

**PENGARUH INTENSITAS PENGUSANGAN CEPAT PADA
VIABILITAS BENIH SORGUM VARIETAS SAMURAI-2 HASIL
DARI PERTANAMAN YANG DIAPLIKASI $ZnSO_4$ DENGAN
FREKUENSI BERBEDA**

(Skripsi)

Oleh

**Egi Natalia Pakpahan
2114161079**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGARUH INTENSITAS PENGUSANGAN CEPAT PADA VIABILITAS BENIH SORGUM VARIETAS SAMURAI-2 HASIL DARI PERTANAMAN YANG DIAPLIKASI $ZnSO_4$ DENGAN FREKUENSI BERBEDA

Oleh

Egi Natalia Pakpahan

Varietas sorgum Samurai-2 memiliki potensi tinggi sebagai sumber pangan dan bioenergi, namun rentan terhadap kemunduran benih selama penyimpanan, yang mengurangi viabilitas dan vigor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh intensitas pengusangan cepat (IPC) dengan larutan etanol 0%, 8%, 16%, 24% pada tiga lot benih sorgum Samurai-2 hasil panen dari pertanaman sorgum yang diaplikasi $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ dengan frekuensi berbeda. Penelitian dilakukan di Laboratorium Benih dan Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Lampung, pada Desember 2024 hingga Januari 2025. Perlakuan faktorial 4x3 diterapkan pada Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) di ulang 4 kali dalam 4 blok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi etanol (0-24%) sebagai IPC tidak menurunkan persentase kecambah normal tetapi meningkatkan Daya Hantar Listrik; ($P=0,003$). Frekuensi aplikasi $ZnSO_4$ tidak berpengaruh signifikan ($P>0,05$) pada semua variabel viabilitas benih, termasuk kecambah normal, vigor, dan integritas membran. Pengaruh interaksi tidak nyata ($P>0,05$) antara IPC dan frekuensi aplikasi $ZnSO_4$.

Kata kunci: sorgum, pengusangan cepat, etanol, $ZnSO_4$, viabilitas benih.

ABSTRACT

THE EFFECT OF ACCELERATED AGING INTENSITY ON THE VIABILITY OF SAMURAI-2 VARIETY SORGHUM SEEDS RESULTING FROM CROPS APPLIED WITH ZnSO₄ AT DIFFERENT FREQUENCIES

By

Egi Natalia Pakpahan

The Samurai-2 sorghum variety has high potential as a source of food and bioenergy, but it is susceptible to seed deterioration during storage, which reduces viability and vigor. This research aims to determine the effect of the accelerated aging (AA) intensity using 0%, 8%, 16%, and 24% ethanol solutions on three seed lots of Samurai-2 sorghum harvested from crops applied with ZnSO₄.7H₂O at different frequencies. The research was conducted at the Seed and Plant Breeding Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung, from December 2024 to January 2025. A 4x3 factorial treatment was applied in a Complete Randomized Block Design (CRBD) with 4 replications within 4 blocks. The results showed that increasing ethanol concentration (0-24%) as an AA treatment did not decrease the percentage of normal sprouts but increased Electrical Conductivity (EC); (P=0.003). The frequency of ZnSO₄ application had no significant effect (P>0.05) on all seed viability variables, including normal sprouts, vigor, and membrane integrity. The interaction effect was not significant (P>0.05) between AA and the frequency of ZnSO₄ application.

Keywords: sorghum, accelerated aging, ethanol, ZnSO₄, seed viability.

**PENGARUH INTENSITAS PENGUSANGAN CEPAT PADA
VIABILITAS BENIH SORGUM VARIETAS SAMURAI-2 HASIL
DARI PERTANAMAN YANG DIAPLIKASI $ZnSO_4$ DENGAN
FREKUENSI BERBEDA**

Oleh

Egi Natalia Pakpahan

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Agronomi dan Hortikultura
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi : **PENGARUH INTENSITAS
PENGUSANGAN CEPAT PADA
VIABILITAS BENIH SORGUM
VARIETAS SAMURAI-2 HASIL DARI
PERTANAMAN YANG DIAPLIKASI
ZnSO₄ DENGAN FREKUENSI
BERBEDA**

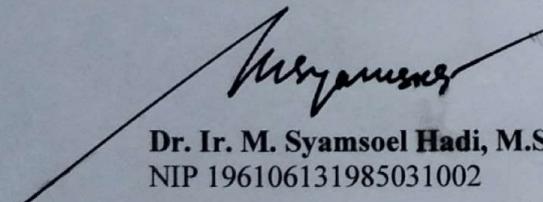
Nama Mahasiswa : Egi Natalia Pakpahan
Nomor Pokok Mahasiswa : 2114161079
Program Studi : Agronomi dan Hortikultura
Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

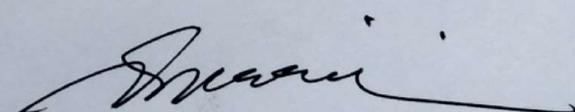
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Pertama

Pembimbing Kedua

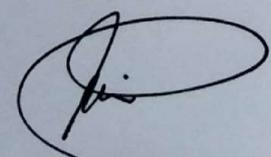


Dr. Ir. M. Syamsoel Hadi, M.Sc.
NIP 196106131985031002



Dr. Ir. Eko Pramono, M.S.
NIP 196108141986091001

2. Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura



Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D.
NIP 196603041990122001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Ir. M. Syamsoel Hadi, M.Sc.

Sekretaris : Dr. Ir. Eko Pramono, M.S.

Penguji
Bukan Pembim.bing : Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc.

2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal lulus ujian skripsi : 26 juni 2025

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **"Pengaruh Intensitas Pengusangan Cepat pada Viabilitas Benih Sorgum Varietas Samurai-2 Hasil dari Pertanaman yang Diaplikasi $ZnSO_4$ dengan Frekuensi Berbeda"** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 20 Oktober 2025

Penulis



Egi Natalia Pakpahan
2114161079

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, 23 Desember 2003 sebagai anak kelima dari lima bersaudara, dari Bapak Rolan Pakpahan dan Nurmaida Manullang. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 2 Hajimena pada tahun 2014. Sekolah Menengah Pertama di SMPN 3 Natar pada tahun 2018. Sekolah Menengah Kejuruan di SMKN SPP Lampung pada tahun 2021. Penulis diterima di Universitas Lampung di Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian pada tahun 2021 melalui jalur masuk Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP).

Pada tahun 2024, Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Rejosari, Kecamatan Negeri Agung, Kabupaten Way Kanan. Penulis melaksanakan Praktikum Umum (PU) di Balai Pelatihan Pertanian, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung pada tahun 2024. Penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Agronomi dan Hortikultura (HIMAGRHO) sebagai anggota Bidang Dana dan Usaha. Selama perkuliahan, penulis dipercayai sebagai asisten dosen mata kuliah kuliah Iklim Mikro Tanaman dan Produksi Tanaman Pangan.

MOTTO

“Berserulah kepada-Ku, maka Aku akan menjawab engkau dan akan memberitahukan kepadamu hal-hal yang besar dan yang tidak terpahami, yakni hal-hal yang tidak engkau ketahui.”
(Yeremia 33:3)

"Jangan takut akan kesulitan, karena di balik kesulitan itu Tuhan sedang menyiapkan kemenangan yang besar bagi orang yang percaya."
(Pdt. Dr. Stephen Tong)

“Sebab penderitaan ringan yang sekarang ini, mengerjakan bagi kami kemuliaan kekal yang melebihi segala-galanya, jauh lebih besar dari pada penderitaan kami.”
(2 Korintus 4:17)

PERSEMBAHAN

Dalam nama Tuhan Yesus Kristus kupersembahkan karya kecilku ini sebagai ungkapan rasa cinta kasih dan baktiku untuk kedua orang tuaku, yaitu bapak Rolan Pakpahan dan Ibu Nurmaida Manullang serta kakak dan abang yang selalu memberi doa dan dukungannya.

Serta almamater yang penulis banggakan
Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian
Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "Pengaruh Intensitas Pengusangan Cepat pada Viabilitas Benih Sorgum Varietas Samurai-2 Hasil dari Pertanaman yang Diaplikasi ZnSO₄ dengan Frekuensi Berbeda". Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat mencapai gelar sarjana di Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penulis menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang terlibat dalam pelaksanaan penelitian maupun dalam penulisan skripsi, yaitu kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M. P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Syamsoel Hadi, M.Sc., selaku Pembimbing pertama pada skripsi ini, terimakasih telah memberikan bimbingan, saran, nasehat serta motivasi dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Eko Pramono, M.S., selaku Pembimbing kedua skripsi ini, terimakasih telah memberikan bimbingan bimbingan, saran, nasehat serta motivasi dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc., selaku penguji skripsi pada skripsi ini, terimakasih telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan kepada penulis selama penulisan skripsi ini.
5. Ibu Prof. Ir. Maria Viva Rini, M. Agr.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Ir. Muhammad Syamsoel Hadi, M.Sc., selaku pembimbing akademik yang telah membimbing, memberi saran dan arahan kepada penulis selama menempuh pendidikan tinggi di Universitas Lampung.

7. Seluruh Dosen mata kuliah Jurusan Agronomi dan Hortikultura atas ilmu, didikan, dan bimbingan yang penulis peroleh selama masa studi di Universitas Lampung.
8. Kedua orang tua penulis Bapak Rolan Pakpahan (+) dan Ibu Nurmaida Manullang yang telah memberikan doa, perhatian dan dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini. Sosok orang tua yang berhasil membuat penulis bangkit dari kata menyerah.
9. Kepada abang dan ketiga kakak tersayang, Jefri Pakpahan, Surfiana Pakpahan, S.Th, Desi Trinorista Pakpahan, Meilia Pakpahan, yang selalu memberikan dukungan dan semangat serta yang selalu ada dititik terendah penulis dan memberikan warna disetiap ketidakpastian perjalanan ini.
10. Kepada pemilik NPM 2101051057, terima kasih telah menjadi salah satu penyemangat, pendengar keluh kesah dalam penulisan skripsi dan dukungan yang telah diberikan bagi penulis.
11. Teman dekat penulis, Gabby, Paskah, Jessi, Helda, Ni Made yang memberikan semangat dan motivasi dalam menyelesaikan lika liku kehidupan perkuliahan.
12. Teman-teman penelitian benih, Mira, Zidni, Alvina. Untuk kebersamaannya dalam pelaksanaan penelitian sampai dengan penulisan skripsi ini selesai.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis hingga terselesaikannya penyusunan skripsi ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan mereka dan penulis berharap skripsi ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi penulis dan pembacanya.

Bandar Lampung, 20 Oktober 2025
Penulis,

Egi Natalia Pakpahan
2114161079

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Landasan Teori.....	3
1.5 Kerangka Pemikiran.....	4
1.6 Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tanaman Sorgum (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench)	6
2.2. Viabilitas Benih Sorgum	7
2.3 Kemunduran Benih	8
2.4. Pengusangan Cepat (<i>Accelerated Aging</i>).....	8
2.5. Pengaruh ZnSO ₄ Pada Tanaman.....	9
2.6. Proses Perkecambahan Benih.....	9
2.6.1 Definisi Perkecambahan Benih	10
2.6.2 Tahapan Perkecambahan Benih	11
2.6.2.1 Imbibisi.....	11
III. METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	15
3.2 Alat dan Bahan.....	15

3.3 Rancangan Percobaan dan Analisis Data.....	16
3.4 Pelaksanaan Penelitian	18
3.4.1 Persiapan Benih	18
3.4.2 Pembuatan Larutan Pengusangan	18
3.4.3 Penyiapan Media Perkecambahan.....	19
3.4.4 Aplikasi Pengusangan Cepat.....	19
3.4.5 Uji Viabilitas.....	20
3.4.6 Pengukuran Nilai Daya Hantar Listrik.....	20
3.5 Variabel Pengamatan.....	20
3.5.1 Persentase Kecambah Normal (PKN)	20
3.5.2 Kecepatan Perkecambahan (KP).....	21
3.5.3 Kecambah Normal Kuat (KNK)	21
3.5.4 Panjang Akar Primer Kecambah Normal (PAPKN)	22
3.5.5 Panjang Tajuk Kecambah Normal (PTKN)	22
3.5.6 Bobot Kering Kecambah Normal (BKKN).....	23
3.5.7 Daya Hantar Listrik (DHL).....	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Hasil	25
4.1.1 Hasil Analisis Ragam.....	25
4.1.2 Pengaruh Etanol.....	26
4.1.3 Pengaruh Zinc.....	29
4.2 Pembahasan.....	30
V. KESIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Kesimpulan	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Nilai P (probabilitas) dari hasil analisis data intensitas pengusangan cepat (P) dan aplikasi zinc (Z) pada produksi benih Sorgum	25
2. Pengaruh intensitas pengusangan cepat (IPC) pada setiap variabel pengamatan benih Sorgum	27
3. Pengaruh frekuensi aplikasi Zn pada setiap variabel pengamatan benih Sorgum	30
4. Hasil uji Barlett pengaruh etanol dan aplikasi ZnSO ₄ pada variabel kecepatan perkecambahan.....	38
5. Hasil uji aditivitas (uji Tukey) pengaruh etanol pada variabel kecepatan perkecambahan.....	38
6. Analisis ragam pengaruh intensitas pengusangan cepat larutan etanol (P) dan aplikasi Zn terhadap variabel kecepatan perkecambahan benih Sorgum	38
7. Hasil uji Barlett pengaruh etanol dan aplikasi ZnSO ₄ pada variabel kecambah normal	38
8. Hasil uji aditivitas (uji Tukey) pengaruh etanol pada variabel kecambah normal.....	39
9. Analisis ragam pengaruh intensitas pengusangan cepat larutan etanol (P) dan aplikasi Zn terhadap variabel kecambah normal benih Sorgum	39
10. Hasil uji regresi (linear) pengaruh intensitas pengusangan cepat pada variabel kecambah normal.....	39
11. Hasil uji regresi (kuadratik) pengaruh intensitas pengusangan cepat pada variabel kecambah normal	40
12. Hasil uji Bartlett pengaruh etanol variabel kecambah normal kuat	40

13. Hasil uji aditivitas (uji Tukey) pengaruh etanol pada variabel kecambah normal kuat	40
14. Analisis ragam pengaruh intensitas pengusangan cepat larutan etanol (P) dan aplikasi Zn terhadap variabel kecambah normal kuat benih Sorgum.....	40
15. Hasil uji Bartlett pengaruh etanol pada variabel panjang tajuk kecambah normal	41
16. Hasil uji aditivitas (uji Tukey) pengaruh etanol pada variabel panjang tajuk kecambah normal	41
17. Analisis ragam pengaruh intensitas pengusangan cepat larutan etanol (P) dan aplikasi Zn terhadap variabel panjang tajuk kecambah normal benih Sorgum.....	41
18. Hasil uji Bartlett pengaruh etanol pada variabel panjang akar primer kecambah normal	41
19. Hasil uji aditivitas (uji Tukey) pengaruh etanol pada variabel panjang akar primer kecambah normal	42
20. Analisis ragam pengaruh intensitas pengusangan cepat larutan etanol (P) dan aplikasi Zn terhadap variabel panjang akar primer kecambah normal benih Sorgum	42
21. Hasil uji Bartlett pemberian etanol pada variabel bobot kering kecambah normal	42
22. Hasil uji aditivitas (uji Tukey) pemberian etanol pada variabel bobot kering kecambah normal	43
23. Analisis ragam pengaruh intensitas pengusangan cepat larutan etanol (P) dan aplikasi Zn terhadap variabel bobot kering kecambah normal benih Sorgum	43
24. Hasil uji Bartlett pengaruh etanol pada variabel daya hantar listrik tranformasi Log X.....	43
25. Hasil uji aditivitas (uji Tukey) pengaruh etanol pada variabel daya hantar listrik tranformasi Log X	44
26. Analisis ragam pengaruh intensitas pengusangan cepat larutan etanol (P) dan aplikasi Zn terhadap variabel daya hantar listrik tranformasi Log X benih Sorgum	44

27. Hasil uji regresi (linear) pengaruh intensitas pengusangan cepat pada variabel daya hantar listrik transformasi Log X44
28. Hasil uji regresi (kuadratik) pengaruh intensitas pengusangan cepat pada variabel daya hantar listrik transformasi Log X45

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tata letak percobaan Spilit Plot	17
2. Pengaruh Intensitas Pengusangan Cepat (% etanol) pada Persentase Kecambah Normal (%) Benih Sorgum Varietas Samurai-2.....	28
3. Pengaruh Intensitas Pengusangan Cepat (% etanol) pada Persentase DHL Tranformasi Log X Sorgum Varietas Samurai-2	29

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) adalah tanaman semusim yang memiliki kemampuan adaptasi yang luas, tumbuh baik di dataran rendah, sedang, hingga tinggi (Sumarno, *et al.*, 2013). Sebagai tanaman sereal, sorgum termasuk dalam kelas *Monocotyledoneae* (tumbuhan biji berkeping satu) dan ordo *Poales*, serta family *Poaceae*, yang merupakan spesies tumbuhan rumput-rumputan dengan karakteristik batang berbentuk silinder dan bukubuku yang jelas (Tjitrosoepomo, 2000).

Menurut Rekik (2017), Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) adalah tanaman C4 yang membutuhkan sedikit air, sehingga banyak dibudidayakan di daerah tropis dan subtropis. Tanaman ini dapat tumbuh pada ketinggian antara 0 hingga 700 meter di atas permukaan laut dengan suhu lingkungan antara 23-34°C, di mana suhu optimum sekitar 23 °C dengan kelembaban relatif 20-40%. Sorgum cenderung memiliki umur yang lebih panjang jika ditanam di daerah dengan ketinggian di atas 500 m dpl (Hoeman, 2012).

Di Indonesia, sorgum banyak dikembangkan di dataran rendah untuk menyediakan bahan pangan, pakan ternak, dan sebagai bahan baku bioetanol. Sorgum memiliki nilai gizi yang tinggi. Dalam setiap 100 g biji sorgum, terkandung 73% karbohidrat, 332 kalori, 11% protein, 3,3% lemak, 280 ppm kalsium, 28.700 ppm fosfor, 4.400 ppm zat besi, serta vitamin B1 sebanyak 380 ppm dan 12% air (Azrai *et al.*, 2013).

Zanzibar (2007) menyatakan bahwa pengusangan cepat adalah metode yang digunakan untuk mengukur percepatan penurunan kualitas benih melalui penggunaan uap etanol. Penerapan uap etanol bertujuan untuk mengurangi viabilitas benih dengan menciptakan kondisi yang merugikan. Menurut Pian (1981), uap etanol dapat merusak membran sel benih, yang mengakibatkan penurunan kualitas fisiologis benih.

Menurut Abbas (200), Zn adalah salah satu unsur hara mikro yang penting bagi tanaman, meskipun dibutuhkan dalam jumlah kecil, dan diserap oleh akar dalam bentuk Zn^{2+} . Pemberian pupuk Zn dapat meningkatkan luas dan ketebalan daun, yang selanjutnya berpengaruh pada proses fotosintesis. Tanaman yang kekurangan Zn dapat mengalami penurunan fotosintesis sebesar 50–70%, karena Zn berperan dalam aktivitas Rubisco (Ribulosa 1,5-bifosfat karboksilase), yang merupakan langkah awal dalam fiksasi karbon dioksida selama fotosintesis (Alloway, 2008). Peningkatan hasil fotosintesis akan berdampak pada tinggi tanaman, jumlah anakan, dan jumlah malai. Selain itu, Zn juga berfungsi dalam sintesis hormon auxin dan sebagai komponen beberapa enzim penting yang terlibat dalam metabolisme karbohidrat, protein, RNA, dan ribosom (Syukur, 2002).

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh intensitas pengusangan cepat pada viabilitas benih sorgum varietas Samurai-2 yang dipupuk $ZnSO_4$ dengan cara aplikasi yang berbeda. Dengan hasil penelitian ini, diharapkan dapat memberikan rekomendasi praktis bagi petani dalam meningkatkan kualitas benih dan produktivitas sorgum.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, dalam penelitian ini dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh intensitas pengusangan cepat (IPC) (0%, 8%, 16%, 24%) terhadap viabilitas benih sorgum varietas Samurai-2?
2. Bagaimana pengaruh frekuensi aplikasi pupuk $ZnSO_4$ (0 kali, 1 kali saat vegetatif, 2 kali saat vegetatif dan generatif) terhadap viabilitas benih sorgum varietas Samurai-2?
3. Apakah terdapat interaksi antara intensitas pengusangan cepat (IPC) dan frekuensi aplikasi $ZnSO_4$ dalam memengaruhi viabilitas benih sorgum varietas Samurai-2?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut

1. Mengetahui pengaruh intensitas pengusangan cepat (IPC) pada viabilitas benih sorgum varietas Samurai-2.
2. Mengetahui pengaruh frekuensi aplikasi pupuk $ZnSO_4$ pada viabilitas benih sorgum varietas Samurai-2.
3. Mengetahui pengaruh interaksi antara IPC dan frekuensi aplikasi $ZnSO_4$ terhadap viabilitas benih.

1.4 Landasan Teori

Viabilitas benih merupakan indikator krusial untuk menilai kualitas benih, terutama pada tanaman serealia seperti sorgum. Viabilitas mencerminkan kemampuan benih untuk berkecambah dengan baik dan menghasilkan tanaman yang produktif (Rahman *et al.*, 2020). Metode pengusangan cepat (*accelerated aging*) sering diterapkan untuk mensimulasikan penurunan kualitas benih yang terjadi akibat penyimpanan jangka panjang, dengan cara memaparkan benih pada suhu dan

kelembaban tinggi. Menurut Sharma *et al.*, (2021), penggunaan etanol dalam metode ini dapat mempercepat kerusakan membran sel, mengurangi cadangan energi benih, dan menurunkan persentase kecambah yang normal. Penelitian terbaru oleh Pradhan *et al.*, (2020) menunjukkan bahwa tingkat pengusangan yang tinggi (24%) secara signifikan mengurangi daya simpan benih sorgum.

Unsur hara mikro seperti zinc (Zn) memiliki peran penting dalam meningkatkan ketahanan fisiologis benih. Penerapan ZnSO₄ terbukti dapat meningkatkan sintesis klorofil, aktivitas enzim, dan efisiensi fotosintesis pada tanaman sorgum. Pemberian ZnSO₄ pada fase vegetatif dan generatif dapat meningkatkan akumulasi biomassa serta kualitas benih dengan mengoptimalkan metabolisme karbohidrat. Selain itu, Zn juga berkontribusi pada stabilisasi membran sel, yang mengurangi kebocoran elektrolit selama proses pengusangan (Wahditiya *et al.*, 2024).

Interaksi antara pengusangan cepat dan aplikasi ZnSO₄ merupakan faktor penting yang memengaruhi viabilitas benih. Benih yang diperlakukan dengan ZnSO₄ sebelum mengalami pengusangan memiliki nilai daya hantar listrik (DHL) yang lebih rendah, yang menunjukkan adanya kerusakan membran yang lebih sedikit. Temuan ini didukung oleh penelitian lain yang mengungkapkan bahwa Zn dapat mengaktifkan enzim antioksidan seperti superoksida dismutase, yang membantu mengurangi oksidatif akibat kondisi pengusangan (Das *et al.*, 2021). Kombinasi frekuensi aplikasi Zn ada konsentrasi etanol yang tinggi.

1.5 Kerangka Pemikiran

Pengusangan cepat dengan etanol dapat memengaruhi viabilitas benih sorgum melalui kerusakan membran sel dan peningkatan laju respirasi, yang berpotensi menurunkan kualitas fisiologi benih. Semakin tinggi konsentrasi etanol (0%, 8%, 16%, 24%), semakin besar tekanan oksidatif dan kerusakan sel, sehingga diperkirakan akan mengurangi persentase kecambah normal (PKN) dan kecepatan perkecambahan (KP).

Pupuk $ZnSO_4$ berperan penting dalam sintesis hormon auxin dan enzim metabolisme karbohidrat, protein, serta RNA, yang mendukung pertumbuhan tanaman. Frekuensi aplikasi pupuk (0 kali, 1 kali saat vegetatif, 2 kali saat vegetatif dan generatif) diharapkan dapat meningkatkan viabilitas benih dengan memperbaiki kualitas fisiologi dan biokimia benih. Pupuk $ZnSO_4$ juga dapat mengurangi dampak negatif pengusangan cepat dengan memperkuat membran sel dan meningkatkan cadangan nutrisi dalam benih.

Interaksi antara pengusangan cepat dan aplikasi $ZnSO_4$ perlu dikaji untuk memahami apakah pupuk Zn dapat memitigasi efek negatif pengusangan. Kombinasi perlakuan ini mungkin menghasilkan respons yang berbeda, seperti peningkatan viabilitas benih pada konsentrasi etanol tertentu dengan dosis $ZnSO_4$ yang tepat.

1.6 Hipotesis

Berdasarkan uraian dari kerangka pemikiran, maka disusun hipotesis sebagai berikut:

1. Peningkatan intensitas pengusangan cepat (IPC) secara signifikan menurunkan viabilitas benih sorgum varietas Samurai-2.
2. Frekuensi aplikasi pupuk $ZnSO_4$ yang lebih tinggi (2 kali: vegetatif dan generatif) meningkatkan viabilitas benih sorgum varietas Samurai-2
3. Terdapat pengaruh interaksi antara intensitas pengusangan cepat (IPC) dan frekuensi aplikasi $ZnSO_4$.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Sorgum adalah tanaman serealia yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan, terutama di lahan marginal, karena daya adaptasinya yang tinggi. Keunggulan sorgum dibandingkan tanaman serealia lainnya meliputi toleransi terhadap kekeringan, produktivitas yang tinggi, serta ketahanan yang lebih baik terhadap hama dan penyakit. Menurut Trikoesoemaningtyas (2017), klasifikasi tanaman sorgum adalah sebagai berikut.

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Poales
Famili	: <i>Poaceae</i>
Subfamili	: Panicoideae
Tribe	: Andropogoneae
Genus	: <i>Sorghum</i> Moench
Spesies	: <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench

Tanaman sorum terdiri atas 4 bagian terdiri atas akar, batang, daun, dan biji. Tanaman ini memiliki sistem perakaran serabut yang terdiri dari tiga jenis akar, yaitu akar primer, akar sekunder, serta akar nafas (*brace roots*). Akar primer adalah akar yang berkembang secara vertical dari bagian radikula dan mulai terbentuk saat terjadinya proses perkecambahan benih (Li *et al.*,

2014). Akar primer berfungsi untuk menyediakan air dan nutrisi dalam perkecambahan benih, setelah akar primer mati, fungsinya akan digantikan oleh akar sekunder, yang tumbuh dari buku (*node*) pertama mesokotil dan ruas (*internode*) kedua mesokotil hingga ke bagian atas. Akar-akar ini bercabang secara lateral dan berfungsi untuk menyediakan nutrisi bagi tanaman. Akar udara tumbuh dari bagian primordial buku dan berkembang di atas permukaan tanah (Li *et al.*, 2014).

Sorgum adalah tanaman pangan yang adaptif dan cocok untuk dikembangkan di wilayah tropis. Sebagai tanaman golongan C4, sorgum memiliki efisiensi tinggi dalam menghasilkan produk fotosintesis. Suhu optimal untuk pertumbuhan sorgum berkisar antara 21-35°C, dengan suhu tanah minimum antara 15-18°C. Dari segi agronomi, sorgum memiliki beberapa keunggulan, termasuk toleransi terhadap kekeringan, kadar garam yang tinggi, dan daya adaptasi yang luas. Tanaman sorgum memiliki umur panen antara 3 hingga 4 bulan, dengan kebutuhan air per musim sekitar 4.000 m³, yang lebih rendah dibandingkan dengan jagung dan tebu yang masing-masing memerlukan 8.000 m³ dan 36.000 m³ (Ariani *et al.*, 2003).

2.2. Viabilitas Benih Sorgum

Menurut Sadjad (1994) Viabilitas benih adalah daya hidup benih untuk berkecambah, yang dapat diukur melalui gejala metabolisme atau pertumbuhan. Pengujian viabilitas benih melibatkan beberapa variabel, seperti kecepatan perkecambahan, persentase kecambah awal, jumlah kecambah normal, kecambah abnormal, dan benih mati. Faktor yang dapat mempengaruhi viabilitas benih yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal yaitu kondisi lingkungan pada saat memproduksi benih, saat panen, pengolahan, penyimpanan, dan lingkungan tempat pengujian benih. Kondisi tersebut seperti kemasan benih, suhu, komposisi gas, dan kelembapan ruang simpan. Faktor internal yaitu sifat genetik benih,

kondisi kulit benih, dan kadar air benih. Selama penyimpanan benih mengalami kemunduran benih secara alami.

2.3 Kemunduran Benih

Menurut Kolloffel (1968), kemunduran benih adalah penurunan viabilitas yang disebabkan oleh perubahan menyeluruh di dalam benih. Proses ini bisa terjadi akibat waktu penyimpanan yang dialami oleh benih, yang dikenal sebagai kemunduran alami atau penuaan. Selain itu, kemunduran benih juga dapat dipercepat oleh perlakuan tertentu yang menyebabkan viabilitas menurun lebih cepat dibandingkan dengan penurunan alami.

Perlakuan yang mempercepat kemunduran ini disebut pengusangan atau penuaan cepat (*accelerated aging*). Metode yang digunakan untuk mempercepat kemunduran benih adalah metode pengusangan cepat.

Kemunduran benih berkaitan dengan kadar etanol di dalam benih, di mana terdapat enzim alkohol dehidrogenase (ADH) yang berhubungan dengan kadar oksigen di lingkungan benih. Kadar etanol yang tinggi menyebabkan produksi ATP menurun dan mengganggu lintasan glikolisis serta Siklus Krebs, karena etanol dapat merusak membran fosfolipid sel, yang ditandai oleh peningkatan nilai absorbansi air perendam benih.

2.4. Pengusangan Cepat (*Accelerated Aging*)

Menurut Zanzibar (2007) Metode pengusangan cepat (MPC) merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk menduga daya simpan dugaan dari suatu lot benih. Metode ini mempercepat kerusakan benih dengan menerapkan suhu dan kelembaban tinggi, yang meningkatkan kadar air dan mempercepat metabolisme benih. Kondisi suhu dan kelembaban yang tinggi menyebabkan terjadi peningkatan atmosfer di sekeliling benih selama proses pengusangan dan laju respirasi berjalan lebih cepat. Peningkatan laju respirasi dan metabolisme benih akan meningkatkan aktivitas perombakan cadangan makanan di dalam benih. Ketika

cadangan makanan habis, benih akan kehilangan energi yang seharusnya digunakan untuk proses perkecambahan. Oleh karena itu, pengusangan cepat memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap penurunan kualitas fisiologis benih.

2.5. Pengaruh ZnSO₄ Pada Tanaman

Menurut Singh (1987) pemberian Zn dapat meningkatkan kandungan klorofil, yang nantinya juga akan meningkatkan hasil fotosintesis sehingga akan meningkatkan berat basah dan berat kering tanaman. Selain itu, penambahan Zn dapat meningkatkan serapan unsur N, P, K, Cu, Fe, dan Mn dalam jaringan tanaman dibandingkan tanpa adanya penambahan pupuk Zn. Oleh karena itu, penambahan Zn dapat mendukung pertumbuhan tanaman padi, karena unsur-unsur tersebut berperan penting dalam pertumbuhan. Pemberian pupuk ZnSO₄ pada fase pembentukan anakan dapat meningkatkan kandungan N, P, K, Fe, dan Zn dibandingkan dengan kontrol.

2.6. Proses Perkecambahan Benih

Proses perkecambahan benih adalah rangkaian kompleks yang dimulai dengan imbibisi air, di mana benih yang dorman menyerap air, menyebabkan pembengkakan dan pecahnya testa. Air yang diserap mengaktifkan enzim hidrolitik seperti amilase, protease, dan lipase untuk memobilisasi cadangan makanan dalam endosperma atau kotiledon. Hidrolisis pati menjadi gula, protein menjadi asam amino, dan lipid menjadi asam lemak serta gliserol menyediakan energi dan bahan penyusun bagi embrio yang berkembang. Faktor lingkungan seperti suhu, ketersediaan air, oksigen, dan cahaya (melalui regulasi fitokrom) mempengaruhi kecepatan dan keseragaman proses ini. Perkecambahan dianggap selesai ketika radikula (akar primer) menembus kulit benih, menandai dimulainya fase pertumbuhan vegetatif. Proses ini diatur oleh

interaksi hormon tanaman, terutama giberelin (GA) yang mempromosikan perkecambahan dan asam absisat (ABA) yang menghambatnya (Bewley *et al.*, 2013).

2.6.1 Definisi Perkecambahan Benih

Secara fisiologis, perkecambahan benih dapat didefinisikan sebagai rangkaian proses yang dimulai dengan imbibisi air dan diakhiri dengan munculnya radikula (akar primer) yang menembus kulit benih (testa). Proses ini menandakan akhir fase dormansi dan awal pertumbuhan aktif embrio. Definisi ini menekankan peristiwa morfologis yang dapat diamati, yang menjadi indikator utama keberhasilan perkecambahan dalam penelitian fisiologi. Namun, proses yang mendasarinya sangat kompleks, melibatkan mobilisasi cadangan makanan, transkripsi gen, dan transduksi sinyal hormonal yang dipicu oleh faktor-faktor lingkungan seperti air, suhu, dan cahaya (Nonogaki, 2018).

Analisis benih secara teknis, definisi perkecambahan menjadi lebih komprehensif. Perkecambahan tidak hanya melibatkan munculnya radikula, tetapi juga perkembangan struktur penting embrio, seperti kotiledon dan plumula, yang menunjukkan potensi untuk menghasilkan tanaman normal dalam kondisi lingkungan yang sesuai (ISTA, 2023). Definisi operasional ini sangat penting dalam penilaian kualitas benih di laboratorium pengujian. Dalam pengertian ini, perkecambahan adalah proses yang dapat diamati (*visible*) dan diukur, yang menjadi dasar untuk menentukan daya kecambah (*germination capacity*) suatu lot benih, yang sangat penting bagi industri pertanian dan konservasi biodiversitas (Bentsink, 2006).

2.6.2 Tahapan Perkecambahan Benih

Tahapan perkecambahan benih meliputi beberapa proses penting yang terjadi secara berurutan. Pertama, proses imbibisi atau penyerapan air oleh benih menyebabkan benih membengkak dan memulai aktivasi metabolisme internalnya. Setelah itu, enzim-enzim aktif memecah cadangan makanan dalam benih menjadi zat yang dapat diserap dan digunakan untuk mendukung pertumbuhan embrio. Selanjutnya, terjadi perombakan cadangan makanan yang mempersiapkan nutrisi bagi embrio yang sedang berkembang. Radikel atau akar pertama mulai keluar dari benih sebagai tanda awal dari proses perkecambahan, diikuti oleh munculnya bagian atas tanaman yang akan menjadi daun atau tunas. Pada tahap akhir, kecambah mulai tumbuh dan menyesuaikan diri di lingkungan sekitar, menandai keberhasilan proses germinasi dan awal pertumbuhan tanaman secara aktif (Oota, 1953).

2.6.2.1 Imbibisi

Imbibisi adalah proses penyerapan air oleh permukaan bahan hidrofilik, seperti protein, pati, selulosa, agar-agar, gelatin, dan liat, yang menyebabkan bahan tersebut mengembang setelah menyerap air. Kemampuan biji untuk menyerap air disebut potensial imbibisi, dan proses ini dikenal sebagai imbibisi. Perkecambahan benih dimulai dengan imbibisi air ke dalam benih. Tingkat imbibisi dipengaruhi oleh komposisi benih, impermeabilitas lapisan luar benih, dan ketersediaan air. Ketersediaan air untuk imbibisi bergantung pada potensial air sel, yang merupakan hasil dari tiga faktor: tekanan matriks dinding sel, konsentrasi osmotik sel, dan tekanan turgor sel. Di dalam sel, perpindahan zat dapat terjadi melalui difusi, osmosis, atau imbibisi. Proses imbibisi dipengaruhi oleh membran sel yang secara selektif mengatur masuk dan keluarnya zat, berfungsi sebagai filter yang menentukan zat mana yang dapat masuk atau keluar dari sel (Copeland dan McDonald, 2001).

2.6.2.2 Aktivitas Enzim

Aktivitas enzim selama perkecambahan memiliki peran krusial dalam memecah cadangan makanan seperti pati, protein, dan lipid menjadi bentuk yang lebih sederhana, seperti glukosa, asam amino, dan asam lemak, yang dapat diserap dan digunakan oleh embrio untuk pertumbuhan. Enzim utama yang terlibat, seperti amilase, protease, dan lipase, diaktifkan selama fase kedua imbibisi air untuk mendukung proses metabolisme dan sintesis bahan baru. Aktivitas enzim ini dipicu oleh hormon seperti asam giberelat yang merangsang sintesis enzim-enzim hidrolitik dari jaringan seperti aleurone dan scutellum. Selain itu, aktivitas enzim selama perkecambahan tidak hanya bergantung pada stimulasi hormon, tetapi juga diatur melalui mekanisme epigenetik dan kondisi lingkungan. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa ekspresi gen enzim hidrolitik dapat dipengaruhi oleh faktor seperti suhu, ketersediaan oksigen, dan status redoks sel. Kondisi lingkungan yang optimal akan meningkatkan translasi mRNA enzim-enzim kunci dan mempercepat mobilisasi cadangan makanan. Sebaliknya, kondisi abiotik yang tidak ideal dapat menghambat aktivitas enzim melalui mekanisme pascatranslasi, seperti fosforilasi atau inhibisi oleh produk akhir. Memahami regulasi kompleks ini sangat penting untuk meningkatkan vigor perkecambahan benih, terutama dalam kondisi stres lingkungan (Sano *et al.*, 2020).

2.6.2.3 Perombakan Cadangan Makanan

Perombakan cadangan makanan selama perkecambahan melibatkan proses hidrolisis zat-zat cadangan seperti pati, protein, dan lipid menjadi bentuk yang lebih sederhana, seperti glukosa, asam amino, dan asam lemak. Enzim seperti amilase memecah pati menjadi maltosa dan glukosa, sementara protease mengubah protein menjadi asam amino, dan lipase memecah lipid menjadi asam lemak dan gliserol. Proses ini

memungkinkan nutrisi yang tersimpan dalam benih diserap dan digunakan untuk mendukung pertumbuhan embrio dan perkembangan tanaman baru.

Regulasi perombakan cadangan makanan ini sangat kompleks, melibatkan interaksi dinamis antara sinyal hormonal, transkripsi gen, dan kondisi lingkungan. Gibberellin (GA) yang diproduksi di embrio tidak hanya merangsang sintesis enzim hidrolitik di lapisan aleuron, tetapi juga memicu pelepasan kalsium dan mengaktifkan kaskade transduksi sinyal yang memperkuat respons metabolik. Sebaliknya, hormon asam absisat (ABA) berfungsi sebagai antagonis yang menghambat mobilisasi cadangan makanan. Selain itu, penelitian terbaru menunjukkan bahwa efisiensi konversi cadangan makanan menjadi biomassa dan energi untuk pertumbuhan bibit adalah faktor utama yang menentukan vigor perkecambahan dan ketahanan tanaman muda terhadap tekanan lingkungan (Shu *et al.*, 2022).

2.6.2.4 Inisiasi Perkecambahan Munculnya Radikula

Inisiasi perkecambahan ditandai dengan keluarnya radikula, yaitu akar pertama yang muncul dari benih. Proses ini dimulai setelah tahap imbibisi air, di mana enzim-enzim aktif memecah cadangan makanan dalam benih menjadi nutrisi yang dapat diserap oleh embrio. Radikula kemudian tumbuh dan menembus kulit benih, menandakan awal proses germinasi. Munculnya radikula bukan hanya menunjukkan keberhasilan morfologis perkecambahan, tetapi juga mencerminkan transisi penting dari metabolisme penyimpanan ke metabolisme pertumbuhan.

Perkembangan radikula didorong oleh aktivasi sel meristematik di ujung akar embrio, yang dipacu oleh tekanan turgor sel dan elongasi sel yang diatur oleh hormon auksin. Selain itu, keluarnya radikula memungkinkan benih mengakses nutrisi dan air dari lingkungan eksternal, yang mendukung pertumbuhan lebih lanjut. Penelitian terbaru menunjukkan

bahwa ekspresi gen spesifik yang mengatur pembentukan ujung akar dan polaritas sel berperan penting dalam inisiasi pertumbuhan radikula, dan gangguan pada proses ini dapat menyebabkan kegagalan perkecambahan meskipun kondisi lingkungan mendukung (Kasmiyati *et al.*, 2015).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Benih dan Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan Desember 2024 sampai dengan Januari 2025.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah germinator tipe IPB 73 2A/2B, *oven memmert*, *conductivity meter*, timbangan elektrik, *seed counter*, labu ukur 500 ml, gelas ukur, gelas plastik, sprayer, nampan plastik, alat pengempa kertas, gunting, cutter, penggaris, drigen, botol mineral dan alat tulis.

Bahan yang digunakan yaitu benih sorgum varietas Samurai-2 yang dipanen pada bulan September 2024 dari dalam pengaruh aplikasi $ZnSO_4 \cdot H_2O$ pada hasil tanaman sorgum di Sulusuban, Kec. Seputih Agung, Kab. Lampung Tengah. Sebelum diberi perlakuan intensitas pengusangan cepat dengan larutan etanol, benih sudah disimpan selama tiga bulan dalam ruang ber-AC bersuhu $\pm 18^\circ C$. Bahan lain yang digunakan aquades, larutan etanol, plastik polietilen (PE) dan kertas buram, kertas label, karet gelang, tissue.

3.3 Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Perlakuan faktorial dua faktor yang disusun dalam split plot dilakukan dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) 4 kelompok sebagai faktor pertama adalah intensitas pengusangan cepat (p), tanpa pengusangan/kontrol 0% (p_1), pengusangan 8% (p_2), pengusangan 16% (p_3), dan pengusangan 24% (p_4).

Faktor kedua adalah frekuensi aplikasi Zn dengan cara spray, yang terdiri dari 3 yaitu 0 kali kg/ha tanpa aplikasi Zn atau kontrol (z_1), 1 kali pada saat fase vegetatif saja 2 kg/ha (z_2), 2 kali pada saat fase vegetatif dan generatif masing masing 2 kg/ha (z_3). Melihat analisis data dilakukan untuk uji Bartlett dan aditivitas data dianalisis dengan Uji Tukey.

Homogenitas ragam antar perlakuan dengan Uji Bartlett dan aditivitas data dianalisa dengan Uji Tukey, uji beda nyata jujur (BNJ) pada taraf 5%.

Model linear dari Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL):

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + P_j + (BP)_{ij} + Z_k + (PZ)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Keterangan :

- Y_{ijk} : Pengamatan respon blok ke- i , intensitas pengusangan cepat ke- j dan frekuensi aplikasi Zn ke- k
- μ : Rata-rata ulangan kecambah ke- i
- B_i : Pengaruh blok ke- i
- P_j : Pengaruh faktor intensitas pengusangan cepat ke- j
- $(BP)_{ij}$: Pengaruh interaksi blok dan faktor pertama (sebagai galat faktor pertama/efek acak)
- Z_k : Pengaruh faktor kedua frekuensi aplikasi Zn, ke- k
- $(PZ)_{jk}$: Pengaruh interaksi faktor intensitas pengusangan cepat (P) ke- j frekuensi aplikasi Zn ke- k dan faktor (efek tetap)
- ϵ_{ijk} : Galat faktor kedua (residual), efek acak.

Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan split-plot dengan dua faktor. Petak utama terdiri dari IPC, sedangkan anak petak berupa metode aplikasi Zn. Berikut tata letak percobaannya.

Blok 1				Blok 2			
p ₃ Z ₃	p ₁ Z ₂	p ₄ Z ₃	p ₂ Z ₁	p ₁ Z ₁	p ₄ Z ₃	p ₃ Z ₂	p ₂ Z ₂
p ₃ Z ₁	p ₁ Z ₃	p ₄ Z ₁	p ₂ Z ₂	p ₁ Z ₃	p ₄ Z ₂	p ₃ Z ₃	p ₂ Z ₁
p ₃ Z ₂	p ₁ Z ₁	p ₄ Z ₂	p ₂ Z ₃	p ₁ Z ₂	p ₄ Z ₁	p ₃ Z ₁	p ₂ Z ₃
Blok 3				Blok 4			
p ₄ Z ₂	p ₂ Z ₃	p ₁ Z ₃	p ₃ Z ₃	p ₂ Z ₃	p ₃ Z ₂	p ₄ Z ₁	p ₁ Z ₃
p ₄ Z ₃	p ₂ Z ₂	p ₁ Z ₂	p ₃ Z ₂	p ₂ Z ₁	p ₃ Z ₁	p ₄ Z ₃	p ₁ Z ₁
p ₄ Z ₁	p ₂ Z ₁	p ₁ Z ₁	p ₃ Z ₁	p ₂ Z ₂	p ₃ Z ₃	p ₄ Z ₂	p ₁ Z ₂

Gambar 1. Tata letak percobaan Split Plot.

Keterangan :

- p₁ : Tanpa Perendaman etanol (kontrol) 0%
- p₂ : Perendaman benih etanol dengan konsentrasi 8%
- p₃ : Perendaman benih etanol dengan konsentrasi 16%
- p₄ : Perendaman benih etanol dengan konsentrasi 24%
- z₁ : Tanpa aplikasi (kontrol)
- z₂ : Aplikasi ZnSO₄ Pada saat fase vegetatif 2 kg/ha
- z₃ : Aplikasi ZnSO₄ Pada saat fase vegetatif dan generatif masing masing 2 kg/ha.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Persiapan Benih

Benih yang digunakan pada penelitian ini berasal dari hasil panen di Sulusuban, Kecamatan Seputih Agung, Kabupaten Lampung Tengah. Proses pengolahan benih meliputi pengeringan alami menggunakan sinar matahari hingga mencapai kadar air sekitar 10%, perontokan, dan pembersihan untuk mendapatkan benih yang berkualitas. Benih yang telah dibersihkan kemudian disimpan dalam ruangan dengan suhu terkontrol ($\pm 18^{\circ}\text{C}$) selama 90 hari sebelum digunakan dalam penelitian.

Penelitian ini menggunakan varietas Samurai-2 dengan tahap seleksi benih meliputi pemilihan benih yang memiliki ukuran seragam, tidak rusak, dan berkualitas baik. Setiap satuan percobaan disiapkan 50 benih per genotipe untuk kecepatan perkecambahan dan keserempakan perkecambahan, dan 50 benih untuk uji daya hantar listrik (DHL).

3.4.2 Pembuatan Larutan Pengusangan

Larutan etanol pengusangan cepat terdiri dari 4 konsentrasi intensitas 0%, 8%, 16%, dan 24%.

Menghitung konsentrasi larutan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$M1.V1 = M2.V2$$

Keterangan:

M1 = Konsentrasi larutan sebelum pengenceran

V1 = Volume larutan sebelum pengenceran

M2 = Konsentrasi larutan setelah pengenceran

V2 = Volume larutan setelah pengenceran

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh data sebagai berikut :

- a. Pembuatan larutan pengusangan dengan konsentrasi 0% dilakukan dengan menggunakan larutan aquades murni tanpa penambahan ethanol sama sekali sebagai kontrol. Larutan ini berfungsi sebagai pembanding dalam percobaan.
- b. Pembuatan larutan etanol konsentrasi 96% dibuat dengan cara mencampurkan 41,64 ml larutan etanol 96% dengan 458,4 ml aquades.
- c. Pembuatan etanol 16% dari larutan etanol 96% dibuat dengan mencampurkan 83,2 ml larutan etanol 96% dengan 416,8 ml aquades.
- d. Larutan etanol konsentrasi 24% dari etanol 96% dibuat dengan mencampurkan 124,8 ml etanol 96% dengan 375,2 ml aquades.

3.4.3 Penyiapan Media Perkecambahan

Penelitian ini menggunakan kertas buram berukuran 21,6 cm × 33 cm sebagai media untuk Uji Kecepatan Perkecambahan (UKP) dan Uji Keserempakan Perkecambahan (UKsP). Proses penyiapan media dilakukan dengan merendam kertas buram dalam air beberapa menit hingga mencapai kondisi lembab optimal, kemudian dikempa pada alat pengempa kertas. Setiap unit percobaan menggunakan dua lapis kertas pada masing-masing sisi untuk setiap gulungan uji kertas digulung dilapisi plastik (UKDdp).

3.4.4 Aplikasi Pengusangan Cepat

Alat yang digunakan pada pengusangan cepat adalah kertas buram yang dilembabkan dengan larutan etanol. Kertas buram digulung sehingga benih berada dalam lapisan-lapisan kertas merang lembab etanol dan kemudian dimasukkan kedalam menggunakan plastik. Dengan teknik demikian, benih dapat menyerap atau imbibisi larutan etanol yang ada pada kertas buram lembab tersebut, pelembaban ini dilakukan selama 12 jam.

3.4.5 Uji Viabilitas

Pengukuran viabilitas benih dilakukan melalui perkecambahan. Benih sorgum yang telah melalui proses pengusangan cepat kemudian diuji viabilitasnya menggunakan metode uji kertas digulung dilapisi plastik (UKDdp). Pengujian dilakukan dengan mengecambahkan benih pada media kertas lembab, meliputi dua jenis uji yaitu Uji Kecepatan Perkecambahan (UKP) dan Uji Keserempakan Perkecambahan (UKsP) untuk mengevaluasi kualitas benih. Untuk kedua uji tersebut, masing-masing menggunakan 50 butir benih yang ditanam pada gulungan kertas merang lembab berlapis plastik, kemudian diinkubasi dalam germinator pada suhu kamar. Kecambah normal dari UKP dihitung setiap hari pada hari ke -2 hingga ke-5.

3.4.6 Pengukuran Nilai Daya Hantar Listrik

Prosedur pengukuran daya hantar listrik (DHL) dilakukan dengan merendam 50 butir benih dalam 50 mL aquades selama 24 jam. Pengukuran dilaksanakan dengan cara mencelupkan sensor *conductivity meter* ke dalam larutan hasil rendaman benih hingga bagian sensornya terendam sepenuhnya. Nilai konduktivitas listrik yang terukur akan langsung terbaca pada display alat. Sebagai kontrol, dilakukan pula pengukuran DHL pada aquades murni (blanko) untuk mendapatkan nilai dasar sebelum pengukuran sampel benih.

3.5 Variabel Pengamatan

3.5.1 Persentase Kecambah Normal (PKN)

Perhitungan persentase kecambah normal yang diperoleh dari Uji Kecepatan Perkecambahan (UKP) didasarkan pada rasio jumlah kecambah

yang memenuhi kriteria normal terhadap total benih yang diuji 50 butir, dimana Kriteria kecambah normal meliputi perkembangan akar primer yang sempurna, serta pertumbuhan daun primer (plumula) yang sempurna. Rumus perhitungan PKN sebagai berikut:

$$PKN = \frac{\sum KNi}{n50} \times 100\%$$

Keterangan:

PKN = Persentase Kecambah Normal (%)

KN = Kecambah Normal.

i = Hari pengamatan pada hari ke-2, 3, 4, dan 5.

3.5.2 Kecepatan Perkecambahan (KP)

Kecepatan perkecambahan adalah persentase tingkat perkecambahan benih yang dihitung berdasarkan akumulasi harian kecambah normal, dengan pengamatan dilakukan mulai hari ke-2 hingga hari ke-5 setelah penanaman. Variabel ini diukur dengan mencatat persentase kecambah normal yang muncul setiap hari, kemudian nilai harian tersebut diakumulasikan untuk menentukan kecepatan perkecambahan keseluruhan dan dihitung menggunakan rumus menurut Copeland dan Donald (2001):

$$KP = \frac{G1}{D1} + \frac{G2}{D2} + \frac{G3}{D3} + \dots + \frac{Gn}{Dn} (\%/hari)$$

Keterangan:

KP = Kecepatan Perkecambahan.

G = Persentase benih normal harian (KN/hari pengamatan ke-n (n= 2, 3, 4 dan 5)).

D = Jumlah hari sejak perkecambahan yaitu (2, 3, 4 dan 5).

3.5.3 Kecambah Normal Kuat (KNK)

Kecambah normal kuat adalah kecambah normal kuat diperoleh dari hasil Uji Keserempakan Perkecambahan (UKsP) yang pertumbuhan akar primer

dan tajuknya tumbuh normal dan kuat. Kriteria untuk kecambah normal kuat yaitu panjang tajuk kecambah normal dan panjang akar primer masing-masing >4 cm (Copeland dan McDonald, 2001). Persentase kecambah normal kuat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{KNK}(\%) = \frac{\text{Jumlah kecambah normal kuat}}{\text{Total benih yang di kecambahkan}} \times 100\%$$

3.5.4 Panjang Akar Primer Kecambah Normal (PAPKN)

Panjang akar primer kecambah normal adalah panjangnya akar yang tumbuh dari pangkal benih hingga ke ujung primer suatu kecambah normal. Panjang akar primer kecambah normal diperoleh dari hasil Uji Keserempakan Perkecambahan (UKsP) dan pengamatan panjang tajuk kecambah normal dilakukan dengan mengambil sepuluh sampel kecambah normal dari hasil 50 butir benih yang dikecambahkan secara acak pada pengamatan hari ke-4 setelah pengecambahan (HSP) kemudian diukur panjang akar primernya. Pengukuran panjang akar primer dari setiap kecambah normal tersebut diukur secara individual dengan menggunakan mistar atau penggaris, di mana pengukuran dimulai dari pangkal benih (titik tumbuh akar) hingga ke ujung akar primer. Nilai panjang dari kesepuluh sampel yang telah diperoleh kemudian dirata-rata.

3.5.5 Panjang Tajuk Kecambah Normal (PTKN)

Panjang tajuk kecambah normal adalah panjang tajuk yang tumbuh dari pangkal benih hingga ke ujung tajuk, Pengukuran Panjang Tajuk Kecambah Normal diperoleh dari hasil Uji Keserempakan Perkecambahan (UKsP) dilakukan dengan mengambil 10 sampel kecambah normal secara acak, kemudian mengukur panjang setiap tajuknya menggunakan penggaris dengan menghitung jarak dari pangkal tajuk yang terhubung dengan benih hingga ke ujung tajuk tertinggi, dimana nilai akhir PTKN

yang digunakan merupakan hasil rata-rata dari kesepuluh hasil pengukuran tersebut.

3.5.6 Bobot Kering Kecambah Normal (BKKN)

Bobot kering kecambah normal diperoleh dengan mengambil 10 sampel yang sama digunakan untuk pengukuran Panjang Akar Primer Kecambah Normal (PAPKN) dan Panjang Tajuk Kecambah Normal (PTKN) yang diamati pada hari ke-4 setelah benih dikecambahkan dari pengujian keserempakan perkecambahan (UKsP). Dalam membuat sampel BKKN terlebih dahulu kotiledonnya dibuang dan ditimbang menggunakan timbangan analitik untuk mengetahui bobot basah kecambah, kemudian kecambah dimasukkan kedalam amplop kecil. Amplop yang berisi tajuk dan akar kecambah tersebut kemudian dioven dengan suhu 80°C selama 3x24 jam sampai mencapai titik kering konstan. Setelah dioven, kecambah kering kemudian dikeluarkan dari amplop dan ditimbang dengan timbangan yang sama untuk mengetahui bobot kering kecambah. Satuan pengukuran menggunakan gram (mg) dengan perhitungan menggunakan rumus BKKN.

$$\text{BKKN(mg)} = \frac{\text{bobot basah kecambah} - \text{bobot kering kecambah}}{\text{jumlah kecambah yang ditimbang}}$$

3.5.7 Daya Hantar Listrik (DHL)

Pengukuran Daya Hantar Listrik (DHL) dilakukan dengan menggunakan 50 butir benih per perlakuan yang ditimbang bobotnya menggunakan timbangan analitik. Benih kemudian direndam dalam 50 mL aquades selama 24 jam pada suhu ruang. Setelah periode perendaman, larutan diukur konduktivitasnya menggunakan *conductivity meter* untuk menilai tingkat kebocoran membran sel benih, dengan satuan pengukuran ($\mu\text{S/cm/g/50mL}$). Rumus perhitungan DHL adalah sebagai berikut:

$$\text{DHL}(\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}/50\text{mL}) = \frac{\text{konduktivitas sampel} - \text{konduktivitas blanko}}{\text{bobot benih}}$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari Penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Intensitas pengusangan cepat (IPC) dengan larutan etanol 0-24% tidak berpengaruh viabilitas benih sorgum varietas Samurai-2. Intensitas menyebabkan kemunduran benih sorgum yang ditunjukkan oleh peningkatan daya hantar listrik.
2. Frekuensi aplikasi $ZnSO_4$ (0 kali, 1 kali saat vegetatif, dan 2 kali saat vegetatif dan generatif) tidak berpengaruh signifikan pada variabel viabilitas benih, termasuk kecambah normal, vigor, dan integritas membran. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi $ZnSO_4$ selama pertumbuhan tanaman tidak cukup efektif dalam meningkatkan kualitas fisiologis benih pasca panen.
3. Pengaruh interaksi antara intensitas pengusangan cepat dan frekuensi aplikasi $ZnSO_4$ tidak berpengaruh nyata pada viabilitas benih sorgum.

5.2 Saran

Untuk melihat efek frekuensi aplikasi $ZnSO_4$ pada kemunduran benih, perlu dilakukan intensitas pengusangan cepat yang lebih tinggi dan konsentrasi etanol lebih dari 24%

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, M. dan Ashari. 2003. *Arah, kendala dan pentingnya diversifikasi konsumsi pangan di Indonesia*. Forum Penelitian Agro Ekonomi, 21(2) : 99 – 112.
- Abbas, G., M. Q. Khan, M. Jamil, M. Tahir and F. Hussain. 2009. Nutrient uptake, growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) as affected by zinc application rates. *Int. J. Of Agric and Biol.* 11 (4) : 389 – 396.
- Azrai, M., Human S, dan Sunarti, S. 2013. *Pembentukan Varietas Unggul Sorgum untuk Pangan*. Dalam Sumarno, D.S Damarjaldi, M. Syam dan Hermanto. *Sorgum: Inovasi Teknologi dan Pengembangan*. IAARD Press. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Alamsyah, R. 2025. Efektivitas aplikasi ZnSO₄ terhadap kualitas fisiologis benih tanaman serealia. *Jurnal Agronomi Tropika*, 13(1): 45–52.
- Alloway, B. J. 2008. *Zinc in Soils and Crop Nutrition*. Second Edition.: International Zinc Association. 32 – 132, 130p.
- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. M., and Nonogaki, H. 2013. *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*, 3rd Edition. Springer, New York.
- Bentsink, L., Jowett, J., Hanhart, C.J., and Koornneef, M. 2006. Cloning, a quantitative trait locus controlling seed dormancy in Arabidopsis. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 103(8) : 17042-17047.
- Copeland, L. O. dan McDonald, M.B. 2001. *Principles of Seed Science and Technology, 4th Edition*. Kluwer Academic Publishers. London.
- Das, A., Mishra, S., and Pradhan, N. 2021. Zinc in seed physiology: A review. *Journal of Plant Nutrition*, 44(8) : 1120–1135.

- Hoeman, S. 2012. *Prospek dan potensi sorgum sebagai bahan baku bioethanol*. Pusat aplikasi teknologi isotop dan radiasi matahari (PATIR) dan badan tenaga nuklir nasional (BATAN). Jakarta Selatan.
- Herlambang, A., Sari, D. P., NS Nugroho, T. 2021. Pengaruh etanol terhadap viabilitas benih padi selama pengusangan cepat. *Jurnal Teknologi Benih*, 9(2) : 78–85.
- ISTA. 2023. *International Rules for Seed Testing 2023*. Bassersdorf, Switzerland: The International Seed Testing Association.
- Kolloffel, C. 1968. *Alcoholdehydrogenase in peas*. *Acta Bot. Neerl.* 17(1) :70-77.
- Kasmiyati, S., Santosa, Priyambada, I. D., Dewi, K., & Sandradewi, R. 2015. Perkecambahan biji dan pertumbuhan kecambah varietas sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) pada cekaman krom heksavalen. *Bioma: Jurnal Ilmiah Biologi*, 17(1) : 41–54.
- Li, R., Han, Y., Lv, P., Du, R., and Liu, G. 2014. Molecular mapping of the brace root traits in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Breeding Science*, 64: 193-198.
- Lestari, M., Prasetyo, B., & Wulandari, S. 2022. Peran zinc dalam mitigasi stres oksidatif pada benih tanaman pangan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(3) : 112–120.
- Nonogaki, H. 2018. Seed germination and dormancy: The classic story, new puzzles, and evolution. *Journal of Integrative Plant Biology*, 61(5) : 541-563.
- Oota, Y., R. Fujii, and S. Osawa. 1953. Changes in chemical constituents during the germination stage of a bean, *Vigna sesquipedalis*. *Journal of Biochemistry* (Tokyo), 40(5) : 649-661.
- Pradhan, N., Das, A., and Mishra, S. 2020. Seed Viability and Vigor: A Comprehensive Review. *Journal of Seed Science and Technology*, 12(3): 45-58.
- Pian, Z.A. 1981. Pengaruh uap etil alkohol terhadap viabilitas benih jagung (*Zea mays* L.) dan pemanfaatannya untuk menduga daya simpan [disertasi]. Bogor (ID): Sekolah Pasca Sarjana IPB.
- Rekik, I., Chaabane, Z., Missaoui, A., Bouket, A. A. C., Luptakova, L., Elleuch, A., and Belbahri, L. 2017. Effects of untreated and treated wastewater at the morphological, physiological and biochemical levels on seed germination and development of sorghum 221 (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), alfalfa

(*Medicago sativa* L.) and fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). *Journal of Hazardous Materials*, 326(11) : 165-176.

- Rahman, M., Islam, M., and Hossain, M. 2020. Evaluation of Seed Germination and Seedling Vigor in Major Crops: A Comprehensive Review. *Journal of Agronomy and Crop Science* 206(3) : 321-335.
- Sumarno, D,S, Damardjati, S, Syam, dan Hermanto. 2013. Uji efisiensi budi daya tumpangsari tanaman kacang buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) dengan sawi putih (*Brassica juncea* L.) pada pola tanam yang berbeda. *Agritech* 18(2) : 80-86.
- Syukur, A. 2002. Pengaruh penggenangan fraksi-fraksi Fe, Mn, Zn, dan Cu pada entisol. *J. Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 3 (1): 18 – 23.
- Singh, V., Oosterom, E.J.V., Jordan, D.R., Messina, C.D., Cooper, M., and Hammer, G.L. 2010. Morphological and architectural development of root systems in sorghum and maize. *Plant Soil*, 333(2) : 287-299.
- Sadjad, S. 1994. *Dari Benih Kepada Benih*. Gamedia Widiasarana. Jakarta.
- Sano, N., Takebayashi, Y., To, A., Mhiri, C., Rajjou, L. C., Nakagami, H., and Kanekatsu, M. 2019. Shotgun proteomic analysis highlights the roles of long-lived mRNAs and de novo transcribed mRNAs in rice seeds upon imbibition. *Plant and Cell Physiology*, 60(12) : 2584–2596.
- Sharma, A., Kumar, R., and Singh, P. 2021. Abnormal seedlings: causes, identification, and implications in seed testing. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 24(4) : 567-579.
- Singh, R. E. Karamanos, and J. W. B. Stewart. 1987. The mechanism of phosphorus-induced zinc deficiency in bean (*Phaseolus Vulguris* L.) *J. Soil Sci.* 68(2) : 345-358.
- Shu, K., Zhou, W., Chen, F., Luo, X., and Yang, W. 2022. The role of epigenetic processes in regulating seed germination and dormancy in the face of climate change. *Plants*, 11(3) : 338.
- Syukur, A. 2002. Pengaruh Penggenangan Fraksi-fraksi Fe, Mn, Zn, dan Cu Pada Entisol. *J. Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 3(1):18 – 23.
- Tjitrosoepomo, G. 2000. *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Trikoesoemaningtyas, Desta Wirnas, Ery Leonardo Saragih, Erin Puspita Rini, Mayang Sari, Siti Marwiyah, Dan Didy Sopandie. 2017. Kendali genetik karakter morfologi dan agronomi pada tiga populasi sorgum (*Sorghum*

bicolor (L.) Moench). *Indonesian Journal of Agronomy* 45(3): 285-291.

Wahditiya, A. A., Kurniawan, A., Nendissa, J. I., Meyuliana, A., Yora, M., Jamilah, D., Ilham, D. J., Mufaidah, I., Alaydrus, A. Z. A., Hidayati, F., & Andaria, A. C. 2024. *Teknologi produksi tanaman pangan*. Yayasan Tri Edukasi Ilmiah.

Zanzibar, M. 2007. Pengaruh Perlakuan Pengusangan dengan Uap Etanol terhadap Penurunan Kualitas Fisiologi Benih Akor, Marbau, dan Mindi. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 4(2): 068-118.