lycopersicum sculentum* Mill.) yang diinfeksi *Fusarium* sp. (Tesis). FMIPA Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Navira, A., Jumar, dan Heiriyani, T. 2020. Pengaruh Beberapa Jenis dan Konsentrasi Larutan Kecambah Kacang-Kacangan terhadap Viabilitas Benih Padi Kadaluarsa Varietas Inpago 9. *Agroekotek View*. 3(3): 1-8.
- Nugraga, G. V. A., Wijaya, I. M. A. S., Widia, I. W. 2018. Peningkatan Gelombang Elektromagnetik Menurunkan Laju Perkecambahan Padi Beras Merah Cenana Jatiluwih (*Oryza Sativa* var. Barac Cenana). *Jurnal BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian)*. 6(2): 106-111.
- Occhipinti, A., Santis, D. A., dan Maffei, M, F. 2014. Magnetoreception: An Unavoidable Step for Plant Evolution. *Trends in Plant Science*. 19 (1): 1-4.
- Poinapen, D., Brown, D. C., Beeharry, G. K. 2013. Seed Orientation and Magnetic Field Strength Have More Influence on Tomato Seed Performance than Relative Humidity and Duration of Exposure to Non-uniform Static Magnetic Fields. *J. Plant Physiol*. 170 (14): 1251-1258.
- Prasetyo, A. V. 2020. Pengaruh Medan Magnet terhadap Diameter Perkecambahan Kacang Hijau. *Jurnal Fisika*. 5(1): 66-70.
- Putra, Y., Rusbana, T. B., dan Anggraeni, W. 2015. Pengaruh Kuat Medan Magnet dan Lama Perendaman terhadap Perkecambahan Padi (*Oryza sativa* L.) Kadaluarsa Varietas Ciherang. *Jur. Agroekotek*. 6(2): 157-168.
- Putri, A. E., Ernawati, E., Priyambodo, Agustrina, R., dan Chrisnawati, L. 2022. Klorofil Sebagai Indikator Tingkat Toleransi Kekeringan Kecambah Padi Gogo Varietas Lokal Lampung, Lumbung Sewu Cantik. *Biota*. 7(2): 142-150.
- Radchuk, V., Tran, V., Radchuk, R., Diaz-Mendoza, M., Weier, D., Fuchs, J., Riewe, D., Hensel, G., Kumlehn, J., Munz, E., Heinzl, N., Rolletschek, H., Martinez, M., dan Borisjuk, L. 2018. Vacuolar Processing Enzyme 4

- Contributes to Maternal Control of Grain Size in Barley by Executing Programmed Cell Death in The Pericarp. *New Phytol.* 218(3): 1127-1142.
- Radhakrisnan, R. dan Kumari, B. D. R. 2012. Pulsed magnetic field: A contemporary approach offers to enhance plant growth and yield of soybean. *Plant Physiology and Biochemistry.* 51: 139-144.
- Rahman, M. M., Banu, L. A., Rahman, M. M. dan Shahjadee, U. F. 2007. Changes of the enzyme activity during germination of different Mungbean varieties. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research.* 42(2): 213-216.
- Reina, F. G., Pascual, L. A., dan Fundora, I. A. 2001. Influence of A Stationary Magnetic Field on Water Relations in Lettuce Seeds. Part II: Experimental Results. *Bioelectromagnetics.* 22 (8): 596-602.
- Ridha, R., M., dan Juanda, B. R. 2017. Viabilitas dan Vigoritas Benih Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) Akibat Perendaman dalam Ekstrak Telur Keong Mas. *Agrosamudra.* 4(1): 84-90.
- Rivera, P. A. 2018. Pengaruh Kuat Medan Magnet terhadap Pertumbuhan Generatif Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) yang Berasal dari Benih Baru dan Benih Lama. (Skripsi). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung.
- Rostami Z. E., Majd, A., and Arbabian, S. 2014. Effects Of Electromagnetic Fields On Seed Germination in *Urtica dioica* L. *Int. Journal of Scientific & Technology Research.* 3(4):365-368
- Sagita, E. R. dan Rahayu .2022. Invigorasi Benih Bayam (*Amaranthus* sp.) dengan Ekstrak Akar Eceng Gondok. *Lentera Bio.* 11(2): 326-340.
- Santhiawan, P. dan Suwardike, P. 2019. Adaptasi Padi Sawah (*Oryza sativa* L.) terhadap Peningkatan Kelebihan Air sebagai Dampak Pemanasan Global. *Agro Bali.* 2(2): 130-144.
- Sari, N. I. 2019. Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.) dari Benih yang Diinduksi Medan Magnet 0,2 mT dan Diinfeksi *Fusarium oxysporum*. (Skripsi). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung.
- Sarraf, M., Kataria, S., Taimourya, H., Santos, L. O., Menegatti, R. D., Jain, M., Ihtisam, M., dan Liu, S. 2020. Magnetic Field (MF) Applications in Plants: An Overview. *Plants.* 9(9): 1-17.
- Setiyono, Dwiharjo, D., dan Arum, A. P. 2022. Aplikasi Medan Magnet pada Sistem Hidroponik NFT terhadap Pertumbuhan dan Hasil Sawi. *Agrosains.* 24 (1): 6-11.
- Sinaga, Y. K. L. 2022. Studi Hubungan Kekerbatan antara Tumbuhan Padi (*Oryza sativa* L.) dengan Tumbuhan Jagung (*Zea mays* L.) Berdasarkan

- Pendekatan Ciri Morfologi Akar, Batang, dan Daun. *Prosiding Seminar Nasional VII Biologi dan Pembelajarannya*. 357-368.
- Siswanti, D.U. dan Agustin, R. V. 2014. Respons Fisiologis Padi (*Oryza sativa* L.) “Segreng” dan “Menntik Wangi” terhadap Aplikasi Pupuk Organik Cair dan Dekomposer. *Biogenesis*. 2(2): 89-93.
- Suete, F., Samudin, S., dan Hasanah, U. 2017. Respon Pertumbuhan Padi Gogo (*Oryza sativa*) Kultivar Lokal pada Berbagai Tingkat Kelengasan Tanah. *E-J. Agrotekbis*. 5(2): 173-182.
- Sudarti, Handoko, dan Laksmiari, K. 2021. Analisis Dampak Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap Massa Tanaman Cabai Merah Besar (*Capsicum annum* L.) *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 10(1): 15-21.
- Sudsiri, C. J., Jumpa, N., Kongchana, P., & Ritchie, R. J. 2017. Stimulation of oil palm (*Elaeis guineensis*) seed germination by exposure to electromagnetic fields. *Scientia Horticulturae*. 220. 66–77.
- Sumadi dan Nurmala, T. 2019. Pengaruh Invigorasi Benih Hanjeli (*Coix lacrymajobi* L.) terhadap Mutu Fisiologis Serta Dampaknya terhadap Hasil. *Jurnal Kultivasi*. 18(3): 1010-1014.
- Sumardi, Marjunus, R., Hairisah, S. F., Setiawati, P. L., dan Khoiriyah, A. 2018. *Medan Magnet dan Mikroba*. Innosain: Yogyakarta.
- Suparto, H., Nugraha, M. I., dan Kulu, I, P. 2022. Invigorasi Benih Tiga Varietas Padi (*Oryza sativa* L.) dengan Larutan Tauge. *Jurnal Penelitian UPR Karahati*. 2(2): 83-92.
- Suspidayanti, L. dan Rokhmana, C. A. 2021. Identifikasi Fase Pertumbuhan Padi Menggunakan Citra SAR *Synthetic Aperture Radar*. Sentinel-1. *ELIPSOIDA*. 4(1): 9-15.
- Taufik, M., Hasan, A., Rahayu, dan Khaeruni, A. 2016. *Padi Gogo Si Mutiara Pangan*. Universitas Halu Oleo: Kendari.
- Vashisth, A. dan Joshi, D. K. 2017. Growth Characteristics of Maize Seeds Exposed to Magnetic Field. *Bioelectromagnetics*. 38 (2): 151-157.
- Vashisth, A. dan 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.
- Waluyo dan Suparwoto. 2018. Pengelolaan dan Distribusi Produksi Benih Sumber Padi di Sumatera Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian*. 241-248.

Widyaswari, R. 2019. Uji Ketahanan Beberapa Varietas Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) terhadap Infeksi Jamur Patogen *Rhizoctonia solani* Khun. (Skripsi). Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya.

Zhu, D., Wu, Q., dan Hua, L. 2019. Industrial Enzymes. Di dalam: Moo-Young, M. (ed.) *Comprehensive Biotechnology (Edisi Ketiga)*, halaman 1-13.