

**INDUKSI MEDAN MAGNET UNTUK MENINGKATKAN AKTIVITAS
ENZIM PERKECAMBAHAN DALAM MENGATASI KONDISI
TERCEKAM KEKERINGAN PADA BENIH PADI GOGO
USANG ASAL LAMPUNG**

(Tesis)

Oleh

**APRILIA EKA PUTRI
NPM 2227021016**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

INDUKSI MEDAN MAGNET UNTUK MENINGKATKAN AKTIVITAS ENZIM PERKECAMBAHAN DALAM MENGATASI KONDISI TERCEKAM KEKERINGAN PADA BENIH PADI GOGO USANG ASAL LAMPUNG

Oleh

APRILIA EKA PUTRI

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan komoditas pertanian penting, namun produksi tanaman padi sering terkendala oleh kekeringan dan ketersediaan benih bermutu akibat lama penyimpanan. Aplikasi medan magnet 0,2 mT diketahui memberikan dampak positif terhadap vigor benih. Lumbung Sewu Cantik (LSC) merupakan varietas padi gogo lokal asal Lampung yang perlu dikaji lebih lanjut karena memiliki beberapa sifat unggul. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak paparan medan magnet 0,2 mT pada benih LSC usang terhadap aktivitas enzim perkecambahan, respon perkecambahan, pertumbuhan vegetatif, dan kandungan klorofil tanaman yang dikecambahkan dalam kondisi cekaman kekeringan. Penelitian ini dilaksanakan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan yaitu Sn (kontrol benih normal), So (kontrol benih usang), SoM (benih usang yang dipapar medan magnet 0,2 mT), SoD (kontrol benih usang yang tercekam kekeringan dengan PEG 6000 20%), dan SoMD (benih usang yang dipapar medan magnet 0,2 mT, dan diberi cekaman kekeringan dengan PEG 6000 20%), dengan masing-masing perlakuan 5 kali ulangan. Data yang diperoleh dianalisis ragam, dilanjutkan dengan uji DMRT pada $\alpha = 0,05$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan medan magnet meningkatkan aktivitas α -amilase, serta menurunkan aktivitas protease, dan dehidrogenase. Pada respon perkecambahan, paparan medan magnet pada benih usang (SoM), meningkatkan kecepatan dan persentase germinasi berdasarkan nilai indeks kecepatan germinasi (IKG), indeks germinasi (IG), koefisien kecepatan germinasi (KKG), dan rata-rata waktu germinasi (RWG), selain itu pada benih padi usang yang diberi cekaman kekeringan (SoMD), paparan medan magnet secara nyata meningkatkan persentase kecambah normal berdasarkan parameter daya berkecambah (DB) dan persentase kecambah abnormal (PKA). Berdasarkan parameter pertumbuhan vegetatif dan kandungan klorofil, tanaman padi dari benih usang pada semua perlakuan tidak berbeda nyata dengan kontrol benih normal (Sn).

Kata kunci: cekaman kekeringan, benih padi usang, enzim perkecambahan, medan magnet, padi gogo lokal Lampung.

ABSTRACT

INDUCED MAGNETIC FIELD TO INCREASE GERMINATION ENZYME ACTIVITY TO OVERCOME DROUGHT STRESS CONDITION IN OLD UPLAND RICE SEEDS LOCAL FROM LAMPUNG

By

APRILIA EKA PUTRI

Rice (*Oryza sativa* L.) is an important agricultural commodity, but rice crop production is often constrained by drought and the availability of quality seeds due to long storage periods. The application of a magnetic field of 0,2 mT is known to have a positive impact on seed vigor. Lumbung Sewu Cantik (LSC) is a local upland rice variety from Lampung that needs further study because it has several superior traits that must be developed. This study aimed to determine the impact of 0,2 mT magnetic field exposure on old seeds of LSC concerning germination enzyme activity, seed vigor, vegetative growth, and chlorophyll content of plants germinated under drought stress conditions. The study used a Completely Randomized Design (CRD) with five treatments, there are Sn (normal seed control), So (old seed control), SoM (old seeds exposed to a 0,2 mT magnetic field), SoD (old seed control stressed by drought with 20% PEG 6000), and SoMD (old seeds exposed to a 0,2 mT magnetic field, and given drought stress with 20% PEG 6000), each with 5 replications. The data obtained were analyzed by variance, followed by a DMRT further test at $\alpha = 0,05$. The results showed that magnetic field treatment increased α -amylase activity, and decreased protease and dehydrogenase activity. In the germination response, exposure magnetic fields on old seeds (SoM) increased the speed and percentage of germination based on germination rate index (GRI), germination index (GI), coefficient of velocity of germination (CVG), and mean germination time (MGT) values, and on old rice seeds given drought stress (SoMD) significantly increased the percentage of normal germination based on germination capacity (GC) and percentage abnormal germination (PAG) values. Based on vegetative growth parameters and chlorophyll content, rice plants from old seeds in all treatments were not significantly different from normal seed controls (Sn).

Keywords: drought stress, germination enzymes, local Lampung upland rice, old rice seeds, magnetic field.

**INDUKSI MEDAN MAGNET UNTUK MENINGKATKAN AKTIVITAS
ENZIM PERKECAMBAHAN DALAM MENGATASI KONDISI
TERCEKAM KEKERINGAN PADA BENIH PADI GOGO
USANG ASAL LAMPUNG**

Oleh

APRILIA EKA PUTRI

Tesis

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

Pada

**Program Studi Magister Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**Judul Tesis : INDUKSI MEDAN MAGNET UNTUK
MENINGKATKAN AKTIVITAS ENZIM
PERKECAMBAHAN DALAM MENGATASI
KONDISI TERCEKAM KEKERINGAN
PADA BENIH PADI GOGO USANG ASAL
LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : Aprilia Eka Putri

Nomor Pokok Mahasiswa : 2227021016

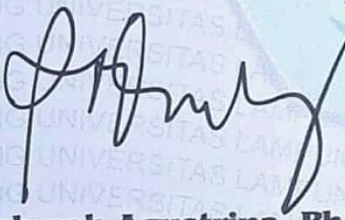
Program Studi : Magister Biologi

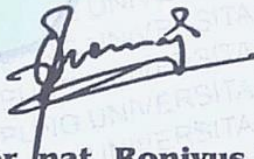
Jurusan : Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

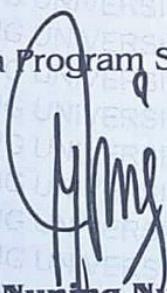
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Rochmah Agustrina, Ph.D.
NIP 19610803 198903 2 002


Dr. rer.nat. Roniyus Marjunus, M.Si.
NIP 19770318 200012 1 003

2. Ketua Program Studi Magister Biologi

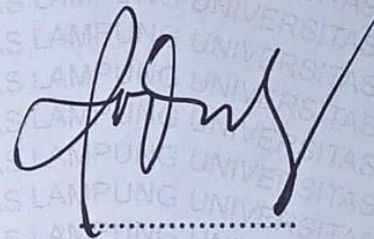

Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc.
NIP 19660305 199103 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

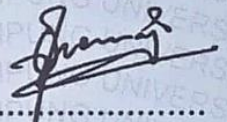
Ketua

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



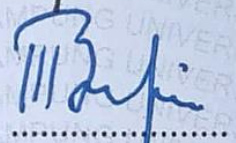
Sekretaris

: **Dr. rer. nat. Roniyus Marjunus, M.Si.**



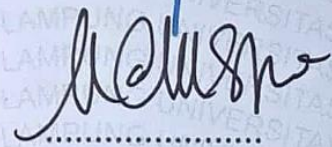
Penguji

Bukan Pembimbing 1 : **Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc.**

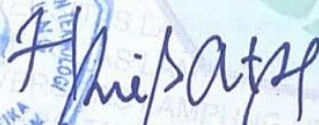


Penguji

Bukan Pembimbing 2 : **Dr. Mahfut, M.Sc.**



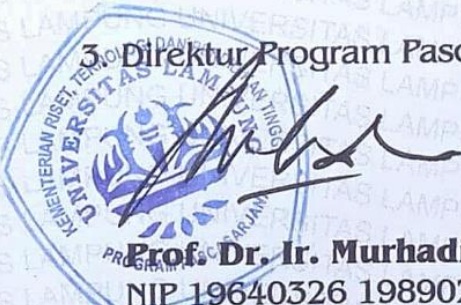
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

NIP 19711001 200501 1 002

3. Direktur Program Pascasarjana



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.

NIP 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : **09 Agustus 2024**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Aprilia Eka Putri
NPM : 2227021016
Program Studi : Magister Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

menyatakan dengan sebenarnya dan sejujurnya, bahwa tesis saya yang berjudul

**“INDUKSI MEDAN MAGNET UNTUK MENINGKATKAN AKTIVITAS
ENZIM PERKECAMBAHAN DALAM MENGATASI KONDISI
TERCEKAM KEKERINGAN PADA BENIH PADI GOGO
USANG ASAL LAMPUNG”**

dengan ini menyatakan bahwa baik data maupun pembahasannya adalah **benar** karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku, serta bukan merupakan hasil duplikasi atau jiplakan dari karya ilmiah yang pernah ditulis oleh orang lain kecuali sebagai acuan yang dicantumkan dalam daftar pustaka.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 09 Agustus 2024
Yang menyatakan,



(Aprilia Eka Putri)
NPM. 2227021016

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Aprilia Eka Putri, dilahirkan di Desa Natar, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan pada tanggal 30 April 1999, sebagai anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Ismail, S.Pd. dan Ibu Salbiyah.

Penulis menempuh pendidikan pertamanya di taman kanak-kanak Yayasan Pendidikan LPMK Simpang Agung, Lampung Tengah pada tahun 2004-2005. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 3 Pardasuka pada tahun 2005-2007, SDN 2 Wargomulyo pada tahun 2007-2010, dan SDN 1 Natar pada tahun 2010-2011. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Natar pada tahun 2011-2014. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Natar pada tahun 2014-2017. Pada tahun 2017, penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi negeri, tepatnya di Universitas Lampung Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam pada Program Studi Biologi yang kemudian berhasil mendapatkan gelar Sarjana Sain (S.Si) pada tahun 2021. Pada tahun 2022, penulis resmi menjadi mahasiswa Program Studi Magister Biologi, FMIPA Universitas Lampung. Dengan izin

Allah, kemudian dengan bimbingan dari dosen terkait, dukungan dari orang tua, serta bantuan dari berbagai pihak, *alhamdulillah* penulis berhasil menyelesaikan pendidikan magisternya pada tanggal 09 Agustus 2024 dengan menulis tesis yang berjudul “*Induksi Medan Magnet untuk Meningkatkan Aktivitas Enzim Perkecambahan dalam Mengatasi Kondisi Tercekam Kekeringan pada Benih Padi Gogo Usang Asal Lampung.*”

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil 'alamiin.. Segala Puji bagi **Allah SWT** Tuhan yang Maha Esa, atas segala rahmat, ridho dan karunia-Nya, sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik.

Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada hingga, maka kupersembahkan karya kecil ini kepada:

Ayah dan Ibu tercinta, penyemangat hidupku dan motivasiku selama ini. Terima kasih atas seluruh cinta, kasih sayang, dukungan serta doa-doa terbaiknya untukku. Terima kasih karena telah menjadi orang tua yang sempurna bagiku. Terima kasih Yah.. Terima kasih Bu..

Para Dosen yang sangat berjasa dalam memberikan ilmu-ilmu serta bimbingannya. Terima kasih atas seluruh kesabaran, keikhlasan, motivasi, dan kebaikan yang telah Bapak dan Ibu dosen berikan. Tanpa kalian penulis tidak akan mungkin bisa sampai di tahap ini.

Teman-teman yang telah membantu, mendukung, serta kebersamaan penulis selama menempuh pendidikan. Terima kasih atas canda, tawa, serta kenangan indah yang telah kalian berikan.

Almamater tercinta, **Universitas Lampung**.

MOTTO

“Dan, kepada-Nya segala urusan dikembalikan, maka sembahlah Dia dan bertawakallah kepada-Nya.”
(QS. Hud: 123)

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kadar kesanggupannya.” (QS. Al-Baqarah: 286)

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi pula kamu menyukai sesuatu padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui sedang kamu tidak mengetahui” (QS. Al-Baqarah: 216)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu” (Umar bin Khattab)

“Libatkanlah Allah dalam segala urusanmu, dan lakukan semuanya dengan ikhlas.”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil 'alamiin, puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT Tuhan yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menempuh pendidikan strata dua dan berhasil menyelesaikan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Magister Sains di Universitas Lampung yaitu tesis yang berjudul *“Induksi Medan Magnet untuk Meningkatkan Aktivitas Enzim Perkecambahan dalam Mengatasi Kondisi Tercekam Kekeringan pada Benih Padi Gogo Usang Asal Lampung”*. Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan tesis ini masih terdapat banyak kendala dan kekurangan. Namun dengan bantuan dari Allah SWT serta dari berbagai pihak yang terlibat, kendala-kendala yang dihadapi dapat teratasi dengan baik. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Rochmah Agustrina, Ph.D., selaku dosen Pembimbing I sekaligus dosen Pembimbing Akademik, yang telah memfasilitasi penelitian ini. Terima kasih atas semua arahan, masukan, saran, dukungan moril maupun materil, serta bimbingannya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan juga penulisan tesis ini dengan baik. Terima kasih juga atas semua bimbingannya kepada penulis selama penulis menempuh pendidikan di Program Studi Magister Biologi, FMIPA, Unila;
2. Bapak Dr. rer. nat. Roniyus Marjunus, M.Si., selaku dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, bantuan, serta saran dalam proses penyelesaian tesis ini sehingga karya tulis ini menjadi lebih baik;
3. Bapak Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc., selaku dosen Pembahas I atas kesediaannya memberikan masukan, bantuan, saran, arahan serta kritik yang

membangun sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini menjadi lebih baik;

4. Bapak Dr. Mahfut, M.Sc., selaku dosen Pembahas II atas kesediaannya memberikan masukan, saran, motivasi, bantuan, arahan serta kritik yang membangun sehingga penulis tesis ini menjadi lebih baik;
5. Ibu Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Magister Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta dukungan kepada penulis;
6. Ibu Dr. Kusuma Handayani, M.Si., selaku Ketua Program Studi Sarjana Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang telah memberikan dukungan, bimbingan, serta arahan kepada penulis;
7. Bapak Dr. Jani Master., S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung;
8. Bapak Dr. Eng. Heri Satria., S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung;
9. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung;
10. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
11. Bapak dan Ibu dosen serta segenap karyawan FMIPA (Mba Dhiny, Mas Fajar, Mba Oni, Mas Ferdi, Ibu Kus, Ibu Rusnah, Teh Leha, Mas Yanto, Pak Tamrin) serta segenap karyawan yang tidak bisa disebutkan satu per satu atas bantuan dan bimbingannya kepada penulis selama penulis menempuh pendidikan dan penelitian;
12. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak Ismail, S.Pd., dan Ibu Salbiyah yang tidak henti-hentinya mendoakan penulis, memberikan semangat, dukungan, kasih sayang, dan motivasi kepada penulis selama ini yang begitu luar biasa dalam mengiringi penulis dalam menggapai cita-cita;

13. Adik-adikku tersayang, Dinda Azizah Nur Rohima, Annisa Sofiana Marwa dan Aqila Lutfiana Nafisa atas bantuan, serta dukungan semangat kepada penulis;
14. Rekan satu tim penelitian (Ilmu Padi), Mega, Ade, Ibu Asih, Hanan, dan Rayna. Terima kasih atas kerjasama, kebersamaan, bantuan dan dukungannya selama proses penelitian hingga terselesaikannya tesis ini;
15. Keluarga UTB (*Use The Brain*), Umilia Fitriyani, Faradhila Amanda, Niken Ayuandira, dan Lisa Maryati. Terima kasih atas semua dukungan, bantuan, semangat, kebersamaan dan rasa kekeluargaan yang telah kalian berikan kepada penulis selama ini;
16. Teman-teman Magister Biologi angkatan 2022 atas semua kebersamaan dan canda tawa selama masa kuliah yang telah memberikan warna tersendiri pada cerita hidup penulis;
17. Kakak dan adik tingkat serta semuanya yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
18. Almamater tercinta, Universitas Lampung.

Semoga semua kebaikan yang sudah diberikan menjadi amalan yang indah dan mampu mengundang segala kebaikan dari Allah SWT. Penulis berharap semoga tesis yang jauh dari kesempurnaan ini dapat memberikan manfaat kelak bagi kita semua. *Aamiin*.

Bandar Lampung, 09 Agustus 2024

Aprilia Eka Putri

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	i
HALAMAN JUDUL DALAM.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	vi
RIWAYAT HIDUP.....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ix
MOTO	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2. Tujuan Penelitian	5
1.3. Kerangka Pikir	6
1.4. Hipotesis	9
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1. Tanaman Padi (<i>Oryza sativa</i> L.)	10
2.1.1. Taksonomi	10
2.1.2. Morfologi.....	11

2.1.3. Fase Pertumbuhan	14
2.1.4. Perkecambahan Tanaman Padi	15
2.1.5. Habitat dan Syarat Tumbuh	24
2.1.6. Padi Gogo Varietas Lumbung Sewu Cantik	24
2.2. Pengusangan Benih dan Pengusangan Benih Dipercepat (Buatan) ..	26
2.3. Cekaman Kekeringan dan <i>Polyethylene Glycol</i> (PEG) 6000	29
2.7. Induksi Medan Magnet.....	31
III. METODE PENELITIAN	34
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	34
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	34
3.3. Rancangan Penelitian	35
3.4. Pelaksanaan Penelitian	36
3.4.1. Seleksi Benih	36
3.4.2. Pengusangan Benih.....	36
3.4.3. Sterilisasi Benih.....	37
3.4.4. Perendaman dan Perlakuan Medan Magnet pada Benih	37
3.4.5. Pemberian Cekaman Kekeringan dengan PEG 6000	38
3.4.6. Tahap Pengujian	39
3.4.7. Analisis Data	44
3.5. Diagram Alir Penelitian	45
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	47
4.1. Aktivitas Enzim Perkecambahan	47
4.2. Respon Perkecambahan.....	57
4.3. Pertumbuhan vegetatif.....	64
4.4. Kadar Klorofil.....	67
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	68
5.1. Kesimpulan	70
5.2. Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA.....	72
LAMPIRAN	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Morfologi tanaman padi (<i>Oryza sativa</i> L.).....	13
2. Penampang irisan buah padi dan bagian-bagiannya	14
3. Bagian-bagian kecambah padi.....	16
4. Skema hidrolisis pati (polisakarida) oleh enzim amilase menjadi glukosa (gula sederhana)	19
5. Struktur kimia reaksi reduksi tetrazolium menjadi formazan yang berwarna	22
6. Diagram alir penelitian.....	46
7. Grafik rata-rata aktivitas enzim α -amilase kecambah padi LSC berumur 72 jam setelah imbibisi. D = cekaman kekeringan dan M = paparan medan magnet 0,2 mT	47
8. Grafik rata-rata aktivitas enzim protease kecambah padi LSC berumur 72 jam setelah imbibisi. D = cekaman kekeringan dan M = paparan medan magnet 0,2 mT	48
9. Pengaruh paparan medan magnet 0,2 mT dan cekaman kekeringan pada aktivitas enzim dehidrogenase kecambah padi LSC berumur 72 jam setelah imbibisi. Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada $\alpha = 5\%$	48
10. Pengaruh paparan medan magnet 0,2 mT dan cekaman kekeringan pada PGA benih padi gogo LSC usang. Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada $\alpha = 5\%$	57
11. Pengaruh paparan medan magnet 0,2 mT dan cekaman kekeringan pada benih padi usang terhadap DB (A) dan PKA (B). Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada gambar yang sama menunjukkan berbeda nyata pada $\alpha = 5\%$	58

12. Pengaruh paparan medan magnet 0,2 mT dan cekaman kekeringan pada benih padi usang terhadap IKG (A) dan IG (B). Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada gambar yang sama menunjukkan berbeda nyata pada $\alpha = 5\%$	58
13. Pengaruh paparan medan magnet 0,2 mT dan cekaman kekeringan pada benih padi usang terhadap KKG (A) dan RWG (B). Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada gambar yang sama menunjukkan berbeda nyata pada $\alpha = 5\%$	59
14. Grafik pertambahan rata-rata tinggi tanaman (A), berat segar (B), dan berat kering (C) padi gogo LSC benih usang. D = cekaman kekeringan dengan PEG 6000 dan M = paparan medan magnet 0,2 mT	65
15. Grafik rata-rata kadar klorofil a (A), klorofil b (B), dan klorofil total (C) daun padi gogo LSC berumur 55 HST dari benih usang. D = cekaman kekeringan dengan PEG 6000 dan M = paparan medan magnet 0,2 mT	68

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Deskripsi Padi Gogo Varietas LSC.....	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Pengamatan dan Perhitungan

Lampiran 2. Hasil Uji Normalitas

Lampiran 3. Hasil Anova

Lampiran 4. Dokumentasi Kegiatan Penelitian

Lampiran 5. Dokumentasi Hasil Pengamatan

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian

Nasi merupakan makanan pokok di Asia, dan lebih dari 90% produksi serta konsumsi beras di dunia disumbang oleh kawasan tersebut. Oleh karena itu, tanaman padi (*Oryza sativa* L.) menjadi komoditas pertanian penting bagi penduduk Asia, salah satunya Indonesia (FAO, 2014). Pertambahan jumlah penduduk di Indonesia akan meningkatkan kebutuhan beras (Sawitri dkk., 2018), sehingga diperlukan upaya peningkatan produksi padi agar kebutuhan beras nasional dapat terpenuhi (Cahyadi dkk., 2013). Produksi padi di Indonesia masih menghadapi berbagai kendala, antara lain: bencana kekeringan akibat adanya pemanasan global (Ma'sumah dkk., 2016; Nasrudin dan Firmansyah, 2020) dan terbatasnya persediaan benih bermutu tinggi akibat lamanya masa simpan benih sehingga benih mengalami deteriorasi (Dewi dan Sumarjan, 2013; Navira dkk., 2020).

Kekeringan menjadi salah satu faktor lingkungan yang paling berperan dalam membatasi hasil produksi tanaman. Bencana kekeringan menyebabkan tanaman mengalami cekaman kekeringan karena tidak mendapatkan air yang cukup (Bray, 2007). Di samping itu, perkecambahan yang merupakan tahap terpenting dalam siklus pertumbuhan tanaman berbiji sangat rentan terhadap cekaman kekeringan (Rajjou *et al.*, 2012). Cekaman kekeringan mampu menghambat perkecambahan dan proses pertumbuhan kecambah (Zhu *et al.*, 2006; Kizilgeci *et al.*, 2017). Pada tanaman padi,

cekaman kekeringan pada fase perkecambahan dapat menurunkan panjang plumula (Daksa dkk., 2014; Chrisnawati dkk., 2021), kecepatan berkecambah, persentase kecambah normal (Cahyadi dkk., 2013; Daksa dkk., 2014), serta kadar klorofil a, klorofil b, dan klorofil total (Putri dkk., 2022).

Dalam proses perkecambahan biji, banyak melibatkan peran enzim perkecambahan, diantaranya enzim amilase, protease, dehidrogenase, serta masih banyak lagi enzim lainnya. Proses penguraian pati yang kompleks merupakan gabungan dari hasil aktivitas enzim α -amilase, β -amilase, dan α -glukosidase (Damaris *et al.*, 2019). Selain enzim-enzim tersebut, enzim protease juga penting pada proses perkecambahan untuk menguraikan protein biji menjadi asam amino dan peptida yang kemudian akan ditransfer ke embrio untuk pertumbuhan kecambah (Joshi, 2018). Sedangkan enzim dehidrogenase terlibat dalam proses respirasi, dengan fungsinya untuk melepaskan ion hidrogen (H^+) dari senyawa-senyawa antara yang terlibat selama proses respirasi benih (Jawak dkk., 2022). Aktivitas enzim dehidrogenase dalam perkecambahan biji berkontribusi sebagai katalis pembentukan energi dari cadangan makanan melalui proses respirasi anaerob (Oaikhena *et al.*, 2013).

Saat biji berkecambah, enzim amilase berfungsi untuk menguraikan cadangan makanan berupa pati pada benih menjadi senyawa gula sederhana dan nutrisi terlarut lainnya (Hong *et al.*, 2012), yang digunakan sebagai sumber energi utama dalam proses perkecambahan hingga tumbuh menjadi bibit (Damaris *et al.*, 2019). Aktifnya enzim amilase pada proses perkecambahan dipengaruhi oleh keberadaan hormon *Giberelic Acid* (GA) (Hong *et al.*, 2012) sehingga GA menjadi hormon penting dalam perkecambahan (Ravindran *and* Kumar, 2019). GA juga memegang peran sebagai mediator utama dalam menerima sinyal lingkungan yang kemudian mempengaruhi aktivasi enzim amilase. Saat biji akan berkecambah, GA di

embrio menjadi aktif berdifusi ke sel aleuron. Di dalam sel-sel aleuron GA mengaktifkan sintesis berbagai enzim hidrolase, salah satunya α -amilase yang disekresikan ke lokasi cadangan makanan (endosperm) (Yamaguchi, 2008). Aktivasi GA dipengaruhi oleh keadaan lingkungan dan dikontrol melalui akumulasi enzim-enzim yang berperan untuk aktivasi GA melalui ekspresi gen GA3ox dan GA20ox (Hauvermale *et al.*, 2012). Hasil penelitian Liu *et al.* (2018) menunjukkan bahwa cekaman abiotik garam (NaCl) pada kecambah padi varietas Zhenshan 97 asal Cina berdampak terhadap berkurangnya sintesis GA yang berakibat pada penurunan aktivitas enzim α -amilase, sehingga menghambat perkecambahan benih.

Selain faktor eksternal, faktor internal seperti mutu benih juga mempengaruhi perkecambahan. Mutu fisiologis benih ditentukan oleh umur dan proses penyimpanan (Suparto dan Nugraha, 2022). Padi yang baru dipanen belum dapat berkecambah meskipun ditanam pada kondisi optimum, karena masih dalam periode *after-ripening*. Lamanya periode *after-ripening* sekitar 12 pekan tergantung varietasnya (Wahyuni dkk., 2023). Benih padi yang disimpan lebih dari enam bulan pada tempat penyimpanan yang kurang tepat akan mengalami deteriorasi yang ditandai dengan penurunan vigor, viabilitas (Suparto dan Nugraha, 2022), serta daya berkecambahnya (Rohandi dan Widyani, 2016). Di lapangan, umumnya petani menggunakan benih padi gogo yang berasal dari hasil panen sebelumnya dengan masa simpan 6-8 bulan (Kartika dan Sari, 2015).

Cara penyimpanan benih padi yang paling baik adalah dengan meletakkannya dalam wadah yang kedap udara untuk mencegah peningkatan kadar air yang drastis (Sari dan Faisal, 2017). Peningkatan kadar air benih dapat menyebabkan penurunan mutu benih (Tefa, 2017). Kadar air benih yang tinggi meningkatkan laju respirasi benih yang berakibat pada meningkatnya aktivitas perombakan amilum, sehingga terjadi peningkatan kadar gula reduksi dan pengurangan cadangan makanan (Dewi dan Sumarjan, 2013). Deteriorasi benih lebih lanjut menyebabkan

sel-sel benih mengalami stres oksidatif yang berujung pada rusaknya membran sel dan peningkatan kerusakan materi genetik (Ebone *et al.*, 2019).

Medan magnet diketahui memberikan pengaruh positif dalam memperbaiki proses perkecambahan dan pertumbuhan tanaman. Menurut Reina *and* Pascual (2001) paparan medan magnet mampu meningkatkan laju serapan air oleh benih melalui interaksinya dengan arus ionik pada membran sel yang berujung pada perubahan mekanisme imbibisi benih. Kemudian menurut Morejon (2007), medan magnet mampu mempengaruhi tegangan air dan daya larut air yang berada disekitar benih sehingga air dapat dengan mudah diserap oleh benih ketika imbibisi. Selain itu, menurut Sumardi dkk. (2022) medan magnet juga dapat mempengaruhi kerja enzim melalui interaksinya dengan komponen kofaktor pada enzim. Komponen kofaktor yang dapat berupa ion logam sederhana dapat menerima energi dari medan magnet sehingga dapat mempengaruhi kerja enzim. Beberapa hasil penelitian menunjukkan dampak positif paparan medan magnet. Medan magnet juga menunjukkan pengaruh positif pada eksplan embrio gandum yang ditanam pada medium yang diinduksi cekaman kekeringan (PEG-6000 60 g/L). Pemberian medan magnet sebesar 2,9-4,7 mT meningkatkan kadar klorofil, karotenoid, serta aktivitas enzim-enzim antioksidan planlet gandum (Sen *and* Alikamanoglu, 2014). Hasil ini sejalan dengan pendapat Radhakrishnan (2019) yang menyatakan bahwa paparan medan magnet dapat meningkatkan antioksidan dan mengurangi stres oksidatif pada tanaman ketika tercekam abiotik seperti kekeringan, kontaminasi logam berat dalam tanah, dan cekaman garam. Selain itu, pemberian paparan medan magnet diketahui mampu meningkatkan aktivitas enzim α -amilase yang berperan penting dalam proses perkecambahan (Agustrina *et al.*, 2013). Hasil penelitian Novitasari dkk. (2019) menunjukkan bahwa pemberian

paparan medan magnet sebesar 0,2 mT selama 7 menit 48 detik meningkatkan vigor benih tomat usang (masa kadaluarsa tanam tahun 2016) paling tinggi sehingga pertumbuhan vegetatifnya sama dengan pertumbuhan vegetatif benih baru (masa kadaluarsa tanam tahun 2020).

Varietas padi yang digunakan pada penelitian ini adalah varietas lokal lumbung sewu cantik (LSC) yang berasal dari Kabupaten Pringsewu, Lampung, Indonesia. Menurut (Adriyani dkk., 2019a), varietas LSC memiliki beberapa keunggulan yaitu tekstur nasi yang pulen, kadar amilosa 13,99%, tahan rebah, serta hasil produksinya yang cukup tinggi yaitu 3,8-4,0 ton/ha meskipun tanpa diberi pupuk. Adanya penelitian ini diharapkan agar eksistensi varietas LSC tetap terjaga.

Berdasarkan uraian di atas, maka tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi pengaruh paparan medan magnet dalam memperbaiki kualitas benih padi usang dan dikecambahkan dalam kondisi yang tercekam kekeringan. Pengujian diamati pada aktivitas enzim perkecambahan (α -amilase, protease, dehidrogenase), respon perkecambahan, pertumbuhan vegetatif, dan kadar klorofil. Hasil kajian ini diharapkan memberikan solusi alternatif dalam menjawab masalah cekaman kekeringan dan terbatasnya stok benih yang berkualitas untuk mendukung ketahanan pangan nasional.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet 0,2 mT terhadap:

1. aktivitas enzim perkecambahan (α -amilase, protease, dehidrogenase) padi LSC dari benih usang yang dikecambahkan pada kondisi tercekam kekeringan;

2. respon perkecambahan padi LSC dari benih usang yang dikecambahkan pada kondisi tercekam kekeringan
3. pertumbuhan vegetatif pada tanaman padi LSC dari benih usang yang dikecambahkan pada kondisi tercekam kekeringan;
4. kandungan klorofil pada tanaman padi LSC dari benih usang yang dikecambahkan pada kondisi tercekam kekeringan;

1.3. Kerangka Pikir

Padi (*Oryza sativa* L.) menjadi tanaman penting di Indonesia, karena padi merupakan tanaman penghasil beras yang menjadi sumber makanan pokok bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia harus diiringi dengan peningkatan ketahanan pangan. Namun di sisi lain, produksi beras di Indonesia sering terkendala oleh bencana kekeringan akibat pemanasan global serta terbatasnya benih padi yang berkualitas akibat lamanya masa penyimpanan benih.

Fase perkecambahan merupakan fase kritis bagi tanaman berbiji termasuk padi, karena pada fase tersebut tanaman rentan terhadap berbagai cekaman abiotik salah satunya cekaman kekeringan. Cekaman kekeringan pada fase perkecambahan menyebabkan dampak yang buruk seperti menurunkan panjang plumula, kecepatan berkecambah, persentase kecambah normal, serta kandungan klorofil. Kondisi ini akan semakin parah jika benih yang digunakan sudah mengalami penurunan mutu akibat penyimpanan yang melebihi masa simpannya. Benih yang disimpan melebihi masa simpannya akan mengalami deteriorasi, terutama bila disimpan pada tempat yang suhu dan kelembabannya tidak optimal, sehingga pada akhirnya benih akan mengalami penurunan viabilitas dan vigornya.

Perkecambahan benih melibatkan aktivitas enzim-enzim perkecambahan. Salah satu enzim yang berperan penting dalam proses perkecambahan

adalah enzim amilase. Enzim α -amilase berfungsi untuk memecah cadangan makanan dalam endosperm menjadi gula sederhana. Gula sederhana tersebut digunakan oleh benih sebagai sumber energi utama untuk berkecambah. Aktifnya enzim α -amilase dipengaruhi oleh keberadaan hormon *gibberellic acid* (GA) yang sintesisnya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Sehingga kondisi lingkungan dapat mempengaruhi aktivitas enzim perkecambahan. Berdasarkan penelitian sebelumnya, diketahui bahwa cekaman abiotik NaCl menyebabkan penurunan sintesis GA pada kecambah padi varietas Zhenshan 97 asal Cina yang diikuti dengan penurunan aktivitas enzim α -amilase dan penghambatan proses perkecambahan. Selain enzim α -amilase, enzim lain yang berperan dalam proses perkecambahan adalah protease dan dehidrogenase. Enzim protease berperan dalam memecah cadangan protein benih sedangkan enzim dehidrogenase penting pada proses respirasi seluler. Hasil penelitian sebelumnya membuktikan bahwa aktivitas protease kecambah beras merah meningkat tujuh kali selama 7 hari perkecambahan dan peningkatan aktivitas enzim dehidrogenase tertinggi terjadi hari ke-3 perkecambahan dan mulai menurun pada hari ke-5 perkecambahan.

Medan magnet diketahui memberikan pengaruh positif dalam memperbaiki perkecambahan dan pertumbuhan tanaman. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, paparan medan magnet mampu meningkatkan laju serapan air oleh benih melalui interaksinya dengan arus ionik pada membran sel yang berujung pada perubahan mekanisme imbibisi benih. Selain mempengaruhi membran sel pada benih, medan magnet juga dapat mempengaruhi sifat fisika air berupa tegangan dan daya larutnya sehingga air yang berada di sekitar benih yang ikut terpapar medan magnet dapat dengan mudah diserap oleh benih ketika imbibisi. Selain mempengaruhi proses imbibisi, medan magnet juga mampu mempengaruhi kerja enzim melalui interaksinya dengan komponen kofaktor pada enzim. Paparan medan magnet

diketahui dapat meningkatkan antioksidan dan mengurangi stres oksidatif pada tanaman yang mengalami cekaman abiotik. Faktor-faktor tersebut yang diduga menjadi penyebab medan magnet mampu memperbaiki perkecambahan dan pertumbuhan tanaman. Berdasarkan hasil penelitian pada eksplan embrio gandum yang ditanam pada medium yang diinduksi cekaman kekeringan (PEG-6000 60 g/L), pemberian medan magnet mampu meningkatkan kadar klorofil, karotenoid, serta aktivitas enzim-enzim antioksidan pada gandum tersebut. Selain itu, pemberian paparan medan magnet diketahui mampu meningkatkan aktivitas enzim α -amilase yang berperan penting dalam proses perkecambahan. Hasil penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa pemberian medan magnet sebesar 0,2 mT selama 7 menit 48 detik diketahui dapat memperbaiki vigor benih tomat usang sehingga pertumbuhan vegetatifnya menjadi sama dengan benih baru.

Benih padi varietas Lumbung Sewu Cantik (LSC) digunakan sebagai objek kajian dalam penelitian ini karena varietas tersebut merupakan varietas lokal asal Lampung yang memiliki beberapa keunggulan antara lain tekstur nasi yang pulen, kadar amilosa 13,99%, tahan rebah, serta hasil produksinya yang cukup tinggi meskipun tanpa pemupukan. Hasil kajian ini akan berkontribusi terhadap upaya menjamin eksistensi varietas padi gogo LSC tetap terjaga untuk dikembangkan menjadi tanaman padi gogo unggul yang dapat ditanam secara massal selain diperolehnya terobosan teknologi untuk mendapatkan solusi alternatif dalam mengatasi kendala bencana kekeringan dan terbatasnya stok benih padi berkualitas untuk mendukung ketahanan pangan nasional.

1.4. Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini antara lain pemberian induksi medan magnet 0,2 mT mampu:

1. meningkatkan aktivitas enzim perkecambahan (α -amilase, protease, dan dehidrogenase) padi LSC dari benih usang yang dikecambahkan pada kondisi tercekam kekeringan;
2. meningkatkan respon perkecambahan padi LSC dari benih usang yang dikecambahkan pada kondisi tercekam kekeringan;
3. meningkatkan pertumbuhan vegetatif pada tanaman padi LSC dari benih usang yang dikecambahkan pada kondisi tercekam kekeringan;
4. meningkatkan kandungan klorofil pada tanaman padi LSC dari benih usang yang dikecambahkan pada kondisi tercekam kekeringan;

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Padi (*Oryza sativa* L.)

2.1.1. Taksonomi

Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) berasal dari *genus Oryza*, dan *family* Gramineae (Poaceae). Genus *Oryza* memiliki 25 spesies yang terdiri dari 23 spesies liar dan dua spesies lainnya yaitu *Oryza sativa* dan *Oryza glaberrima* yang merupakan spesies banyak dibudidayakan (Tripathi *et al.*, 2011). Menurut Utama (2015) tanaman padi (*Oryza sativa* L.) adalah spesies yang paling banyak dibudidayakan di dunia karena nilai ekonominya yang tinggi sebagai sumber pangan penting. Spesies padi ini umum dibudidayakan di Asia, Amerika Utara, Amerika Selatan, Uni Eropa, Timur Tengah, hingga Afrika. Sedangkan spesies *Oryza glaberrima* hanya dibudidayakan di Afrika Barat (Tripathi *et al.*, 2011). Lebih tingginya budidaya *Oryza sativa* L. dibandingkan *Oryza glaberrima* karena potensi hasil panennya yang lebih tinggi (Wopereis *et al.*, 2009).

Klasifikasi *Oryza sativa* L. menurut (Cronquist, 1981) yaitu:

Kerajaan: Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Liliopsida

Bangsa : Cyperales

Suku : Poaceae

Marga : *Oryza*

Jenis : *Oryza sativa* L.

Oryza sativa L. terbagi menjadi dua subspecies yaitu *Indica* dan *Japonica*. Subspecies *Indica* berasal dari Asia dengan iklim tropis. Karakteristik subspecies *Indica* yaitu daun yang panjang, lebar hingga sempit, dan berwarna hijau terang. Jumlah anakan banyak. Bulir padinya panjang dan tipis, serta memiliki percabangan sekunder. Subspecies *Japonica* berasal dari Asia beriklim sedang dan subtropis. Karakter subspecies ini diantaranya daun tipis dengan warna daun hijau terang. Jumlah anakan sedang, tubuh berukuran pendek hingga sedang. Bulir padi yang dihasilkan cenderung pendek dan bulat (Wopereis *et al.*, 2009).

2.1.2. Morfologi

Sistem perakaran tanaman padi adalah akar serabut. Akar yang pertama kali muncul saat padi berkecambah adalah akar primer dan akar seminal. Akar primer atau radikula adalah akar utama, sedangkan akar seminal adalah akar lain yang muncul dari embrio pada bagian dekat dengan skutelum. Jumlah akar seminal berkisar antara 1-7. Apabila terjadi gangguan fisik terhadap akar primer, maka pertumbuhan akar-akar seminal dipercepat. Pada tahap selanjutnya, akar seminal akan digantikan oleh akar-akar sekunder yang tumbuh pada bagian bawah batang padi. Akar-akar tersebut disebut akar adventif (akar-akar buku), karena tumbuh dari bagian tanaman dan bukan berasal dari embrio (Makarim dan Suhartatik, 2009).

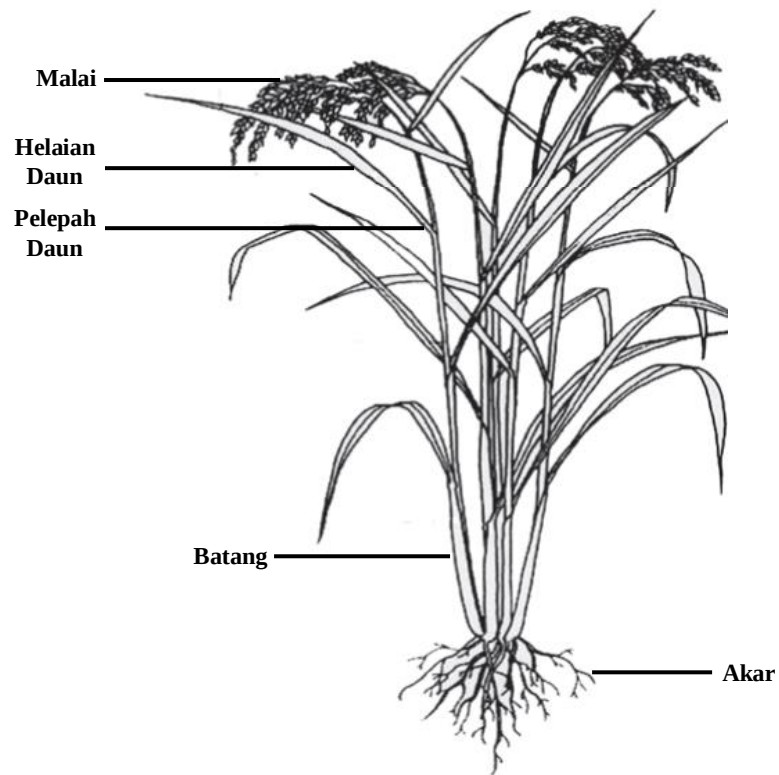
Batang tanaman padi berbentuk silindris, agak pipih atau persegi, memiliki buku-buku dan ruas, serta berbentuk herba.

Batang dan pelepah daun padi tidak berambut (Utama, 2015). Ruas-ruas pada batang padi merupakan bubung kosong yang pada tiap ujungnya ditutupi oleh buku. Ruas-ruas tersebut tidak memiliki ukuran panjang yang sama, ruas terpendek terdapat di pangkal batang dan akan lebih panjang pada ruas-ruas berikutnya (Hanum, 2008). Tinggi tanaman padi liar dapat mencapai 200 cm, namun untuk varietas yang sudah dibudidayakan tingginya sekitar 100 cm. Warna batang padi umumnya hijau tua, namun ketika memasuki fase generatif berubah menjadi kuning (Utama, 2015).

Daun tanaman padi merupakan daun tunggal. Panjang helaian daun padi umumnya antara 100-150 cm, dengan warna daun hijau tua dan akan menjadi kuning keemasan ketika sudah memasuki masa panen (Utama, 2015). Helaian daun padi berbentuk memanjang seperti pita. Pada pangkal daun terdapat pelepah daun. Pelepah daun padi berfungsi untuk menyelubungi batang terutama untuk mendukung bagian ruas batang. Selain itu, terdapat juga lidah daun (ligula) yang terletak pada perbatasan antara helai daun dan upih (pelepah daun). Lidah daun duduknya melekat pada batang. Fungsi lidah daun adalah mencegah masuknya air hujan di antara batang dan pelepah daun. Selain itu, lidah daun juga berfungsi untuk mencegah infeksi penyakit yang kemungkinan berada pada air hujan. Ciri khas yang membedakan antara daun padi dengan daun dari jenis rumput-rumputan lainnya adalah adanya telinga daun (*auricle*) (Hanum, 2008).

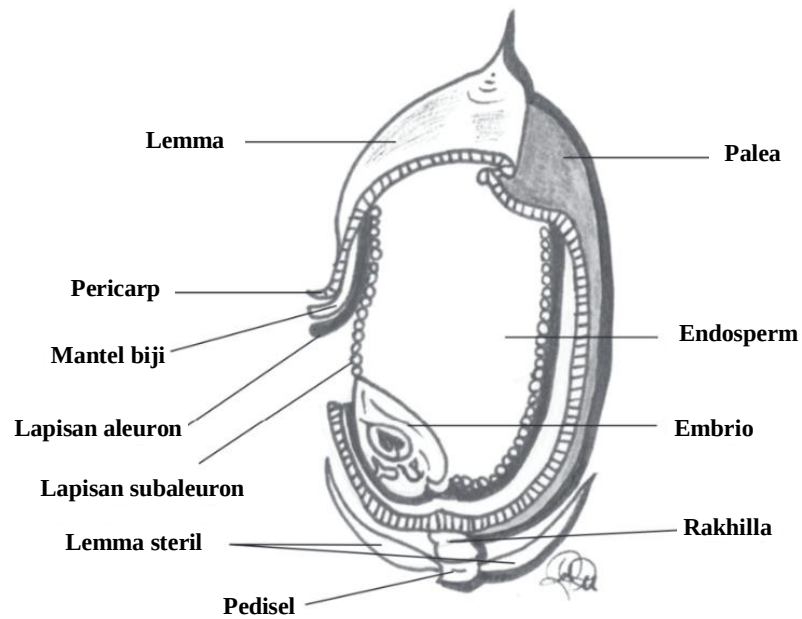
Bunga padi merupakan bunga majemuk dan bagian bunga padi secara keseluruhan disebut malai. Setiap unit bunga disebut bulir atau spikelet (Utama, 2015). Pada hakikatnya spikelet terdiri atas tangkai, bakal buah, lemma, palea, putik, dan benang sari serta beberapa organ lainnya yang bersifat inferior. Spikelet pada malai

terletak pada cabang-cabang yang terdiri atas cabang primer dan sekunder (Makarim dan Suhartatik, 2009). Gambaran morfologi tanaman padi secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Morfologi tanaman padi (*Oryza sativa* L.) (Wopereis *et al.*, 2009).

Buah tanaman padi disebut gabah. Gabah terdiri atas biji yang terbungkus oleh sekam. Biji padi sehari-hari dikenal sebagai beras pecah kulit merupakan karyopsis yang terdiri atas janin (embrio) dan endosperm yang diselimuti oleh lapisan aleuron (Makarim dan Suhartatik, 2009). Umumnya padi sudah dapat dipanen jika butir gabah yang menguning sudah mencapai sekitar 80% dan tangkainya sudah menunduk (Hanum, 2008). Bagian-bagian penyusun buah padi terdiri dari endosperm, embrio, aleuron, mantel biji, pericarp, lemma, dan palea. Secara detail, bagian-bagian penyusun buah padi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Penampang irisan buah padi dan bagian-bagiannya (Francavilla and Joye, 2020).

2.1.3. Fase Pertumbuhan

Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) umumnya membutuhkan waktu tumbuh selama 3–6 bulan, tergantung varietas dan lingkungan tempat tanaman tersebut tumbuh (Yoshida, 1981). Umur tanaman padi bervariasi dari yang berumur genjah sampai yang berumur dalam. Varietas padi yang berumur genjah sudah dapat dipanen pada umur kurang dari 90 hari, sedangkan padi varietas berumur dalam baru dapat dipanen pada umur lebih dari 6 bulan (Utama, 2015).

Umumnya tanaman padi selama masa hidupnya menyelesaikan dua tahap pertumbuhan berurutan yang berbeda yaitu fase vegetatif dan reproduktif. Secara agronomi, fase hidup padi terjadi dalam tiga tahap pertumbuhan diantaranya tahap vegetatif, tahap reproduktif, dan pematangan. Tahap vegetatif dimulai dari perkecambahan hingga terjadi inisiasi pembentukan malai primordia. Tahap reproduktif dimulai dari inisiasi pembentukan malai primordia

hingga keluarnya malai. Terakhir tahap pematangan, yang dimulai dari keluarnya malai sampai proses pematangan. Pada varietas yang ditanam di lingkungan tropis umumnya memerlukan waktu 120 hari, yaitu sekitar 60 hari untuk tahap vegetatif, 30 hari untuk tahap reproduktif, dan 30 hari terakhir untuk tahap pematangan (Yoshida, 1981).

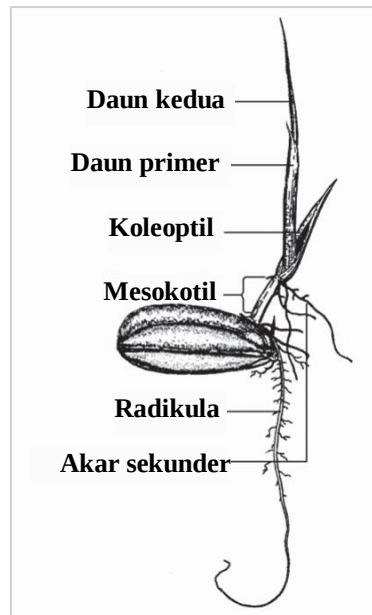
2.1.4. Perkecambahan Tanaman Padi

Perkecambahan merupakan proses ketika biji melakukan penyerapan air yang kemudian terjadi pengaktifan enzim untuk mengeluarkan tunas (Cho *and* Lim, 2016). Ketika biji menyerap air yang cukup, kulit biji akan menjadi lunak dan elastis sehingga memungkinkan radikula tumbuh keluar (Moldenhauer *et al.*). Benih padi dikatakan sudah berkecambah apabila memiliki panjang radikula berkisar 2-5 mm (Cho *and* Lim, 2016). Perkecambahan benih padi pada kondisi kering atau aerobik akan mengakibatkan radikula muncul sebelum koleoptil (daun primer), sedangkan jika perkecambahan berlangsung pada kondisi cukup air atau anaerob, maka koleoptil dapat muncul sebelum radikula.

Fase perkecambahan dimulai dari proses imbibisi. Fase imbibisi merupakan tahap paling krusial dalam aktivasi senyawa biokimia dalam benih. Ketika imbibisi, terjadi proses respirasi anaerob dan proses aktivasi hormon perkecambahan (GA/ABA) serta hidrolisis cadangan makanan. Setelah fase imbibisi, terjadi proses perkecambahan dimana telah terjadi proses respirasi aerob serta perkembangan embrio. Pada tahap berkecambah, enzim-enzim seperti amilase, lipase, dan protease sudah sangat aktif untuk pembentukan asam amino bebas, gula terlarut, dan asam lemak yang digunakan untuk pertumbuhan kecambah lebih lanjut. Setelah fase

perkecambahan selesai, terjadi pertumbuhan akar dan tunas menjadi bibit (Saha *et al.*, 2022).

Kecambah padi lengkap terdiri dari radikula, akar sekunder, mesokotil, koleoptil serta daun (Moldenhauer *et al.*). Bagian-bagian dari kecambah padi disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Bagian-bagian kecambah padi (Moldenhauer *et al.*).

a. Hormon Perkecambahan

Hormon Giberelin/*Gibberellic Acid* (GA) adalah hormon tumbuhan yang berperan sangat penting dalam mengontrol perkecambahan (Schwechheimer, 2008). Saat perkecambahan berlangsung, embrio akan mengaktifkan GA yang kemudian berdifusi menuju sel aleuron. GA berfungsi mengaktifkan sintesis dan sekresi berbagai enzim hidrolase, salah satunya α -amilase. Enzim hidrolase kemudian akan memecah cadangan makanan di dalam endosperm benih menjadi senyawa-senyawa sederhana yang mendukung proses perkecambahan (Hong *et al.*, 2012). Biosintesis GA berlangsung di embrio, terutama pada bagian epitel dan dan pucuk

apeks, sedangkan pensinyalan GA berlangsung untuk mensintesis enzim hidrolase di sekitar embrio dan meluas hingga ke lapisan aleuron pada endosperm (Kaneko *et al.*, 2003). Pensinyalan GA dikontrol melalui pengaturan akumulasi GA yang dimediasi oleh perubahan ekspresi gen GA20ox, GA3ox, dan GA2ox sebagai respon terhadap rangsangan lingkungan (Hauvermale *et al.*, 2012).

Selain GA, ABA (asam absisat) merupakan hormon tumbuhan yang juga berperan penting dalam mengontrol perkecambahan. Namun kedua hormon tersebut bekerja secara berlawanan. Ketika kecambah mengalami cekaman kekeringan, jumlah GA mengalami penurunan, namun kadar ABA justru mengalami peningkatan (Zhang *et al.*, 2018). Menurut Yamaguchi (2008) GA memegang peran sebagai mediator utama dalam menerima sinyal lingkungan.

b. Enzim Perkecambahan

Proses perkecambahan memerlukan berbagai kerja enzim. Menurut Sumbono (2021) enzim adalah protein yang berfungsi sebagai katalis yang mempercepat reaksi kimia dalam makhluk hidup (biokatalisator), tetapi tidak menyebabkan perubahan dalam reaksi tersebut. Enzim dapat bekerja secara maksimal pada pH, dan suhu yang optimum. Aktivitas enzim juga dipengaruhi oleh ada tidaknya inhibitor (Robinson, 2015). Penyusun utama suatu enzim disebut apoenzim yang merupakan molekul protein. Selain apoenzim, enzim memerlukan komponen lain agar dapat berfungsi dengan baik. Komponen tersebut adalah kofaktor. Kofaktor merupakan komponen non protein berupa ion atau molekul yang berdasarkan ikatannya dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu gugus prostetik, koenzim, dan ion-ion organik (Chaniago, 2016).

Reaksi yang dikatalis oleh enzim umumnya dapat ditulis seperti pada persamaan (2.2) (Vitolo, 2020) :



dengan E = konsentrasi enzim, S = konsentrasi substrat,

ES = kompleks enzim-substrat, dan P = konsentrasi produk.

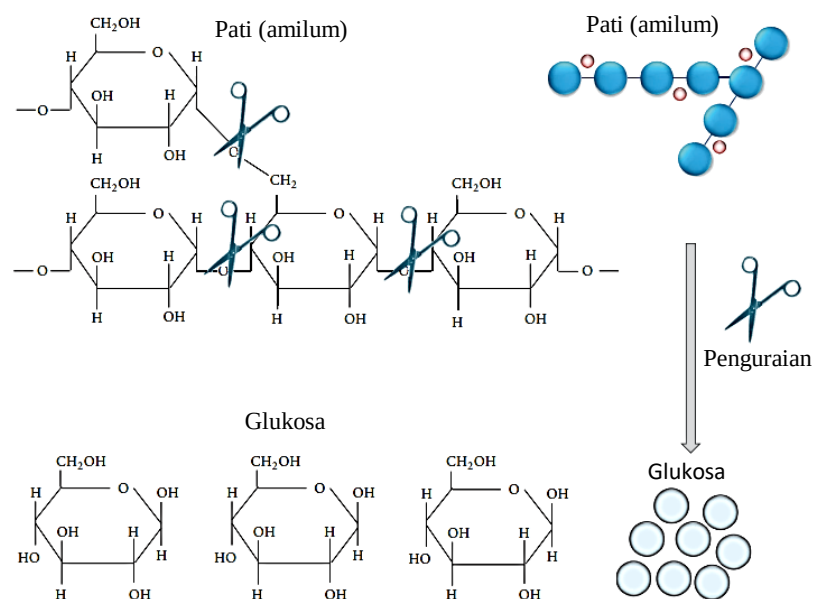
Aktivitas enzim didefinisikan sebagai jumlah enzim yang mengkatalis pembentukan 1 molekul produk per menit dalam kondisi tetap. Satuan Internasional untuk aktivitas enzim adalah Unit (U) (Vitolo, 2020). Enzim dibedakan menjadi enam jenis berdasarkan tipe reaksi yang dikatalisisnya yaitu enzim oksidoreduktase, transferase, hidrolase, liase, isomerase, dan ligase.

1. Enzim Amilase

Amilase termasuk ke dalam jenis enzim hidrolase karena pada proses penguraian pati berlangsung dengan cara pemutusan ikatan hidrogen (Robinson, 2015). Hidrolisis pati oleh enzim amilase berlangsung pada ikatan α -1,4-glikosidik menghasilkan dekstrin, oligosakarida, maltosa, dan D-glukosa (Rosida *et al.*, 2020) yang dapat dilihat pada Gambar 4. Hasil penelitian Yadav *and* Prakash (2011) membuktikan bahwa aktivitas enzim amilase paling optimal terjadi pada pH 5,5-7,5, dan enzim amilase bekerja maksimal pada rentang suhu 30°C - 45°C, serta mengalami penurunan aktivitas pada suhu 50°C (Syakuro *et al.*, 2022).

Berdasarkan mekanisme pemutusan ikatan glikosidik, enzim amilase dibedakan menjadi α -amilase, β -amilase, dan γ -amilase. Enzim α -amilase merupakan endoamilase yang memutus ikatan glikosidik α -1,4-glikosidik pada bagian dalam rantai amilosa atau amilopektin. Enzim β -amilase merupakan eksoamilase yang memutus ikatan glikosidik pada residu eksternal rantai amilosa atau amilopektin. Enzim α -amilase

memutus ikatan glikosidik lebih cepat dari β -amilase karena bekerja pada lokasi acak di sepanjang rantai pati. Sedangkan γ -amilase merupakan enzim amilase yang memotong pada α -1,6-glikosidik, dan α -1,4-glikosidik terakhir pada ujung rantai amilosa dan amilopektin. Meskipun demikian, γ -amilase merupakan jenis enzim amilase yang paling efisien jika bekerja pada lingkungan ber-pH asam dengan optimum pada nilai pH 3,0 (Tiwari *et al.*, 2015).



Gambar 4. Skema hidrolisis pati (polisakarida) oleh enzim amilase menjadi glukosa (gula sederhana) (Gopinath *et al.*, 2017).

Selama perkecambahan, pertumbuhan kecambah, hingga menjadi bibit, energi utama yang digunakan berasal dari proses degradasi simpanan pati pada endosperm (Damaris *et al.*, 2019). Bagian endosperm pada biji dapat dilihat pada Gambar 2-halaman 13. Amilase bekerja dengan mengkatalisis pati yang ada pada biji menjadi gula sederhana pada saat biji telah

menyerap air dari lingkungan (Joshi, 2018). Sehingga gula sederhana yang dihasilkan dari pemecahan pati tersebut dapat digunakan sebagai bahan energi untuk pertumbuhan akar dan tunas embrio (Nijabat *et al.*, 2023).

2. Enzim Protease

Enzim protease merupakan enzim yang mengkatalis hidrolisis ikatan peptida dan termasuk ke dalam jenis enzim hidrolase. Enzim protease juga disebut sebagai enzim proteolitik atau peptidase (Vaseva *et al.*, 2012). Pada proses perkecambahan, protease berfungsi memecah protein pada biji menjadi asam amino dan peptida yang kemudian akan ditransfer ke embrio yang sedang tumbuh (Joshi, 2018). Menurut hasil penelitian Li *et al.* (2010), terjadi peningkatan aktivitas enzim protease secara cepat selama perkecambahan benih beras merah. Aktivitas protease yang dihasilkan meningkat sebanyak tujuh kali lipat selama 7 hari perkecambahan. Selain itu, aktivitas protease yang dihasilkan ternyata terdiri dari dua kelompok katalitik, yaitu protease asam yang optimal pada pH 3,5 dan protease basa yang optimal pada pH 8,0.

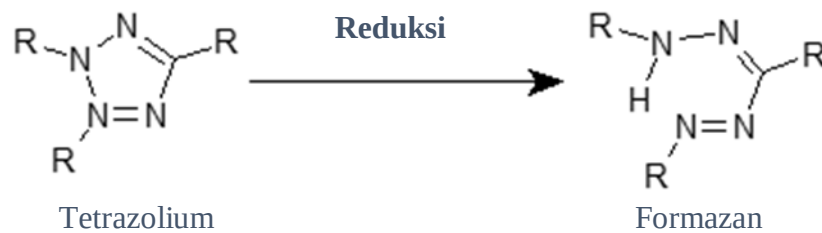
3. Enzim Dehidrogenase

Enzim dehidrogenase termasuk ke dalam jenis enzim oksidoreduktase. Klasifikasi tersebut didasarkan pada reaksi donor-akseptor molekul elektron yang ditransfer dari satu molekul (oksidan) ke molekul lain (reduktan) (Oaikhena *et al.*, 2013). Enzim dehidrogenase terlibat dalam proses respirasi, dengan fungsinya yaitu untuk melepaskan ion hidrogen (H^+) dari senyawa antara yang terlibat dalam proses respirasi (Jawak dkk., 2022). Berdasarkan hasil penelitian Oaikhena *et al.* (2013) aktivitas enzim dehidrogenase dalam perkecambahan biji kacang tunggak (*Vigna unguiculata* (L)

Walp) melibatkan aktivitas enzim *Alcohol dehydrogenase* (substrat: etanol, produk: asetaldehid), *Lactate dehydrogenase* (substrat: laktat, produk: piruvat), dan *Succinate dehydrogenase* (substrat: suksinat, produk: fumarat). Ketiga enzim dehidrogenase tersebut berkontribusi dalam proses katalisis cadangan makanan melalui proses respirasi anaerobik dalam proses perkecambahan untuk mendapatkan energi. Berdasarkan hasil penelitian Senapati *et al.* (2019), enzim *Alcohol dehydrogenase* (ADH) pada kecambah padi menunjukkan aktivitas tertingginya pada usia perkecambahan hari ke-3, sedikit menurun pada usia hari ke-5, dan menurun secara signifikan saat hari ke-7 perkecambahan. Aktivitas enzim ADH ternyata lebih tinggi dalam keadaan perkecambahan yang anaerob (diberi perlakuan genangan air) dibandingkan dengan kontrol yang merupakan perkecambahan dalam kondisi normal.

Pengujian aktivitas enzim dehidrogenase dapat dilakukan dengan metode tetrazolium test menggunakan bahan kimia 3,3,5 *Triphenyl tetrazolium chloride* (Subantoro dan Prabowo, 2013). Hal tersebut didasarkan karena enzim dehidrogenase bekerja dengan melepaskan ion H^+ dari senyawa antara ketika respirasi berlangsung, kemudian ion H^+ tersebut dapat berikatan dengan senyawa 2,3,5 *Triphenyl tetrazolium chloride* dan akhirnya terbentuk endapan formazan berwarna merah pada jaringan benih/kecambah. Intensitas warna yang dihasilkan kemudian digunakan untuk menduga kadar endapan formazan yang terbentuk sebagai banyaknya aktivitas respirasi dan aktivitas enzim dehidrogenase yang bekerja (Jawak dkk., 2022).

Senyawa garam tetrazolium ketika mengalami reduksi oleh dehidrogenase melalui aktivitas metabolik sel yang aktif berespirasi akan menghasilkan formazan yang berwarna (Kregiel, 2012). Struktur kimia reaksi terbentuknya senyawa formazan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur kimia reaksi reduksi tetrazolium menjadi formazan yang berwarna (Kregiel, 2012).

c. Parameter Pengamatan Perkecambahan

Proses perkecambahan dapat diamati melalui beberapa parameter diantaranya:

- Persentase Germinasi Akhir (PGA) merupakan parameter perkecambahan untuk memperkirakan tingkat viabilitas benih (Aliu *et al.*, 2015). Nilai PGA dihitung berdasarkan jumlah benih yang berhasil berkecambah pada hari terakhir pengamatan yang kemudian dibagi dengan total jumlah benih yang dikecambahkan (Aliu *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2020).
- Daya Berkecambah (DB) yaitu parameter untuk menghitung persentase benih yang dapat berkecambah atau tumbuh secara normal. Kecambah yang normal adalah kecambah yang memiliki perakaran lengkap dan memiliki koleoptil dan plumula (Elfiani dan Jakoni, 2015). Menurut Lette dkk. (2019), kecambah normal adalah kecambah yang memiliki akar primer yang panjang dan diikuti dengan tumbuhnya akar serabut dan cabang akar serta memiliki koleoptil pada hari ke-7 pengamatan.

- Persentase Kecambah Abnormal (PKA) yaitu parameter untuk menghitung persentase benih yang tumbuh tidak normal (abnormal). Kecambah abnormal adalah kecambah yang memiliki kondisi rusak atau tidak lengkap seperti embrio yang pecah, akar primer yang pendek, serta plumula terputar. Selain itu koleoptil yang pecah atau tidak mempunyai daun, kecambah yang kerdil, serta kecambah yang lunak (Nurrachmamilia dan Saputro, 2017). Menurut Lette dkk. (2019), kecambah abnormal adalah kecambah yang tidak sempurna dengan ciri-ciri seperti akar primer lebih pendek dari akar sekunder, koleoptil tidak tumbuh atau koleoptil berwarna putih dan pendek.
- Indeks Kecepatan Germinasi (IKG) yaitu nilai persentase benih yang berkecambah perhari pada setiap cawan pengamatan, selama pengamatan perkecambahan (Al-Mudaris, 1998).
- Indeks Germinasi (IG) adalah persentase perkecambahan dan kecepatan berkecambah. Pada saat perhitungan IG, dilakukan pembobotan, yaitu bobot dengan angka maksimum pada benih yang berkecambah pada hari pertama dan bobot dengan angka yang lebih kecil untuk benih yang berkecambah pada hari setelahnya. Nilai IG yang tinggi menunjukkan persentase dan kecepatan berkecambah yang lebih tinggi (Kader, 2005; Al-Mudaris, 1998).
- Koefisien Kecepatan Germinasi (KKG) digunakan untuk melihat kecepatan perkecambahan. Nilai KKG yang tinggi mengindikasikan perkecambahan yang lebih cepat (Al-Mudaris, 1998).
- Rata-rata Waktu Germinasi (RWG) digunakan untuk melihat kecepatan berkecambah dengan satuan hari. Semakin rendah nilai RWG, menunjukkan bahwa semakin cepat suatu populasi benih berkecambah (Al-Mudaris, 1998).

2.1.4. Habitat dan Syarat Tumbuh

Tanaman padi memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi karena mampu tumbuh di hampir semua lingkungan, baik pada dataran rendah hingga dataran tinggi (2000 m dpl), daerah tropis hingga subtropis, daerah basah (rawa-rawa) hingga kering (padang pasir), dan dari wilayah subur hingga daerah marginal (yang mengalami cekaman kekeringan, salinitas, asam-asam organik, dan lain-lain). Berdasarkan lokasi pembudidayaannya, tanaman padi dikelompokkan menjadi padi sawah, padi ladang (padi gogo), dan padi rawa (mampu tumbuh dalam kondisi air yang dalam) (Utama, 2015).

Tanaman padi pada lahan kering membutuhkan curah hujan yang optimum >1.600 mm/tahun sedangkan pada lahan sawah irigasi, curah hujan bukan merupakan faktor pembatas. Padi gogo memerlukan minimal 4 bulan basah yang berurutan agar tanaman tidak stres akibat kekeringan. Bulan basah yaitu bulan dengan curah hujan >200 mm dan tersebar secara normal (setiap minggu ada turun hujan). Suhu yang optimum untuk pertumbuhan tanaman padi berkisar antara 24-29°C dengan kadar keasaman (pH) tanah optimum berkisar antara 5,5-7,5 (BKPPP Aceh, 2009).

2.1.5. Padi Gogo Varietas Lumbung Sewu Cantik

Padi gogo varietas Lumbung Sewu Cantik (LSC) merupakan salah satu dari tiga varietas lokal Provinsi Lampung yang sudah terdaftar di Pusat Perlindungan Varietas Tanaman Pangan (PPVTP). Ketiga varietas padi lokal tersebut diantaranya varietas LSC yang didaftarkan Kabupaten Pringsewu, varietas Ampai Merah yang didaftarkan Kabupaten Mesuji, dan varietas Si Renik yang didaftarkan Kabupaten Tanggamus (Adriyani

dkk., 2019b). Pada Tabel 1 ditampilkan deskripsi padi varietas LSC menurut Adriyani dkk. (2019a).

Tabel 1. Deskripsi Padi Gogo Varietas LSC

Karakter	Deskripsi
Nomor Pendaftaran	835/PVL/2018
Umur tanaman	4-5 bulan
Tinggi tanaman	$\pm 156,3$ cm
Panjang batang	$\pm 117,9$ cm
Ketebalan batang	$\pm 0,78$ mm
Warna kaki	Hijau
Panjang helai daun	± 66 cm
Lebar helai daun	$\pm 1,5$ cm
Perilaku helai daun	Agak tegak
Warna telinga daun	Tidak berwarna
Warna lidah daun	Tidak berwarna
Jumlah anakan	$\pm 10,3$ /rumpun
Kerontokan	Sedang
Kerebahan	Tahan rebah
Jumlah malai	$\pm 20,5$ /rumpun
Tekstur nasi	Pulen
Kadar amilosa	13,99 %
Rata-rata hasil	3,8-4,0 ton/ha
Pendeskripsi	Arfi Irawati, A. Arivin Rivaie, Fauziah Yulia Adriyani, Rr. Ernawati, Soraya, Sunaryo, Rismawita Sinaga (BPTP Lampung); Haris Syahbuddin, Ermin Widjaya (BBP2TP); Iskandar Muda, Ali Alhamidi, Nurpalina (Dinas Pertanian Pringsewu); Sudin, Aidi (UPTD BPSB TPH)
Tahun dilepas	Belum dilepas
Tanggal pendaftaran	16 November 2018

Varietas lokal adalah varietas yang telah dibudidayakan di suatu daerah sejak berabad-abad lalu secara turun-temurun. Varietas padi lokal telah beradaptasi dengan baik pada kondisi tanah dan iklim yang spesifik di daerah pengembangannya. Secara alami, padi lokal memiliki ketahanan terhadap hama dan penyakit, toleran terhadap cekaman abiotik, dan kualitas berasnya baik, sehingga disukai banyak konsumen di setiap lokasi tumbuh dan

berkembangnya (Sitaresmi dkk., 2013). Varietas lokal LSC banyak ditanam sebagai padi ladang di daerah lereng bukit di Kecamatan Pardasuka, Kabupaten Pringsewu. Budidaya yang dilakukan oleh petani varietas lokal ini masih bersifat konvensional tanpa pemupukan, dengan tujuan agar tanaman tersebut tidak terlalu subur sehingga mengurangi resiko tanaman roboh (Adriyani dkk., 2019a).

2.2. Pengusangan Benih dan Pengusangan Benih Dipercepat (Buatan)

Kualitas atau mutu benih menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi kemampuan benih untuk berkecambah. Mutu benih meliputi mutu fisiologis, genetik, fisik dan patologis atau kesehatan benih (Wahyuni dan Chrisna P.P., 2019). Mutu fisiologis benih dapat ditunjukkan melalui vigor dan viabilitas benih. Vigor dan viabilitas benih dapat menurun ketika terjadi pengusangan atau penuaan benih akibat masa penyimpanan (Suparto dan Nugraha, 2022). Song *et al.* (2021) menyatakan bahwa penuaan benih secara alami mengacu pada penurunan vigor benih secara alami dan proses terjadinya sangat lambat. Menurut penelitian Azadi dan Younesi (2013), peningkatan durasi penyimpanan ternyata menurunkan karakteristik perkecambahan pada benih sorgum. Peningkatan lama penyimpanan benih sorgum menghasilkan penurunan persentase perkecambahan, rata-rata waktu berkecambah, indeks germinasi, dan persentase kecambah normal secara signifikan (Azadi dan Younesi, 2013).

Benih padi yang baru dipanen akan memasuki periode *after-ripening*. Pada kondisi tersebut, tidak semua benih dapat langsung berkecambah meskipun sudah dalam keadaan masak secara fisiologis dan juga ditanam pada kondisi yang optimum. Lamanya periode *after-ripening* cukup beragam tergantung varietas padi yaitu dari 0-12 pekan atau bahkan lebih. Sehingga untuk dapat berkecambah, diperlukan proses penyimpanan kering dalam jangka

waktu tertentu (Wahyuni dkk., 2023). Pada proses penyimpanan, diperlukan cara penyimpanan yang tepat agar mutu benih tidak mengalami penurunan (Sari dan Faisal, 2017). Salah satu yang menentukan mutu benih adalah wadah penyimpanan benih. Jika wadah yang digunakan kurang baik maka benih dapat mengalami penurunan mutu fisiologis atau benih mengalami deteriorasi (Suparto dan Nugraha, 2022).

Penyimpanan benih padi pada wadah yang memicu peningkatan kadar air akan menyebabkan semakin cepatnya laju penurunan mutu benih, ditandai dengan menurunkan viabilitas dan vigor benih (Tefa, 2017). Tingginya kadar air benih meningkatkan laju perombakan amilum menjadi gula sederhana. Semakin tinggi kandungan gula sederhana yang dihasilkan, dan juga adanya oksigen pada tempat penyimpanan menyebabkan tingkat respirasi benih selama penyimpanan akan semakin tinggi. Kondisi inilah yang menyebabkan benih kekurangan cadangan makanan ketika dikecambahkan (Dewi dan Sumarjan, 2013).

Deteriorasi benih lebih lanjut dapat menyebabkan sel-sel benih mengalami stres oksidatif yang berujung pada rusaknya membran sel dan peningkatan kerusakan materi genetik (Ebone *et al.*, 2019). Stres oksidatif akibat pengusangan dapat mengoksidasi unsur penting seperti DNA, RNA, protein, serta lipid. Pada benih ortodok, jika kerusakan yang ditimbulkan pengusangan tidak begitu besar, benih masih mampu memperbaiki kerusakan dan mempertahankan hidupnya termasuk dengan dengan mengaktivasi membran sel, DNA, RNA, protein-protein, serta mitokondria saat benih menyerap air (Choudhury *and* Bordolui, 2023).

Pengusangan dipercepat (*accelerated aging*) adalah suatu perlakuan tertentu yang dilakukan untuk mempercepat kemunduran viabilitas benih (Pramono dkk., 2020). Pengusangan dipercepat dapat menjadi langkah yang membantu untuk memahami proses fisiologis yang terjadi selama masa penuaan benih (Barreto *and* Garcia, 2017). Perlakuan percepatan

pengusangan benih dapat dilakukan dengan meletakkan benih pada kondisi bersuhu tinggi dan kelembapan tinggi. Penelitian di laboratorium biasanya menggunakan kotak yang dirancang secara manual agar menciptakan lingkungan yang menginduksi percepatan kerusakan benih sehingga benih menjadi lebih cepat mengalami pengusangan (Song *et al.*, 2021). Pengusangan benih dipercepat berhubungan dengan hilangnya viabilitas benih, akumulasi peroksidase lipid, serta kerusakan membran sel pada embrio (Barreto *and* Garcia, 2017).

Selain dengan teknik pengaturan suhu dan kelembapan, pengusangan benih juga dapat dilakukan secara kimiawi. Salah satu bahan kimia yang dapat digunakan untuk pengusangan benih adalah etanol. Menurut hasil penelitian Belo dan Suwarno (2012), teknik pengusangan cepat pada benih padi dapat dilakukan dengan penguapan etanol serta perendaman dalam etanol. Metode pengusangan cepat dengan perendaman dalam etanol 96% merupakan metode pengusangan termudah dan tercepat dalam mendapatkan berbagai taraf viabilitas benih padi (Belo dan Suwarno, 2012). Lebih lanjut berdasarkan hasil penelitian oleh Mulyanti dkk. (2013), perendaman dengan larutan etanol mampu menurunkan jumlah kecambah normal. Hal tersebut diakibatkan karena masuknya etanol ke dalam biji. Oleh sebab itu, tingkat konsentrasi etanol serta lama perendaman dapat mempengaruhi viabilitas biji. Semakin tinggi konsentrasi etanol yang digunakan dan semakin lama perendaman, maka semakin turun tingkat viabilitas benih yang dihasilkan (Mulyanti dkk., 2013).

Etanol ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$) merupakan salah satu senyawa organik yang mudah menguap dengan berat molekul 46,07 g/mol (Stutte *et al.*, 2006). Etanol dan asetaldehid dihasilkan oleh benih pada kondisi pengusangan baik secara alami ataupun yang dipercepat yang berhubungan dengan adanya kerusakan pada benih (Woodstock *and* Taylorson, 1981). Penuaan yang dipercepat atau buatan dapat dilakukan dengan cara merendam benih dalam etanol. Etanol yang masuk ke dalam benih dapat mengakibatkan kerusakan

membran benih karena etanol dapat melarutkan fosfolipid membran dan memungkinkan terjadi denaturasi sebagian protein membran (Priestley and Leopold, 1980). Kerusakan pada membran menyebabkan membran lebih mudah ditembus air dan daya saring membran sel menjadi lebih rendah (Pujiastuti dan Sudrajat, 2017).

2.3. Cekaman Kekeringan dan *Polyethylene Glycol* (PEG) 6000

Cekaman kekeringan merupakan keadaan yang menyebabkan tanaman tidak menerima air yang cukup sehingga mengalami kondisi tekanan atau stres. Cekaman kekeringan dapat mengganggu banyak fungsi seluler yang berdampak negatif terhadap pertumbuhan dan reproduksi tanaman (Bray, 2007). Meskipun demikian, dampak cekaman kekeringan sangat dipengaruhi oleh tingkat cekaman kekeringan yang dialami, serta jenis atau genotip tanaman. Umumnya gejala awal pada tumbuhan yang mengalami cekaman kekeringan adalah terhambatnya pembukaan stomata yang kemudian mempengaruhi proses fisiologis dan metabolisme tumbuhan (Rahayu dkk., 2016).

Fase perkecambahan dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman sangat rentan terhadap berbagai cekaman kekeringan (Rajjou *et al.*, 2012). Adanya cekaman kekeringan menyebabkan perkecambahan dan proses pertumbuhan kecambah menjadi terhambat (Zhu *et al.*, 2006; Kizilgeci *et al.*, 2017). Kondisi cekaman kekeringan pada fase perkecambahan tanaman padi dapat menurunkan panjang plumula (Chrisnawati dkk., 2021), menurunkan kecepatan berkecambah serta persentase kecambah normal (Cahyadi dkk., 2013; Daksa dkk., 2014). Selain itu, cekaman kekeringan pada kecambah padi juga menyebabkan penurunan kadar klorofil a, klorofil b dan klorofil total (Putri dkk., 2022).

Cekaman kekeringan pada padi dapat mempengaruhi morfologi, fisiologi, biokimia, hingga produksi. Secara morfologi cekaman kekeringan mengurangi daya perkecambahan, tinggi tanaman, biomassa tanaman, jumlah anakan, perakaran, dan daun. Secara fisiologi, cekaman kekeringan berakibat pada berkurangnya fotosintesis, transpirasi, konduktansi stomata, efisiensi penggunaan air, kandungan air relatif, kandungan klorofil, aktivitas fotosistem II, stabilitas membran, perubahan isotop karbon, dan kandungan asam absisat. Secara biokimia, cekaman kekeringan mempengaruhi akumulasi prolin, gula, poliamina serta antioksidan (Pandey *and* Shukla, 2015).

Menurut Nurmalasari (2018), *polyethylene glycol* (PEG) merupakan senyawa yang memiliki kemampuan mengontrol imbibisi benih karena sifatnya yang cepat larut dalam air serta mampu menurunkan potensial air. Namun hal tersebut bergantung pada berat molekul serta konsentrasi PEG yang digunakan. Menurut Nuzully *et al.* 2013), PEG memiliki sifat dapat larut dalam air, metanol, benzena, dan diklorometan. Selain itu, PEG juga memiliki tingkat toksisitas yang rendah dan merupakan polimer yang fleksibel. Oleh sebab itu, perlakuan cekaman kekeringan dapat dilakukan dengan memberikan larutan PEG 6000. PEG mampu mengontrol penyerapan air pada jaringan benih, sehingga dapat mengganggu atau menghambat proses perkecambahan. Semakin tinggi konsentrasi PEG 6000, maka semakin tinggi dampaknya dalam menurunkan penyerapan air pada benih sehingga mengurangi persentase perkecambahan (Meneses *et al.*, 2011).

Berdasarkan hasil penelitian Kizilgeci *et al.* (2017), pemberian larutan PEG 6000 (-0,3, -0,6, -0,9, -1,2 Mpa) menunjukkan hasil penurunan perkecambahan dan pertumbuhan bibit gandum dibandingkan kontrol (tanpa pemberian PEG 6000). Semakin tinggi konsentrasi PEG 6000 yang diberikan menghasilkan penurunan laju perkecambahan, kekuatan semai, panjang koleoptil, panjang akar, dan panjang batang secara signifikan.

Menurut informasi dari Zhu *et al.* (2006), pemberian PEG dengan kadar lebih dari 25% setara dengan potensial air tanah -1.35 Mpa atau sama dengan kondisi air tanah di lokasi tanah berpasir.

2.4. Induksi Medan Magnet

Magnet adalah suatu benda yang mampu menarik benda lain di sekitarnya. Benda yang dapat ditarik oleh magnet tersebut memiliki sifat magnetik (feromagnetik) seperti besi, nikel, kobalt, dan logam. Magnet terdiri dari dua jenis yaitu magnet alami dan magnet buatan. Magnet alami merupakan magnet yang tidak memerlukan tenaga dari luar untuk menghasilkan medan magnet, tetapi sudah terbentuk secara alamiah. Sedangkan magnet buatan adalah magnet yang sengaja dibuat oleh manusia untuk berbagai keperluan (Saminan, 2018).

Medan magnet adalah daerah atau tempat yang mengalami gaya magnet. Medan-medan magnet dapat dihasilkan oleh satu atau dua kutub magnet. Garis gaya magnet menunjukkan arah dari kutub utara menuju selatan. Jika kedua kutub yang sama saling didekatkan maka keduanya akan saling menolak. Semakin dekat keduanya maka semakin kuat saling tolaknya. Namun jika kedua kutub yang berbeda (utara dan selatan) didekatkan, maka yang dirasakan adalah gaya tarik menarik, dan semakin kuat jika kedua kutub tersebut semakin dekat satu sama lainnya (Cooper, 2001).

Gaya magnet juga dapat ditimbulkan oleh sebuah penghantar kawat yang dialiri arus listrik. Arah gaya magnetik yang berada di sekitar penghantar berarus listrik bergantung pada arah arus listrik yang mengalir pada penghantar. Selain itu, semakin kuat arus listrik yang mengalir, maka semakin besar medan magnet yang dihasilkan oleh penghantar tersebut. Untuk mendapatkan medan magnet yang lebih kuat, dapat juga dilakukan dengan cara menggulung penghantar menjadi sebuah kumparan berukuran

panjang. Kumparan berukuran panjang tersebut disebut solenoida (Saminan, 2018).

Solenoida merupakan lilitan kawat panjang berbentuk heliks. Medan magnet yang dihasilkan oleh solenoida dapat beragam ketika solenoida diberikan arus listrik. Pada solenoida, salah satu ujung bersifat seperti kutub utara dan ujung lainnya seperti kutub selatan (Serway *and* Jewett, 2008). Besarnya medan magnet yang dihasilkan pada ujung solenoida dapat diketahui dengan rumus perhitungan pada persamaan (2.1) (Supardiyono dan Saptaji, 2007).

$$B = \frac{\mu_o N i}{2L} \quad (2.1)$$

dengan B = kuat medan magnet (Tesla, 1 Tesla = 10^4 Gauss),

μ_o = permeabilitas ruang hampa bernilai $4\pi \cdot 10^{-7}$ (Wb/Am), N = banyaknya jumlah lilitan yang membentuk kumparan solenoida, i = kuat arus listrik lilitan dalam Ampere (A), dan L = panjang solenoida (m).

Induksi medan magnet pada tumbuhan diketahui dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap kondisi lingkungan yang merugikan. Medan magnet dapat mengurangi efek stres pada tanaman dengan meningkatkan antioksidan dan mengurangi stres oksidatif ketika tercekam abiotik seperti kekeringan, kontaminasi logam berat dalam tanah, dan cekaman garam (Radhakrishnan, 2019). Selain itu, menurut Reina *and* Pascual (2001), penyebab induksi medan magnet mampu meningkatkan kecepatan perkecambahan karena medan magnet dapat meningkatkan laju serapan air oleh benih. Medan magnet dapat berinteraksi dengan arus ionik pada membran sel, sehingga mempengaruhi konduktivitas ionik membran. Akibatnya terjadi perubahan tekanan osmotik yang berdampak pada perubahan mekanisme imbibisi benih.

Hasil penelitian Cheikh *et al.* (2018) membuktikan bahwa pemberian paparan medan magnet statis sebesar 0,5 T dan 0,29 T pada air yang digunakan untuk mengecambahkan benih timun mengakibatkan

penurunan pH air dan peningkatan persentase perkecambahan benih timun. Menurut Morejon *et al.* (2007) terjadinya peningkatan persentase kecambah pada benih diimbibisi dengan air yang diberi perlakuan medan magnet statis diduga karena medan magnet dapat mengubah tegangan air dan daya larut air sehingga air dapat dengan mudah diserap oleh biji saat imbibisi.

Lebih lanjut, hasil penelitian Novitasari dkk. (2019) menunjukkan bahwa pemberian paparan medan magnet sebesar 0,2 mT selama 7 menit 48 detik ternyata dapat memberikan pengaruh paling baik dalam meningkatkan vigor benih tomat usang (stok lama) sehingga pertumbuhan vegetatifnya menjadi sama dengan benih stok baru. Selain itu, hasil penelitian Angraini dkk. (2013), menunjukkan bahwa pemberian medan magnet sebesar 0,1 mT ternyata meningkatkan kadar enzim α -amilase pada kecambah kedelai putih (*Glycine max* (L). Merrill) dan kacang hijau (*Phaseolus radiatus*), dengan hasil terbaik pada lama paparan medan magnet selama 11 menit 44 detik, dan 15 menit 36 detik. Terjadinya peningkatan kadar enzim α -amilase pada kecambah yang dipapar medan magnet juga sejalan dengan hasil penelitian Agustrina *et al.* (2013) yang menggunakan tiga jenis biji legum sebagai objek yang diteliti.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Januari – Juni 2024. Pemberian perlakuan, perkecambahan benih padi, pengukuran aktivitas enzim perkecambahan (α -amilase, protease, dehidrogenase), penimbangan berat segar dan kering tanaman padi, serta pengukuran kandungan klorofil daun padi dilaksanakan di Laboratorium Botani, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Sedangkan penanaman kecamah padi, perawatan tanaman padi, serta pengamatan tinggi tanaman padi dilaksanakan di *green house* Laboratorium Botani, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain gelas ukur, *beaker glass*, tabung reaksi, rak tabung reaksi, cawan petri, pipet tetes, pinset, timbangan analitik, batang pengaduk, solenoida sebagai sumber medan magnet, gauss/tesla meter (alat ukur kekuatan medan magnet), penggaris, *stopwatch*, botol *sprayer*, jeriken, nampan, gunting, oven, kotak plastik 3000 ml sebagai pot (ukuran p x l x t: 26,5 cm x 16 cm x 9,5 cm), korek api, gagang besi (pembolong pot), botol tabung kecil (20 ml), mikropipet dan tip 1000 μ l, mortar alu, *freezer*, *centrifuge*, pH meter,

waterbath shaker, *waterbath*, *incubator*, spektrofotometer UV, alat pertukangan, waring, ember, dan gayung.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya benih padi varietas lokal Lumbung Sewu Cantik yang berasal dari Kabupaten Pringsewu, kertas merang/kertas germinasi, kertas tisu, kertas label, lilin, kertas pH universal, aluminium foil, larutan *Bayclin* (mengandung bahan aktif natrium hipoklorit/ NaClO 5,25%) dengan konsentrasi 10%, PEG 6000, akuades, etanol 96%, kertas saring Whatman No.1, larutan NaCl 0,9%, buffer fosfat pH 7,00, larutan pati 1%, larutan HCl 1 M, reagen *iodium* (Kalium Iodida 2% + Iodin 0,2%), es batu, buffer Tris HCl 0,1 M pH 8, larutan substrat kasein (0,6% kasein dalam buffer Tris HCl 0,1 M pH 8), larutan *Trichloroacetic acid* (TCA) 0,4 M, larutan 2,3,5-*triphenyl Tetrazolium chloride* (TCC) 0,7% dalam akuabides, metanol 96%, tanah humus, pupuk kandang kambing, dan air.

3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari lima perlakuan yaitu:

1. Sn : benih padi tanpa perlakuan apapun sebagai kontrol benih normal.
2. So : benih padi usang (pengusangan dipercepat) sebagai kontrol benih usang.
3. SoD : benih padi usang yang diberi cekaman kekeringan dengan PEG 6000 20%, sebagai kontrol benih usang yang tercekam kekeringan.
4. SoM : benih padi usang yang dipapar medan magnet 0,2 mT selama 7 menit 48 detik.
5. SoMD : benih padi usang yang diberi cekaman kekeringan dengan PEG 6000 20%, serta dipapar medan magnet 0,2 mT

selama 7 menit 48 detik.

Masing-masing perlakuan diulang 5 kali, sehingga didapatkan 25 satuan percobaan.

3.4. Pelaksanaan Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini antara lain:

3.4.1. Seleksi Benih

Seleksi benih padi dilakukan untuk memilih benih dengan kondisi yang baik serta relatif seragam. Seleksi dilakukan secara manual dengan cara benih ditekan sedikit menggunakan jari. Apabila benih padi dirasa padat serta tidak kisut maka benih tersebut diambil untuk digunakan dalam penelitian (Deanesia dkk., 2014). Selain itu juga, benih yang dipilih adalah benih padi dengan ukuran yang relatif seragam (Chrisnawati dkk., 2021).

3.4.2. Pengusangan Benih

Benih padi usang yang digunakan pada penelitian ini bukan merupakan hasil dari pengusangan secara alami, namun melalui proses pengusangan yang dipercepat (*accelerated aging*). Pengusangan benih padi dilakukan menurut metode Belo dan Suwarno (2012) dengan modifikasi. Benih padi pada perlakuan (So) dimasukkan ke dalam *beaker glass* berisi etanol 96% selama 6 menit. Setelah dilakukan perendaman, benih padi dikering-anginkan selama 30 menit di atas nampan hingga kering. Benih padi yang sudah diberi perlakuan penuaan dipercepat, selanjutnya dilakukan perendaman selama 24 jam dalam akuades.

3.4.3. Sterilisasi Benih

Sterilisasi dilakukan pada perlakuan Sn sebagai kontrol benih normal (tanpa pengusangan dipercepat). Sterilisasi benih padi dilakukan menggunakan metode Deanesia dkk. (2014), dengan cara merendam benih padi ke dalam larutan Bayclin (mengandung bahan aktif natrium hipoklorit/ NaClO 5,25%) dengan konsentrasi 10% selama 15 menit. Setelah itu dibilas sebanyak 3 kali dengan akuades. Setelah dilakukan sterilisasi, benih padi perlakuan Sn direndam selama 24 jam dalam akuades.

3.4.4. Perendaman dan Perlakuan Medan Magnet pada Benih

Benih padi perlakuan Sn yang telah steril, dan benih padi perlakuan So yang sudah diusangkan kemudian direndam dalam akuades selama 24 jam (Chrisnawati dkk., 2021). Pemberian medan magnet untuk perlakuan M dilakukan ketika proses perendaman (Agustrina dkk., 2022). Paparan medan magnet dilakukan pada saat 3-5 jam sebelum 24 jam perendaman selesai secara bergantian sesuai dengan urutan pengulangan. Sebanyak 60 butir benih padi dalam wadah tabung kecil kemudian diletakkan di atas kumparan medan magnet sebesar 0,2 mT selama 7 menit 48 detik, lalu selanjutnya diletakkan pada lokasi awal (lokasi tanpa kumparan medan magnet) sampai waktu perendaman 24 jam selesai. Selanjutnya benih padi yang sudah direndam selama 24 jam disemaikan pada tempat persemaian yang telah disediakan (Chrisnawati dkk., 2021), yaitu kertas merang/kertas germinasi.

3.4.5. Pemberian Cekaman Kekeringan dengan PEG 6000

Benih padi yang sudah direndam selama 24 jam kemudian disusun ke dalam cawan petri berdiameter 9 cm yang sudah dialasi kertas merang lembab sebanyak tiga lapis. Tiap cawan petri diletakkan sebanyak 50 butir benih padi. Pemberian PEG 6000 konsentrasi 20% (w/v) diberikan pada kertas merang perlakuan SoD (kontrol benih usang yang tercekam kekeringan) dan SoMD. Sedangkan pada perlakuan Sn (kontrol benih normal), So (kontrol benih usang), dan SoM, hanya diberi akuades. Setelah itu, benih padi dikecambahkan selama 72 jam. Selama proses perkecambahan, kondisi benih diawasi agar tetap lembab. Jika terlihat mulai kering, dilakukan penyemprotan dengan *sprayer* berisi larutan sesuai perlakuan (PEG 6000 atau akuades). Kemudian setelah 72 jam, kecambah diambil untuk diukur aktivitas enzim α -amilase, protease, dan dehidrogenase.

Selanjutnya untuk pengamatan perkecambahan, benih padi dikecambahkan selama sekitar 7 hari dan diamati jumlah benih padi yang berkecambah pada setiap harinya. Data tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai indeks kecepatan germinasi (IKG), indeks germinasi (IG), rata-rata waktu germinasi (RWG), dan koefisien kecepatan germinasi (KKG). Sedangkan untuk parameter persentase perkecambahan akhir (FGP), daya berkecambah (DB), dan persentase kecambah abnormal (PKA) dilakukan perhitungan pada hari ke-7 perkecambahan. Menurut Kaur *et al.* (2023), benih dikatakan telah berkecambah bila panjang radikula yang muncul minimal sepanjang 2 mm. Sedangkan untuk pertumbuhan vegetatif, benih padi yang telah dikecambahkan hingga berusia 5 hari setelah imbibisi (HSI) selanjutnya dipindahkan ke dalam media tanah dengan komposisi tanah humus dan pupuk kandang kambing perbandingan 1:1.

3.4.6. Tahap Pengujian

a. Aktivitas Enzim α -Amilase

Pengukuran kadar enzim α -amilase dilakukan menggunakan metode Rohma dkk. (2013) dengan sedikit modifikasi. Sebanyak 0,5 gr kecambah padi usia 72 jam, digerus menggunakan mortar di dalam wadah bersuhu 4°C (diberi es batu). Saat penggerusan, sampel ditambahkan 2 ml NaCl 0,9% serta 2 ml buffer fosfat pH 7,00. Setelah itu, kecambah yang telah halus dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan disentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm selama 3 menit. Supernatan (lapisan atas) selanjutnya diambil sebagai ekstrak enzim kasar dan disimpan dalam botol tabung kecil untuk disimpan dalam *freezer* sebagai stok enzim.

Selanjutnya sebanyak 250 μ l ekstrak enzim kasar diambil dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 250 μ l pati 1%, lalu kemudian diinkubasi dengan menggunakan waterbath shaker dengan suhu 30°C selama 10 menit. Setelah itu, sebanyak 250 μ l HCl 1 M ditambahkan. Kemudian ditambahkan 250 μ l larutan iodium (0,2% Iodine + 2% Kalium Iodida) dan akuades sebanyak 4 ml. Nilai absorbansi diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 575 nm. Sedangkan untuk larutan kontrol dilakukan seperti pada uji sampel, namun 250 μ l HCl 1 M ditambahkan terlebih dahulu pada 250 μ l enzim, lalu ditambahkan 250 μ l pati 1%, baru kemudian diinkubasi.

Aktivitas enzim α -amilase (U/ml) selanjutnya dihitung berdasar nilai absorbansinya, dengan menggunakan persamaan (3.1) sebagai berikut (Rohma dkk., 2013):

$$\text{Aktivitas enzim} = \frac{AK-AS}{AK} \times 2 \times 4 \quad (3.1)$$

dengan AK = nilai absorbansi larutan kontrol, dan AS = nilai absorbansi larutan sampel.

b. Aktivitas Enzim Protease

Pengukuran aktivitas enzim protease dilakukan menurut Din *et al.* (2014) dengan sedikit modifikasi, sebanyak 1 gr kecambah dihomogenisasi dalam 10 ml 0,1 M Tris HCl (pH 8,0) dalam keadaan yang dingin (dalam wadah diberi es batu). Selanjutnya disentrifus pada 10.000 rpm selama 30 menit pada suhu 4°C. Supernatan diambil untuk uji protease sebagai larutan enzim.

Larutan enzim sebanyak 1 ml ditambahkan ke dalam 1 ml larutan substrat (kasein 0,6% dalam buffer Tris HCl 0,1 M pH 8,0). Reaksi enzim dilakukan pada suhu 40°C, selama 10 menit (dalam *waterbath*) dan dihentikan dengan diinkubasi pada oven suhu 90°C selama 5 menit. Selanjutnya ditambahkan sebanyak 2 ml TCA 0,4 M. Tabung reaksi selanjutnya didiamkan selama 15 menit pada suhu ruang. Setelah itu, larutan campuran disentrifugasi pada 12.000 rpm selama 10 menit. Aktivitas enzim protease diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 280 nm. Nilai absorbansi dinyatakan sebagai aktivitas enzim protease.

c. Aktivitas Enzim Dehidrogenase

Pengukuran aktivitas enzim dehidrogenase dilakukan menurut Bam *et al.* (2006) dengan modifikasi. Kecambah padi berusia 72 jam dikupas. Kemudian kecambah yang telah dikupas diambil sebanyak 1 gr dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 5 ml larutan 0,7% TTC (2, 3, 5 trifenil tetrazolium klorida). Rendaman kecambah selanjutnya diinkubasi pada suhu 40°C selama 16 jam

dalam inkubator. Kecambah kemudian digerus dalam 5 ml metanol 96% dan disentrifus pada kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Selanjutnya sebanyak 250 µl supernatan yang dihasilkan, ditambahkan 5 ml metanol 96%. Ekstrak yang telah diencerkan tersebut kemudian diukur menggunakan spektrofotometer UV dengan panjang gelombang 485 nm. Aktivitas enzim dehidrogenase diperoleh dari nilai absorbansi yang kemudian dikalikan dengan faktor pengenceran.

d. Pengamatan Perkecambahan Benih Padi

Persentase Germinasi Akhir (PGA) dihitung dengan menggunakan persamaan (3.2) (Liu *et al.*, 2012):

$$PGA (\%) = n/N \times 100 \quad (3.2)$$

dengan n = jumlah benih berkecambah pada hari ke-7 pada setiap cawan, dan N = jumlah total benih dalam setiap cawan petri.

Daya berkecambah (DB) atau persentase kecambah normal diamati pada hari terakhir perkecambahan (hari ke-7), dan dihitung menggunakan persamaan (3.3)

(Nurrachmamila dan Saputro, 2017):

$$DB = \frac{\sum \text{Kecambah normal}}{\sum \text{Biji yang dikecambahkan}} \times 100\% \quad (3.3)$$

Persentase kecambah abnormal (PKA) diamati pada hari terakhir perkecambahan (hari ke-7), dan dihitung menggunakan persamaan (3.4) (Halindra dkk., 2017):

$$PKA = \frac{\sum \text{Kecambah Abnormal}}{\sum \text{Biji yang dikecambahkan}} \times 100\% \quad (3.4)$$

Indeks Kecepatan Germinasi (IKG) dihitung dengan menggunakan persamaan (3.5) (Al-Mударis, 1998):

$$IKG (\%/hari) = G_1/1 + G_2/2 + \dots + G_x/x \quad (3.5)$$

dengan G_1 = persentase perkecambahan pada hari ke-1 setelah semai, dan G_2 = persentase perkecambahan pada hari ke-2 setelah semai.

Indeks Germinasi (IG) dihitung dengan menggunakan persamaan (3.6) (Kader, 2005):

$$IG = (7 \times n_1) + (6 \times n_2) + \dots + (1 \times n_7) \quad (3.6)$$

dengan $n_1, n_2, \dots, n_7$ = jumlah benih berkecambah pada hari pertama, kedua, dan hari-hari berikutnya sampai dengan hari ke-7; serta 7, 6, ..., dan 1 = bobot nilai yang diberikan pada jumlah benih berkecambah pada hari pertama, kedua, dan pada masing-masing hari berikutnya.

Koefisien Kecepatan Germinasi (KKG) dihitung dengan menggunakan persamaan (3.7) (Kaur *et al.*, 2023):

$$KKG = N_1 + N_2 + \dots + N_x / 100 \times N_1 T_1 + \dots + N_x T_x \quad (3.7)$$

dengan N = jumlah benih berkecambah setiap hari, dan

T = jumlah hari sejak penyemaian sesuai dengan perkecambahan.

Rata-Rata Waktu Germinasi (RWG) dihitung dengan menggunakan persamaan (3.8) (Al-Mudaris, 1998):

$$RWG \text{ (hari)} = \frac{\sum fx}{\sum f} \quad (3.8)$$

dengan fx = jumlah benih berkecambah pada hari ke- x , dan

f = jumlah benih yang berkecambah.

e. Pengamatan Pertumbuhan Padi pada Fase Vegetatif

Kecambah padi yang berusia 5 hari setelah imbibisi, selanjutnya dipilih 6 kecambah terbaik berdasarkan morfologi. Kecambah tersebut kemudian ditanam ke dalam kotak pot plastik berisi tanah dan pupuk kandang kambing (perbandingan 1:1) selama 55 hari hingga padi berusia 55 HST/60 HSI. Kemudian dilakukan pengamatan tinggi tanaman padi, berat segar, dan berat kering.

Pengamatan dilakukan sebanyak dua kali yaitu pada 35 HST dan 55 HST untuk menghitung pertambahan tinggi tanaman, berat segar serta berat kering yang dihasilkan. Menurut Artadana *et al.*, (2019) tanaman padi telah memasuki fase vegetatif ketika sudah berumur 21 hari setelah perkecambahan (HSP). Pengukuran tinggi tanaman padi dilakukan dengan cara mengukur tanaman dari permukaan tanah hingga ujung daun yang paling muda dengan menggunakan penggaris (Fitriani dkk., 2023).

Pengukuran berat segar dan berat kering tanaman padi dilakukan dengan memilih dua tanaman dengan ukuran seragam pada setiap pot. Kemudian salah satu diambil untuk diukur beratnya pada usia 35 HST, sedangkan yang lainnya pada usia 55 HST. Tanaman padi yang akan diukur beratnya diambil dari pot kemudian dibersihkan terlebih dahulu menggunakan air. Setelah itu tanaman padi ditimbang untuk mendapatkan data berat segar. Selanjutnya tanaman padi dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 70°C selama 48 jam. Setelah kering, tanaman padi kembali ditimbang untuk mendapatkan data berat kering (Fitriani dkk., 2023).

f. Pengamatan Kadar Klorofil

Pengukuran kadar klorofil a, b, dan total dilakukan pada saat tanaman padi berusia 55 HST. Daun yang diambil untuk pengukuran klorofil adalah daun padi urutan kedua dari daun teratas. Pengukuran kadar klorofil dilakukan dengan menggunakan metode Miazek (2011); Agustin (2018) dengan modifikasi. Sebanyak 0,5 gram daun padi digerus bersama 5 ml etanol 96% hingga halus. Ekstrak disaring menggunakan kertas saring Whatman No.1 lalu dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditutup menggunakan aluminium foil. Ekstrak klorofil diukur absorbansinya pada panjang gelombang 648 nm dan 664 nm.

Kandungan klorofi dinyatakan dalam mg klorofil per gram jaringan dan dihitung berdasarkan persamaan (3.9), (3.10) dan (3.11) sebagai berikut :

$$Chla = 13,36.A_{664} - 5,19.A_{648} \text{ (v/w.1000)} \quad (3.9)$$

$$Chlb = 27,43.A_{648} - 8,12.A_{664} \text{ (v/w.1000)} \quad (3.10)$$

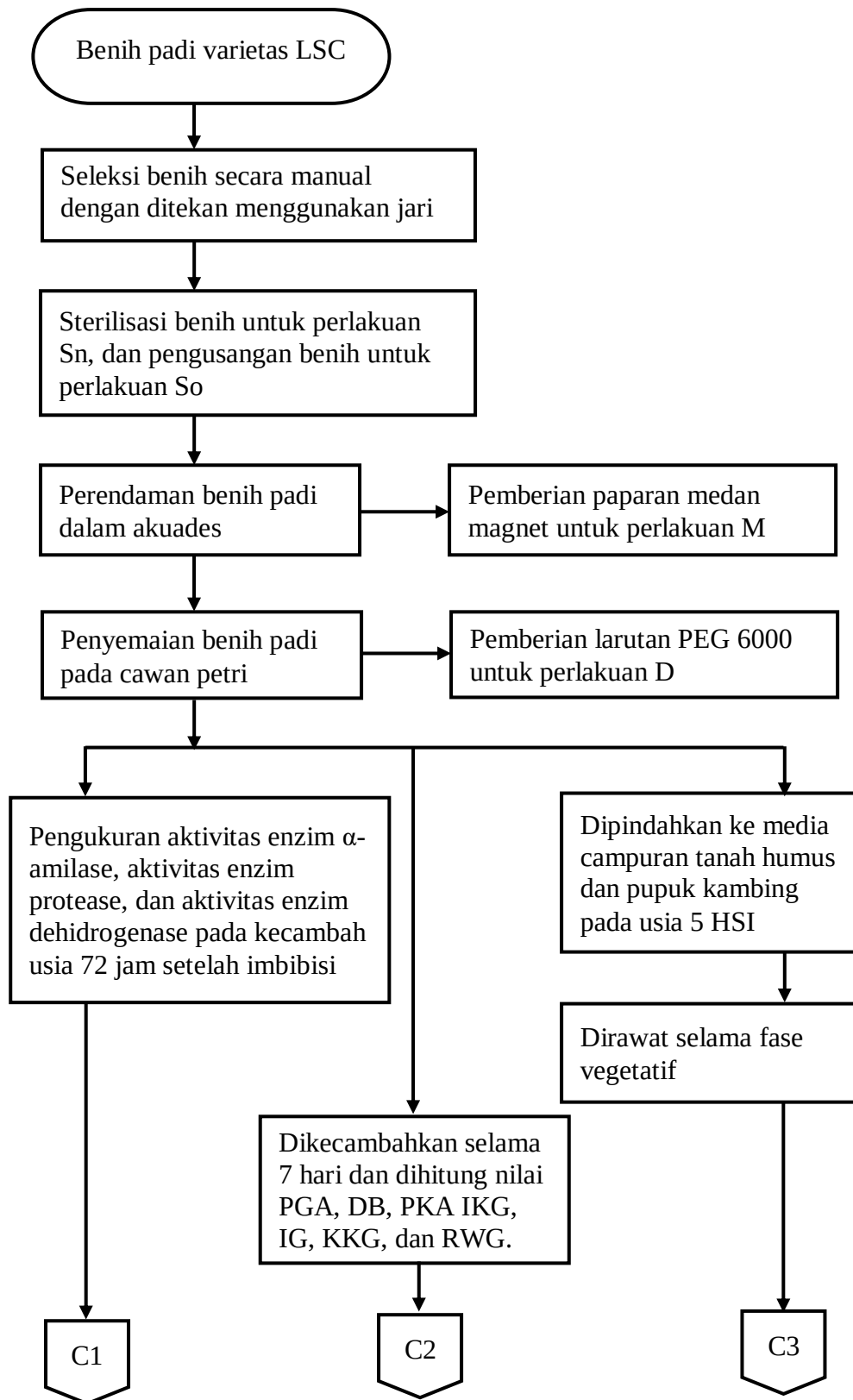
$$Chltotal = 22,24.A_{648} - 5,24.A_{664} \text{ (v/w.1000)} \quad (3.11)$$

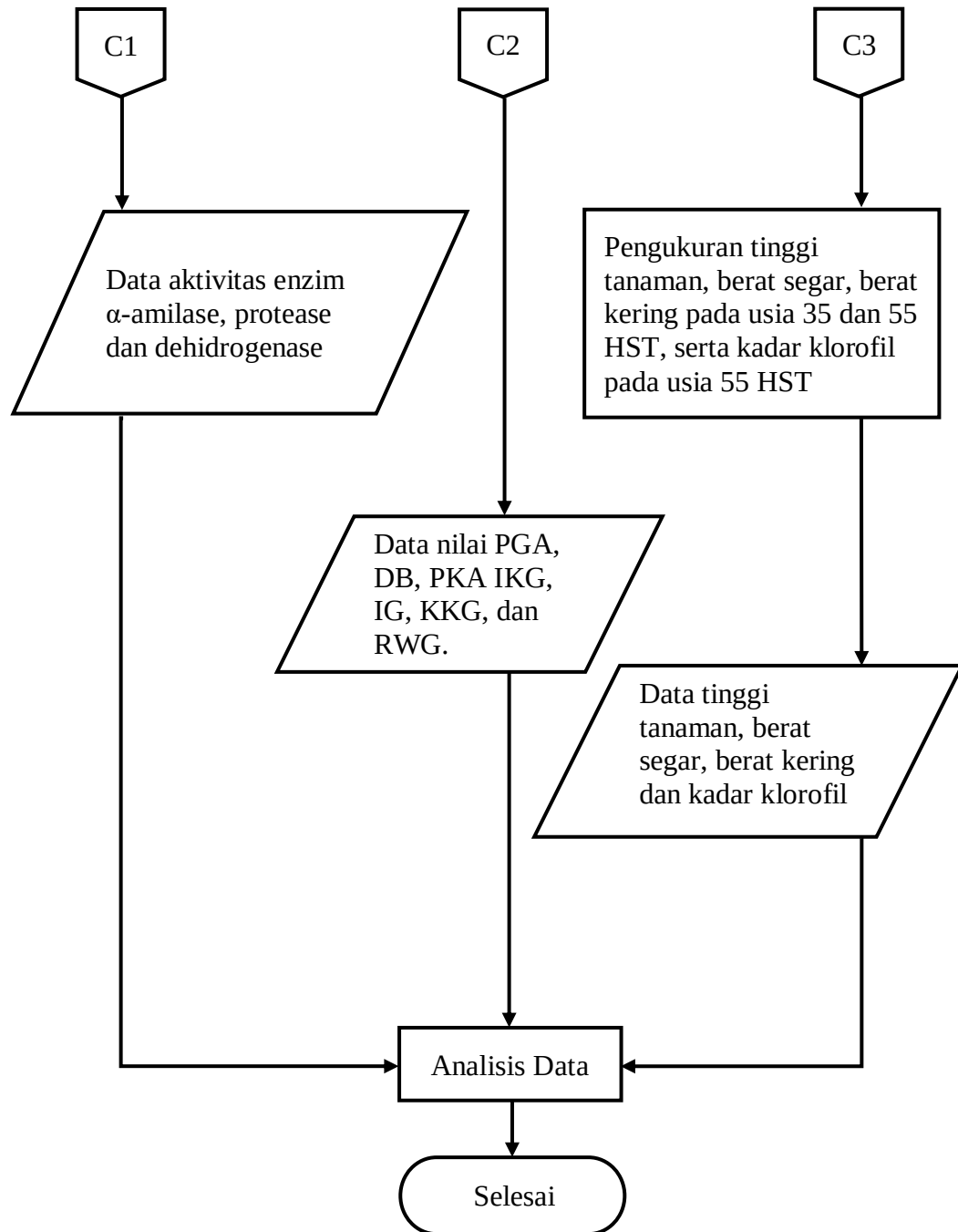
dengan $Chla$ = kadar klorofil a (mg/gr jaringan), $Chlb$ = kadar klorofil b (mg/gr jaringan), $Chltotal$ = kadar klorofil total (mg/gr jaringan), A_{648} = nilai absorbansi pada panjang gelombang 649 nm, A_{664} = nilai absorbansi pada panjang gelombang 665 nm, v = volume etanol yang digunakan, dan w = berat daun padi.

3.4.7. Analisis Data

Seluruh data kuantitatif hasil pengamatan diuji normalitas dan dilanjutkan dengan analisis ragam atau *Analysis of Variance* (Anova) pada taraf $\alpha = 0,05$ menggunakan software IBM SPSS *statistics* versi 25. Jika ada perbedaan yang signifikan antara perlakuan yang diuji, maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf $\alpha = 0,05$.

3.5. Diagram Alir Penelitian





Gambar 6. Diagram alir penelitian.

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas disimpulkan sebagai berikut:

1. Paparan medan magnet 0,2 mT mampu meningkatkan aktivitas enzim perkecambahan α -amilase pada benih LSC usang (perlakuan SoM) dan benih usang yang tercekam kekeringan (SoMD) jika dibandingkan dengan kontrol So dan SoD. Sedangkan pada aktivitas enzim perkecambahan lainnya, paparan medan magnet 0,2 mT justru menurunkan aktivitas enzim protease dan dehidrogenase pada perlakuan SoM dan SoMD. Meskipun demikian, menurunnya aktivitas enzim protease dapat menjadi indikasi bahwa paparan medan magnet mampu memperbaiki sintesis protein dan mencegah kerusakan protein pada benih LSC usang serta yang mengalami cekaman kekeringan.
2. Paparan medan magnet 0,2 mT pada benih padi gogo LSC usang (perlakuan SoM) cenderung meningkatkan kecepatan germinasi dan persentase germinasi berdasarkan nilai IKG, IG, KKG, dan RWG jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol So meskipun tidak berbeda secara nyata. Pada benih padi usang dan tercekam kekeringan (perlakuan SoMD), paparan medan magnet memberikan dampak yang positif pada seluruh parameter respon perkecambahan (PGA, DB, PKA, IKG, IG, KKG, dan RWG). Pada perlakuan SoMD, paparan medan magnet secara nyata meningkatkan kecambah normal dan menurunkan kecambah abnormal berdasarkan parameter DB dan PKA jika dibandingkan dengan kontrol SoD.

3. Perlakuan medan magnet 0,2 mT mampu memperbaiki pertumbuhan vegetatif tanaman dari benih usang baik yang diberi maupun tidak diberi cekaman kekeringan sehingga nilai pertambahan tinggi tanaman, berat segar, dan berat kering hasil semua perlakuan sama dengan tanaman dari perlakuan kontrol benih normal (Sn).
4. Perlakuan medan magnet 0,2 mT pada benih usang padi gogo LSC tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap kandungan klorofil termasuk untuk kandungan klorofil pada tanaman dari perlakuan kontrol benih normal (Sn).

5.2. Saran

Penelitian tentang pengaruh paparan medan magnet dalam memperbaiki benih padi gogo LSC usang perlu dilakukan dengan menggunakan benih usang alami yaitu pengusangan akibat lama penyimpanan. Dengan demikian akan diperoleh hasil yang lebih akurat tentang lama penyimpanan yang dapat ditolerir sehingga tidak menurunkan vigor benih. Informasi ini penting bagi para petani.

Pada penelitian ini paparan medan magnet diberikan pada benih yang belum diberi cekaman kekeringan untuk melihat potensi akibat paparan medan magnet terhadap daya tahan benih padi ketika mengalami cekaman kekeringan. Oleh sebab itu, perlu diujikan pengaruh paparan medan magnet pada kecambah padi yang telah terpapar cekaman kekeringan untuk melihat kemampuan medan magnet dalam memperbaiki kerusakan kecambah akibat cekaman kekeringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriyani, F. Y., Kiswanto, dan Ernawati, R. 2019a. Lumbung Sewu Cantik: Varietas Lokal Padi Ladang Potensial dari Pringsewu.
<http://cybex.pertanian.go.id/mobile/artikel/59566/LUMBUNG-SEWU-CANTIK-VARIETAS-LOKAL-PADI-LADANG-POTENSIAL-DARI-PRINGSEWU/>. Diakses pada tanggal 04 Februari 2023 pukul 07.10 WIB.
- Adriyani, F. Y., Kiswanto, dan Ernawati, R. 2019b. Mengenal 3 (Tiga) Varietas Lokal Padi di Provinsi Lampung.
<http://cybex.pertanian.go.id/mobile/artikel/82410/MENGENAL-3-TIGA-VARIETAS-LOKAL-PADI-DI-PROVINSI-LAMPUNG/>. Diakses pada tanggal 04 Februari 2023 pukul 10.33 WIB.
- Agustin, M. A., Zulkifli, Handayani, T. T., dan Lande, M. L. 2018. Pengaruh Ekstrak Air Rumpun Teki (*Cyperus rotundus*) Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Klorofil Padi Gogo Varietas Inpago 8. *Jurnal Pertanian Terapan*. 8(3).
- Agustrina, R., Handayani, T.T., and Sumardi. 2013. Observation of the Effect of Static Magnetic Field 0.1 mT on α -Amylase Activity in Legume Germination. *2nd International Conference on Engineering and Technology Development (ICETD 2013)*, Universitas Bandar Lampung Faculty of Engineering and Faculty of Computer Science.
- Agustrina, R., Nukmal, N., dan Wahyuningsih, S. 2022. Induksi Pertumbuhan Vegetatif Tomat (*Lycopersicum esculantum* Mill) pada Benih Lama yang dengan Medan Magnet 0,2 mT. *SN-SMIAP-V1*.
- Al-Mudaris, M.A. 1998. Notes on Various Parameters Recording the Speed of Seed Germination. *Der Tropenlandwirt, Beitrage zur Tropiscen Landwirtschaft und Veterinarmedizin*. 99: 147-154.
- Aliu, S., Rusinovci, I., Fetahu, S., Gashi, B., Simeonovska, E., Rozman, L. 2015. The Effect of Salt Stress on the Germination of Maize (*Zea mays* L.) Seeds and Photosynthetic Pigments. *Acta Agriculturae Slovenica*. 105(1): 85-94.
- Angraini, W., Sumardi, Handayani, T.T., dan Agustrina, R. 2013. Isolasi dan Karakterisasi Aktivitas Enzim α -Amilase pada Kecambah Kedelai Putih

(*Glycine max* (L). Merrill) dan Kacang Hijau (*Phaseolus Radiatus*) di Bawah Pengaruh Medan Magnet. *Jurnal Ilmiah: Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*. 1(1): 19-24.

Artadana, I.B.M., Dewi, I.T., dan Sukweenadhi, J. 2019. The Performance of Three Local Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivar from East Kalimantan-Indonesia under Drought Stress at Early Seedling Stage. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 293: 1-7.

Azadi M.S., and Younesi E. 2013. The Effects of Storage on Germination Characteristics and Enzyme Activity of Sorghum Seeds. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 9 (4): 289-298.

Bailly, C. 2004. Active Oxygen Species and Antioxidants in Seed Biology. *Seed Science Research*. 14: 93-107.

Balai Ketahanan Pangan dan Penyuluh Pertanian (BKPPP) Aceh. 2009. *Budidaya Tanaman Padi*. Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluh Pertanian Aceh Bekerja Sama Dengan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian NAD. Aceh. 21 hlm.

Belo, S.M., dan Suwarno, F.C. 2012. Penurunan Viabilitas Benih Padi (*Oryza sativa* L.) melalui Beberapa Metode Pengusangan Cepat. *Jurnal Agron. Indonesia*. 40 (1): 29-35.

Bam, R.K., Kumaga, F.K., Ofori, K., Asiedu, E.A. 2006. Germination, Vigour and Dehydrogenase Activity of Naturally Aged Rice (*Oryza sativa* L.) Seeds Soaked in Potassium and Phosphorus Salts. *Asian Journal of Plant Science*. 5(6): 948-955.

Barreto, L.C., and Garcia, Q.S. 2017. Accelerated Ageing and Subsequent Imbibition Affect Seed Viability and the Efficiency of Antioxidant System in Macaw Palm Seeds. *Acta Physiol Plant*.

Bray, E. A. 2007. *Plant Response to Water-deficit Stress*. *Encyclopedia of Life Sciences*. University of Chicago, Chicago, Illinois, USA. 7 hlm.

Cao, Y., Liang, L., Cheng, B., Dong, Y., Wei, J., Tian, X., Peng, Y., and Li, Z. 2018. Pretreatment with NaCl Promotes the Seed Germination of White Clover by Affecting Endogenous Phytohormones, Metabolic Regulation, and Dehydrin-Encoded Genes Expression under Water Stress. *Int. J. Mol. Sci*. 19 (3570): 1-15.

Cahyadi, E., Ete, A., dan Made, U. 2013. Identifikasi Karakter Fisiologis Dini Padi Gogo Lokal Mangkawa terhadap Cekaman Kekeringan. *E-Journal Agrotekbis*. 1(3): 228-235.

- Chaniago, R. 2016. *Biologi*. Innosain. Yogyakarta. ISBN: 978-602-72999-5-5.
- Cheikh, O., Elaoud, A., Amor, H.B., and Hozayn, M. 2018. Effect of Permanent Magnetic Field on the Properties of Static Water and Germination of Cucumber Seeds. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research*. 6: 108-116.
- Cho, D., and Lim, S. 2016. Germinated Brown Rice and Its Bio-functional Compounds. *Food Chemistry*. 196: 259-271.
- Choudhury, A., and Bordolui, S.K. 2023. Concept of Seed Deterioration: Reason, Factors, Changes During Deterioration and Preventive Measures to Overcome Seed Degradation. *American International Journal of Agricultural Studies*. 7(1): 41-56.
- Chrisnawati, L., Yuliyanti, Ernawati, E., Fitriyani, U., dan Putri, A.E. 2021. Penapisan Toleransi Kekeringan Padi Lokal Lampung pada Fase Perkecambahan. *Jurnal Biologi Udayana*. 25(1): 1-6.
- Cooper, C. 2001. *Dasar Magnet dan Penerapannya (Terjemahan: Physics Matters! Volume 8 Magnetism)*. PT Pakar Raya. Bandung. ISBN (ePub): 978-602-499-351-1.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press. New York. 477 hlm.
- Daksa, W. R., Ete, A., dan Adrianon. 2014. Identifikasi Toleransi Kekeringan Padi Gogo Lokal Tanangge pada Berbagai Larutan PEG. *Agrotekbis*. 2(2): 114-120.
- Dalal, V.K., and Tripathy, B.C. 2012. Modulation of Chlorophyll Biosynthesis by Water Stress in Rice Seedlings During Chloroplast Biogenesis. *Plant, Cell and Environment*. 1-19.
- Damaris, R.N., Lin, Z., Yang, P., and He, D. 2019. The Rice Alpha-Amylase, Conserved Regulator of Seed Maturation and Germination. *International Journal of Molecular Sciences*. 20(450): 1-17.
- Dhawi, F., and Al-Khayri, J. M. 2011. Magnetic Field Induced Biochemical and Growth Changes in Date Palm Seedlings. *Date Palm Biotechnology*. 287–309.
- 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.

- Dewi, I. N., dan Sumarjan. 2013. Viabilitas dan Vigor Benih Padi (*Oryza sativa* L.) Varietas IR 64 Berdasarkan Variasi Tempat dan Lama Penyimpanan. *Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA III Tahun 2013*. pp. 232-238.
- Din, A.R.J.M., Hanapi, S.Z., Supari, N., Alam, S.A.Z., Javed, M.A., Tin, L.C., 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.
- Ebone, L. A., Caverzan, A., dan Chavarria, G. 2019. Physiologic Alterations in Orthodox Seeds Due to Deterioration Processes. *Plant Physiology and Biochemistry*. 145: 34-42.
- Elfiani, dan Jakoni. 2015. Pengujian Daya Berkecambah Benih dan Evaluasi Struktur Kecambah Benih. *Jurnal Dinamika Pertanian*. XXX(1): 45-52.
- Fitriani, E.S., Abidin, Z., dan Lestari, Y. 2023. Pelapisan Benih dengan Aktinobakteri untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Padi. *Jurnal Sumberdaya Hayati*. 9(2): 81-86.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Regional Office for Asia and the Pacific. 2014. *A Regional Rice Strategy for Sustainable Food Security in Asia and the Pacific: Final Edition*. Bangkok.
- Francavilla, A., and Joye, I.J. 2020. Anthocyanins in Whole Grain Cereals and Their Potential Effect on Health. *Nutrients*. 12(2922): 1-20.
- Gopinath, S.C.B., Anbu, P., Arshad, M.K.Md., Lakshmipriya, T., Voon, C.H., Hashim, U., and Chinni, S.V. 2023. Biotechnological Processes in Microbial Amylase Production. *Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International*. 2017: 1-9._
- Halindra, Y. M., Rusmiyanto P.W., E., dan Linda, R. 2017. Perkecambahan Benih Padi (*Oryza sativa* L.) Lokal Asal Kalimantan Barat Berdasar Tingkat Salinitas. *Protobiont*. 6(3): 295-302.
- Hanum, C. 2008. *Teknik Budidaya Tanaman Jilid II*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah. Departemen Pendidikan Nasional. 329 hlm.
- Hauvermale, A.L., Ariizumi, T., and Steber, C.M. 2012. Gibberellin Signaling: A Theme and Variations on DELLA Repression. *Plant Physiol*. 160: 83-92.
- Hong, Y., Ho, T.D., Wu, C., Ho, S., Yeh, R., Lu, C., Chen, P., Yu, L., Chao, A., and Yua, S. 2012. Convergent Starvation Signals and Hormone Crosstalk in Regulating Nutrient Mobilization upon Germination in Cereals. *The Plant Cell*. 24: 2857-2873.

- Jawak, G., Widajati, E., Liana, D., dan Astuti, T. 2022. Pendugaan Kemunduran Benih dengan Uji Fisiologi dan Biokimiawi. *Savana Cendana, Jurnal Pertanian Konservasi Lahan Kering*. 7(4): 61-64.
- Jedlička, J., Paulen, O., and Ailer, S. 2015. Research of Effect of Low Frequency Magnetic Field on Germination, Growth and Fruiting of Field Tomatoes. *Acta Horticulturae et Regiotecturae*. 1: 1-4.
- Joshi, R. 2018. Role of Enzyme in Seed Germination. *International Journal of Creative Research Thoughts*. 6(2): 1481-1485.
- Kader, M. A. 2005. A Comparison of Seed Germination Calculation Formulae and the Associated Interpretation of Resulting Data. *Journal & Proceedings of the Royal Society of New South Wales*. 138: 65-75._
- Kaneko, M., Itoh, H., Inukai, Y., Sakamoto, T., Ueguchi-Tanaka, M., Ashikari, M., and Matsuoka, M. 2003. Where Do Gibberellin Biosynthesis and Gibberellin Signaling Occur in Rice Plants?. *The Plant Journal* 35: 104-115.
- Kartika, dan Sari DK. 2015. Pengaruh Lama Penyimpanan dan Invigorasi Terhadap Viabilitas dan Vigor Benih Padi Lokal Bangka Aksesori Mayang. *Jurnal Pertanian dan Lingkungan*. 8(1): 10–18.
- Kaur, H., Nazir, F., Hussain, S.J., Kaur, R., Rajurkar, A.B., Kumari, S., Siddiqui, M.H., Mahajan, M., Khatoon, S., and Khan, M.I.R. 2023. Gibberellic Acid Alleviates Cadmium-Induced Seed Germination Inhibition through Modulation of Carbohydrate Metabolism and Antioxidant Capacity in Mung Bean Seedlings. *Sustainability*, 15(3790):1-25.
- Kizilgeci, F., Tazebay, N., Namli, M., Albayrak, O., and Yildirim, M. 2017. The Drought Effect on Seed Germination and Seedling Growth in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*. 1: 33-37.
- Kregiel, D. 2012. Succinate Dehydrogenase of *Saccharomyces cerevisiae* - The Unique Enzyme of TCA Cycle - Current Knowledge and New Perspectives (Chapter 9). *Dehydrogenases*. Publisher: Intech. 211-234.
- Kurek, K., Plitta-Michalak, B., and Ratajczak, E. 2019. Reactive Oxygen Species as Potential Drivers of the Seed Aging Process. *Plants*. 8 (174): 1-13.
- Labudda, M. 2013. Lipid Peroxidation as a Biochemical Marker for Oxidative Stress during Drought an Effective Tool for Plant Breeding. Department of Biochemistry, Warsaw University of Life Sciences, Poland.
- Larasani, I., dan Violita. 2021. Prolin sebagai Indikator Ketahanan Tanaman Terhadap Cekaman Kekeringan. *Prosiding Seminar Nasional Bio 2021 Universitas Negeri Padang*.

- Lette, S. Y., Refli, Tanesib, J. L., dan Amalo, D. 2019. Stimulasi Perkecambahan Padi (*Oriza sativa* L.) dengan Penggunaan Medan Magnet. *Seminar Nasional Sains dan Teknik FST UNDANA (SAINSTEK-IV)*, Hotel Swiss-Belinn Kristal Kupang, Kupang-25 Oktober 2019.
- Li, C., Cao, X., Gu, Z., and Wen, H. 2010. A Preliminary Study of The Protease Activities in Germinating Brown Rice (*Oryza sativa* L.). *J Sci Food Agric.* 91: 915-920.
- Li, J.-Z., LI, M.-Q., Han, Y.-C., Sun, H.-Z., Du, Y.-X., and Zhao, Q.-Z. 2019. The Crucial Role of Gibberellic Acid on Germination of Drought-Resistant Upland Rice. *Biologia Plantarum.* 63: 529-535.
- Liu, J., Hasanuzzaman, M., Wen, H., Zhang, J., Peng, T., Sun, H., and Zhao, Q. 2019. High Temperature and Drought Stress Cause Absciscic Acid and Reactive Oxygen Species Accumulation and Suppress Seed Germination Growth in Rice. *Protoplasma.*
- Liu, L., Xia, W., Li, H., Zeng, H., Wei, B., Han, S., and Yin, C. 2018. Salinity Inhibits Rice Seed Germination by Reducing α -Amylase Activity via Decreased Bioactive Gibberellin Content. *Frontiers in Plant Science.* 9: 1-9.
- Liu, S., Yang, C., Xie, W., Xia, C., and Fan, P. 2012. The Effects of Cadmium on Germination and Seedling Growth of *Suaeda salsa*. *Procedia Environmental Sciences.* 16: 293-298.
- Luo, X., Li, D., Tao, Y., Wang, P., Yang, R., Han, Y. 2022. Effect of Static Magnetic Field Treatment on The Germination of Brown Rice: Changes in α -amylase Activity and Structural and Functional Properties in Starch. *Food Chemistry.* 383: 132392. ISSN 0308-8146.
- Ma'sumah, Santoso, T. J., dan Trijatmiko, K. R. 2016. Evaluasi Sifat Daya Tembus Akar dan Identifikasi Mutan Stabil pada Populasi Penanda Aktivasi. *Jurnal Agrobiogen.* 12(1): 21-28.
- Makarim, A.K., dan Suhartatik, E. 2009. *Morfologi dan Fisiologi Tanaman Padi*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 36 hlm.
- Meneses, C.H.S.G., Bruno, R.L.A., Fernandes, P.D., Pereira, W.E., Lima, L.H.G.M., Lima, M.M.A., and Vidal, M.S. 2011. Germination of Cotton Cultivar Seeds under Water Stress Induced by Polyethyleneglycol-6000. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*. 68(2): 131-138.
- Miazeck, K. 2011. Chlorophyll Extraction from Harvested Plant Material. Supervisor: Prof. dr. hab. inż. Stanisław Ledakowicz.

- Mishra, S.N., Kumari, N., Mishra, N.N., and Mishra, K. 2023. Estimation of Hormonal Seed Treatments on Enzyme Activities after Accelerated Ageing (Artificial Ageing) in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Legume Research-An International Journal*. 46(4): 421-427.
- Moldenhauer, K., Counce, P., and Hardke, J. Rice Growth and Development. In: *Rice Production Handbook*. Hardke, J.T. University of Arkansas Division of Agriculture Cooperative Extension Service. University Little Rock, Arkansas. 211 hlm.
- Morejon, L.P., Palacio, J.C.C., Abad, L.V., and Govea, A.P. 2007. Stimulation of *Pinus tropicalis* M. Seeds by Magnetically Treated Water. *International Agrophysics*. 21: 173-177.
- Mulyanti, C.N., Pramono, E., Hadi, M.S., dan Ermawati. 2013. Pengaruh Konsentrasi Etanol dan Lama Penderaan pada Viabilitas Benih Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Varietas Oval. *Jurnal Agrotek Tropika*. 1(3): 246-251.
- Nasrudin, dan Firmansyah, E. 2020. Analisis Pertumbuhan Tanaman Padi Varietas IPB 4S pada Media Tanam dengan Tingkat Cekaman Kekeringan Berbeda. *Jurnal Galung Tropika*. 9(2): 154-162.
- 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.
- Nijabat, A., Manzoor, S., Faiz, S., Naveed, N.H., Bolton, A., Khan, B.A., Ali, A., and Simon, P. 2023. Variation in Seed Germination and Amylase Activity of Diverse Carrot [*Daucus carota* (L.)] Germplasm under Simulated Drought Stress. *Hort Science*. 58(2): 205-214.
- Novitasari, V., Agustrina, R., Irawan, B., dan Yulianty. 2019. Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) dari Benih Lama yang Diinduksi Kuat Medan Magnet 0,1 mT, 0,2 mT, dan 0,3 mT. *Jurnal Biologi Indonesia*. 15(2): 219–225.
- Nurmalasari, I. R. 2018. Kandungan Asam Amino Prolin Dua Varietas Padi Hitam pada Kondisi Cekaman Kekeringan. *Gontor AGROTECH Science Journal*. 4(1): 29-43.
- Nurrachmamila, P. L., dan Saputro, T. B. 2017. Analisis Daya Perkecambahan Padi (*Oryza sativa* L.) Varietas Bahbutong Hasil Iradiasi. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 6(2): 2337-3520.
- Nuzully, S., Kato, T., Iwata, S., dan Suharyadi, E. 2013. Pengaruh Konsentrasi Polyethylene Glycol (PEG) pada Sifat Kemagnetan Nanopartikel Magnetik PEG-Coated Fe₃O₄. *Jurnal Fisika Indonesia*. 17(51): 35-40.

- Oaikhena, E.E., Ajibade, G.A., Appah, J., and Bello, M. 2013. Dehydrogenase Enzyme Activities in Germinating Cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 3(20): 32-36.
- Pandey, V., and Shukla, A. 2015. Acclimation and Tolerance Strategies of Rice under Drought Stress. *Rice Science*. 22(4): 147–161.
- Pandey, R., Agarwal, R.M., Jeevaratnam, K., and Sharma, G.L. 2004. Osmotic Stress-Induced Alterations in Rice (*Oryza sativa* L.) and Recovery on Stress Release. *Plant Growth Regulation*. 42: 79-87.
- Podlesna, A., Bojarszczuk, J., and Podlesny, J. 2018. Effect of Pre-sowing Magnetic Field Treatment on Some Biochemical and Physiological Processes in Faba Bean (*Vicia faba* L. spp. Minor). *Journal of Plant Growth Regulation*.
- Pramono, E., Hadi, M.S., dan Kamal, M. 2020. Viabilitas Benih Kedelai (*Glycine max* [L.] Merrill) Sejalan dengan Penyimpanan Alamiah dan Pengusangan Cepat dengan Etanol. *Jurnal Agrotropika*. 19(1): 43-56.
- Priestley, D. A., and Leopold, A.C. 1980. Alcohol Stress on Soya Bean Seeds. *Ann. Bot.* 45: 39-45.
- Pujiastuti, E., dan Sudrajat, D.J. 2017. Uji Vigor untuk Menduga Perkecambahan Benih dan Munculnya Semai Normal *Acacia mangium* di Persemaian. *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan*. 5(2): 81-94.
- Puspitaningtyas, I., Anwar, S., dan Karno. 2018. Perkecambahan Benih dan Pertumbuhan Bibit Jarak Pagar (*Jatropha curcas* Linn.) dengan Invigorasi Menggunakan Zat Pengatur Tumbuh pada Periode Simpan yang Berbeda. *J. Agro Complex*. 2(2) :148-154.
- 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 : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*. 7(2): 142-150.
- Pyngrope, S., Bhoomika, K., and Dubey, R.S. 2012. Oxydative Stress, Protein Carbonylation, Proteolysis and Antioxidative Defense System as a Model for Depicting Water Deficit Tolerance in Indica Rice Seedlings. *Plant Growth Regul.* 1-17.
- Radhakrishnan, R. 2019. Magnetic Feld Regulates Plant Functions, Growth and Enhances Tolerance Against Environmental Stresses. *Physiol Mol Biol Plants*.

- Radhakrishnan, G., and Dayal, A. 2022. Individual and Combined Effect of Magnetic Field and Electrical Field Treatment on Paddy (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Science, Environment*. 11(6): 308-320.
- Radhakrishnan, R., and 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.
- Rahayu, A. Y., Haryanto, T. A. D., dan Ifitah, S. N. 2016. Pertumbuhan dan Hasil Padi Gogo Hubungannya dengan Kandungan Prolin dan 2-acetyl-1-pyrroline pada Kondisi Kadar Air Tanah Berbeda. *Jurnal Kultivasi*. 15(3): 226-231.
- Rajjou, L., Duval M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C, and Job, D. 2012. Seed Germinator and Vigor. *Annu. Rev. Plant Biol.* 63: 507-533.
- Ravindran, P., and Kumar, P.P. 2019. Regulation of Seed Germination: The Involvement of Multiple Forces Exerted via Gibberellic Acid Signaling. *Molecular Plant*. 12: 24-26.
- Reina, F.G., and Pascual, L.A. 2001. Influence of a Stationary Magnetic Field on Water Relations in Lettuce Seeds. Part I: Theoretical Considerations. *Bioelectromagnetics*. 22: 589-595.
- Rezayian, M., Niknam, V., and Ebrahimzadeh, H. 2018. Effects of Drought Stress on the Seedling Growth, Development, and Metabolic Activity in Different Cultivar of Canola. *Soil Science and Plant Nutrition*. 1-10.
- Robinson, P.K. 2015. Enzymes: Principles and Biotechnological Applications. *Essays Biochem*. 59: 1-41.
- Rohma, A., Sumardi, Ernawati, E., dan Agustrina, R. 2013. Pengaruh Medan Magnet Terhadap Aktivitas Enzim α -Amilase pada Kecambah Kacang Merah dan Kacang Buncis Hitam (*Phaseolus vulgaris* L.). *Seminar Nasional Sains & Teknologi V Lembaga Penelitian Universitas Lampung 19-20 November 2013*.
- Rohandi, A., dan Widyani, N. 2016. Perubahan Fisiologis dan Biokimia Benih Tengkwang Selama Penyimpanan. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*. 2(1): 9-20.
- Rosida, D.F., Djajati, S., and Susanti, F.S. 2020. Production of Maltodextrin from Cocoyams (*Xanthosoma sagittifolium*) Starch Using α -Amylase Enzyme. *International Conference on Science and Technology 2019, Journal of Physics: Conference Series*.

- Saha, D., Choyal, P., Mishra, U.N., Dey, P., Bose, B., MD, P., Gupta, N.K., Mehta, B.K., Kumar, P., Pandey, S., Chauhan, J., and Singhal, R.K. 2022. Drought Stress Responses and Inducing Tolerance by Seed Priming Approach in Plants. *Plant Stress*. 100066: 1-14.
- Saminan. 2018. *Pembelajaran Konsep Listrik dan Magnet*. Syiah Kuala University Press. Banda Aceh. ISBN: 978-602-5679-51-3. 174 hlm.
- Sari, W., dan Faisal, M.F. 2017. Pengaruh Media Penyimpanan Benih Terhadap Viabilitas dan Vigor Benih Padi Pandanwangi. *Agroscience*. 7(2): 300-310.
- Sarraf, M., Kataria, S., Taimourya, H., Santos, L.O., Menegatti, R.D., Jain, M., Ihtisham, M., and Liu, S. 2020. Magnetic Field (MF) Applications in Plants: An Overview. *Plants*. 9 (1139): 1-17.
- Sativa, N., Hamidah, Mutakin, J., Rismayanti, A.Y., dan Noviyanti. Uji Cekaman Salinitas Terhadap Viabilitas dan Vigor Benih Beberapa Kultivar Kedelai (*Glycine max* (L). MERRIL). *JAGROS Journal of Agrotechnonogy and Science*. 7(1): 39-50.
- Sawitri, S., Saragih, R., dan Ariyanti, E. 2018. Seleksi Beberapa Genotipe Padi Sawah Lokal (*Oryza sativa* L.) Terhadap Cekaman Kekeringan Menggunakan *Polyethylene Glycol* (PEG) pada Fase Perkecambahan. *Jurnal Agroteknologi*. 9(1): 23-30.
- Schwechheimer, C. 2008. Understanding Gibberellic Acid Signaling are We There Yet?. *Current Opinion in Plant Biology*. 11: 9-15.
- Sen, A., and Alikamanoglu, S. 2014. Effects of Static Magnetic Field Pretreatment with and without PEG 6000 or NaCl Exposure on Wheat Biochemical Parameters. *Russian Journal of Plant Physiology*. 61(5): 646-655.
- Senapati, S., Kuanar, S.R., and Sarkar, R.K. 2019. Anaerobic Germination Potential in Rice (*Oryza sativa* L.): Role of Amylase, Alcohol Dehydrogenase and Ethylene. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 15 (4): 39-52.
- Serway, R.A., and Jewett, J.W. 2008. *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, Seventh Edition*. Thomson Higher Education. USA. 1505 hlm.
- Sharma, P., and Gayen, D. 2021. Plant Protease as Regulator and Signaling Molecule for Enhancing Environmental Stress-tolerance. *Plant Cell Reports*. 1-15.

- Sitairesmi, T., Wening, R.H., Rakhmi, A.T., Yunani, N., dan Susanto, U. 2013. Pemanfaatan Plasma Nutfah Padi Varietas Lokal dalam Perakitan Varietas Unggul. *Iptek Tanaman Pangan*. 8(1): 22-30.
- Sitorus, U.K.P., Siagian, B., dan Rahmawati, N. 2014. Respon Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) Terhadap Pemberian Abu Bioler dan pupuk Urea pada Media Pembibitan. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 2(3): 1021-1029.
- Song, P., Wang, Z., Song, P., Yue, X., Bai, Y., and Feng, L. 2021. Evaluating the Effect of Aging Process on the Physicochemical Characteristics of Rice Seeds by Low Field Nuclear Magnetic Resonance and Its Imaging Technique. *Journal of Cereal Science*.
- Stutte, G.W., Eraso, I., and Anderson, S. 2006. Bioactivity of Volatile Alcohols on the Germination and Growth of Radish Seedlings. *Hort Science*. 41(1): 108-112.
- Subantoro, R., dan Prabowo, R. 2013. Pengkajian Viabilitas Benih dengan Tetrazolium Test pada Jagung dan Kedelai. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. 9(2):1-8.
- Sumardi, Marjunus, R., Hairisah, S.F., Setiawati, P.L., dan Khoiriyah, A. 2022. *Medan Magnet & Mikroba*. Innosain. Yogyakarta. 64 hlm. E-ISBN: 978-602-6542-81-6.
- Sumbono, A. 2021. *Enzim: Seri Biokimia Pangan Dasar*. Deepublish Publisher. Yogyakarta. 52 hlm. ISBN: 978-623-02-2916-9.
- Supardiyono, B., dan Septaaji, R. 2007. Perhitungan Medan Magnet Solenoid Multi Lapis. *Prosiding PPI-PDIPTN 2007, Pustek Akselerator dan Proses Bahan-BATAN*, pp 136-142.
- Suparto, H., dan Nugraha, M. I. 2022. Invigorasi Benih Tiga Varietas Padi (*Oryza sativa* L.) dengan Larutan Tauge. *Jurnal Penelitian UPR: Kaharati*. 2(2): 83-92.
- Syakuro, M.Y.A., Haryadi, N.T., Muhlison, W., and Sucipto, I. 2022. Isolation and Characterization of α -Amylase Enzyme on Brown Planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal) on Rice. *J. Exp. Life Sci*. 12(3): 81-87.
- Tefa, A. 2017. Uji Viabilitas dan Vigor Benih Padi (*Oryza sativa* L.) Selama Penyimpanan pada Tingkat Kadar Air yang Berbeda. *Savana Cendana*. 2(3): 48-50.
- Tiwari, S.P., Srivastava, R., Singh, C.S., Shukla, K., Singh, R.K., Singh, P., Singh, R., Singh, N.L., and Sharma, R. 2015. Amylases: An Overview with Special Reference to Alpha Amylase. *Journal of Global Bioscience*. 4(1):

1886-1901

- Tripathi, K.K., Govila, O.P., Warriar, R., and Ahuja, V. 2011. *Biology of Oryza sativa L. (Rice)*. Ministry of Environment and Forest Government of India. India. 63 hlm.
- Utama, Z.H. 2015. *Budidaya Padi pada Lahan Marjinal: Kiat Meningkatkan Produksi Padi*. CV Andi Offset. Yogyakarta. ISBN: 978-979-29-2349-0. 336 hlm.
- Vaseva, I., Sabotic, J., Sustar-Vozlic, J., Meglic, V., Kidric, M., Demirevska, K., and Simova-Stoilova, L. 2012. The Response of Plants to Drought Stress: The Role of Dehydrins, Chaperones, Proteases, and Protease Inhibitors in Maintaining Cellular Protein Function (Chapter 1). In: Neves, D.F., and Sanz, J.D. (Ed), *Drought: New Research*. Publisher: Nova Science Publisher, Inc. 1-45.
- Vashisth, A., and 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: 149-156.
- Vitolo, M. 2020. Brief Review on Enzyme Activity. *World Journal of Pharmaceutical Research*. 9(2): 60-76.
- Wahyuni, A., dan Chrisna P.P., O. 2019. Hubungan Antara Uji Perkecambahan Benih dan Kemunculan Bibit di Lapangan pada Lima Galur Padi. *Jurnal Planta Simbiosa*. 1(2): 13-22.
- Wahyuni, W., Saputri, R., Yufikar, dan Kurniasari, L. 2023. Pengujian *After Ripening* Serta Efektivitas Pematangan Dormansi pada Benih Padi Gogo Lokal Bangka Aksesori Balok. *Fruitset Sains*. 11(2): 116–125.
- Widiastuti, E., dan Latifah, E. 2016. Keragaman Pertumbuhan dan Biomassa Varietas Kedelai (*Glycine max* (L)) di Lahan Sawah dengan Aplikasi Pupuk Organik Cair. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*. 21(2): 90-97.
- Woodstock, L.W., and Taylorson, R.B. 1981. Ethanol and Acetaldehyde in Imbibing Soybean Seed in Relation to Deterioration. *Plant Physiol*. 67: 424-428.
- Wopereis, M.C.S., Defoer, T., Idinoba, P., Diack, S., and Dugue, M.J. 2009. *Curriculum for Participatory Learning and Action Research (PLAR) for Integrated Rice Management (IRM) in Inland Valleys of Sub-Saharan Africa: Technical Manual*. Africa Rice Center (WARDA). ISBN: 929113 3248. 130 hlm.

- Yadav, J.K., and Prakash, V. 2011. Stabilization of α -Amylase, the Key Enzyme in Carbohydrates Properties Alterations, at Low pH. *International Journal of Food Properties*. 14(6): 1182-1196
- Yamaguchi, S. 2008. Gibberellin Metabolism and its Regulation. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59: 225-251.
- Yoshida, S. 1981. *Fundamentals of Rice Crop Science*. The International Rice Research Institute. Los Banos, Laguna, Philippines. 279 hlm.
- Zhu, J., Kang, H., Tan, H., and Xu, M. 2006. Effects of Drought Stresses Induced by Polyethylene Glycol on Germination of *Pinus sylvestris* Var. *mongolica* Seeds from Natural aPlantation Forests on Sandy Land. *J For Res.* 11:319-328.
- Zhang, X., Lei, L., Lai, J., Zhao, H., and Song, W. 2018. Effects of Drought Stress and Water Recovery on Physiological Responses and Gene Expression in Maize Seedlings. *Plant Biology*. 18(68): 1-16.
- Zhang, T., Fan, S., Xiang, Y., Zhang, S., Wang, J., and Sun, Q. 2020. Non-destructive Analysis of Germination Percentage, Germination Energy and Simple Vigour Index on Wheat Seeds during Storage by Vis/NIR and SWIR Hyperspectral Imaging. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* (Journal Pre-proof).
- Zhang, K., Zhang, Y., Sun, J., Meng, J., and Tao, J. 2021. Deterioration of Orthodox Seed During Ageing: Influencing Factors, Physiological Alterations and the Role of Reactive Oxygen Species. *Plant Physiology and Biochemistry*. 158: 475-485.
- Zheng, Q., Teng, Z., Zhang, J., and Ye, N. 2024. ABA Inhibits Rice Seed Aging by Reducing H₂O₂ Accumulation in the Radicle of Seeds. *Plants*. 13 (809): 1-10.