

THE EFFECT OF STORAGE PERIOD ON SEED VIABILITY SORGHUM VARIETY OF SAMURAI-2 HARVESTED FROM PLANTS FERTILIZED WITH DIFFERENT $ZnSO_4$ APPLICATION METHODS

PENGARUH LAMA SIMPAN PADA VIABILITAS BENIH SORGHUM VARIETAS SAMURAI-2 YANG DIPANEN DARI PERTANAMAN YANG DIPUPUK $ZnSO_4$ DENGAN CARA APLIKASI BERBEDA

Lutvia Abella Sari¹, Eko Pramono^{1*}, Muhammad Kamal¹, dan Muhammad Syamsol Hadi¹

¹ Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

* Corresponding Author E-mail address: pramono.e61@gmail.com

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: January, 29th 2026
Direvisi: Februari, 12nd 2026
Disetujui: April, 1st 2026

KEYWORDS:

Deterioration, Sorghum Seed, Storage Period, Viability, $ZnSO_4$

KATA KUNCI:

Benih Sorgum, Deteriorasi Lama Simpan, Viabilitas, $ZnSO_4$

ABSTRACT

Sorghum (Sorghum bicolor [L.] Moench) Samurai-2 variety is one of the alternative food crops that can be cultivated in dry land. The longer the seeds are stored, the faster their viability will decrease due to the deterioration process. Zn acts as a cofactor for antioxidant enzymes, such as Cu/Zn-Superoxide Dismutase (SOD), which functions in reducing free radicals and suppressing the rate of oxidative damage. This study aims to determine the viability of sorghum seeds harvested from crops fertilized with $ZnSO_4$ with different application methods. This study was conducted at the Seed and Plant Breeding Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung, in December 2024-December 2025. The study used a split plot in time design with four blocks as replications. The main factor was the method of $ZnSO_4$ application (z_1 : control, z_2 : seed priming 0.5%, z_3 : seed priming 0.5% + foliar spray 2 kg/ha generative phase). The subplot factor was storage time (0, 2, 4, 6, 8, 10, and 12 months) at room temperature ($27.9 \pm 0.5^\circ C$). The results showed a significant interaction between $ZnSO_4$ application and storage time on the variables of total normal germination, abnormal germination, non-germination seeds, shoot length, and dry weight of normal germination. $ZnSO_4$ application through the seed priming + foliar spray method (z_3) was able to maintain seed viability as indicated by the percentage of total normal germination (65.00%) and non-germination seeds (32.21%) compared to the control (z_1) and seed priming (z_2). Seed viability decreased after 6 months of storage and decreased significantly to 0% at 12 months of storage.

ABSTRAK

Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) varietas Samurai-2 merupakan salah satu tanaman pangan alternatif yang bisa dibudidayakan di lahan kering. Benih yang semakin lama disimpan viabilitasnya akan cepat menurun akibat proses deteriorasi. Zn berperan sebagai kofaktor enzim antioksidan, seperti Cu/Zn-Superoksida Dismutase (SOD), yang berfungsi dalam mereduksi radikal bebas dan menekan laju kerusakan oksidatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui viabilitas benih sorgum yang dipanen dari pertanaman yang dipupuk $ZnSO_4$ dengan cara aplikasi berbeda. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Benih dan Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, pada Desember 2024–Desember 2025. Penelitian menggunakan rancangan *split plot in time* dengan empat blok sebagai ulangan. Faktor utama adalah cara aplikasi $ZnSO_4$ (z_1 : kontrol, z_2 : *seed priming* 0,5%, z_3 : *seed priming* 0,5% + *foliar spray* 2 kg/ha fase generatif). Faktor anak petak adalah lama simpan (0, 2, 4, 6, 8, 10, dan 12 bulan) pada suhu kamar ($27,9 \pm 0,5^\circ C$). Hasil penelitian menunjukkan adanya interaksi nyata antara aplikasi $ZnSO_4$ dan lama simpan pada variabel kecambah normal total, kecambah abnormal, benih tidak berkecambah, panjang tajuk, dan bobot kering kecambah normal. Aplikasi $ZnSO_4$ melalui metode *seed priming* + *foliar spray* (z_3) mampu mempertahankan viabilitas benih yang ditunjukkan dengan persentase kecambah normal total (65,00%) dan benih tidak berkecambah (32,21%) dibandingkan kontrol (z_1) dan *seed priming* (z_2). Viabilitas benih menurun setelah penyimpanan 6 bulan dan menurun secara signifikan hingga mencapai 0% pada penyimpanan 12 bulan.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan pangan sebagai sumber energi utama merupakan hal yang harus dipenuhi bagi setiap individu. Ketersediaan pangan merupakan aspek yang sangat krusial karena sangat berpengaruh terhadap stabilitas ketahanan pangan nasional. Beras merupakan makanan pokok bagi mayoritas penduduk di Indonesia. Namun, ada beragam jenis tanaman pangan lain yang berpotensi dijadikan sebagai bahan pangan alternatif pengganti beras, salah satunya adalah tanaman sorgum.

Sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) merupakan salah satu tanaman pangan yang termasuk kedalam kelompok tanaman serealia. Sorgum dijadikan sebagai bahan pangan alternatif karena kandungan nutrisinya yang lengkap seperti karbohidrat, protein, lemak, mineral, kalsium, fosfor, zat besi, serta vitamin B1. Menurut Widowati (2010), biji sorgum juga kaya akan mineral esensial seperti P, Mg, Ca, Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, dan Cr. Menurut Susilowati dan Saliem (2013), tanaman sorgum mampu menghasilkan biji dan biomassa yang tinggi, daya adaptasinya yang luas karena dapat tumbuh diberbagai kondisi lahan, toleran terhadap cekaman kekeringan, tanah salin, lahan tergenang, serta dapat menghasilkan tanaman ratun. Sorgum varietas Samurai-2 memiliki potensi dalam menghasilkan produktivitas yang tinggi serta memiliki karakter agronomi yang adaptif dibandingkan dengan varietas unggul lainnya. Namun, hal tersebut tidak sesuai dengan produksi sorgum di dalam negeri yang masih tergolong rendah, sehingga diperlukan upaya dalam meningkatkan produktivitas tanaman sorgum.

Rendahnya produksi sorgum di Indonesia diakibatkan oleh penggunaan benih yang tidak bermutu. Penggunaan benih bermutu menjadi faktor yang sangat penting dalam menunjang keberhasilan budidaya tanaman. Menurut Ashar *et al.* (2024), benih yang bermutu adalah benih yang sudah memenuhi standar mutu benih seperti mutu fisik, mutu fisiologis, dan mutu genetik. Salah satu tantangan besar dalam produksi benih adalah menjaga viabilitas dan vigor benih selama periode penyimpanan yang relatif panjang. Semakin lama benih disimpan, secara alami akan mengalami proses deteriorasi yang mengakibatkan daya kecambah benih menjadi menurun. Kemunduran benih dapat disebabkan oleh berbagai faktor eksternal maupun faktor internal yang ada pada benih itu sendiri. Penurunan viabilitas benih dapat terjadi karena meningkatnya laju respirasi yang terjadi selama penyimpanan. Kondisi tersebut dapat merombak cadangan makanan yang ada di dalam benih sehingga merusak komponen benih, seperti peroksidasi lipid pada membran sel dan menurunkan kinerja enzim antioksidan yang berpengaruh terhadap hilangnya viabilitas benih (Triati, 2025).

Salah satu upaya dalam meningkatkan kualitas benih adalah dengan memperbaiki unsur hara mikro, khususnya unsur Zn. Zn memiliki peran sebagai antioksidan pada tanaman. Ketersediaan Zn yang cukup pada tanaman dapat membantu dalam pembentukan embrio benih yang lebih matang serta akumulasi cadangan makanan yang optimal dalam benih. Zn juga berperan sebagai kofaktor enzim antioksidan, seperti *Cu/Zn-Superoksida Dismutase (SOD)* yang berfungsi dalam mereduksi radikal bebas dan menekan laju kerusakan oksidatif (Nurkhasanah *et al.*, 2023). Aplikasi $ZnSO_4$ dapat dilakukan melalui *seed priming* maupun penyemprotan melalui daun (Farooq *et al.*, 2012). Kedua cara tersebut memiliki perbedaan dalam menyerap serta mentranslokasikan $ZnSO_4$ ke dalam jaringan benih. Benih yang diberi perlakuan $ZnSO_4$ memiliki kemampuan berkecambah dengan baik dan mampu meningkatkan daya pertumbuhan. Zn yang terkandung dalam benih dapat memperlambat proses penuaan benih dan mempertahankan membran sel selama penyimpanan.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Benih dan Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dari bulan Desember 2024-Desember 2025.

2.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *seed counter*, oven tipe *Memmert*, timbangan analitik, germinator IPB 73-2A/B, cawan, alat semprot, drigen, gunting, nampan plastik, gelas plastik, alat pengempa kertas, *conductivity meter* tipe *Eutech Con 150*, penggaris, dan alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan adalah benih sorgum varietas Samurai-2 yang di panen pada bulan September 2024 dari pertanaman yang telah diberi aplikasi $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ dan disimpan selama 3 bulan pada suhu $16^\circ C$, aquades, kertas buram berukuran $21,5 \times 33$, plastik klip, kertas label, karet gelang, plastik polietilen, dan *tissue*.

2.3 Rancangan dan Analisis

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan dua faktor dalam *Split-Plot in Time*, yang terdapat 4 blok sebagai ulangan. Perlakuan disusun secara faktorial (7×3). Faktor utama adalah cara aplikasi $ZnSO_4$ (Z) yang terdiri dari tiga taraf yaitu (z_1) Pertanaman sorgum tanpa aplikasi $ZnSO_4$ (kontrol), (z_2) *Seed Priming* larutan 0,5% $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ dengan merendam benih sorgum selama 12 jam, dan (z_3) *Seed Priming* larutan 0,5% $ZnSO_4 \cdot 7H_2O + Foliar Spray$ periode generatif. Faktor kedua adalah lama simpan benih (L) yang memiliki 7 taraf yaitu, (l_1) 0 bulan, (l_2) 2 bulan, (l_3) 4 bulan, (l_4) 6 bulan, (l_5) 8 bulan, (l_6) 10 bulan, dan (l_7) 12 bulan sehingga mendapat total 84 satuan percobaan.

2.4 Pelaksanaan Penelitian

Benih sorgum varietas Samurai-2 disimpan dalam loker tanpa Ac, bersuhu kamar $27,9 \pm 0,5^\circ C$ yang dikemas menggunakan plastik klip. Benih yang disimpan tersebut kemudian dilakukan pengujian viabilitas pada 0, 2, 4, 6, 8, 10, dan 12 bulan.

Viabilitas benih di evaluasi melalui Uji Kecepatan Perkecambahan (UKP) dan Uji Keserampakan Perkecambahan (UKsP). Menurut Pramono et al. (2025), pelaksanaan Uji Kecepatan Perkecambahan (UKP) dimulai dengan melembabkan 5 lembar kertas merang. Kemudian susun 50 butir benih sorgum varietas Samurai-2 secara zig zag di atas 3 lembar kertas merang yang telah dilapisi plastik dan tutup dengan 2 lembar kertas merang. Selanjutnya gulung benih secara perlahan kemudian ikat menggunakan karet dan beri label sesuai dengan perlakuan dan ulangan. Gulungan benih tersebut diletakkan ke dalam germinator tipe IPB 73 2A/B untuk proses perkecambahan. Uji Kecepatan Perkecambahan (UKP) diamati pada 2, 3, 4, dan 5 hari setelah perkecambahan (HSP) dengan variabel yang diamati meliputi Kecepatan Perkecambahan (KP), Kecambah Normal Total (KNT) yang dicirikan telah memiliki akar primer dan tajuk masing-masing berukuran ≥ 5 cm, Kecambah Abnormal (KAN), dan Benih Tidak Berkecambah (BTB).

Pelaksanaan Uji Keserampakan Perkecambahan (UKsP) menggunakan metode yang sama dengan Uji Kecepatan Perkecambahan (UKP), namun pengamatannya dilakukan pada 4 HSP. Variabel pengamatan yang diamati yaitu Kecambah Normal Kuat (KNK), Kecambah Normal

Lemah (KNL) dengan kriteria panjang tajuk dan akar primer masing-masing sudah berukuran ≥ 5 cm, Panjang Tajuk Kecambah Normal (PTKN), Panjang Akar Primer Kecambah Normal (PAPKN) yang diambil sebanyak 10 sampel secara acak, serta Bobot Kering Kecambah Normal (BKKN) yang diperoleh dari 10 sampel PTKN dan PAPKN yang sudah dipisahkan dari kotiledonnya kemudian dimasukkan kedalam amplop dan di oven dengan suhu 80°C selama 3×24 jam kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik (Pramono et al., 2025).

Pengujian kadar air benih menggunakan benih sebanyak 20 butir yang kemudian dimasukkan ke dalam amplop. Sebelum dioven, benih ditimbang terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai bobot awal benih. Benih yang sudah diketahui nilai bobot awalnya kemudian dikeringkan dalam oven tipe *Memmert* untuk selama 3×24 jam pada suhu oven 80°C lalu dilakukan penimbangan kembali untuk mengetahui bobot akhir setelah pengeringan. Sedangkan pengujian daya hantar listrik yaitu dilakukan dengan merendam 50 butir benih ke dalam 50 mL aquades dalam gelas plastik selama 24 jam. Sebelum perendaman, 50 butir benih tersebut ditimbang terlebih dahulu menggunakan timbangan analitik. Air rendaman benih yang telah didiamkan selama 24 jam tersebut kemudian diukur menggunakan alat *conductivity meter* tipe *Eutech Con 150*. Dalam pengujian ini juga mengukur konduktivitas aquades sebagai blanko sebanyak 50 mL aquades (Pramono et al., 2025).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai probabilitas hasil Uji Homogenitas, Uji Nonaditivitas, dan Analisis Ragam pengaruh cara aplikasi ZnSO_4 (Z), lama simpan (L), dan interaksi ($P \times L$) terhadap seluruh variable pengamatan yang tersajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Probabilitas (P) uji homogenitas, uji non-aditifitas, dan analisis ragam setiap variabel pengamatan

Variabel Pengamatan	Uji Bartlett	Uji Tukey	Analisis Ragam		
			Z	L	Z \times L
KP (%/hari)	0,09	0,77	0,11 tn	0,00**	0,09 tn
KNT (%)	0,06	0,67	0,04*	0,00**	0,02*
KAN (%)	0,63	0,65	0,00**	0,00**	0,00**
BTB (%)	0,12	0,79	0,00**	0,00**	0,00**
KNK (Arcsin \sqrt{x})	0,27	0,36	0,39 tn	0,00**	0,97 tn
KNL (%)	0,49	0,92	0,55 tn	0,00**	0,98 tn
PTKN (cm)	0,88	0,31	0,05 tn	0,00**	0,02*
PAPKN (cm)	0,92	0,09	0,02*	0,00**	0,23 tn
BKKN (mg)	0,66	0,67	0,00**	0,00**	0,02*
KA (%)	0,12	0,42	0,14 tn	0,00**	0,90 tn
DHL ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}/50$ mL)	0,25	0,56	0,30 tn	0,00**	0,13 tn

Keterangan : Z = Perlakuan cara aplikasi ZnSO_4 , L= Lama simpan benih, Z \times L= Pengaruh interaksi antara perlakuan ZnSO_4 dan lama simpan benih, tn = Tidak berbeda nyata pada $\alpha = 0,05$, * = Berbeda nyata pada $\alpha = 0,05$, ** = Berbeda sangat nyata pada $\alpha = 0,05$. KP= Kecepatan Perkecambahan, KNT= Kecambah Normal Total, KAN= Kecambah Abnormal, BTB= Benih Tidak Berkecambah, KNK= Kecambah Normal Kuat, KNL= Kecambah Normal Lemah, PTKN= Panjang Tajuk Kecambah Normal, PAPKN= Panjang Akar Primer Kecambah Normal, BKKN= Bobot Kering Kecambah Normal, KA= Kadar Air, DHL= Daya Hantar Listrik.

Hasil pada (Tabel 1), uji homogenitas dan non-aditivitas menunjukkan bahwa seluruh variabel memiliki nilai $P \geq 0,05$ menyatakan bahwa data tersebut bersifat homogen dan aditif. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa cara aplikasi $ZnSO_4$ memberikan pengaruh yang nyata hingga sangat nyata pada beberapa variable. Namun, pada variabel kecepatan perkecambahan, persentase kecambah normal kuat, persentase kecambah normal lemah, panjang tajuk kecambah normal, persentase kadar air, dan nilai daya hantar listrik tidak nyata. Berbeda dengan lama penyimpanan yang menunjukkan pengaruh sangat nyata terhadap seluruh variabel pengamatan. Sementara itu, interaksi antara cara aplikasi $ZnSO_4$ dan lama simpan berpengaruh nyata hingga sangat nyata pada variabel persentase kecambah normal total, persentase kecambah abnormal, persentase benih tidak berkecambah, panjang tajuk kecambah normal, dan bobot kering kecambah normal, tetapi pada persentase kecepatan perkecambahan, persentase kecambah normal kuat, persentase kecambah normal lemah, Panjang akar primer kecambah normal, persentase kadar air, dan nilai daya hantar listrik tidak berbeda nyata.

3.1 Pengaruh Cara Aplikasi $ZnSO_4$

Hasil penelitian menunjukkan bahwa cara aplikasi $ZnSO_4$ yang berbeda memberikan pengaruh yang bervariasi pada setiap variabel. Pengaruh cara aplikasi $ZnSO_4$ disajikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh cara aplikasi $ZnSO_4$ pada variabel kecepatan perkecambahan (KP), kecambah normal total (KNT), kecambah abnormal (KAN), benih tidak berkecambah (BTB), kecambah normal kuat (KNK), kecambah normal lemah (KNL), panjang tajuk kecambah normal (PTKN), panjang akar primer kecambah normal (PAPKN), bobot kering kecambah normal (BKKN), kadar air (KA), dan daya hantar listrik (DHL)

Variabel Pengamatan	Aplikasi $ZnSO_4$			BNJ 5%
	Kontrol	Seed Priming 0,5%	Seed Priming 0,5%+Foliar Spray Fase Generatif	
KP (%/hari)	20,93 a	20,52 a	21,12 a	1,23
KNT (%)	64,35 ab	63,07 b	65,00 a	3,44
KAN (%)	2,92 a	1,42 b	2,78 a	1,04
BTB (%)	32,64 b	35,21 a	32,21 b	3,22
KNK (Arcsin \sqrt{x})	53,69 a	52,65 a	54,54 a	5,15
KNL (%)	1,85 a	1,71 a	2,42 a	2,01
PTKN (cm)	9,14 a	8,70 b	8,97 b	0,51
PAPKN (cm)	7,68 a	7,24 b	7,71 a	0,51
BKKN (mg/kecambah)	6,30 a	5,76 b	5,99 b	0,38
KA (%)	10,57 a	10,89 a	10,58 a	0,64
DHL ($\mu S/cm/g/mL$)	0,79 a	0,77 a	0,76 a	0,05

Keterangan : Nilai tengah yang diikuti huruf yang sama dalam baris tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%. KP= Kecepatan Perkecambahan, KNT= Kecambah Normal Total, KAN= Kecambah Abnormal, BTB= Benih Tidak Berkecambah, KNK= Kecambah Normal Kuat, KNL= Kecambah Normal Lemah, PTKN= Panjang Tajuk Kecambah Normal, PAPKN= Panjang Akar Primer Kecambah Normal, BKKN= Bobot Kering Kecambah Normal, KA= Kadar Air, DHL= Daya Hantar Listrik.

Hasil menunjukkan bahwa perbedaan cara aplikasi $ZnSO_4$ memengaruhi viabilitas benih sorgum varietas Samurai-2. Perlakuan aplikasi $ZnSO_4$ dengan kombinasi perlakuan *seed priming* 0,5%+*foliar spray* fase generatif memberikan hasil yang terbaik. Kombinasi perlakuan ini membuat benih mendapatkan nutrisi Zn sebanyak dua kali yaitu pertama melalui metode *seed*

priming dan mendapatkan nutrisi secara langsung yang diserap oleh stomata melalui metode *foliar spray*. Pada metode ini $ZnSO_4$ diaplikasikan pada fase generatif dimana pada fase ini adalah fase pembentukan bunga dan pengisian biji sehingga ketika $ZnSO_4$ diaplikasikan ke tanaman dapat langsung diserap melalui daun dan kemudian ditranslokasikan menuju organ reproduktif tanaman, sehingga mampu meningkatkan akumulasi Zn dalam benih yang sedang berkembang.

Dapat dilihat bahwa perlakuan *seed priming* 0,5%+*foliar spray* fase generatif menunjukkan peningkatan persentase kecambah normal total tertinggi (65,00%) dan persentase benih tidak berkecambah yang relatif rendah (32,21%). Hal ini dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan oleh Agustiansyah et al. (2024) bahwa benih jagung Srikandi Ungu yang diberi perlakuan kombinasi *seed priming* larutan zinc 0,5% dengan penyemprotan zinc 0,5% pada 30 HST mampu meningkatkan daya kecambah, kecepatan perkecambahan, keserempakan tumbuh benih, dan indeks vigor dibandingkan perlakuan lainnya. Viabilitas benih menunjukkan adanya daya hidup benih dan keberadaan enzim yang mampu mengkatalis reaksi metabolisme yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Ilyas, 2018). Menurut Nurkhasanah et al. (2023), unsur Zn juga memiliki peran sebagai kofaktor enzim antioksidan, seperti Cu/Zn-Superoxida Dismutase (SOD), yang berfungsi dalam mereduksi radikal bebas dan menekan laju kerusakan oksidatif sehingga dapat meningkatkan daya kecambah benih.

3.2 Pengaruh Lama Simpan

Pengaruh lama penyimpanan terhadap seluruh variabel pengamatan tersaji dalam Tabel 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa durasi penyimpanan berpengaruh terhadap penurunan viabilitas benih sorgum varietas Samurai-2 yang ditandai dengan berkurangnya indeks perkecambahan benih. Kondisi ini terjadi karena benih mengalami proses deteriorasi secara alamiah selama masa penyimpanan. Hal ini dapat dilihat pada (Tabel 3) bahwa berdasarkan uji BNJ 5% titik kritis penurunan viabilitas benih sorgum mulai nyata pada lama simpan 6 bulan, namun ketika disimpan 8 bulan viabilitas benih mengalami penurunan yang signifikan dan berbeda nyata. Pengaruh lama simpan menyebabkan penurunan viabilitas benih setelah disimpan selama 12 bulan. Hal ini dapat dibuktikan dengan adanya penurunan kecepatan perkecambahan, persentase kecambah normal, kecambah normal kuat, dan kecambah normal lemah serta adanya peningkatan pada kecambah abnormal, benih tidak berkecambah, dan persentase kadar air benih.

Tabel 3. Pengaruh lama simpan pada variabel kecepatan perkecambahan (KP), kecambah normal total (KNT), kecambah abnormal (KAN), benih tidak berkecambah (BTB), kecambah normal kuat (KNK), kecambah normal lemah (KNL), panjang tajuk kecambah normal (PTKN), panjang akar primer kecambah normal (PAPKN), bobot kering kecambah normal (BKKN), kadar air (KA), dan daya hantar listrik (DHL)

Variabel Pengamatan	Lama Simpan (Bulan)							BNJ 5%
	0	2	4	6	8	10	12	
KP (%/hari)	31,29 ab	31,93 a	31,66 a	30,09 b	20,09 c	0,95 d	0,00 d	1,72
KNT (%)	97,33 a	98,16 a	97,00 a	91,66 b	61,50 c	3,33 d	0,00 d	9,97
KAN (%)	0,66 c	0,83 c	0,83 c	1,00 c	4,33 b	8,50 a	0,50 c	1,83
BTB (%)	2,00 e	1,00 e	2,16 e	7,16 d	33,50 c	88,16 b	99,50 a	4,18
KNK (Arcsin \sqrt{x})	77,84 ab	82,00 a	76,57 ab	71,93 b	53,68 c	7,63 d	5,73 d	6,29
KNL (%)	3,83 a	1,83 ab	3,83 a	3,16 ab	0,83 ab	0,50 b	0,00 b	2,63
PTKN (cm)	11,10 d	11,69 cd	12,48 bc	12,85 b	13,85 a	0,61 e	0,00 e	1,06
PAPKN (cm)	9,91 ab	10,35 ab	10,77 ab	10,65 ab	10,45 ab	0,65 c	0,00 c	1,04
BKKN (mg/kecambah)	8,05 b	7,56 b	9,26 a	7,95 b	9,02 a	0,26 c	0,00 c	0,9
KA (%)	6,34 d	9,58 c	11,42 b	11,15 b	12,75 a	11,01 b	12,51 a	1,09

DHL ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}/\text{mL}$)	0,83 c	0,74 c	0,79 c	0,29 e	1,04 b	0,46 d	1,23 a	0,13
--	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	------

Keterangan : Nilai tengah yang diikuti huruf yang sama dalam baris menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa benih yang semakin lama disimpan maka benih tersebut akan mengalami proses deteriorasi yang disebabkan oleh kerusakan pada membran sel benih. Dapat dilihat pada (Tabel 3) bahwa benih mengalami penurunan persentase kecepatan perkecambah dan persentase kecambah normal total serta meningkatnya persentase benih tidak berkecambah, kadar air benih, dan daya hantar listrik benih. Hal ini disebabkan oleh cadangan makanan yang terdapat di dalam benih terus menerus dirombak dan digunakan untuk proses respirasi selama penyimpanan. Benih yang terus melakukan respirasi selama penyimpanan maka akan mengaktifkan enzim-enzim yang terdapat di dalam benih. Cadangan makanan akan semakin besar digunakan jika proses respirasi berlangsung dengan waktu yang lama. Menurut Mustika *et al.* (2014), laju respirasi yang terus meningkat dan disertai oleh kenaikan suhu akan menyebabkan aktifnya enzim antioksidan yang berada di dalam benih, sehingga terjadi perombakan cadangan makanan. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Irawati *et al.* (2019), proses respirasi akan menghasilkan alkohol yang dapat merusak membran sel benih dan menurunkan viabilitas benih jika terjadi secara terus menerus.

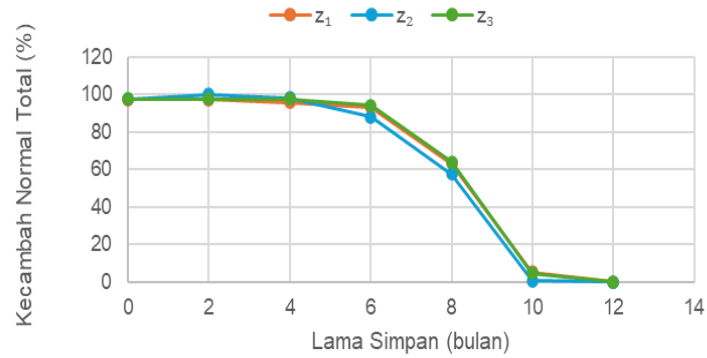
3.3 Pengaruh Interaksi Antara Lama Simpan dan Cara Aplikasi ZnSO_4

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara lama simpan dengan cara aplikasi ZnSO_4 pada variabel kecambah normal total, kecambah abnormal, benih tidak berkecambah, panjang tajuk kecambah normal, dan bobot kering kecambah normal yang tersaji pada Tabel 4 hingga Tabel 8. Perlakuan cara aplikasi ZnSO_4 memberikan pengaruh yang berbeda-beda dalam mempertahankan viabilitas benih sorgum varietas Samurai-2 pada periode simpan tertentu. Namun, terdapat juga cara aplikasi ZnSO_4 yang mampu mempertahankan viabilitas benih dalam jangka waktu penyimpanan yang lebih singkat. Dengan demikian, bahwa interaksi antara cara aplikasi ZnSO_4 dan lama simpan sangat berpengaruh dalam menentukan kemampuan benih untuk mempertahankan viabilitasnya selama masa penyimpanan.

Tabel 4. Pengaruh interaksi aplikasi ZnSO_4 dan lama simpan benih pada variabel persentase kecambah normal total benih sorgum varietas Samurai-2

Aplikasi ZnSO_4	Lama Simpan (Bulan)							Rerata
	0	2	4	6	8	10	12	
z_1	97,0 a	97,0 a	95,5 ab	93,0 ab	63,0 c	5,0 d	0,0 d	64,36
z_2	97,5 a	100,0 a	98,0 a	88,0 ab	57,5 c	0,5 d	0,0 d	63,07
z_3	97,5 a	97,5 a	97,5 a	94,0 ab	64,0 c	4,5 d	0,0 d	65,00
Rerata	97,33	98,17	97,00	91,67	61,50	3,33	0,00	64,14
BNJ 5%	4,97							

Keterangan : Nilai tengah yang diikuti huruf yang sama pada baris maupun kolom menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%. z_1 = Pertanaman sorgum yang tidak diberi aplikasi ZnSO_4 (kontrol), z_2 = *Seed Priming larutan* 0,5% $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan merendam benih sorgum selama 12 jam, dan z_3 = *Seed Priming larutan* 0,5% $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ +*Foliar Spray* periode generatif.



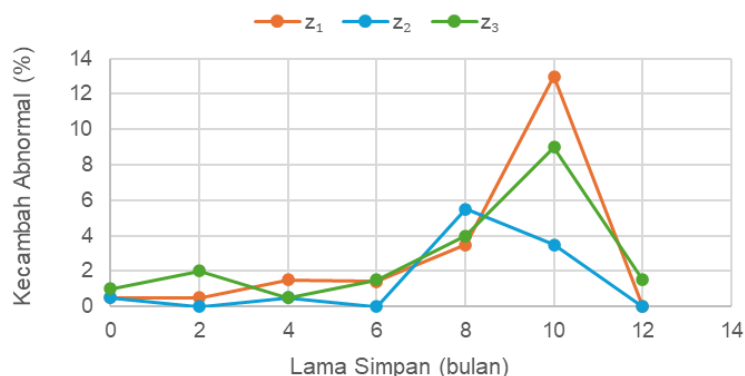
Gambar 1. Pengaruh interaksi aplikasi $ZnSO_4$ dan lama simpan benih pada variabel persentase kecambah normal total benih sorgum varietas Samurai-2.

Pada lama penyimpanan 0–6 bulan, persentase kecambah normal total pada seluruh cara aplikasi $ZnSO_4$ masih menunjukkan persentase tertinggi sebesar 88,00%–100%. Hal ini menandakan bahwa benih sorgum varietas Samurai-2 masih memiliki viabilitas yang tinggi. Mulai memasuki bulan ke-8, persentase kecambah normal total mulai mengalami penurunan terutama pada cara aplikasi *seed priming* 0,5% (z_2) sebesar 57,5% dibandingkan dengan kontrol (z_1) sebesar 63,0% dan *seed priming* 0,5%+*foliar spray* fase generatif (z_3) sebesar 64,0%. Pada lama simpan 10 bulan mulai mengalami penurunan yang signifikan paling rendah terdapat pada perlakuan *seed priming* 0,5% (z_2) sebesar 0,50% hingga terus mengalami penurunan sampai lama simpan 12 bulan sebesar 0,00%. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hayati dan Setiono (2021), semakin lama benih mengalami penyimpanan maka persentase kecambah normal akan semakin menurun dan berbeda nyata. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa persentase kecambah normal menghasilkan nilai terendah setelah benih mengalami penyimpanan 4 bulan dengan nilai sebesar 41,75%. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian Pramono *et al.* (2019), persentase kecambah normal total pada benih sorgum varietas Samurai-1 sebelum mengalami penyimpanan sebesar 95,33%, namun menurun sebesar 36,0% pada lama simpan 4 bulan kemudian menurun lagi secara signifikan sebesar 30,66% setelah disimpan selama 12 bulan. Hal ini menandakan bahwa benih mengalami penurunan mutu fisiologis.

Tabel 5. Pengaruh interaksi aplikasi $ZnSO_4$ dan lama simpan benih pada variabel persentase kecambah abnormal benih sorgum varietas Samurai-2

Aplikasi $ZnSO_4$	Lama Simpan (Bulan)							Rerata
	0	2	4	6	8	10	12	
z_1	0,5 d	0,5 d	1,5 cd	1,4 cd	3,5 cd	13,0 a	0,0 d	2,91
z_2	0,5 d	0,0 d	0,5 d	0,0 d	5,5 bc	3,5 cd	0,0 d	1,43
z_3	1,0 cd	2,0 cd	0,5 d	1,5 cd	4,0 cd	9,0 ab	1,5 cd	2,79
Rerata	0,67	0,83	0,83	0,97	4,33	8,50	0,50	2,38
BNJ 5%	1,83							

Keterangan : Nilai tengah yang diikuti huruf yang sama pada baris maupun kolom menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%. z_1 = Pertanaman sorgum yang tidak diberi aplikasi $ZnSO_4$ (kontrol), z_2 = *Seed Priming larutan* 0,5% $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ dengan merendam benih sorgum selama 12 jam, dan z_3 = *Seed Priming larutan* 0,5% $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ +*Foliar Spray* periode generatif.



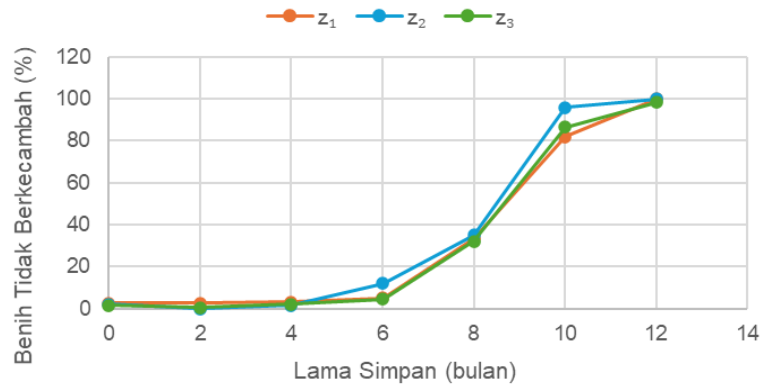
Gambar 2. Pengaruh interaksi aplikasi $ZnSO_4$ dan lama simpan benih pada variabel persentase kecambah abnormal benih sorgum varietas Samurai-2.

Persentase kecambah abnormal pada lama simpan 0–4 bulan terlihat rendah dan relatif konstan diseluruh perlakuan cara aplikasi $ZnSO_4$. Persentase kecambah abnormal mulai meningkat pada lama simpan 6 bulan dengan nilai tertinggi ada pada perlakuan *Seed Priming* 0,5% (z_2) sebesar 5,5% dan lama simpan 10 bulan (13,0%) pada perlakuan kontrol (z_1). Namun, persentase kecambah abnormal justru mengalami penurunan pada lama simpan 12 bulan. Hal demikian dikarenakan benih yang disimpan selama 12 bulan sudah mengalami penurunan viabilitas sehingga benih sorgum tidak mampu berkecambah normal. Kecambah abnormal bisa terjadi karena pada masa penyimpanan memungkinkan pematangan embrio dan cadangan makanan yang digunakan untuk penyimpanan sebelum berkecambah sehingga meningkatkan proses metabolisme dalam benih. Oleh sebab itu, viabilitas benih menjadi menurun dan benih tidak dapat berkecambah secara optimal karena sebagian besar energi telah digunakan untuk proses metabolisme (Badawi *et al.* 2017). Kecambah abnormal ditandai dengan pertumbuhan yang tidak sempurna pada salah satu bagian kecambahnya. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Gea *et al.* (2022) kecambah yang tumbuh secara abnormal akan mengalami kerusakan seperti tidak adanya kotiledon, embrio benih yang pecah, dan memiliki tajuk atau akar primer yang kerdil.

Tabel 6. Pengaruh interaksi aplikasi $ZnSO_4$ dan lama simpan benih pada variabel benih tidak berkecambah benih sorgum varietas Samurai-2

Aplikasi $ZnSO_4$	Lama Simpan (Bulan)							Rerata
	0	2	4	6	8	10	12	
z_1	2,5 e	2,5e	3,0 e	5,0 de	33,5 c	82,0 b	100,0 a	32,64
z_2	2,0 e	0,0 e	1,5 e	12,0 d	35,0 c	96,0 a	100,0 a	35,21
z_3	1,5 e	0,5e	2,0 e	4,5 de	32,0 c	86,5 b	98,5 a	32,21
Rerata	2,0	1,0	2,17	7,17	33,50	88,17	99,50	33,36
BNJ 5%	4,18							

Keterangan : Nilai tengah yang diikuti huruf yang sama pada baris maupun kolom menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%. z_1 = Pertanaman sorgum yang tidak diberi aplikasi $ZnSO_4$ (kontrol), z_2 = *Seed Priming larutan* 0,5% $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ dengan merendam benih sorgum selama 12 jam, dan z_3 = *Seed Priming larutan* 0,5% $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ +*Foliar Spray* periode generatif.



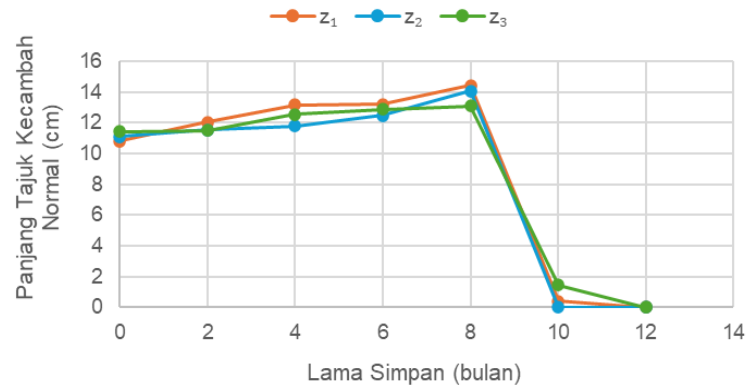
Gambar 3. Pengaruh interaksi aplikasi ZnSO₄ dan lama simpan benih pada variabel persentase benih tidak berkecambah benih sorgum varietas Samurai-2.

Persentase benih tidak berkecambah mulai mengalami peningkatan pada lama simpan 6 bulan pada seluruh cara aplikasi ZnSO₄ dengan nilai tertinggi terdapat pada perlakuan *seed priming* 0,5% (z₂) sebesar 12,00% dibanding dengan kontrol (z₁) (5,0%) dan *seed priming* 0,5%+*foliar spray* fase generatif (z₃) (4,5%). Persentase benih tidak berkecambah kemudian meningkat secara signifikan pada penyimpanan 8-10 bulan pada seluruh cara aplikasi ZnSO₄ hingga mencapai 100% setelah benih disimpan selama 12 bulan. Hal ini menandakan bahwa benih telah kehilangan seluruh viabilitasnya sehingga benih tidak mampu lagi untuk menunjukkan gejala hidup yang ditandai dengan tidak adanya perkecambahan. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Pramono *et al.* (2019), benih tidak berkecambah akan meningkat seiring dengan bertambahnya lama simpan. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa persentase benih tidak berkecambah pada awal penyimpanan sebesar 5,33% namun, setelah benih melewati penyimpanan 12 bulan persentase benih tidak berkecambahnya meningkat secara signifikan menjadi 73,33%. Benih yang sudah tidak mampu lagi mengalami perkecambahan diakibatkan oleh menurunnya cadangan makanan kemudian benih akan mengalami respirasi yang menghasilkan air dan CO₂ sehingga membuat cadangan makannya semakin berkurang. Menurut Tuwu *et al.* (2012) menyatakan bahwa benih akan mengalami kemunduran setelah melewati periode simpan tertentu.

Tabel 7. Pengaruh interaksi aplikasi ZnSO₄ dan lama simpan benih pada variabel panjang tajuk kecambah normal benih sorgum varietas Samurai-2

Aplikasi ZnSO ₄	Lama Simpan (Bulan)							Rerata
	0	2	4	6	8	10	12	
z ₁	10,81 d	12,05 cd	13,14 abc	13,20 abc	14,41 a	0,39 e	0,00 e	9,14
z ₂	11,08 d	11,53 cd	11,77 cd	12,46 bcd	14,07 ab	0,00 e	0,00 e	8,70
z ₃	11,41 cd	11,48 cd	12,53 bcd	12,88 abc	13,08 abc	1,44 e	0,00 e	8,97
Rerata	11,10	11,69	12,48	12,85	13,85	0,61	0,00	8,94
BNJ 5%	1,06							

Keterangan : Nilai tengah yang diikuti huruf yang sama pada baris maupun kolom menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%. z₁= Pertanaman sorgum yang tidak diberi aplikasi ZnSO₄ (kontrol), z₂= *Seed Priming larutan* 0,5% ZnSO₄.7H₂O dengan merendam benih sorgum selama 12 jam, dan z₃= *Seed Priming larutan* 0,5% ZnSO₄.7H₂O+*Foliar Spray* periode generatif.



Gambar 4. Pengaruh interaksi aplikasi $ZnSO_4$ dan lama simpan benih pada variabel panjang tajuk kecambah normal benih sorgum varietas Samurai-2.

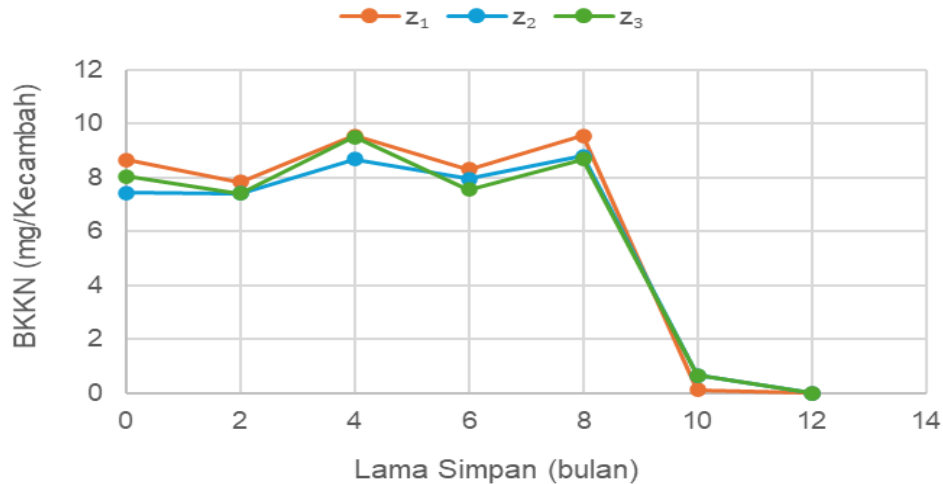
Panjang tajuk kecambah normal menunjukkan hasil yang relatif naik pada lama simpan 0–8 bulan pada seluruh perlakuan cara aplikasi $ZnSO_4$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang tajuk kecambah normal jika dilihat dari nilai rerata sebelum dilakukan penyimpanan yaitu 11,10%, namun setelah mengalami penyimpanan 8 bulan persentasenya meningkat menjadi 13,85%. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa aplikasi $ZnSO_4$ mungkin dapat memberikan pengaruh yang efektif terhadap vigor benih sorgum varietas Samurai-2 yang dibuktikan dengan pertumbuhan kecambah yang lebih baik. Menurut Kumar *et al.* (2019), zn memiliki peran dalam metabolisme karbohidrat, sintesis protein, pengaturan auksin.

Dapat diketahui bahwa auksin berfungsi dalam pemanjangan sel. Zn dapat bergerak dengan cepat ke organ pucuk seperti radikula dan koleoptil selama masa perkecambahan. Kandungan zn yang tinggi pada benih dapat meningkatkan pertumbuhan dan pemanjangan sel ditandai dengan panjang tajuk dan akar primer kecambah (Imran *et al.*, 2017). Kemudian panjang tajuk mengalami penurunan yang signifikan setelah disimpan 10 bulan (0,61%) dan 12 bulan (0,00%). Menurut Pangastuti *et al.* (2019), menurunnya panjang tajuk kecambah normal diakibatkan oleh rusaknya benih saat dilakukan penyimpanan sehingga berdampak terhadap kemampuan benih tumbuh menjadi kecambah normal.

Tabel 8. Pengaruh interaksi aplikasi $ZnSO_4$ dan lama simpan benih pada variabel bobot kering kecambah normal benih sorgum varietas Samurai-2

Aplikasi $ZnSO_4$	Lama Simpan (Bulan)							Rerata
	0	2	4	6	8	10	12	
z ₁	8,67 abc	7,85 bcd	9,57 a	8,32 bcd	9,57 a	0,12 e	0,00 e	6,30
z ₂	7,45 d	7,42 d	8,70 abc	7,95 bcd	8,80 ab	0,67 e	0,00 e	5,86
z ₃	8,05 bcd	7,42 d	9,52 a	7,57 cd	8,70 abc	0,67 e	0,00 e	5,99
Rerata	8,06	7,56	9,26	7,95	9,02	0,49	0,00	6,05
BNJ 5%	0,90							

Keterangan : Nilai tengah yang diikuti huruf yang sama pada baris maupun kolom menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%. z₁= Pertanaman sorgum yang tidak diberi aplikasi $ZnSO_4$ (kontrol), z₂= *Seed Priming larutan* 0,5% $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ dengan merendam benih sorgum selama 12 jam, dan z₃= *Seed Priming larutan* 0,5% $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ +*Foliar Spray* periode generatif.



Gambar 5. Pengaruh interaksi aplikasi $ZnSO_4$ dan lama simpan benih pada variabel bobot kering kecambah normal benih sorgum varietas Samurai-2

Bobot kering kecambah normal mengalami fluktuasi pada lama simpan 0-8 bulan di seluruh perlakuan cara aplikasi $ZnSO_4$. Hal tersebut diindikasikan bahwa benih masih memiliki vigor yang tinggi sehingga benih masih memiliki proses metabolisme yang baik dan mampu menghasilkan kecambah yang normal dan kuat sehingga memiliki bobot kering yang tinggi. Bobot kering kecambah yang mengalami fluktuasi mungkin disebabkan oleh benih yang masih memiliki kapasitas untuk mengaktifkan enzim alfa -amilase secara optimal saat benih mengalami proses imbibisi. Kondisi ini dikarenakan bobot kering kecambah sangat bergantung pada kemampuan benih dalam memobilisasi cadangan makanan dari endosperm ke poros embrio. Proses inilah yang dikendalikan oleh enzim hidrolitik, terutama alfa-amilase yang merombak pati menjadi gula sederhana sebagai sumber energi pertumbuhan (Tounekti *et al.*, 2020). Meningkatnya nilai BKKN pada titik tertentu dalam masa simpan juga bisa disebabkan oleh proses *after-ripening*, dimana benih mengalami pematangan lanjutan yang meningkatkan efisiensi metabolisme saat berkecambah (Timotiwu *et al.*, 2017).

Setelah melewati titik kritis benih mulai mengalami kemunduran fisiologis sehingga menyebabkan BKKN menurun secara drastis pada lama simpan 10 bulan dengan nilai rata-rata 0,49% hingga 0,00% pada lama simpan 12 bulan. Hal ini dikarenakan benih mengalami penurunan metabolisme selama penyimpanan berlangsung sehingga memiliki dampak yang nyata terhadap menurunnya kemampuan benih untuk berkecambah normal. Hasil penelitian ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Pangastuti *et al.* (2019), benih yang belum mengalami penyimpanan memiliki nilai BKKN sebesar 9,60% namun, benih sudah mengalami penyimpanan selama 12 bulan nilainya menjadi 7,80% sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan.

4. KESIMPULAN

Cara aplikasi $ZnSO_4$ mampu mempertahankan viabilitas benih sorgum varietas Samurai-2 selama 6 bulan dengan perlakuan terbaik terdapat pada perlakuan cara aplikasi $ZnSO_4$ metode *seed priming* 0,5%+*foliar spray* pada fase generatif (z_3) yang ditunjukkan dengan variabel persentase kecambah normal total dengan nilai rata-rata tertinggi yaitu 65,00% dan persentase benih tidak berkecambah terendah dengan nilai rata-rata yaitu 32,21%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima kasih peneliti berikan kepada seluruh pihak selama penelitian ini berlangsung, serta rekan-rekan penelitian maupun pihak laboratorium yang telah membantu penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam melaksanakan penelitian sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan lancar.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Agustiansyah, Timotiwu, P. B., Hadi, M. S., Maharani, D., & Pramudya, G. M. (2024). Pengaruh aplikasi zinc pada jagung terhadap pertumbuhan, produksi, mutu benih, dan kandungan zinc dalam benih. *Jurnal Agro*, 11(1), 147–160.
- Ashar, J. R., Farhanah, A., Haris, A., Sumiyati, T., Khaerana, Pangestuti, R., Utami, E. P., & Dewi, S. M. (2024). *Ilmu dan teknologi benih*. CV Tohar Media.
- Badawi, M. A., Seadh, S. E., Abido, W. A. E., & Hassan, R. M. (2017). Effect of storage treatments on wheat storage. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 4(1), 78–91.
- Farooq, M., Wahid, A., & Siddique, K. H. M. (2012). Micronutrient application through seed treatments—a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(1), 125–142.
- Gea, D., Sinaga, R., & Nainggolan, L. D. (2022). Uji daya kecambah benih bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) pada media semai kompos dan tanah hitam. *Prosiding Seminar Nasional*, 9(1), 1–28.
- Hayati, N., & Setiono. (2021). Pengaruh lama penyimpanan terhadap viabilitas benih kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.). *Sains Agro*, 6(2), 66–76.
- Imran, M., Garbe-Schönberg, D., Neumann, G., Boelt, B., & Mühling, K. H. (2017). Zinc distribution and localization in primed maize seeds and its translocation during early seedling development. *Environmental and Experimental Botany*, 143, 91–98.
- Irawati, Samsudin, S., & Adelina, E. (2019). Analisis kemunduran benih cengkeh (*Eugenia aromaticum* L.) berdasarkan lama pengeringan. *Agrotekbis*, 7(6), 28–35.
- Kumar, S., Palve, A., Joshi, C., Srivastava, R. K., & Rukhsar. (2019). Crop biofortification for iron (Fe), zinc (Zn), and vitamin A with transgenic approaches. *Heliyon*, 5(6), 1–6.
- Mustika, S., Suhartanto, M. R., & Qadir, A. (2014). Kemunduran benih akibat pengusangan cepat menggunakan alat IPB 77-1 MM dan penyimpanan alami. *Buletin Agrohorti*, 2(1), 1–10.
- Nurkhasanah, Bachri, M. S., & Yuliani, S. (2023). *Antioksidan dan stres oksidatif*. UAD Press.
- Pangastuti, D., Setiawan, K., Pramono, E., & Sa'diyah, N. (2019). Pengaruh suhu ruang dan lama penyimpanan terhadap vigor benih dan kecambah sorgum varietas Super-2. *J. Agrotek Tropika*, 7(3), 443–449.
- Pramono, E., Kamal, M., Setiawan, K., & Tantia, M. A. (2019). Pengaruh lama simpan dan suhu ruang penyimpanan pada kemunduran dan vigor benih sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) varietas Samurai-1. *Jurnal Agrotek Tropika*, 7(2), 383–389.

- Pramono, E., Timotiwu, P. B., Agustiansyah, Ermawati, Adhinugraha, Q. S., Kuswati, & Sukmawati, K. D. (2025). *Panduan praktikum teknologi benih*. Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- Susilowati, S. H., & Saliem, H. P. (2013). *Sorgum inovasi teknologi dan pengembangan: Perdagangan sorgum di pasar dunia dan Asia serta prospek pengembangan di Indonesia*. IAARD Press.
- Timotiwu, P. B., Pramono, E., Agustiansyah, & Asih, N. W. A. S. (2017). Effect of storage periods on physical quality and seed vigor of four varieties of sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench). *Research in Agriculture*, 2(2), 29–40.
- Tounekti, T., Mahdhi, M., Al-Faifi, Z., & Khemira, H. (2020). Priming improves germination and seed reserve utilization, growth, antioxidant responses and membrane stability at early seedling stage of Saudi sorghum varieties under drought stress. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(2), 938–953.
- Triati, D. (2025). Pengaruh lama penyimpanan terhadap viabilitas dan vigor benih kedelai (*Glycine max* L.) pada suhu kamar. *Jurnal Kridatama Sains dan Teknologi*, 7(2), 690–698.
- Tuwu, E. R., Sutariati, G. A. K., & Suaib. (2012). Pengaruh kadar air benih dan jenis kemasan terhadap vigor benih sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) dalam enam bulan masa simpan. *Jurnal Berkala Penelitian Agronomi*, 1(2), 184–193.
- Widowati, S. (2010). Karakteristik mutu gizi dan diversifikasi pangan berbasis sorgum (*Sorghum vulgare*). *Pangan*, 19(4), 373–382.