

**INVIGORASI LIMA GENOTIPE BENIH SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.]
Moench.) YANG TELAH MENGALAMI KEMUNDURAN
ALAMIAH DENGAN APLIKASI *PRIMING***

(Skripsi)

Oleh

Sabilal Muhtadi



**UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

INVIGORASI LIMA GENOTIPE BENIH SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench.) YANG TELAH MENGALAMI KEMUNDURAN ALAMIAH DENGAN APLIKASI PRIMING

Oleh

Sabilal Muhtadi

Salah satu masalah dalam penyediaan benih sorgum bermutu yaitu kemunduran benih selama proses penyimpanan dan tidak bisa dihentikan sehingga dapat menurunkan viabilitas dan vigor benih. Invigorasi menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan viabilitas dan vigor benih akibat permasalahan tersebut. Metode yang bisa digunakan dalam invigorasi yaitu *hormopriming* menggunakan hormon atau Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) seperti giberelin (GA_3) dan *osmopriming* menggunakan agen osmotik seperti kalsium klorida ($CaCl_2$). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi optimum GA_3 dan $CaCl_2$ dan pengaruh perbedaan genotipe dalam memulihkan kinerja perkecambahan lima genotipe sorgum. Benih yang digunakan telah disimpan di suhu ± 18 °C selama 52 bulan.

Penelitian terdiri dari dua percobaan yang masing-masing disusun secara factorial (5×5) yang diulang tiga kali diterapkan dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK). Faktor pertama adalah lima genotipe benih sorgum yaitu GH-8, Kawali, P/I 150-21-A Cymit, PF-10/90-A, dan Suri. Faktor kedua pada percobaan pertama yaitu larutan GA_3 0, 25, 50, 75, dan 100 ppm perendamannya selama 6 jam dan pada percobaan kedua yaitu larutan $CaCl_2$ 0, 50, 100, 150, dan 200 mM perendamannya selama 24 jam. Keseragaman data diuji menggunakan Uji Bartlett dan aditivitas diuji menggunakan Uji Tukey, jika asumsi tersebut terpenuhi maka dilakukan analisis ragam, apabila terjadi interaksi antar faktor pertama dan kedua dilanjutkan dengan Polinomial Ortogonal dan apabila tidak terjadi interaksi maka setiap faktor yang berpengaruh nyata pada analisis ragam dilanjutkan dengan Uji BNJ 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi optimum GA_3 dalam memulihkan kinerja perkecambahan pada setiap genotipe sorgum berbeda, pada GH-8 yaitu 95,25 ppm, Kawali 54,85 ppm, P/I 150-21-A Cymit 51,87 ppm, PF-10/90-A 41,69 ppm, dan Suri 84,86 ppm selanjutnya konsentrasi optimum $CaCl_2$ dalam memulihkan kinerja perkecambahan pada setiap genotipe sorgum juga berbeda, yaitu pada GH-8 68,1 mM, Kawali 99,3 mM, P/I 150-21-A Cymit 80,2 mM, PF-10/90-A 80,1 mM, dan Suri 124,1 mM. Perbedaan respon antar genotipe tersebut karena perbedaan karakter fisik dan kimia serta vigor genetik setiap genotipe berbeda.

Kata kunci: Benih Sorgum, $CaCl_2$, GA_3 , Viabilitas, dan Vigor

ABSTRACT

INVIGORATION OF FIVE SORGHUM SEED GENOTYPES (*Sorghum bicolor* [L.] Moench.) THAT HAVE NATURAL DETERIORATION THROUGH PRIMING APPLICATION

By

Sabilal Muhtadi

One of the issues in providing quality sorghum seeds is seed deterioration during storage, which cannot be halted and may reduce seed viability and vigor. Invigoration is one approach to improve seed viability and vigor in response to this problem. Methods that can be used for invigoration include hormoprimering with hormones or Plant Growth Regulators (PGRs) such as gibberellic acid (GA₃), and osmoprimering with osmotic agents such as calcium chloride (CaCl₂). This study aims to determine the optimum concentrations of GA₃ and CaCl₂, as well as the effect of genotype differences in restoring germination performance of five sorghum genotypes. The seeds used have been stored at a temperature of ±18 °C for 52 months.

The research consisted of two experiments, each designed factorially (5x5) and repeated three times, applied in a Randomized Complete Block Design (RCBD). The first factor was five sorghum seed genotypes: GH-8, Kawali, P/I 150-21-A Cymit, PF-10/90-A, and Suri. The second factor in the first experiment was GA₃ solution concentrations of 0, 25, 50, 75, and 100 ppm, with a 6-hour soaking period, while in the second experiment, the second factor was CaCl₂ solution concentrations of 0, 50, 100, 150, and 200 mM, with a 24-hour soaking period. Data uniformity was tested using Bartlett's Test, and additivity was tested using Tukey's Test. If these assumptions were met, an analysis of variance (ANOVA) was conducted. If there was an interaction between the first and second factors, it was followed by Orthogonal Polynomial Analysis, and if no interaction occurred, each factor that had a significant effect in the ANOVA was followed by a 5% Least Significant Difference (LSD) test.

The results of the study showed that the optimum GA₃ concentration to restore germination performance differed for each sorghum genotype. For GH-8, it was

95.25 ppm; for Kawali, it was 54.85 ppm; for P/I 150-21-A Cymit, it was 51.87 ppm; for PF-10/90-A, it was 41.69 ppm; and for Suri, it was 84.86 ppm. Furthermore, the optimum CaCl_2 concentration to restore germination performance also differed for each sorghum genotype: GH-8 was 68.1 mM, Kawali was 99.3 mM, P/I 150-21-A Cymit was 80.2 mM, PF-10/90-A was 80.1 mM, and Suri was 124.1 mM. The differences in responses among genotypes were due to variations in physical and chemical characteristics, as well as genetic vigor.

Keyword: GA_3 , CaCl_2 , Sorghum seeds, Viability, and Vigor

**INVIGORASI LIMA GENOTIPE BENIH SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.]
Moench.) YANG TELAH MENGALAMI KEMUNDURAN
ALAMIAH DENGAN APLIKASI *PRIMING***

Oleh

Sabilal Muhtadi

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
2024**

Judul Skripsi : **INVIGORASI LIMA GENOTIPE BENIH
SORGUM (*Sorghum bicolor* [L.] Moench.)
YANG TELAH MENGALAMI
KEMUNDURAN ALAMIAH DENGAN
APLIKASI PRIMING**

Nama Mahasiswa : Sabilal Muhtadi

Nomor Pokok Mahasiswa : 2014161031

Program Studi : Agronomi

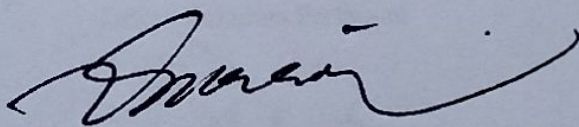
Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

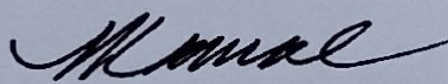
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Pertama

Pembimbing Kedua

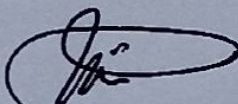


Dr. Ir. Eko Pramono, M.S.
NIP 196108141986091001



Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc
NIP 196101011985031003

2. Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura



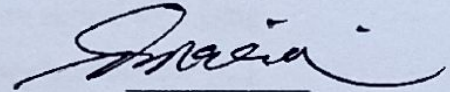
Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D.
NIP 196603041990122001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

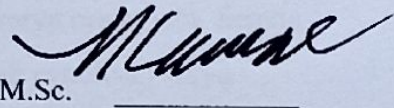
Ketua

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



Sekretaris

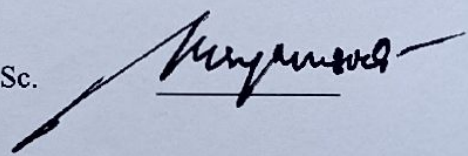
: Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Ir. M. Syamsuel Hadi, M.Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. H. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 11 Desember 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**Invigorasi Lima Genotipe Benih Sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench.) yang Telah Mengalami Kemunduran Alamiah dengan Aplikasi *Priming***" 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, Desember 2024



Sabilal Muhtadi
2014161031

RIWAYAT PENULIS

Penulis dilahirkan di Caringin, Bogor pada 26 Januari 2001 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, permata hati dari Bapak Eron Sachroni dan Ibu Masripah. Penulis menempuh pendidikan formal diawali pada tahun 2007 di SD Negeri 1 Pancawati, kemudian pada tahun 2013 melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 2 Ciawi, kemudian pada tahun 2016 penulis melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Carungin dan lulus pada tahun 2019. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan tinggi pada tahun 2020 di Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur masuk Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata di Desa Argomulyo, Kecamatan Batu Ketulis, Kabupaten Lampung Barat pada Januari-Februari 2023. Kemudian Penulis mengikuti magang merdeka yang tergabung dalam program Merdeka Belajar - Kampus Merdeka yang diselenggarakan oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemdikbudristek) di PT Bumitama Gunajaya Agro yang berlokasi di Metro Pundu, Kabupaten Kotawaringin Timur, Kalimantan Tengah pada posisi *Research and Development Agronomy Field Assistant*.

Selama menempuh pendidikan tinggi di Jurusan Agronomi dan Hortikultura, penulis berkesempatan menjadi asisten praktikum mata kuliah Biologi, Teknologi Benih, Nutrisi Tanaman, dan Teknologi dan Produksi Benih. Penulis juga berkesempatan menjadi anggota dan mentor Bidang Penelitian dan Pengembangan di Himpunan Mahasiswa Agronomi dan Hortikultura (HIMAGRHO).

Puji syukur atas Rahmat Allah SWT Penulis persembahkan skripsi ini kepada:

Bapak, Ibu, Adik-adik Penulis, serta Universitas Lampung

”Kita mungkin lambat dalam bertaubat, akan tetapi Allah cepat dalam belas kasihan, kemurahan hati, pengampunan, dan kasih karunia-Nya”

(A. Helwa)

“Dan orang-orang yang bersungguh-sungguh untuk (mencari keridaan) Kami, benar-benar akan Kami tunjukkan kepada mereka jalan-jalan Kami. Sesungguhnya Allah benar-benar bersama orang-orang yang berbuat kebaikan”

(QS. Al-Ankabut: 69)

”Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah: 5-6)

”Aku menyerahkan urusanku kepada Allah. Sesungguhnya Allah Maha Melihat hamba-hamba-Nya”

(QS. Ghafir: 44)

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan taufik-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "Invigorasi Lima Genotipe Benih Sogrum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench.) yang Telah Mengalami Kemunduran Alamiah dengan Aplikasi *Priming*". 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. Eko Pramono, M.S., selaku dosen pembimbing pertama. Terima kasih atas bimbingan, saran, nasihat, serta motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc., selaku dosen pembimbing kedua. Terima kasih atas bimbingan, saran, nasihat, serta motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ir. Muhammad Syamsol Hadi, M.Sc., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, kritik, serta motivasi dalam penyelesaian skripsi.
5. Ibu Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
6. Ibu Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.sc., selaku pembimbing akademik yang telah membimbing, memberi saran dan arahan kepada penulis selama menempuh pendidikan tinggi di Universitas Lampung.
7. Tim penelitian Benih 2020, Trie Andis, Novia Risa Utami, M. Nasikhudin, Gilang Kencana, Rizkyka Syifa N., Rahmawati Eka W. P., Dhimas Malik

Nugroho, Faiz Zainul Muttaqin, Cahya Ariesta Dinata, Alfina D. Bagenta, dan Muhammad Ilham yang telah kebersamai dari awal hingga akhir, terima kasih atas tenaga, waktu, bantuan, dan suka duka yang telah dilalui.

8. Keluarga besar Laboratorium Benih, Ibu Kuswati, S.P., dan Bapak Kasimin atas bantuan selama penelitian dan penulisan skripsi, terkhusus Ibu Kuswati yang juga penulis anggap sebagai orang tua kedua penulis di kampus atas dukungan, spiritual, bantuan materil, saran, dan motivasi kepada penulis.
9. Teman dekat penulis, Fiska Noviana, M. Nasikhudin, Nadila Agustin, Nurdiyana Safitri, Diah Kusuma Wati, Annilen, dan Ester Natasya br. Nababan atas semangat, bantuan, saran, dan motivasi kepada penulis.
10. Segenap dosen Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
11. Teman-teman, abang, mbak, dan adik-adik di Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
12. Secara khusus penulis menyampaikan terima kasih yang sangat besar kepada keluarga penulis, Bapak Eron Sachroni, Ibu Masripah, Ahmad Fauzan Azieman, dan Kaulan Sakiela atas dukungan, doa, cinta, kasih sayang, pendidikan moril, spiritual, pengorbanan, dan bantuan materil dalam pendidikan penulis.
13. Teman-teman SULUNG, Nadisa Aprilia dan Nina Nuraeni atas motivasi, doa, bantuan, dukungan, dan selalu kebersamai dari SMA hingga saat ini.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan mereka dan semoga skripsi ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, Desember 2024

Penulis

Sabilal Muhtadi

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Landasan Teori	4
1.5 Kerangka Pemikiran	7
1.6 Hipotesis	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1 Tanaman Sorgum	12
2.2 Genotipe Sorgum.....	11
2.3 Viabilitas dan Vigor Benih.....	12
2.4 Kemunduran Benih.....	14
2.5 Invigorasi Benih	15
2.5.1 <i>Hormonal priming</i> atau <i>Hormopriming</i>	15
2.5.2 <i>Osmopriming</i>	16
III. METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.3 Metode Penelitian.....	19
3.4 Pelaksanaan Penelitian	22
3.4.1 Persiapan Benih	22
3.4.2 Persiapan Larutan <i>Priming</i>	23
3.4.4 Perendaman Benih dalam Larutan <i>Priming</i>	25

3.4.5	Persiapan Media Substrat.....	25
3.4.6	Pengukuran Persentase Kecambah Normal dan Vigor Benih	25
3.4.7	Pengukuran Vigor Kecambah.....	26
3.4.8	Pengukuran Kadar Air Benih.....	26
3.4.9	Pengukuran Daya Hantar Listrik (DHL)	27
3.5	Variabel yang Diamati	27
3.5.1	Persentase Kecambah Normal Total (%).....	27
3.5.2	Kecepatan Perkecambahan (%/etmal)	28
3.5.3	Kecambah Abnormal (%)	28
3.5.4	Benih Mati (%)	29
3.5.5	Kecambah Normal Kuat (%)	29
3.5.6	Panjang Akar Primer Kecambah Normal (cm).....	29
3.5.7	Panjang Tajuk Kecambah Normal (cm)	30
3.5.8	Bobot Kering Kecambah Normal (mg)	30
3.5.9	Kadar Air Benih (%).....	31
3.5.10	Daya Hantar Listrik ($\mu\text{S/cm g}$)	31
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1	Hasil	32
4.1.1	Percobaan <i>Hormopriming</i>	34
4.1.2	Percobaan <i>Osmopriming</i>	48
4.2	Pembahasan	63
4.2.1.	pengaruh <i>hormopriming</i> terhadap lima genotipe benih sorgum.....	63
4.2.2	Pengaruh <i>osmopriming</i> terhadap lima genotipe benih sorgum.....	70
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1	Kesimpulan.....	75
5.2	Saran	75
	DAFTAR PUSTAKA	76
	LAMPIRAN.....	82

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakter fisik genotipe sorgum.....	12
2. Karakter kimia genotipe sorgum.....	12
3. Kebutuhan massa zat terlarut CaCl_2 dalam volume larutan 500 mL	24
4. Rekapitulasi hasil analisis ragam respons perkecambahan lima genotipe sorgum terhadap perbedaan konsentrasi GA_3 pada larutan <i>hormoprining</i>	32
5. Rekapitulasi hasil analisis ragam respons perkecambahan lima genotipe sorgum terhadap perbedaan konsentrasi CaCl_2 pada larutan <i>osmoprining</i>	33
6. Respon persentase kecambah normal lima genotipe benih sorgum terhadap perbedaan konsentrasi GA_3	34
7. Hasil persamaan, konsentrasi GA_3 optimum, dan persentase kecambah normal total	36
8. Respon kecepatan perkecambahan lima genotipe benih sorgum terhadap perbedaan konsentrasi GA_3	36
9. Hasil persamaan dan kecepatan perkecambahan setiap genotipe pada konsentrasi optimum persentase kecambah normal total.....	38
10. Pengaruh genotipe terhadap kecambah abnormal.....	38
11. Pengaruh konsentrasi GA_3 terhadap kecambah abnormal	39
12. Respon persentase benih mati lima genotipe benih sorgum terhadap perbedaan konsentrasi GA_3	40
13. Hasil persamaan dan benih mati setiap genotipe pada konsentrasi optimum persentase kecambah normal total	41

14. Pengaruh genotipe terhadap kecambah normal kuat.....	42
15. Pengaruh genotipe terhadap panjang akar primer kecambah normal	42
16. Pengaruh genotipe terhadap panjang tajuk kecambah normal	43
17. Pengaruh genotipe terhadap bobot kering kecambah normal	44
18. Respon kadar air lima genotipe benih sorgum terhadap konsentrasi GA ₃	44
19. Hasil persamaan dan kadar air setiap genotipe pada konsentrasi optimum persentase kecambah normal total	46
20. Respon daya hantar listrik lima genotipe benih sorgum terhadap perbedaan konsentrasi GA ₃	47
21. Hasil persamaan dan daya hantar listrik setiap genotipe pada konsentrasi optimum persentase kecambah normal total.....	48
22. Respon persentase kecambah normal total lima genotipe benih sorgum terhadap konsentrasi CaCl ₂	49
23. Hasil persamaan, konsentrasi CaCl ₂ optimum, dan persentase kecambah normal total	50
24. Respon kecepatan perkecambahan lima genotipe benih sorgum terhadap konsentrasi CaCl ₂	51
25. Hasil persamaan dan kecepatan perkecambahan setiap genotipe pada konsentrasi CaCl ₂ optimum pada persentase kecambah normal total.....	52
26. Respon kecambah abnormal lima genotipe benih sorgum terhadap konsentrasi CaCl ₂	53
27. Hasil persamaan dan kecambah abnormal setiap genotipe pada konsentrasi CaCl ₂ optimum pada persentase kecambah normal total.....	54
28. Respon benih mati lima genotipe benih sorgum terhadap konsentrasi CaCl ₂	54
29. Hasil persamaan dan benih mati setiap genotipe pada konsentrasi CaCl ₂ optimum pada persentase kecambah normal total	56
30. Pengaruh genotipe terhadap kecambah normal kuat.....	57
31. Pengaruh genotipe terhadap panjang akar primer kecambah normal	57
32. Pengaruh genotipe terhadap panjang tajuk kecambah normal	58

33. Pengaruh genotipe terhadap bobot kering kecambah normal	59
34. Respon kadar air lima genotipe benih sorgum terhadap konsentrasi CaCl_2	59
35. Hasil persamaan dan kadar air setiap genotipe pada konsentrasi CaCl_2 optimum pada persentase kecambah normal total	61
36. Respon daya hantar listrik lima genotipe benih sorgum terhadap konsentrasi CaCl_2	62
37. Hasil persamaan dan daya hantar listrik setiap genotipe pada konsentrasi CaCl_2 optimum pada persentase kecambah normal total	63
38. Respon panjang akar primer lima genotipe sorgum terhadap perbedaan konsentrasi GA_3	67
39. Respon panjang tajuk kecambah normal lima genotipe sorgum terhadap perbedaan konsentrasi GA_3	67
40. Respon bobot kering kecambah normal lima genotipe sorgum terhadap perbedaan konsentrasi GA_3	68
41. Respon panjang tajuk kecambah normal lima genotipe sorgum terhadap perbedaan konsentrasi CaCl_2	72
42. Respon panjang akar kecambah normal lima genotipe sorgum terhadap perbedaan konsentrasi CaCl_2	72
43. Respon bobot kering kecambah normal lima genotipe sorgum terhadap perbedaan konsentrasi CaCl_2	73
44. Data persentase kecambah normal total setelah <i>hormoprining</i>	83
45. Hasil uji barlett persentase kecambah normal total setelah <i>hormoprining</i> ...	84
46. Hasil analisis ragam persentase kecambah normal total setelah <i>hormoprining</i>	84
47. Hasil uji polinomial ortogonal persentase kecambah normal total setelah <i>hormoprining</i>	84
48. Hasil perhitungan konsentrasi optimum	85

49. Hasil perhitungan persentase kecambah normal total pada konsentrasi optimum	86
50. Data persentase kecepatan perkecambahan setelah <i>hormoprining</i>	87
51. Hasil uji Bartlett kecepatan perkecambahan setelah <i>hormoprining</i>	88
52. Hasil analisis ragam kecepatan perkecambahan setelah <i>hormoprining</i>	88
53. Hasil uji polinomial ortogonal kecepatan perkecambahan	88
54. Hasil perhitungan kecepatan perkecambahan pada konsentrasi optimum persentase kecambah normal	89
55. Data kecambah abnormal setelah <i>hormoprining</i>	90
56. Hasil uji bartlett kecambah abnormal setelah <i>hormoprining</i>	91
57. Hasil analisis ragam kecambah abnormal setelah <i>hormoprining</i>	91
58. Data benih mati setelah <i>hormoprining</i>	92
59. Hasil uji bartlett benih mati setelah <i>hormoprining</i>	93
60. Hasil analisis ragam benih mati setelah <i>osmoprining</i>	93
61. Hasil uji polinomial ortogonal benih mati setelah <i>hormoprining</i>	93
62. Hasil perhitungan persentase benih mati pada konsentrasi optimum persentase kecambah normal	94
63. Data kecambah normal kuat <i>hormoprining</i>	95
64. Hasil uji bartlett kecambah normal kuat setelah <i>hormoprining</i>	96
65. Hasil analisis ragam kecambah normal kuat setelah <i>hormoprining</i>	96
66. Data panjang akar primer kecambah normal setelah <i>hormoprining</i>	97
67. Hasil uji bartlett panjang akar primer kecambah normal setelah <i>hormoprining</i>	98

68. Hasil analisis ragam panjang akar primer kecambah normal setelah <i>hormoprining</i>	98
69. Data panjang tajuk kecambah normal setelah <i>hormoprining</i>	99
70. Hasil uji bartlett panjang tajuk primer kecambah normal setelah <i>hormoprining</i>	100
71. Hasil analisis ragam panjang tajuk kecambah normal setelah <i>hormoprining</i>	100
72. Data bobot kering kecambah normal setelah <i>hormoprining</i>	101
73. Hasil uji bartlett bobot kering kecambah normal setelah <i>hormoprining</i>	102
74. Hasil analisis ragam bobot kering kecambah normal setelah <i>hormoprining</i>	102
75. Data kadar air setelah <i>hormoprining</i>	103
76. Hasil uji bartlett kadar air setelah <i>hormoprining</i>	104
77. Hasil analisis ragam kadar air setelah <i>hormoprining</i>	104
78. Hasil uji polinomial ortogonal kadar air setelah <i>hormoprining</i>	104
79. Hasil perhitungan kadar air benih pada konsentrasi optimum persentase kecambah normal	105
80. Data daya hantar listrik setelah <i>hormoprining</i>	106
81. Hasil uji bartlett daya hantar listrik setelah <i>hormoprining</i>	107
82. Hasil analisis ragam daya hantar listrik setelah <i>hormoprining</i>	107
83. Hasil uji polinomial ortogonal daya hantar listrik setelah <i>hormoprining</i>	107
84. Hasil perhitungan daya hantar listrik pada konsentrasi optimum persentase kecambah normal	108
85. Data persentase kecambah normal total setelah <i>osmoprining</i>	109

86. Hasil uji bartlett persentase kecambah normal total setelah <i>osmoprining</i> ..	110
87. Hasil analisis ragam persentase kecambah normal total setelah <i>osmoprining</i>	110
88. Hasil uji polinomial ortogonal persentase kecambah normal total setelah <i>osmoprining</i>	110
89. Hasil perhitungan konsentrasi optimum	111
90. Hasil perhitungan persentase kecambah normal pada konsentrasi optimum	112
91. Data kecepatan perkecambahan setelah <i>osmoprining</i>	113
92. Hasil uji bartlett kecepatan perkecambahan setelah <i>osmoprining</i>	114
93. Hasil analisis ragam kecepatan perkecambahan setelah <i>osmoprining</i>	114
94. Hasil uji polinomial ortogonal kecepatan perkecambahan setelah <i>osmoprining</i>	114
95. Data kecambah abnormal setelah <i>osmoprining</i>	115
96. Hasil uji bartlett kecambah abnormal setelah <i>osmoprining</i>	116
97. Hasil analisis ragam kecambah abnormal setelah <i>osmoprining</i>	116
98. Hasil uji polinomial ortogonal kecambah abnormal setelah <i>osmoprining</i> ..	116
99. Hasil perhitungan persentase kecambah abnormal pada konsentrasi optimum persentase kecambah normal	117
100. Data benih mati setelah <i>osmoprining</i>	118
101. Hasil uji bartlett benih mati setelah <i>osmoprining</i>	119
102. Hasil analisis ragam benih mati setelah <i>osmoprining</i>	119
103. Hasil uji polinomial ortogonal benih mati setelah <i>osmoprining</i>	119

104. Hasil perhitungan persentase benih mati pada konsentrasi optimum persentase kecambah normal	120
105. Data kecambah normal kuat setelah <i>osmoprining</i>	121
106. Hasil uji bartlett kecambah normal kuat setelah <i>osmoprining</i>	122
107. Hasil analisis ragam kecambah normal kuat setelah <i>osmoprining</i>	122
108. Data panjang akar primer kecambah normal setelah <i>osmoprining</i>	123
109. Hasil uji bartlett panjang akar primer kecambah normal setelah <i>osmoprining</i>	124
110. Hasil analisis ragam panjang akar primer kecambah normal setelah <i>osmoprining</i>	124
111. Data panjang tajuk kecambah normal setelah <i>osmoprining</i>	125
112. Hasil uji bartlett panjang tajuk kecambah normal setelah <i>osmoprining</i>	126
113. Hasil analisis ragam panjang tajuk kecambah normal setelah <i>osmoprining</i>	126
114. Data bobot kering kecambah normal setelah <i>osmoprining</i>	127
115. Hasil uji bartlett bobot kering kecambah normal setelah <i>osmoprining</i>	128
116. Hasil analisis ragam bobot kering kecambah normal setelah <i>osmoprining</i>	128
117. Data kadar air setelah <i>osmoprining</i>	129
118. Hasil uji bartlett kadar air setelah <i>osmoprining</i>	130
119. Hasil analisis ragam kadar air setelah <i>osmoprining</i>	130
120. Hasil uji polinomial ortogonal kadar air setelah <i>osmoprining</i>	130
121. Hasil perhitungan kadar air benih pada konsentrasi optimum persentase kecambah normal	131

122. Data daya hantar listrik setelah <i>osmoprining</i>	132
123. Hasil uji bartlett daya hantar listrik setelah <i>osmoprining</i>	133
124. Hasil analisis ragam daya hantar listrik setelah <i>osmoprining</i>	133
125. Hasil uji polinomial ortogonal daya hantar listrik setelah <i>osmoprining</i>	133
126. Hasil perhitungan daya hantar listrik benih pada konsentrasi optimum persentase kecambah normal	134

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur benih sorgum (Earp <i>et al.</i> , 2004).....	10
2. Penampilan fisik lima genotipe benih sorgum	19
3. Tata letak percobaan hormoprining	21
4. Tata letak percobaan osmoprining	22
5. Pengaruh konsentrasi GA ₃ terhadap persentase kecambah normal total pada lima genotipe benih sorgum.....	35
6. Pengaruh konsentrasi GA ₃ terhadap kecepatan perkecambahan pada lima genotipe benih sorgum.	37
7. Pengaruh konsentrasi GA ₃ terhadap benih mati pada lima genotipe benih sorgum.	40
8. Pengaruh konsentrasi GA ₃ terhadap kadar air pada lima genotipe benih sorgum.	45
9. Pengaruh konsentrasi GA ₃ terhadap daya hantar listrik pada lima genotipe benih sorgum.	47
10. Pengaruh konsentrasi CaCl ₂ terhadap persentase kecambah normal total pada lima genotipe benih sorgum.	49
11. Pengaruh konsentrasi CaCl ₂ terhadap kecepatan perkecambahan pada lima genotipe benih sorgum.	51
12. Pengaruh konsentrasi CaCl ₂ terhadap kecambah abnormal pada lima genotipe benih sorgum.	53
13. Pengaruh konsentrasi CaCl ₂ terhadap benih mati pada lima genotipe benih sorgum.....	55

14. Pengaruh konsentrasi CaCl_2 terhadap kadar air pada lima genotipe benih sorgum.....	60
15. Pengaruh konsentrasi CaCl_2 terhadap daya hantar listrik pada lima genotipe benih sorgum.....	62

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Badan Pusat Statistik (2023) melaporkan bahwa total penduduk Indonesia pada tahun 2022 yaitu 275,8 juta jiwa, meningkat 1,17% dari tahun 2021. Peningkatan jumlah penduduk tentunya akan sejalan dengan meningkatnya kebutuhan pangan di Indonesia. Masyarakat umumnya mengonsumsi bahan pangan berupa beras karena mengandung karbohidrat, namun ketersediaan beras relatif rendah sedangkan konsumsi manusia semakin meningkat (Sirappa, 2003). Hal tersebut menunjukkan bahwa ketahanan pangan nasional sangat riskan jika hanya mengandalkan beras, oleh karena itu perlu ada penyediaan pangan alternatif untuk mengatasi masalah kebutuhan pangan tersebut, salah satunya sorgum.

Menurut Sirappa (2003) sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench.) merupakan tanaman serelia multiguna yang potensial dikembangkan sebagai pengganti beras karena kandungan gizinya tinggi. Dalam 10 gram biji sorgum terkandung 83% karbohidrat, 11% protein, 3,3% lemak, 332 kalori, dan nutrisi penting lain seperti kalsium, fosfor, zat besi, vitamin B1, dan air. Hal tersebut menunjukkan tanaman sorgum dapat menjadi salah satu sumber bahan pangan alternatif. Selain sebagai bahan pangan alternatif, tanaman sorgum juga dapat digunakan sebagai pakan ternak, dan bahan baku industri. Namun hal tersebut tidak sejalan dengan daya produktivitas sorgum di Indonesia yang masih rendah, sehingga perlu upaya untuk meningkatkan produksi sorgum.

Salah satu usaha untuk pengembangan tanaman sorgum di Indonesia adalah dengan menyediakan benih sorgum yang bermutu sebagai bahan tanam karena

menurut Jyoti and Malik (2013) bahwa penggunaan benih bermutu rendah akan menghasilkan produksi yang rendah. Salah satu permasalahan petani di Indonesia dalam membudidayakan sorgum yaitu benih yang bermutu. Petani di Indonesia sebagian besar membudidayakan tanaman sorgum dengan menggunakan sumber benih dari hasil panen musim sebelumnya yang disimpan dengan cara penyimpanan benih yang kurang baik yaitu tidak disimpan pada suhu rendah, sehingga proses deteriorasi atau kemunduran benih akan terjadi lebih cepat karena proses respirasi yang cukup tinggi (Octariani, 2023). Kemunduran benih tersebut akan sejalan dengan menurunnya mutu benih yang menyebabkan viabilitas dan vigor semakin menurun ketika ditanam dan produktivitas sorgum akan menurun.

Secara alami kemunduran benih akan terjadi dalam waktu yang relatif lama, tetapi benih akan terus mengalami kemunduran selama proses penyimpanan dan tidak dapat dihindarkan. Proses kemunduran secara alami dilaporkan oleh Pangastuti dkk. (2019) pada benih sorgum genotipe Super-2 yang mengalami penurunan vigor yang signifikan setelah penyimpanan 4 bulan, selain itu dilaporkan juga oleh Anggraini dkk. (2020) bahwa terjadi penurunan vigor yang signifikan pada benih sorgum genotipe Kawali dan P/F-10-90A pada lama simpan 4 dan 8 bulan. Salah satu upaya untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan melakukan invigorasi benih.

Menurut Sutariati *et al.* (2014) invigorasi benih atau yang biasa disebut sebagai *conditioning* atau *priming* merupakan perlakuan yang dilakukan untuk memperbaiki biokimiawi dan fisiologis benih yang berhubungan dengan keserempakan, kecepatan, serta peningkatan kemampuan benih untuk berkecambah. Invigorasi benih dilakukan untuk meningkatkan vigor benih yang rendah akibat penyimpanan dengan memperbaiki fisiologi dan kimia benih (Saryoko, 2011). Beberapa metode yang diketahui efektif dalam invigorasi benih yaitu *matricconditioning*, hidrasi-dehidrasi, dan *osmoconditioning* (Kartika dan Sari, 2015). Selain itu metode lain yang diketahui efektif juga yaitu dengan pemberian zat pengatur tumbuh atau hormon seperti giberelin (Taiz and Zeiger, 2010).

Menurut Rouhi *et al.* (2011) *osmoconditioning* merupakan teknik yang dilakukan kepada benih yang memungkinkan benih menyerap air secara lambat dari larutan yang mengandung agen osmotik dengan tujuan agar potensial air benih mencapai keseimbangan yang optimal untuk mengaktifkan kegiatan metabolisme dalam benih. Agen osmotik yaitu zat yang dapat mengatur jumlah air untuk benih dalam larutan (Doty dkk., 1985). Salah satu agen osmotik yang biasa digunakan yaitu garam CaCl_2 . Penggunaan CaCl_2 dalam invigorasi atau *priming* benih akan meningkatkan hidrolisis pati dan gula yang digunakan untuk menambah cadangan makanan embrio dan menyebabkan terjadinya perubahan fisiologis pada benih (Arief dkk., 2012). Menurut Taiz and Zeiger (2010) hal tersebut terjadi karena unsur Ca^{2+} yang mampu memperbaiki status air sel dan berfungsi sebagai kofaktor dalam berbagai aktivitas sejumlah enzim yang aktif pada proses metabolisme cadangan makanan.

Menurut Bey dkk. (2005) giberelin merupakan hormon tumbuh yang berperan penting dalam proses perkecambahan, karena dapat mengaktifkan reaksi enzimatik di dalam benih. Giberelin juga berperan dalam proses mediasi tanaman dalam merespon pengaruh lingkungan seperti suhu dan cahaya (Taiz and Zeiger, 2010). Penggunaan giberelin mampu menstimulir perkecambahan benih serta dapat meningkatkan pertumbuhan hasil tanaman. Namun demikian, informasi tentang pemanfaatan giberelin serta CaCl_2 untuk menstimulir perkecambahan benih yang telah mengalami kemunduran, khususnya pada benih tanaman sorgum masih sedikit dilaporkan.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Berapa konsentrasi optimum GA_3 pada larutan *hormopriming* dalam memulihkan kinerja perkecambahan benih sorgum yang sudah mengalami kemunduran alamiah akibat penyimpanan?

2. Berapa konsentrasi optimum CaCl_2 pada larutan *osmopriming* dalam memulihkan kinerja perkecambahan benih sorgum yang sudah mengalami kemunduran alamiah akibat penyimpanan?
3. Apakah efektifitas pemulihan kinerja perkecambahan benih yang sudah mengalami kemunduran dipengaruhi oleh genotipenya?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui konsentrasi optimum GA_3 pada larutan *hormopriming* dalam memulihkan kinerja perkecambahan benih sorgum yang sudah mengalami kemunduran alamiah akibat penyimpanan.
2. Mengetahui konsentrasi optimum CaCl_2 pada larutan *osmopriming* dalam memulihkan kinerja perkecambahan benih sorgum yang sudah mengalami kemunduran alamiah akibat penyimpanan.
3. Mengetahui pengaruh genotipe terhadap efektifitas pemulihan kinerja perkecambahan benih yang sudah mengalami kemunduran.

1.4 Landasan Teori

Pengembangan tanaman sorgum di Indonesia sebagai bahan pangan alternatif, bahan pakan ternak, dan bahan baku industri masih menemui beberapa kendala terutama bila dilakukan dalam skala besar. Salah satunya kendala yang dihadapi yaitu penyediaan benih bermutu. Menurut Parbendon dkk. (2013) daya simpan setelah panen yang rendah. Daya simpan benih merupakan kemampuan benih untuk disimpan pada periode tertentu. Menurut Sadjad dkk. (1999) kemunduran benih merupakan proses yang terjadi secara berangsur-angsur dan tidak dapat balik (*irreversible*), maka selama proses penyimpanan benih akan terus mengalami kemunduran. Kemunduran benih terus akan terjadi dan tidak dapat dihentikan, dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan Koes dan Arief (2013) yang menyatakan bahwa benih sorgum yang disimpan menggunakan kantong plastik pada suhu 28-32 °C

Salah satu metode untuk mengatasi kemunduran benih atau untuk memulihkan kinerja perkecambahan benih tersebut yaitu dengan dilakukan invigorasi atau *conditioning* atau *priming* pada benih. Teknik *priming* benih adalah aktivitas masuknya cairan ke dalam benih secara perlahan sebelum benih dikecambahkan yang bertujuan agar tercapainya keseimbangan dalam kandungan airnya (Rouhi *et al.*, 2011). Selain itu tentunya akan berpengaruh pada aktivitas biokimia dan fisiologis, yang akan bermanfaat pada proses perkecambahan, terutama dibawah kondisi yang merugikan (Pill *et al.*, 2001). Sedangkan menurut Xia *et al.* (2016) *priming* benih diterapkan untuk mempercepat perkecambahan dan meningkatkan keseragaman dalam pembentukan bibit terutama dalam kondisi pertumbuhan yang tidak menguntungkan, seperti pada kondisi kekeringan.

Terdapat beberapa teknik *priming* yang biasa dilakukan, yaitu *hydropriming*, *osmopriming*, dan *hormonal priming* atau *hormopriming*. Menurut Najjar dan Bakhtiari (2014) *hydropriming* merupakan salah satu teknik *priming* yang tujuannya untuk meningkatkan viabilitas benih melalui proses hidrasi-dehidrasi benih dengan cara perendaman benih di dalam air untuk kelangsungan proses metabolik menjelang perkecambahan benih. Hidrasi benih juga merupakan proses penyerapan air oleh benih yang dapat meningkatkan perkecambahan, keseragaman tumbuh kecambah dan memperbaiki vigor benih yang sudah mengalami kemunduran. Pada penelitian yang dilakukan oleh Basra *et al.* (2003) perlakuan *hydropriming* selama 24 jam dan 12 jam mampu meningkatkan perkecambahan dan bobot kering kecambah normal pada kecambah gandum dan penelitian Yagmur dan Kaydan (2008) bahwa perlakuan *hydropriming* mampu meningkatkan perkecambahan pada benih gandum yang berada pada kondisi cekaman. Menurut Khan *et al.* (2017) penggunaan air dengan durasi 18 dan 24 jam mampu meningkatkan kecepatan perkecambahan pada benih okra yang telah mengalami kemunduran.

Hormonal priming atau *hormopriming* merupakan salah satu teknik *priming* menggunakan hormon atau sumber organik (Maryeta, 2021). Menurut Widiastuti dan Wahyuni (2020) aplikasi zat pengatur tumbuh pada benih mampu

memberikan respon berupa meningkatnya indeks vigor dan pertembuhan bibit namun efektifitasnya bergantung pada penggunaan jenis dan konsentrasi zat pengatur tumbuh. Salah satu hormon yang sering digunakan untuk *priming* benih yaitu *Giberelic Acid* (GA₃). Aplikasi GA₃ dengan konsentrasi 40-70 ppm dapat meningkatkan daya kecambah benih sorgum yang telah mengalami deteriorasi dan perbedaan genotipe sorgum memengaruhi respon daya kecambah benih (Kamal dkk., 2021). Menurut Octariani (2023) aplikasi *priming* GA₃ dengan konsentrasi 50 ppm selama 6 jam mampu meningkatkan viabilitas benih sorgum yang telah mengalami deteriorasi dari 64% menjadi 100%. Aplikasi *hormonal priming* menggunakan GA₃ 100 ppm memberikan hasil terbaik dalam meningkatkan persentase perkecambahan dan kecepatan perkecambahan pada tanaman karet (Tetuko, 2015).

Teknik *osmopriming* membuat potensial osmotik larutan menjadi pengendali sehingga menyebabkan penyerapan air menjadi lebih lambat (Reis *et al.*, 2013). Salah satu larutan osmotik yang biasa digunakan yaitu garam kalsium klorida. Penggunaan larutan yang mengandung larutan agen osmotik seperti garam kalsium klorida sebagai larutan pada teknik *osmopriming* dapat memengaruhi potensial osmotik pada larutan, dimana semakin tinggi kandungan zat terlarut atau konsentrasi maka akan semakin rendah nilai potensial osmotik larutan (Putri, 2021). Menurut Chang-Zheng *et al.* (2002) mengungkapkan bahwa benih padi yang di *priming* menggunakan larutan garam campuran mampu mempercepat perkecambahan dibandingkan benih yang tidak di *priming*. Penelitian Putri (2021) juga *priming* dalam larutan CaCl₂ dengan konsentrasi 59 mM selama 24 jam mampu mempercepat kecepatan perkecambahan daripada *priming* dengan konsentrasi 63 mM selama 12 jam. Penggunaan larutan osmotik CaCl₂ 50 mM selama 12 jam mampu memberikan respon terbaik pada variabel persentase perkecambahan, panjang akar, rata-rata panjang tajuk, berat basah dan berat kering akar, berat segar dan berat kering tajuk, serta index vigor (Soujanya *et al.*, 2022).

1.5 Kerangka Pemikiran

Sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench.) merupakan salah satu tanaman serelia yang cukup potensial untuk dikembangkan sebagai tanaman pangan alternatif, pakan hewan, dan bahan baku industri. Salah satu kendala pengembangan sorgum yaitu benih bermutu karena mayoritas petani menggunakan benih dari hasil pertanaman sebelumnya dan tentunya akan disimpan cukup lama yang tentunya akan mengalami kemunduran. Selama disimpan benih tersebut akan terus mengalami kemunduran secara alamiah dan tidak dapat dihindarkan. Benih yang disimpan akan mengalami kemunduran atau deteriorasi secara alamiah yang ditandai dengan menurunnya viabilitas benih tersebut.

Salah satu metode untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan invigorasi atau *conditioning* atau *priming* pada benih. Beberapa teknik *priming* yang biasa digunakan yaitu *hormonal priming* dan *hormopriming*. *Hormonal priming* atau yang biasa disebut sebagai *hormopriming* merupakan salah satu teknik *priming* menggunakan hormon atau sumber organik lainnya. Salah satu hormon yang biasa digunakan untuk metode *priming* yaitu *Giberelic Acid* atau GA₃. Aplikasi GA₃ dapat meningkatkan laju imbibisi pada benih sehingga dapat mengurangi cadangan makanan yang digunakan sebagai sumber energi untuk pertumbuhan dalam waktu yang lebih cepat dan serentak. Keberhasilan *priming* GA₃ tentunya akan dipengaruhi oleh konsentrasi larutan yang digunakan, semakin tinggi konsentrasi hormon yang digunakan sifatnya akan menghambat laju perkecambahan pada benih. Sehingga perlu konsentrasi terbaik atau optimum untuk aplikasi *priming* pada benih.

Teknik *priming* lainnya yang biasa digunakan yaitu *osmopriming*. Teknik ini akan membuat penyerapan air pada benih terjadi secara perlahan karena dikendalikan oleh potensial larutan osmotik. Salah satu agen osmotik yang biasa digunakan yaitu garam kalsium klorida (CaCl₂). Konsentrasi CaCl₂ sebagai larutan *osmopriming* akan memengaruhi potensial larutan osmotik. Semakin tinggi konsentrasinya maka nilai potensial osmotik larutan tersebut akan semakin

rendah. Disamping itu, penggunaan garam anorganik sebagai agen osmotik dengan konsentrasi terlalu tinggi juga akan menimbulkan efek samping yaitu defisit air karena agen osmotik tersebut sudah bersifat menghambat imbibisi pada benih. Selain konsentrasi GA_3 dan $CaCl_2$, lama *priming* juga akan memengaruhi keberhasilan *priming* pada benih. Hal ini dikarenakan lama perendaman yang lebih lama tentunya akan menyebabkan benih menyerap larutan lebih banyak, sehingga benih akan mengandung GA_3 dan $CaCl_2$ lebih banyak.

Selain konsentrasi larutan hormon dan agen osmotik yang digunakan, perbedaan varietas tanaman dan jenis kemunduran benih tentunya akan memengaruhi perbedaan hasil *priming*. Setiap varietas tentunya memiliki sifat yang berbeda, sehingga respon dari setiap varietas akan cenderung berbeda. Perbedaan respon tersebut dipengaruhi oleh karakter fisik dan karakter kimia pada setiap genotipe yang berbeda. Selain itu perbedaan vigor awal pada setiap genotipe juga akan berpengaruh terhadap vigor benih setelah dilakukan *priming*.

1.6 Hipotesis

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

1. Terdapat konsentrasi optimum GA_3 pada larutan *hormopriming* dalam memulihkan kinerja perkecambahan benih sorgum yang sudah mengalami kemunduran alamiah akibat penyimpanan.
2. Terdapat konsentrasi optimum $CaCl_2$ pada larutan *osmopriming* dalam memulihkan kinerja perkecambahan benih sorgum yang sudah mengalami kemunduran alamiah akibat penyimpanan.
3. Terdapat pengaruh genotipe terhadap efektifitas pemulihan kinerja perkecambahan benih yang sudah mengalami kemunduran.

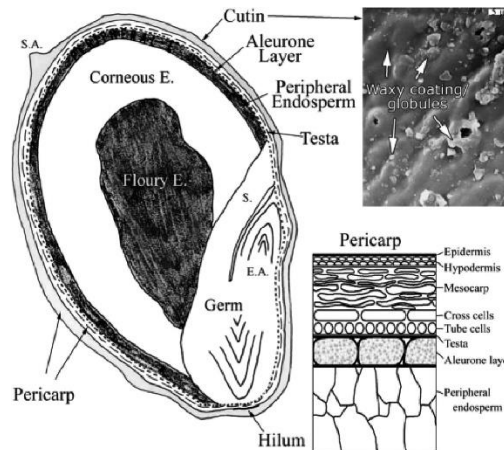
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Sorgum

Sorgum merupakan jenis serelia (biji-bijian) yang biasa dimanfaatkan sebagai bahan pangan, pakan, dan produk lain seperti energi dan serat. Tanaman sorgum memiliki daya adaptasi yang baik meski ditanam pada tanah kering dan marginal, bahkan tanah dengan kandungan garam alkali (saline-alkaline soil) (Murtini dan Sabila, 2021). Hal tersebut menjadikan budidaya tanaman sorgum sangat menguntungkan secara ekonomi. Sorgum tumbuh tegak dan mempunyai dan mempunyai daya adaptasi yang agroekologi yang luas, membutuhkan input lebih sedikit, lebih tahan terhadap hama dan penyakit dibanding tanaman pangan lain, serta hasil produksi tinggi (Samanhudi, 2010).

Bagian dari tanaman sorgum terdiri atas akar, batang, daun, dan biji. Tanaman sorgum memiliki sistem perakaran serabut yang terdiri dari tiga jenis akar, yaitu akar primer, akar sekunder, serta akar nafas (*brace roots*). Tanaman sorgum memiliki tinggi bervariasi tergantung jenisnya yang dipengaruhi oleh jumlah ruas batang yang menyusunnya, tingginya mulai 1-1,5 m dan dapat mencapai 6 m. Daun tanaman sorgum terletak pada tiap ruas-ruas batang sorgum dengan bentuk daun yang lebar dan kasar menyerupai tanaman jagung dan memiliki panjang berkisar antara 90 – 100 cm dengan lebar berkisar antara 10-12 cm. Daun tanaman sorgum yang berada di bagian atas tanaman biasanya ukurannya lebih pendek dan lebih kecil dan dikenal dengan sebutan daun bendera (*flag leaf*) (Murtini dan Sabila, 2021). Biji sorgum memiliki bentuk, ukuran, dan warna yang berbeda-beda dipengaruhi oleh jenis atau varietasnya. Umumnya biji

sorgum berbentuk bulat dan salah satu sisinya berbentuk pipih dengan diameter 4-8 mm. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh varietas tanaman dengan ragam warna sorgum seperti hitam, merah, ungu, coklat, kuning, hingga putih (Ratnavathi dan Komala, 2016). Biji sorgum tersusun atas embrio, endosperm, dan testa yang dilindungi oleh sebuat lapisan yang disebut pericarp (Gambar 1).



Gambar 1. Struktur benih sorgum (Earp *et al.*, 2004).

Tanaman sorgum termasuk ke dalam tanaman yang bijinya berkeping satu (*Monocotyledonae*) dan merupakan famili dari rerumputan (*Poaceae/Graminae*). Tanaman sorgum terbagi menjadi 5 spesies yaitu *Sorghum bicolor* (L.) Moench, *Sorghum halepense*, (L.) Pers., *Sorghum propinquum* (Kunth) Hitchc., *Sorghum almum* Parodi., serta sorgum hasil persilangan antara *Sorghum bicolor* var. *bicolor* dengan *Sorghum bicolor* var. *sudanense*. Diantara 5 spesies sorgum tersebut, *Sorghum bicolor* (L.) Moench merupakan spesies sorgum yang paling banyak dibudidayakan (USDA, 2020; Murtini dan Sabila, 2021). Tanaman sorgum diklasifikasikan USDA (2020) dalam Murtini dan Sabila (2021) sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Subkingdom : Tracheobionta
 Superdivisi : Spermatophyta
 Divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Liliopsida

Subkelas	: Commelinidae
Ordo	: Cyperales
Famili	: Poaceae / Gramineae
Genus	: Sorghum Moench
Species	: <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench

2.2 Genotipe Sorgum

Sifat tanaman dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu genetik dan lingkungan. Faktor yang diturunkan dari tetuanya dan merupakan faktor penentu sifat yaitu faktor genetik. Pada perlakuan *priming*, genotipe atau varietas tentunya akan memengaruhi respon setiap genotipe, sehingga hasil yang diperoleh setelah dilakukan *priming* antar varietas akan berbeda. Varietas berbeda memiliki sifat yang berbeda, sehingga hasil yang dicapai oleh masing-masing varietas juga berbeda. Selain itu perbedaan varietas tentunya akan menentukan respon atau kemampuan benih yang telah mengalami kemunduran untuk dapat digunakan kembali dalam pertanaman dengan aplikasi *priming*. Menurut sadjad (1993) perbedaan vigor benih antar varietas yang berbeda tentunya ditentukan oleh vigor genetiknya.

Pramono (2020) menyatakan bahwa sorgum memiliki bobot benih permalai, dan viabilitas berbeda setiap varietasnya. Hal tersebut dibuktikan dengan persentase kecambah normal awal dari setiap varietas yang berbeda-beda dan viabilitas potensial benih sorgum sangat nyata dipengaruhi oleh genetiknya. Perbedaan tersebut terjadi karena perbedaan karakter agronomi pada setiap varietas. Selain itu perbedaan varietas akan memengaruhi perbedaan karakter fisik dan kimia benih yang tentunya akan berpengaruh terhadap daya simpan benih. Menurut Pramono (2020) setiap genotipe memiliki karakter fisik (Tabel 1) dan karakter kimia (Tabel 2) yang berbeda. Berikut merupakan perbedaan karakter fisik dan kimia pada empat genotipe sorgum menurut Pramono (2020):

Tabel 1. Karakter fisik genotipe sorgum

No.	Genotipe	KB (kg/cm ²)	BSB (g)	VB (mL)	MJ (mg/mL)	TP (μ m)
1	GH-8	7,6	24,1	18,7	1,27	58,4
2	Kawali	7,8	20,7	16,7	1,07	54,7
3	P/I 150-21-A Cymit	7,3	20,3	17,3	1,17	74,4
4	P/F-10-90-A	8,3	19,6	17,3	1,18	40,7

Keterangan: KB : Kekerasan benih
 BSB : Bobot seribu butir
 VB : Volume benih
 MJ : Massa jenis benih
 TP : Tebal pericarp

Tabel 2. Karakter kimia genotipe sorgum

No.	Genotipe	L (kg/cm ²)	P (g)	K (mL)	T (mg/mL)	F (μ m)
1	GH-8	2,5	10,4	68,1	0,35	0,18
2	Kawali	2	10	72,2	0,07	0,2
3	P/I 150-21-A Cymit	1,9	9,9	73,6	0,41	0,16
4	P/F-10-90-A	3,7	9,7	72,5	0,68	0,15

Keterangan: L : Lemak
 P : Protein
 K : Karbohidrat
 T : Tanin
 F : Fitin

2.3 Viabilitas dan Vigor Benih

Viabilitas benih merupakan daya hidup benih yang ditunjukkan oleh gejala pertumbuhan atau gejala biokimianya. Viabilitas benih menunjukkan daya hidup benih, aktif secara metabolik dan memiliki enzim yang dapat mengkatalis reaksi metabolik yang diperlukan untuk perkecambahan dan pertumbuhan kecambah (Sadjad, 1993). Menurut Copeland dan McDonald (2001) viabilitas benih merupakan kemampuan hidup dari benih yang tidak dorman untuk berkecambah

pada kondisi yang memadai (*favourable*). Benih yang memiliki viabilitas dapat berkecambah untuk menghasilkan kecambah normal dan tidak normal.

Menurut Sadjad (1999) batasan viabilitas benih disebut sebagai viabilitas total yang merupakan viabilitas suatu lot benih yang diukur berdasarkan semua benih yang menunjukkan gejala hidup. Viabilitas potensial (VP) merupakan daya hidup benih yang secara potensial mampu menghasilkan tanaman normal yang berproduksi normal pada lapang produksi yang optimum (Sadjad, 1994). Viabilitas potensial dapat diukur dengan daya berkecambah, yaitu kemampuan benih untuk berkecambah dan menghasilkan kecambah normal pada kondisi optimum, serta dinyatakan dengan persentase kecambah normal (PKN). Persentase kecambah normal (PKN) digunakan sebagai tolak ukur viabilitas potensial benih di seluruh dunia oleh ISTA (Internasional Seed Testing Association), BPSB (Badan Pengawasan dan Sertifikasi Benih), dan AOSA (the Association of Official Seed Analysis) (Pramono, 2020).

Beberapa faktor yang memengaruhi viabilitas benih yaitu faktor fisiologis dan faktor eksternal. Faktor fisiologis yang memengaruhi viabilitas benih yaitu semua proses fisiologis yang merupakan hasil kerja komponen pada sistem biokimia benih. Faktor eksternal yang mempengaruhi viabilitas benih yaitu kondisi lingkungan saat memproduksi benih, waktu panen, pengolahan, penyimpanan, dan penanganan kembali (Suwarno dan Santana, 2009). Benih yang memiliki viabilitas rendah akan berakibat terhadap terjadinya kemunduran benih yang cepat selama penyimpanan yang menyebabkan kecepatan berkecambah benih menurun, meningkatnya kecambah abnormal, meningkatnya serangan hama dan penyakit, serta rendahnya produksi tanaman (Sadjad, 1981).

Menurut Sadjad (1994) vigor benih merupakan kemampuan benih untuk menumbuhkan tanaman normal dan berproduksi normal pada kondisi lapang produksi yang suboptimum atau sudah disimpan dalam kondisi simpan yang suboptimum dan ditanam dalam kondisi lapang yang optimum. Vigor dan viabilitas benih yaitu dua karakter yang saling berhubungan dan umumnya

penurunan vigor mendahului penurunan viabilitas (Basu, 1994). Menurut Sadjad (1972) benih yang vigornya tinggi ditandai dengan benih tersebut tahan simpan, berkecambah cepat dan merata, bebas dari penyakit, tahan terhadap gangguan berbagai mikroorganisme, bibit efisien dalam memanfaatkan cadangan makanan, tumbuh kuat dalam keadaan lahan basah/kering, tahan terhadap saingan, tidak menunjukkan perbedaan pertumbuhan di lapang dan di laboratorium, penambahan berat kering bibit yang berfotosintesis tinggi, dan menghasilkan tanaman berproduksi tinggi.

2.4 Kemunduran Benih

Menurut Sadjad (1993) kemunduran benih merupakan mundurnya mutu fisiologis benih yang dapat menimbulkan perubahan menyeluruh di dalam benih, baik fisik, fisiologi, maupun kimiawi yang menyebabkan menurunnya viabilitas benih.

Proses penuaan atau mundurnya vigor secara fisiologis ditandai dengan penurunan daya berkecambah, penurunan kecambah di lapangan, meningkatnya jumlah kecambah abnormal, pertumbuhan dan perkembangan tanaman terhambat, dan meningkatnya kepekaan terhadap lingkungan yang ekstrem dan hasil akhirnya menurunkan produksi tanaman. Kemunduran benih akan mengakibatkan berbagai perubahan yang menimbulkan kerugian, diantaranya degradasi membran sel dan hilangnya kendali terhadap permeabilitas membran, meningkatnya kebocoran solut, berkurangnya kemampuan berespirasi dan biosintesis, tingkat keseragaman akan menurun, dan berkurangnya potensi hasil (Jyoti and Malik, 2013).

Harrington (1972) dalam Sari (2019) menyatakan bahwa proses deteriorasi atau kemunduran tidak dapat dicegah dan dihindari, yang dapat dilakukan hanya mengurangi kecepatannya.

Kemunduran benih secara alami terjadi dalam waktu yang relatif lama, tetapi selama proses penyimpanan benih akan terus mengalami deteriorasi dan tidak dapat dihentikan, hanya bisa dikurangi. Mengurangi laju deteriorasi dapat dilakukan dengan beberapa usaha perlakuan pada penyimpanan, yaitu dengan cara penyimpanan yang baik dan tepat yang memperhatikan faktor-faktor

penyimpanan pada benih. Faktor yang memengaruhi penyimpanan benih yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Salah satu faktor internal yaitu kadar air, menurut Harrington (1972) dalam Sari (2019) jika kadar air benih sekitar 11-14%, setiap penurunan 1% kadar air benih, masa hidup benih meningkat dua kali lipat. Faktor eksternal dalam penyimpanan benih yaitu suhu dan kelembaban ruang simpan, Purwanti (2004) menyatakan bahwa suhu ruang simpan berperan dalam mempertahankan viabilitas benih selama penyimpanan, pada suhu rendah respirasi akan berjalan lambat dibandingkan dengan suhu tinggi, sehingga viabilitas benih dapat dipertahankan lebih lama. Harrington (1972) dalam Sari (2019) menyatakan bahwa jika suhu 0-500 °C, setiap penurunan 50 °C (122 °F) pada suhu penyimpanan akan meningkatkan dua kali lipat masa hidup benih.

2.5 Invigorasi Benih

Invigorasi benih merupakan salah satu upaya yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan kemunduran pada benih. Menurut Koes dan Arief (2013) invigorasi merupakan perlakuan yang diberikan kepada benih sebelum penanaman yang bertujuan untuk memperbaiki perkecambahan dan pertumbuhan kecambah. Invigorasi atau biasa disebut juga sebagai *priming* merupakan teknik hidrasi benih secara perlahan sebelum benih dikecambahkan agar potensial air benih mencapai keseimbangan yang optimal untuk mengaktifkan kegiatan dalam metabolisme benih (Rouhi *et al*, 2011). Terdapat beberapa teknik *priming* yang digunakan, yaitu *hormonal priming* atau *osmopriming* dan *osmopriming*.

2.5.1 Hormonal priming atau Hormopriming

Hormonal priming atau *hormopriming* merupakan salah satu teknik *priming* menggunakan hormon atau zat pengatur tumbuh dan sumber organik yang lain. Hormon atau zat pengatur tumbuh merupakan senyawa organik bukan nutrisi yang dalam konsentrasi rendah dapat mendorong, menghambat, atau secara kualitatif mengubah pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Hormon yang biasa

digunakan untuk aplikasi *priming* yaitu *Giberelic Acid* atau GA₃. Menurut Bey dkk. (2005) proses kerja giberelin yaitu dengan mengaktifkan reaksi enzimatik dalam aleuron. Menurut Dewi dan Sutrisno (2013) giberelin mendorong pelepasan ezim amilase untuk menghidrolisis cadangan makanan dan energi yang dihasilkan digunakan untuk perkecambahan benih.

Pemanfaatan giberelin dalam mempengaruhi perkecambahan dan pertumbuhan suatu tanaman tentunya perlu memerhatikan konsentrasi dan lama perendaman. Aplikasi GA₃ 50 ppm menunjukkan respon kecepatan perkecambahan tertinggi pada benih cabai (Agustiansyah *et al.*, 2022). Pada benih karet *priming* hormon giberelin dengan konsentrasi 100 ppm juga memberikan hasil terbaik dalam meningkatkan persentase perkecambahan sebesar 28% dan laju perkecambahan sebesar 45% (Tetuko, 2015). Aplikasi *priming* GA₃ 50 ppm selama 6 jam juga memberikan hasil terbaik pada potensi tumbuh maksimum benih sorgum genotipe marapi (Octariani, 2023). Selain perkecambahan, giberelin juga berperan terhadap pemanjangan sel yang menyebabkan peningkatan perpanjangan ruas tanaman dan tentunya akan meningkatkan tinggi tanaman (Eid and Abouleila, 2006).

2.5.2 Osmopriming

Menurut Ruan *et al.* (2002) *osmopriming* merupakan metode yang dilakukan dengan merendam benih dalam larutan potensial osmotik tinggi dan dengan aerasi rendah untuk mengontrol penyerapan air dan mencegah radikula keluar.

Osmoconditioning atau *osmopriming* dapat menyebabkan terjadinya penguatan (penyembuhan) membran plasma, memperkecil kehilangan elektrolit, dan meningkatkan perkecambahan serta kekuatan semai (Gardner *et al.*, 1991).

Menurut Sutariati (2002) selama perlakuan *osmopriming* juga terjadi perubahan aktivitas fisiologi dan biokimia dalam benih yaitu perubahan komposisi lemak membran akibat aktivitas enzim yang menyebabkan meningkatnya integritas membran sehingga mengurangi kebocoran metabolik. Keberhasilan *osmoconditioning* sangat ditentukan oleh jenis larutan osmotik yang digunakan,

selain itu potensial osmotik, suhu, dan lama inkubasi yang berbeda akan berbeda responnya antar varietas, antar spesies, bahkan antar lot benih dari varietas yang sama (Rini, 2005).

Salah satu agen osmotik yang sering digunakan yaitu garam kalsium klorida (CaCl_2). Tingginya efisiensi osmotik pada CaCl_2 berkaitan erat dengan unsur Ca^{2+} yang mampu memperbaiki status air sel (Putri, 2021). Menurut Arief dkk., (2012) unsur Ca^{2+} sekaligus berfungsi sebagai kofaktor dalam berbagai aktivitas sejumlah enzim yang aktif dalam proses metabolisme cadangan makanan. Keberhasilan *osmopriming* juga dipengaruhi oleh konsentrasi dan lama perendaman untuk benih. Semakin lama benih dilakukan *priming*, maka larutan garam yang diserap akan semakin tinggi. Pada penelitian yang dilakukan oleh Putri (2021) lama perendaman benih sorgum dalam larutan CaCl_2 selama 24 jam memberikan pengaruh lebih baik daripada perendaman 12 jam. Selain itu *osmopriming* CaCl_2 dengan konsentrasi 1% selama 10 jam mampu meningkatkan daya kecambah benih sorgum genotipe Hegar dari 75,5% menjadi 77,73%; genotipe JS-2002 dari 59,97% menjadi 82,2%; dan genotipe JS-263 dari 62,17% menjadi 77,63%. *Osmopriming* 1% CaCl_2 selama 12 jam mampu meningkatkan daya kecambah benih *Chinese Sweet Sorghum* dari 66% menjadi 84% (Iqbal *et al.*, 2014).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Benih dan Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan Oktober 2023 sampai dengan Februari 2024.

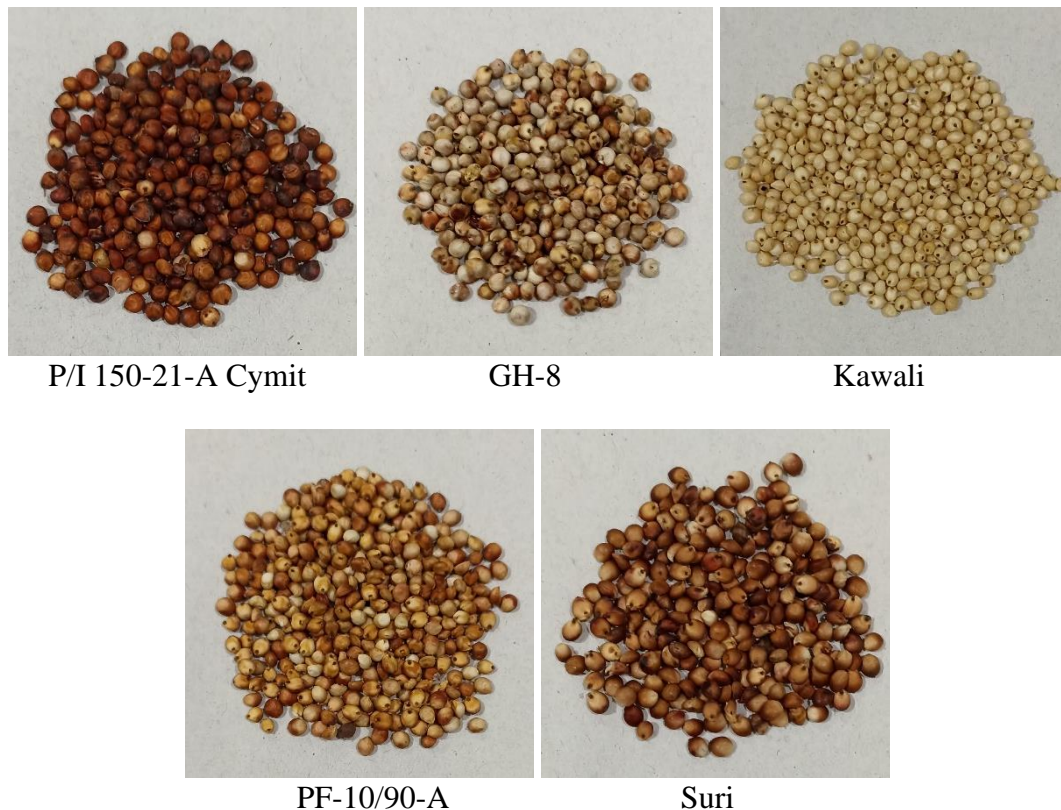
3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah pengempa kertas, gelas plastik, labu ukur 500 mL, gelas ukur, cawan petri, corong, batang pengaduk, gelas piala, timbangan elektrik, *conductivity meter*, oven, germinator IPB 73-2A/B, nampan plastik, sprayer, penggaris, dan alat tulis.

Bahan yang digunakan yaitu benih sorgum yang dipanen pada 28 April 2019 dan telah disimpan selama 52 bulan untuk percobaan *hormopriming* dan 53 bulan untuk percobaan *osmopriming* dalam ruang bersuhu ± 18 °C yang terdiri dari genotipe GH-8 dengan daya kecambah awal 71%, Kawali dengan daya kecambah awal 75%, P/I 150-21-A Cymit dengan daya kecambah awal 76%, PF-10/90-A dengan daya kecambah awal 64%, dan Suri dengan daya kecambah awal 78%, aquades, GA₃ dengan merek dagang Himedia PCT0830 dengan kadar 90,00-102,00%, CaCl₂ *Chemical Pure* (CP) dengan kadar >95%, kertas buram, karet gelang, kertas tisu, plastik polietilen (PE), dan kertas label.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang pengelompokannya berdasarkan waktu pelaksanaan *priming* dengan perlakuan yang disusun secara faktorial (5x10), faktor pertama adalah genotipe benih sorgum yang terdiri dari 5 genotipe yaitu GH-8 (G1), Kawali (G2), P/I 150-21-A Cymit (G3), PF-10/90-A (G4), dan Suri (G5) (Gambar 2). Faktor kedua yaitu 10 taraf konsentrasi larutan *priming* yang terdiri dari 5 taraf konsentrasi larutan *hormopriming* dari GA3 yang direndam selama 6 jam yaitu 0 ppm (H0), 25 ppm (H1), 50 ppm (H2), 75 ppm (H3), dan 100 ppm (H4), serta 5 taraf konsentrasi larutan *osmopriming* dari larutan CaCl₂ yang direndam selama 24 jam yaitu 0 mM (O0), 50 mM (O1O1), 100 mM (O2), 100 mM (O2), 150 mM (O3), dan 200 mM (O4).



Gambar 2. Penampilan fisik lima genotipe benih sorgum

Konsentrasi dan lama perendaman benih menggunakan larutan GA3 merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Octariani (2023), yaitu perlakuan konsentrasi 50 ppm dan lama perendaman benih selama 6 jam mampu meningkatkan viabilitas benih 36% pada benih sorgum genotipe Marapi. Konsentrasi dan lama perendaman benih menggunakan larutan CaCl₂ merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Putri (2021), yaitu lama perendaman 24 jam pada konsentrasi 59 mM lebih baik daripada lama perendaman 12 jam yang ditunjukkan oleh variabel daya berkecambah, kecepatan berkecambah, (44%/hari), kecambah normal kuat, (17,0 cm), dan panjang tajuk kecambah normal (12,2 cm), dan kadar air (46%) pada benih sorgum genotipe Super-2. Pada penelitian ini dilakukan 2 percobaan yang terdiri dari percobaan *hormopriming* dan percobaan *osmopriming*. Setiap percobaan terdiri dari 3 ulangan sehingga diperoleh 150 satuan percobaan.

Homogenitas ragam antar perlakuan diuji menggunakan uji Bartlett, kemenambahan data diuji dengan menggunakan uji Tukey. Jika data tersebut homogen dan kemenambahan data tidak nyata, selanjutnya data dianalisis dengan analisis ragam (anara). Selanjutnya jika interaksi antara faktor pertama dan kedua nyata dianalisis menggunakan polinomial ortogonal dan jika interaksi antara faktor pertama dan kedua tidak nyata dianalisis menggunakan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) 5%. Skema petak percobaan *hormopriming* digambarkan pada Gambar 3 dan petak percobaan *osmopriming* digambarkan pada Gambar 4.

Blok 1

G3H0	G4H4	G3H2	G3H1	G5H4
G2H4	G2H0	G4H3	G4H0	G4H1
G5H2	G3H3	G4H3	G2H2	G1H0
G1H2	G5H3	G5H1	G5H0	G2H3
G4H2	G1H1	G1H4	G1H3	G3H0

Blok 2

G1H0	G2H4	G2H0	G2H2	G5H1
G5H4	G1H2	G1H1	G4H0	G3H2
G2H3	G3H0	G5H3	G1H3	G4H3
G3H0	G5H2	G4H4	G3H1	G2H1
G4H1	G4H2	G3H3	G5H0	G1H4

Blok 3

G5H2	G2H3	G3H3	G4H0	G5H2
G2H4	G5H4	G2H0	G3H1	G2H4
G3H0	G4H1	G4H4	G2H2	G4H2
G4H2	G3H0	G5H3	G5H0	G3H0
G1H2	G1H0	G1H1	G1H3	G1H2

Gambar 3. Tata letak percobaan *hormopriming*

Keterangan:

G1 : Genotipe GH-8

G2 : Genotipe Kawali

G3 : Genotipe P/I 150-21-A Cymit

G4 : Genotipe PF-10/90-A

G5 : Genotipe Suri

H0 : Larutan GA₃ 0 ppmH1 : Larutan GA₃ 25 ppmH2 : Larutan GA₃ 50 ppmH3 : Larutan GA₃ 75 ppmH4 : Larutan GA₃ 100 ppm

Blok 1

G1O3	G5O3	G3O2	G1O0	G3O0
G4O0	G3O3	G4O3	G2O3	G4O2
G3O1	G2O0	G4O3	G5O4	G1O2
G2O2	G1O1	G5O1	G4O1	G5O2
G5O0	G4O4	G1O4	G3O0	G2O4

Blok 2

G1O1	G5O0	G4O3	G5O2	G3O0
G4O4	G1O3	G2O1	G3O0	G4O1
G2O0	G3O1	G5O1	G2O4	G1O0
G3O3	G4O0	G1O4	G4O2	G2O3
G5O3	G2O2	G3O2	G1O2	G5O4

Blok 3

G2O3	G4O2	G3O3	G4O0	G5O1
G5O4	G5O2	G5O3	G2O2	G1O4
G4O1	G1O2	G1O1	G5O0	G3O2
G1O0	G3O0	G4O4	G1O3	G4O3
G3O0	G2O4	G2O0	G3O1	G4O3

Gambar 4. Tata letak percobaan *osmopriming*

Keterangan:

G1	: Genotipe GH-8	O0	: Larutan CaCl ₂ 0 mM
G2	: Genotipe Kawali	O1	: Larutan CaCl ₂ 50 mM
G3	: Genotipe P/I 150-21-A Cymit	O2	: Larutan CaCl ₂ 100 mM
G4	: Genotipe PF-10/90-A	O3	: Larutan CaCl ₂ 150 mM
G5	: Genotipe Suri	O4	: Larutan CaCl ₂ 200 mM

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Persiapan Benih

Benih sorgum yang telah mengalami kemunduran diperoleh dari penelitian Pramono (2021) yang dipanen pada 28 April 2019 sebelumnya telah disimpan selama 52 bulan untuk percobaan *hormopriming* serta benih yang telah disimpan selama 53 bulan untuk percobaan *osmopriming*, keduanya disimpan pada ruang bersuhu ± 17 °C. Benih sorgum yang digunakan yaitu genotipe GH-8, Kawali, P/I 150-21-A Cymit, PF-10/90-A, dan Suri. Benih terlebih dahulu disortir dan diambil benih yang berukuran normal, tidak cacat, serta bernas, kemudian setiap

genotipe disiapkan 100 butir benih untuk pengujian kecepatan perkecambahan dan keserempakan perkecambahan, 15 butir untuk pengujian kadar air benih, dan 50 butir untuk pengujian daya hantar listrik yang kemudian dimasukkan ke dalam plastik klip, sehingga setiap genotipe dibutuhkan 4.950 butir benih untuk setiap percobaan.

3.4.2 Persiapan Larutan *Priming*

3.4.2.1 Larutan GA₃

Pembuatan larutan GA₃ yaitu dengan melarutkan 250 mg GA₃ murni dengan 7 mL etanol 96% kemudian diaduk hingga larut dan homogen, setelah itu larutan tersebut dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL dan ditambahkan aquades 493 mL, kemudian diaduk hingga homogen, sehingga diperoleh larutan stok GA₃ 500 ppm sebanyak 500 mL. Untuk membuat larutan GA₃ pada setiap taraf maka dilakukan pengenceran dengan rumus 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

Sehingga dari perhitungan rumus tersebut diperoleh:

- a. Untuk konsentrasi 25 ppm GA₃ diambil larutan stok 500 ppm sebanyak 25 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 500mL dan ditambahkan aquades 475 mL, lalu diaduk hingga homogen.
- b. Untuk konsentrasi 50 ppm GA₃ diambil larutan stok 500 ppm sebanyak 50 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 500mL dan ditambahkan aquades 450 mL, lalu diaduk hingga homogen.

- c. Untuk konsentrasi 75 ppm GA₃ diambil larutan stok 500 ppm sebanyak 75 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 500mL dan ditambahkan aquades 425 mL, lalu diaduk hingga homogen.
- d. Untuk konsentrasi 100 ppm GA₃ diambil larutan stok 500 ppm sebanyak 100 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 500mL dan ditambahkan aquades 400 mL, lalu diaduk hingga homogen.

3.4.2.2 Larutan CaCl₂

Pembuatan larutan CaCl₂ sebanyak 500 mL mengikuti rumus sebagai berikut:

$$\text{Molaritas (M)} = \frac{\text{bobot CaCl}_2 \text{ (g)}}{111 \text{ g/mol}} \times \frac{1000}{500 \text{ mL}}$$

Penyiapan larutan CaCl₂ dilakukan dengan menghitung kebutuhan bobot CaCl₂ (g) terlebih dahulu untuk setiap konsentrasi (0; 50; 100; 150; 200 mM) dengan volume larutan 500 mL menggunakan rumus di atas. Larutan CaCl₂ dibuat dengan menggunakan bobot CaCl₂ (g) yang telah didapat untuk masing-masing konsentrasi, kemudian dilarutkan ke dalam aquades 100 mL lalu diaduk hingga homogen. Setelah itu larutan tersebut dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL dan ditambahkan aquades 400 mL, lalu diaduk hingga homogen. Sehingga dari perhitungan rumus tersebut bobot CaCl₂ untuk setiap konsentrasi ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Kebutuhan massa zat terlarut CaCl₂ dalam volume larutan 500 mL

Konsentrasi (mM)	Bobot CaCl ₂ (gram)
0	0
50	2,78
100	5,55
150	8,33
200	11,1

3.4.4 Perendaman Benih dalam Larutan *Priming*

Aplikasi perendaman benih sorgum dilakukan dengan menempatkan 165 butir benih sorgum setiap genotipe pada gelas plastik yang telah berisi 50 mL sesuai dengan taraf konsentrasi dan larutan *priming*, yaitu GA₃ 0 ppm, GA₃ 25 ppm, GA₃ 50 ppm, GA₃ 75 ppm, GA₃ 100 ppm yang direndam selama 6 jam serta larutan CaCl₂ 0 mM, CaCl₂ 50 mM, CaCl₂ 100 mM, CaCl₂ 150 mM, CaCl₂ 200 mM yang direndam selama 24 jam. Setelah dilakukan perendaman, benih kemudian diangkat dan dikering anginkan dengan dialasi kertas tisu.

3.4.5 Persiapan Media Substrat

Media perkecambahan yang digunakan yaitu kertas buram berukuran 21,6 cm x 33 cm dan plastik. Kertas yang digunakan dibasahi atau direndam air, kemudian dikempa menggunakan alat pengempa kertas hingga kondisi lembab. Kertas yang digunakan pergulungan yaitu lima lembar dengan masing-masing tiga lembar untuk alas dan dua lembar untuk penutup, serta satu lembar plastik bening berukuran 25 cm x 40 cm.

3.4.6. Pengukuran Persentase Kecambah Normal dan Vigor Benih

Pengukuran persentase kecambah normal dan vigor benih dilakukan dalam pengujian yang sama yaitu Uji Kecepatan Perkecambahan (UKP). Uji kecepatan Perkecambahan (UKP) dilakukan dengan menggunakan media kertas buram dengan metode uji kertas digulung didirikan dalam plastik (UKDdP). Sebanyak 50 butir benih disusun di atas 3 lembar kertas buram lembab yang diberi alas selembat plastik lalu ditutup dengan 2 lembar kertas buram lagi kemudian digulung. Benih yang dikecambahkan dalam gulungan diletakkan dalam germinator tipe IPB 73-2A/B.

Kecambah normal yang muncul dari benih tersebut diamati mulai hari ke-2 sampai hari ke-5 setelah perkecambahan. Kecambah yang sudah dinyatakan

normal dalam pengamatan pada hari ke-2 dihitung dengan mengambil dari media pengecambahan tersebut. Kecambah yang belum dinyatakan normal atau belum berkecambah dibiarkan dalam media perkecambahan untuk diamati pada hari berikutnya sampai dengan hari ke-5. Hasil uji kecepatan perkecambahan digunakan untuk pengamatan variabel persentase kecambah normal total (PKNT), kecepatan perkecambahan (KP), kecambah abnormal (KAN), dan benih mati (BM).

3.4.7 Pengukuran Vigor Kecambah

Pengukuran vigor kecambah diukur dengan Uji Keserempakan Perkecambahan (UKsP). Uji perkecambahan ini dilakukan dengan media kertas buram dengan metode uji kertas digulung didirikan dalam plastik (UKDdP). Sebanyak 50 butir benih disusun di atas 3 lembar kertas buram lembab yang diberi alas selembab plastik lalu ditutup dengan 2 lembar kertas buram lagi kemudian digulung. Benih yang dikecambahkan dalam gulungan diletakkan dalam germinator tipe IPB 73-2A/B. Pengamatan dilakukan pada hari ke-4 setelah perkecambahan. Hasil uji keserempakan perkecambahan (UKsP) digunakan untuk pengamatan variabel kecambah normal kuat (KNK), panjang akar primer kecambah normal (PAPKN), panjang tajuk kecambah normal (PTKN), dan bobot kering kecambah normal (BKKN).

3.4.8 Pengukuran Kadar Air Benih

Kadar air benih yaitu bobot air yang terkandung di dalam benih yang dinyatakan dalam satuan persen (%). Kadar air benih diukur dengan metode langsung yaitu dengan menimbang bobot 15 butir benih sorgum setiap genotipe sebelum dilakukan *priming* dan setelah dilakukan *priming* pada setiap perlakuan dengan timbangan analitik untuk memperoleh bobot basah kemudian dioven dengan oven tipe *memmert* selama 3x24jam dengan suhu 80 °C agar kandungan air dalam benih berkurang. Setelah dioven, benih ditimbang bobot akhirnya menggunakan timbangan timbangan analitik.

3.4.9 Pengukuran Daya Hantar Listrik (DHL)

Pengukuran daya hantar listrik (DHL) dilakukan dua kali untuk setiap genotipe, yaitu sebelum dilakukan *priming* dan setelah dilakukan *priming* pada masing-masing konsentrasi dan larutan *priming*. Pengukuran Daya Hantar Listrik (DHL) dilakukan dengan cara merendam sebanyak 50 butir benih sorgum untuk setiap genotipe dan setiap perlakuan ke dalam 50 mL aquades dalam gelas plastik. Gelas plastik yang berisi rendaman ditutup dan disimpan di suhu ruang selama 24 jam, kemudian dilakukan pengukuran daya hantar listrik menggunakan alat *Conductivity meter* tipe CT-3031. Pengukuran dilakukan dengan mencelupkan sensor pada *conductivity meter* kedalam gelas sampel hingga sensor pada alat tersebut terendam larutan hasil rendaman benih. Nilai daya hantar listrik akan ditampilkan pada monitor alat tersebut.

3.5 Variabel yang Diamati

3.5.1 Persentase Kecambah Normal Total (%)

Persentase kecambah normal total adalah total seluruh kecambah normal yang diperoleh dari perkecambahan 50 butir benih yang diamati. Kriteria kecambah normal yaitu kecambah yang memiliki akar primer dan sekunder, hipokotil panjang atau pendek, serta terdapat satu daun primer atau satu tunas yang sempurna (Kamil, 1982). Persentase kecambah normal (PKN) dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{PKNT (\%)} = \frac{\sum \text{KN}_i}{n} \times 100\%$$

Keterangan:

PKN = Persentase Kecambah Normal (%)

KN = kecambah Normal.

n = Jumlah benih yang ditanam pada media perkecambahan.

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

3.5.2 Kecepatan Perkecambahan (%/etmal)

Kecepatan perkecambahan adalah persentase tingkat kecepatan benih dalam berkecambah yang dilakukan dengan menghitung persentase kecambah normal setiap hari dan diperhitungkan sebagai kecepatan perkecambahan setiap harinya. Kecepatan perkecambahan dihitung dengan akumulasi kecepatan tumbuh benih yang berkecambah setiap hari dalam unit tolok ukur persentase perhari. Jumlah benih yang berkecambah mulai hari ke-2 hingga hari ke-5 diakumulasikan dan dihitung menggunakan rumus menurut Copeland dan Donald (2001):

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

Keterangan:

KP = Kecepatan Perkecambahan.

G = Persentase benih yang berkecambah pada hari ke-n

D = Jumlah hari sejak pengecambahan.

n = Jumlah hari pada perhitungan akhir.

3.5.3 Kecambah Abnormal (%)

Kecambah abnormal (KAN) yaitu kecambah yang tidak memperlihatkan potensi untuk tumbuh dan berkecambah menjadi kecambah normal (Dirjen TPH, 2000). Kecambah dapat dikatakan abnormal apabila salah satu struktur esensialnya baik itu plumula atau radikula tidak tumbuh dengan baik. Jumlah kecambah abnormal diperoleh dengan menghitung seluruh kecambah abnormal pada hari ke-5 setelah dikecambahkan. Persentase kecambah abnormal dapat dihitung menggunakan rumus:

$$KAN (\%) = \frac{\text{jumlah kecambah abnormal}}{\text{jumlah benih contoh yang diujikan}} \times 100\%$$

3.5.4 Benih Mati (%)

Benih mati yaitu benih yang hingga akhir masa pengujian tidak berkecambah, tidak segar, dan tidak keras (Dirjen TPH, 2000). Benih dapat dikatakan sebagai benih mati apabila hingga hari terakhir pengujian benih tidak menunjukkan gejala perkecambahan dan benih yang busuk merupakan benih mati (Copeland and Donald, 2001). Jumlah benih mati diperoleh dengan menghitung seluruh benih mati pada hari ke-5 setelah dikecambahkan. Persentase benih mati dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{BM (\%)} = \frac{\text{jumlah benih mati}}{\text{jumlah benih contoh yang diujikan}} \times 100\%$$

3.5.5 Kecambah Normal Kuat (%)

Kecambah normal kuat yaitu kecambah normal yang memiliki pertumbuhan akar primer dan tajuk yang tumbuh normal dan kuat. Kecambah dapat dikatakan normal kuat apabila memiliki panjang tajuk dan panjang akar primer ≥ 3 cm yang diukur menggunakan mistar atau penggaris dan tumbuh dengan baik. Nilai kecambah normal kuat diperoleh dengan menghitung seluruh kecambah normal kuat yang diamati pada hari ke-4 setelah dikecambahkan. Persentase Kecambah Normal Kuat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{KNK (\%)} = \frac{\text{jumlah kecambah normal kuat}}{\text{jumlah benih contoh yang diujikan}} \times 100\%$$

3.5.6 Panjang Akar Primer Kecambah Normal (cm)

Panjang akar primer kecambah normal yaitu panjang akar utama dari kecambah normal yang diukur dari pangkal akar yang melekat pada benih hingga ke ujung akar primer menggunakan mistar atau penggaris. Pengamatan panjang akar primer kecambah normal dilakukan dengan mengambil sepuluh kecambah normal secara acak dari hasil 50 butir benih yang dikecambahkan pada hari ke-4 setelah

perkecambahan untuk kemudian diukur panjang akar primernya. Nilai panjang akar primer yang telah diperoleh kemudian dirata-ratakan.

3.5.7 Panjang Tajuk Kecambah Normal (cm)

Panjang tajuk kecambah normal yaitu panjang tajuk kecambah normal yang diukur dari pangkal tajuk yang melekat pada benih hingga ke ujung tajuk menggunakan mistar atau penggaris. Pengamatan panjang tajuk kecambah normal dilakukan pada sepuluh sampel kecambah normal yang sama dengan saat pengukuran panjang akar primer kecambah normal (PAPKN). Nilai panjang tajuk yang telah diperoleh kemudian dirata-ratakan.

3.5.8 Bobot Kering Kecambah Normal (mg)

Bobot kering kecambah normal diperoleh dengan mengambil sepuluh sampel kecambah yang sama dengan 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). Sepuluh sampel tersebut kotiledonnya dibuang dan ditimbang menggunakan timbangan analitik untuk mengetahui bobot basah kecambah, kemudian kecambah dimasukkan ke dalam amplop. 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 bobot kering kecambah normal yang digunakan yaitu miligram (mg) dan bobot kering kecambah normal dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

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

3.5.9 Kadar Air Benih (%)

Pengukuran kadar air benih dilakukan dua kali, yaitu sebelum dilakukan *priming* dan setelah dilakukan perendaman dalam larutan *priming*. Kadar air benih diukur dengan metode langsung yaitu dengan cara ditimbang 15 butir benih sorgum menggunakan timbangan analitik untuk setiap genotipe sebagai bobot basah sebelum dioven, selanjutnya benih dimasukkan ke dalam amplop kecil dan dioven dengan oven tipe *memmert* dengan suhu 80°C selama 3x24 jam agar kandungan air dalam benih berkurang. Setelah itu benih dikeluarkan dari amplop dan ditimbang untuk mengetahui bobot keringnya. Perhitungan kadar air benih dihitung dengan rumus:

$$KA (\%) = \frac{\text{Bobot basah sampel} - \text{bobot kering sampel}}{\text{bobot basah sampel}} \times 100\%$$

3.5.10 Daya Hantar Listrik ($\mu\text{S}/\text{cm g}$)

Benih yang digunakan untuk mengukur daya hantar listrik setiap perlakuan yaitu 50 butir yang kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik untuk memperoleh bobot benih. Kemudian benih direndam dalam aquades sebanyak 50 mL selama 24 jam dan disimpan di suhu ruang. Kemudian air rendaman diukur menggunakan alat *conductivity meter* untuk mengukur daya hantar listrik pada benih yang direndam larutan perlakuan, daya hantar listrik yang muncul akan menggambarkan tingkat kebocoran sel pada benih. Pengujian daya hantar listrik dilakukan pada benih sebelum dilakukan *priming* dan benih yang sudah dilakukan *priming*. Satuan perhitungan pada Daya Hantar Listrik (DHL) yaitu $\mu\text{S}/\text{cm g}$. Rumus yang digunakan untuk mengukur DHL yaitu:

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

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Konsentrasi optimum GA_3 pada kelima genotipe berbeda, Genotipe GH-8 mencapai konsentrasi optimum GA_3 pada 95,25 ppm, Genotipe Kawali pada 54,85 ppm, Genotipe P/I 150-21-A Cymit pada konsentrasi 51,87 ppm, Genotipe PF-10/90-A pada konsentrasi 41,69 ppm, dan Genotipe Suri pada konsentrasi 84,86 ppm.
2. Konsentrasi optimum $CaCl_2$ pada kelima genotipe berbeda, Genotipe GH-8 mencapai konsentrasi optimum $CaCl_2$ pada konsentrasi 68,1, Genotipe Kawali pada konsentrasi 99,3 mM, Genotipe P/I 150-21-A Cymit pada konsentrasi 80,2 mM, Genotipe PF-10/90-A pada konsentrasi 80,1 mM, dan Genotipe Suri pada konsentrasi 124,1 mM.
3. Perbedaan genotipe berpengaruh terhadap efektifitas perkecambahan karena perbedaan karakter fisik dan kimia pada setiap genotipe, sehingga setelah dilakukan *priming* menggunakan larutan GA_3 dan $CaCl_2$ menghasilkan konsentrasi optimum dan persentase kecambah normal total, kecepatan perkecambahan, benih mati, kecambah abnormal, kadar air, dan nilai daya hantar listrik yang berbeda.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, penulis menyarankan agar dilakukan analisis Malondialdehyde (MDA) untuk mengetahui tingkat perbaikan kerusakan oksidatif pada membran sel yang mempengaruhi viabilitas dan kualitas benih.

DAFTAR PUSTAKA

- Afzal, I., Butt, A., Rehman, H.U., Basra, S.M.A., and Afzal, A. 2012. Alleviation of salt stress in fine aromatic rice by seed priming. *Aust J. Crop Sci.* 6(10):1401-1407.
- Agustiansyah, Timotiwu, P.B., dan Pramono, E. 2022. Pengaruh *priming* pada benih cabai yang sudah kedaluwarsa dan belum kedaluwarsa yang disemai pada media tanah masam. *Jurnal Agrotek Tropika.* 10(2): 211-217.
- Agustiansyah., Timotiwu, P.B., dan Lutfiah, N. 2021. Efek *priming* terhadap vigor benih kedelai (*Glycine max* [L.] Merril.) yang dikecambahkan pada media dengan cekaman alumunium. *Jurnal Agro.* 8(2): 178-187.
- Anggraini, I.H., Kamal, M., Pramono, E., dan Setiawan, K. 2020. Pengaruh lama simpan pada vigor benih dan kecambah sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench.) genotipe kawali dan p/f-10-90a. *Jurnal Agrotek tropika.* 8(2): 327-335.
- Arief, R., Koes, F., and Komalasari, O. 2012. Effect of *priming* on seed vigor of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agrivita Journal of Agriculture Science.* 34(1): 50-55.
- Badan Pusat Statistik. 2023. *Statistik indonesia 2023.* Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Basra, S.M.A., Farooq, M., Tabassam, R., and Ahmad, N. 2005. Physiological and biochemical aspects of pre-sowing seed treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Sci. And Technology.* (33): 623-628.
- Basu, R. N. 1994, An appraisal of research on wet and dry physiological seed treatments and their applicability with special reference to tropical and subtropical countries. *Seed Science and Technology.* 22: 107-126.
- Bey, Y., Syafii, W., dan Ngafifah, N. 2005. Pengaruh pemberian giberelin pada media vacin dan went terhadap perkecambahan biji anggrek bulan (*Phalaenopsis amabilis* BI) secara in vitro. *Jurnal Biogenesis.* 1(2): 57-61.

- Chang-Zheng, H., Jin, H., Zhi-Yu, Z., Song-Lin, R., and Wen-Jian, S. 2002. Effect of seed *priming* with mixed-salt solution on germination and physiological characteristics of seedling in rice (*Oryza sativa* L.) under stress conditions. *Agric. Life Sci.* 28175-178.
- Copeland, L. O. dan McDonald, M.B. 2001. *Principles of Seed Science and Technology, 4th Edition*. Kluwer Academic Publishers. London.
- Dewi, R., Sutrisno, H., dan Nazirwan. 2013. Pemulihan deteriorasi benih kedelai (*Glycine max* L.) dengan aplikasi giberelin. *J. Penelitian Pertanian Terapan.* 13 (2): 116-122.
- Dirjen TPH (Direktorat Jendral Tanaman Pangan dan Hortikultura). 2000. *Pedoman Umum Analisa Mutu Benih*. Direktorat Bina Perbenihan.
- Doty, B.S., Schools, E.W., Rhonda, C., and Boe, A.A. 1985. Osmoconditioning and growth regulator seed treatment effect on sugarbeet yield. *Sugarbeet Research and Extension Report.* 16: 217.
- Earp, C., Mc Donough, C., and Rooney, L. 2004. Microscopy of pericarp development in the caryopsis of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Journal of Cereal Science.* 39(1):21-27
- Eid, R. A and Abouleila. 2006. *Response of Crotun Plant to Gibberelic Acid, Benzyl Adenine and Ascorbic Applicator*. Cairo.
- Farooq, M., Basra, S.M.A., and Wahid, A. 2006. *Priming* of field-sown rice seed enhances germination, seedling establishment, allometry and yield. *Plant Growth Regul.* 49: 285-294.
- Farooq, M., Basra, S.M.A., Rehman, H., Hussain, M., and Amanat, Y. 2007. Pre-sowing salicylic acid seed treatments improve the germination and early seedling growth in fine rice. *Pakistan J. Agric. Sci.* 44: 1-8
- Fujianti R, Wijaya, W., Wahyuni, S. 2018. Pengaruh perendaman pada berbagai konsentrasi larutan giberelin (GA₃) terhadap perkecambahan benih palem merah (*Cyrtostachys renda*). *Agroswagati J Agron.* 6(2):744–750.
- Gardner, F.P., Pearce, R.B., and Mitchel, R.I. 1991. *Physiology of Crop Plant (Fisiologi Tanaman Budidaya, alih bahasa H. Susilo)*. UI Press. Jakarta.
- Harrington, J.F. 1972. Seed storage and longevity. *Seed Biology.* 3: 145-240.
- Iqbal, M.A., Saleem, A.M., dan Ahmad, B. 2014. Effect of seed invigoration techniques on germination and seedling growth of chinese sweet sorghum. *J. of Advanced Botany and Zoology.* 2(2): 1-4.

- Jyoti and Malik, C.P. 2013. Seed deterioration. *Internasional Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Reasearch*. 2(3): 374-385.
- Kamal, M., Pramono, E., Hadi, M.S., dan Setiawan, K. 2021. *Pengaruh aplikasi giberelin terhadap daya kecambah benih sorgum (Sorghum bicolor [L.] Moench) yang telah mengalami kemunduran*. Laporan Hasil Penelitian Mandiri. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- Kamil, J. 1982. *Teknologi Benih 1*. Angkasa Raya. Padang.
- Khan, F. A., Narayan, S., Bhat, S. A., Murtuza, I., and Hussain, K. 2017. *Hydropriming -a useful technique for seed invigoration in okra (Abelmoschus esculentus) and parsley (Petroselinum crispum)*. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(3): 1792–1795.
- Koes, F dan Arif, R. 2013. *Penanganan pascapanen sorgum untuk mempertahankan mutu benih*. Prosiding Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia Ke-34: Pertanian-Bioindustri Berbasis Pangan Lokal Potensial.
- Kusumo, S. 1984. *Zat pengatur tumbuh tanaman*. Yasaguna. Jakarta.
- Lewar, Y., Heo, Y.H.D., dan Bunga, S.J. 2016. Kajian potensial osmotik dan durasi osmoconditioning terhadap daya hantar listrik dan kandungan kimia benih kacang merah yang telah mengalami deteriorasi. *Jurnal pertanian Terapan*. 21 (2): 293-303.
- Lutts, S., Benicasa, P., Wojtyla, L., Kubala, S., Pace, R., Lechowska, K., Quinet, M., and Garnczarska, M. 2016. Seed Priming: New Comprehensive Approaches for an Old Emprical Technique. *INTECH*. Belgium.
- Maryeta, M. 2021. Pengaruh *priming* pada dua lot benih cabai (*Capsicum spp.*) yang dikecambahkan pada kondisi cekaman aluminium. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- Murtini, E.S. dan Sabila, N. F., 2021. *Tanaman Sorgum*, dalam E. S. Murtini (Ed). *Sorgum dan Pemanfaatannya dalam Industri Pangan*. hal. 1-9. FTP-UB Press. Universitas Brawijaya. Malang.
- Nugraheni, F.T., Haryanti, S., dan Prihastanti, E. 2018. Pengaruh perbedaan kedalaman tanam dan volume air terhadap perkecambahan dan pertumbuhan benih sorgum (*Sorghum bicolor [L.] Moench*). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 3(2): 223-232.
- Octariani, R. 2023. Pengaruh konsentrasi giberelin dan lama perendaman terhadap invigorasi benih sorgum (*Sorghum bicolor [L.] Moench*) genotipe Marapi. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Andalas. Padang.

- Pabendon, M.B., Mas'ud, S., Sarungallo, R.S., dan Amin, N. 2013. Penampilan fenotipik dan stabilitas sorgum manis untuk bahan baku bioetanol. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 31 (1): 60-69.
- Pabendon, M.B., Santoso, S.B., dan Agrosubekti, N. 2013. Prospek sorgum manis sebagai bahan baku bioetanol. *J. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 31(1): 60-69.
- Pangastuti, D., Setiawan, K., Pramono, E., dan Sa'diyah, N. 2019. Pengaruh suhu ruang dan lama penyimpanan terhadap vigor benih dan kecambah sorgum varietas super-2. *Jurnal Agrotek Tropika*. 7 (3): 443-449.
- Pertiwi, N.M., Tahir, M., Same, M. 2016. Respons pertumbuhan benih kopi robusta terhadap waktu perendaman dan konsentrasi giberelin (GA₃). *J Agro Ind Perkeb*. 4(1):1-11.
- Pill, W. G., and Necker, A. D. 2001. The effects of seed treatments on germination and establishment of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.). *Seed Science and Technology*. 29(1): 65-72.
- Pramono, E. 2020. Kajian genotipe, sistem pertanaman, produktivitas, viabilitas, potensial hama sitofilus (*Sitophilus* sp.), dan daya simpan benih sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench.). *Disertasi*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Purwanti, S. 2004. Kajian suhu ruang simpan terhadap kualitas benih kedelai hitam dan kedelai kuning. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 11(1): 22-31.
- Putri, Y. 2021. Efek lama perendaman dan konsentrasi CaCl₂ sebagai *osmopriming* pada kinerja perkecambahan benih sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench). *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- Reis, R. G. E., Silva, H.P., Neves, J.M.G., and Guimaraes, R.M. 2013. Physiological quality of osmoprimed gherkin seeds. *Journal of Seed Science*. 35 (3): 368-373.
- Rini, D.S., Mustikoweni, dan Surtiningsih. 2005. Respon perkecambahan benih sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench.) terhadap perlakuan *osmoconditioning* dalam mengatasi cekaman salinitas. *Jurnal Biologi*. 7(6): 307-313.
- Rouhi H.R., Surki, A.A., Sharif-Zadeh, F., Afshari R.T., Aboutalebian M.A, dan Ahmadvand, G. 2011. Study of different *priming* treatments on germination traits of soybean seed lots. *Notulae Sci Biol*. 3(1): 101-108.
- Ruan, S., Xue, Q., Tylkowska, K. 2002. The influence of priming on germination of rice (*Oryza sativa* L.) seeds and seedling emergence and performance in flooded soil. *Seed Sci. Technol*. 30: 61-67.

- Sabehat, A. and Naftaly, Z. 1994. GA₃ effects on postharvest alterations in cell membranes of rose (*Rosa x Hybrida*) petals. *J. Plant Physiol.* 44: 513-517.
- Sadjad, S. 1972. Kertas Merang Untuk Uji Kualitas Benih di Indonesia. *Disertasi*. Fakultas Pasca Sarjana, IPB. Bogor.
- Sadjad, S. 1981. Peranan benih dalam usaha pengembangan palawija. *Jurnal Agronomi*. 12 (1) : 12-15.
- Sadjad, S. 1993. *Dari Benih Kepada Benih*. PT Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta.
- Sadjad, S., Murniati., dan Ilyas, S. 1999. *Parameter Pengujian Vigor Benih: Dari Komparatif ke Simulatif*. Gramedia Widiasarana. Jakarta.
- Salisbury, F.B. and Ross, C.W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid III*. Penerjemah: Kisman, S. Dan S.Ibrahim. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Sari, H.P., Chairani, H., dan Charloq. 2014. Daya kecambah dan pertumbuhan *Mucuna bracteate* melalui pematangan dormansi dan pemberian zat pengatur tumbuh giberelin (GA₃). *Jurnal Online Agroteknologi*. 2(2): 630-644.
- Saryoko. 2011. Sistem penyediaan benih dan teknologi invigorasi untuk mendukung ketersediaan benih kedelai bermutu di Provinsi Banten. *Tesis*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Shehzad, M., Ayub, M., Ahmad, A.U.H., and Yaseen, M. 2012. Influence of priming techniques on emergence and seedling growth of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *The journal of Animal & Plant Sciences*, 22 (1): 154-158.
- Sirappa, M.P. 2003. Prospek Pengembangan Sorgum di Indonesia Sebagai Komoditas Alternatif untuk Pangan, Pakan dan Industri. *Jurnal Litbang Pertanian*. 22: 133-140.
- Soujanya, J., Bara, B.M., Rai, P.K., and Pal, A.K. 2022. Impact of salinity on germination percentage and seedling growth in sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) var. CSH-14. *Biological Forum- An International Journal*. 14(4): 198-202.
- Suraida, S. Dan Violita. 2024. Pengaruh penyemprotan giberelin (GA₃) terhadap pertumbuhan tanaman padi (*Oryza sativa* L.) pada kondisi cekaman salinitas. *J. Pendidikan Tambusai*. 8(1): 10862-10871.
- Sutariati, G.A.K., Zul'aiza., S. Darsan., L. M. A. Karsa., S. Wangadi, dan L. Mudi. 2014. Invigorasi benih padi gogo lokal untuk meningkatkan vigor dan

- mengatasi permasalahan dormansi fisiologis pascapanen. *Jurnal Agroteknos.* 4(1): hal 10-17.
- Sutariati, K. G. 2002. *Peningkatan performansi benih cabai (Capsicum annum L) dengan perlakuan invigorasi benih.* Makalah Pengantar Falsafah Sains (PPS702) Program Pasca Sarjana/S3 IPB. Bogor.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2010. *Plant Physiology 3rd Editions.* Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland. Massachusetts.
- Tetuko, K.A., Sarjana, P., dan Munifatul, I. 2015. Pengaruh kombinasi hormon tumbuh giberelin dan auksin terhadap perkecambahan biji dan pertumbuhan tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Mull. Arg.). *Jurnal Biologi.* 4 (1): 61-72.
- Ulya, P.D., Slamet, W., dan Karno. 2020. Pertumbuhan dan hasil tanaman cabai keriting (*Capsicum annum* L.) pada konsentrasi dan lama perendaman giberelin yang berbeda. *Jurnal Agro Complex.* 4(1): 23–31.
- Un, viktorius., Siti, F., Sama., dan Iradat, T. 2018. Pengaruh jenis zat pengatur tumbuh terhadap perkecambahan benih cendana (*Santalum album* Linn.). *Indonesia Green Technology Journal.* 7(1): 27-34.
- Varshini, P.S., Bayyapu, R., Radhika, K., dan Saida, N. 2018. Influence of seed invigoration treatments on germination and vigor of chickpea. *J. of Pharmacognosy and Phytochemistry.* 7(5): 2837-2840.
- Vishwas, S., Chaurasia, A.K., Bineeta, M.B., Ashim, D., Neeraj, N.P., Brunda, K., and Rahu, S. 2017. Effect of priming on germination and seedling establishment of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *J. of Pharmacognosy and Phytochemistry.* 6(4): 72-74.
- Widiastuti, M. L. dan S. Wahyuni. 2020. Penerapan teknik invigorasi dalam meningkatkan vigor benih padi. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian.* 39(2): 96 -104.
- Xia F. S., Chen, L.L., Yan, H.F., Sun, Y., Li, M.L, and Mao, P.S. 2016. Antioxidant and ultrastructural responses to *priming* with PEG in aged, ultra-dry oat seed. *Seed Sci. & Technology.* 44: 556-568.
- Yagmur, M and Kaydan, D. 2008. Alleviation of osmotic stress of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. *African Journal and Biolotechnology.* 7(13): 2156- 2162
- Yunus, A., Arifiya, Q., Puji, H., dan Bambang, P. 2001. Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman GA₃ terhadap perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit johar (*Cassia seamea*). *Agrotechnology Research Journal.* 5(1): 1-6.