

**OPTIMASI KONSENTRASI KNO_3 SEBAGAI SENYAWA
PRIMING BENIH PADI VARIETAS JUNJUANG UNTUK
MITIGASI CEKAMAN KEKERINGAN AWAL MELALUI
SIMULASI PEG 6000**



**ZACKI RAFILA
NIM. 22032157/2022**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

**OPTIMASI KONSENTRASI KNO_3 SEBAGAI SENYAWA
PRIMING BENIH PADI VARIETAS JUNJUANG UNTUK
MITIGASI CEKAMAN KEKERINGAN AWAL MELALUI
SIMULASI PEG 6000**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar
Sarjana Sains*



**Oleh:
ZACKI RAFILA
NIM. 22032157/2022**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

PERSETUJUAN SKRIPSI

OPTIMASI KONSENTRASI KNO_3 SEBAGAI SENYAWA PRIMING BENIH PADI VARIETAS JUNJUANG UNTUK MITIGASI CEKAMAN KEKERINGAN AWAL MELALUI SIMULASI PEG 6000

Nama : Zacki Rafila
NIM/TM : 22032157/2022
Program Studi : Biologi
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 18 April 2026

Mengetahui:
Kepala Departemen Biologi



Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M. Biomed
NIP. 197508152006042001

Disetujui Oleh:
Pembimbing



Dr. Violita, S.Si., M.Si
NIP. 198107042008012022

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

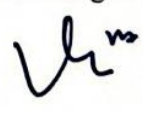
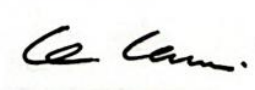
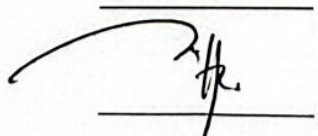
Nama : Zacki Rafila
NIM/TM : 22032157/2022
Program Studi : Biologi
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

OPTIMASI KONSENTRASI KNO_3 SEBAGAI SENYAWA PRIMING BENIH PADI VARIETAS JUNJUANG UNTUK MITIGASI CEKAMAN KEKERINGAN AWAL MELALUI SIMULASI PEG 6000

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 4 Mei 2026

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Dr. Violita, S.Si., M.Si.	 _____
Anggota	: Irma Leilani Eka Putri, S.Si., M.Si.	 _____
Anggota	: Reki Kardiman, Ph.D	 _____

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zacki Rafila
NIM : 22032157
Program Studi : Biologi
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa, skripsi saya dengan judul “Optimasi Konsentrasi KNO_3 sebagai Senyawa Priming Benih Padi Varietas Junjuang untuk Mitigasi Cekaman Kekeringan Awal Melalui Simulasi PEG 6000” adalah benar merupakan karya sendiri, bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang ditulis dan diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 4 Mei 2026

Mengetahui:

Kepala Departemen Biologi



Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M. Biomed

NIP. 197508152006042001

Saya yang menyatakan,



Zacki Rafila

NIM. 22032157

Optimasi Konsentrasi KNO_3 sebagai Senyawa Priming Benih Padi Varietas Junjuang untuk Mitigasi Cekaman Kekeringan Awal Melalui Simulasi PEG 6000

Zacki Rafila

ABSTRAK

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman pangan utama yang berperan dalam ketahanan pangan nasional, namun produksinya cenderung menurun akibat berbagai faktor, salah satunya adalah cekaman kekeringan yang semakin meningkat seiring perubahan iklim. Cekaman kekeringan dapat menghambat proses fisiologis tanaman, terutama pada fase perkecambahan. Varietas padi Junjuang diketahui memiliki sensitivitas tinggi terhadap kondisi kekeringan, sehingga diperlukan upaya peningkatan toleransi sejak fase perkecambahan. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah teknik priming benih menggunakan kalium nitrat (KNO_3), yang berpotensi meningkatkan kesiapan fisiologis benih dan respon terhadap cekaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh priming benih menggunakan KNO_3 terhadap perkecambahan benih padi varietas Junjuang pada kondisi cekaman kekeringan awal yang disimulasikan menggunakan PEG 6000.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL), yaitu konsentrasi KNO_3 yang terdiri atas lima taraf (0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2%) dengan empat ulangan. Parameter yang diamati meliputi persentase kecambah, laju perkecambahan, panjang akar, panjang tajuk, panjang kecambah, indeks vigor benih, berat basah, berat kering, dan kadar air. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji ANOVA dan dilanjutkan dengan uji lanjut DNMRT pada taraf nyata 5%.

Hasil penelitian, priming KNO_3 tidak berpengaruh nyata terhadap persentase kecambah, laju perkecambahan, panjang akar, panjang tajuk, panjang kecambah, indeks vigor, dan berat kering kecambah padi. Perlakuan KNO_3 hanya berpengaruh nyata terhadap berat basah dan kadar air, namun nilai yang diperoleh cenderung lebih rendah dibandingkan kontrol. Dengan demikian, pada kondisi cekaman kekeringan melalui simulasi PEG 6000, tidak diperoleh konsentrasi KNO_3 yang optimal untuk meningkatkan perkecambahan dan pertumbuhan awal benih padi varietas Junjuang.

Kata kunci: priming benih, kalium nitrat (KNO_3), PEG 6000, cekaman kekeringan, perkecambahan, padi varietas Junjuang

Optimization of KNO₃ Concentration as a Seed Priming Compound for Junjuang Rice Varieties to Mitigate Early Drought Stress via PEG 6000 Simulation

Zacki Rafila

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) is a major food crop that plays a vital role in national food security; however, its production has been declining due to various factors, one of which is increasing drought stress resulting from climate change. Drought stress can hinder plant physiological processes, particularly during the germination and early growth stages. The Junjuang rice variety is known to be highly sensitive to drought conditions, necessitating efforts to enhance tolerance from the early stages of growth. One approach that can be employed is seed priming using potassium nitrate (KNO₃), which has the potential to improve seed physiological readiness and response to stress. This study aims to determine the effect of seed priming using KNO₃ on the germination of Junjuang rice seeds under simulated early drought stress conditions using PEG 6000.

This study is an experimental study using a Completely Randomized Design (CRD), with KNO₃ concentrations consisting of five levels (0%; 0.5%; 1%; 1.5%; and 2%) and four replicates. The observed parameters included germination percentage, germination rate, root length, shoot length, seedling length, seed vigor index, fresh weight, dry weight, and moisture content. The data obtained were analyzed using ANOVA and followed by Duncan's at a significance level of 5%.

The results of the study showed that KNO₃ priming had no significant effect on the germination percentage, germination rate, root length, shoot length, seedling length, vigor index, and dry weight of rice seedlings. The KNO₃ treatment had a significant effect only on fresh weight and moisture content; however, the values obtained tended to be lower than those of the control. Thus, under drought stress conditions simulated using PEG 6000, no optimal KNO₃ concentration was found to enhance the germination and early growth of Junjuang rice seeds.

Keywords: seed priming, potassium nitrate (KNO₃), PEG 6000, drought stress, germination, Junjuang rice variety

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimasi Konsentrasi KNO_3 sebagai Senyawa Priming Benih Padi Varietas Junjuang untuk Mitigasi Cekaman Kekeringan Awal Melalui Simulasi PEG 6000”. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Baginda Nabi Muhammad SAW sebagai junjungan seluruh umat manusia.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains di Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Keberhasilan Penulis dalam menyelesaikan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Violita, S.Si., M.Si., sebagai dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam proses pelaksanaan penelitian dan penyelesaian skripsi, serta memberikan nasehat dan bimbingannya.
2. Ibu Irma Leilani Eka Putri, S.Si., M.Si., dan Bapak Reki Kardiman, Ph.D sebagai dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritikan untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M.Biomed., sebagai Kepala Departemen Biologi dan Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
4. Ibu Afifatul Achyar, S.Si., M.Si., sebagai dosen Penasehat Akademik yang telah membimbing selama masa perkuliahan.
5. Seluruh dosen Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang yang telah memberikan ilmu-ilmu selama penulis mengemban pendidikan.

6. Bapak, Ibu, dan staf Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang yang telah membantu dalam kelancaran penelitian dan penyusunan skripsi ini.
7. Kedua orang tua yang paling berjasa dalam hidup penulis, Bapak Rafilus dan Ibu Elvi Risnita Dewi yang telah memberikan cinta kasih, do'a, dan dukungannya. Adik kandung penulis Adly Rafi Ramadhan yang menjadi alasan penulis untuk selalu semangat menjalani hari. Tanpa kehadiran dan pengorbanan mereka, penulis tidak mampu untuk mencapai tahap ini.
8. Keluarga besar penulis yang selalu memberikan semangat, perhatian, dan dukungan selama penulis menempuh pendidikan.
9. Teman-teman penelitian (Yoana, Puji, Annisa, Anggraini, Muftia, dan Maidatul) yang selalu membersamai dan memberikan banyak bantuan selama proses penelitian.
10. Teman-teman terdekat penulis Listhia, Leonita, Dinda, Icha, dan keluarga cemara. Kehadiran mereka sebagai tempat berbagi cerita, berdiskusi, maupun sekadar memberikan hiburan bagi penulis.
11. Teman-teman Biologi Angkatan 22, terkhusus kelas Biologi Sains E 22, yang telah memberikan dukungan dan doanya.

Semoga segala bantuan, dukungan, dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan yang setimpal dari Allah SWT. Semoga skripsi yang penulis selesaikan dapat bermanfaat bagi kita semua dengan mengharap kritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan skripsi ini.

Padang, 15 April 2026

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Hipotesis Penelitian	6
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II KERANGKA TEORITIS	7
A. Tanaman Padi (<i>Oryza sativa</i> L.)	7
B. Cekaman Kekeringan	11
C. Polyethylene Glycol (PEG) 6000	14
D. Priming Benih Menggunakan KNO_3	15
BAB III METODE PENELITIAN	19
A. Jenis Penelitian	19
B. Waktu dan Tempat	19
C. Alat dan Bahan	19
D. Rancangan Penelitian	19
E. Prosedur Penelitian	20
F. Pengamatan	21
G. Analisis Data	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
A. Hasil	24
B. Pembahasan	32
BAB V KESIMPULAN	39
A. Kesimpulan	39
B. Saran	39
DAFTAR PUSAKA	40
LAMPIRAN	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tanaman Padi (Dokumentasi pribadi)	7
2. Mekanisme ion K ⁺	18
3. Rata-rata persentase perkecambahan benih padi varietas Junjuang.....	24
4. Rata-rata laju perkecambahan benih padi varietas Junjuang	25
5. Rata-rata panjang akar kecambah padi varietas Junjuang.....	26
6. Rata-rata panjang tajuk kecambah padi varietas Junjuang	27
7. Rata-rata panjang kecambah padi varietas Junjuang	28
8. Rata-rata indeks vigor benih padi varietas Junjuang.....	29
9. Rata-rata berat basah kecambah padi varietas Junjuang	30
10. Rata-rata berat kering kecambah padi varietas Junjuang.	31
11. Rata-rata kadar air kecambah padi varietas Junjuang	32
12. Hasil uji deskriptif persentase kecambah.	54
13. Hasil uji deskriptif laju perkecambahan.....	54
14. Hasil uji deskriptif panjang akar.	54
15. Hasil uji deskriptif panjang tajuk.	55
16. Hasil uji deskriptif panjang kecambah.	55
17. Hasil uji deskriptif indeks vigor benih.	55
18. Hasil uji deskriptif berat basah kecambah.	56
19. Hasil uji deskriptif berat kering kecambah.	56
20. Hasil uji deskriptif kadar air kecambah.	56
21. Hasil uji ANOVA persentase kecambah.....	57
22. Hasil uji ANOVA laju perkecambahan.....	57
23. Hasil uji ANOVA panjang akar.	57
24. Hasil uji ANOVA panjang tajuk.	58
25. Hasil uji ANOVA panjang kecambah.....	58
26. Hasil uji ANOVA indeks vigor benih.....	58
27. Hasil uji ANOVA berat basah.....	59
28. Hasil uji ANOVA berat kering.	59
29. Hasil uji ANOVA kadar air.....	59
30. Hasil uji lanjut DNMRT berat basah kecambah.	60
31. Hasil uji lanjut DNMRT kadar air kecambah	60
32. Hasil uji normalitas persentase kecambah.	61
33. Hasil uji normalitas laju perkecambahan.	61
34. Hasil uji normalitas panjang akar.....	61
35. Hasil uji normalitas panjang tajuk.....	61
36. Hasil uji normalitas panjang kecambah.	62
37. Hasil uji normalitas indeks vigor benih.	62
38. Hasil uji normalitas berat basah benih.	62
39. Hasil uji normalitas berat kering benih.	62
40. Hasil uji normalitas kadar air benih.	63

41. Hasil uji homogenitas persentase kecambah.....	64
42. Hasil uji homogenitas laju kecambah.	64
43. Hasil uji homogenitas panjang akar.	64
44. Hasil uji homogenitas panjang tajuk.	64
45. Hasil uji homogenitas panjang kecambah.	65
46. Hasil uji homogenitas indeks vigor benih.	65
47. Hasil uji homogenitas berat basah kecambah.	65
48. Hasil uji homogenitas berat kering kecambah.	65
49. Hasil uji homogenitas kadar air kecambah.	66
50. Morfologi benih padi varietas Junjuang.....	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pembuatan Larutan Sterilisasi NaClO 2,5%	49
2. Pembuatan Larutan Priming KNO ₃	50
3. Pembuatan Larutan PEG 6000 20%.....	51
4. Hasil Pengacakan Unit Percobaan pada Rancangan Acak Lengkap.....	52
5. Data Mentah Parameter Perkecambahan Padi Varietas Junjuang.....	53
6. Hasil Uji Deskriptif pada Aplikasi SPSS	54
7. Hasil Analisis One Way ANOVA pada Aplikasi SPSS.....	57
8. Hasil Uji Lanjut DN MRT dengan One Way ANOVA pada Aplikasi SPSS ..	60
9. Hasil Uji Normalitas pada Aplikasi SPSS	61
10. Hasil Uji Homogenitas pada Aplikasi SPSS	64
11. Morfologi Benih Padi pada Setiap Perlakuan KNO ₃	67
12. Dokumentasi Penelitian	68

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman pangan pokok yang memiliki peran penting dalam menjaga ketahanan pangan nasional. Tanaman ini menghasilkan beras sebagai produk utama, yang menjadi sumber karbohidrat utama bagi masyarakat Indonesia. Sekitar 98,35% rumah tangga di berbagai lapisan sosial di Indonesia mengkonsumsi beras sebagai makanan pokok sehari-hari (Badan Pusat Statistik, 2024). Namun di sisi lain, tingginya ketergantungan masyarakat terhadap beras tidak selalu diiringi dengan peningkatan produksi padi nasional. Pada tahun 2024, produksi padi tercatat sebesar 53,14 juta ton Gabah Kering Giling (GKG), mengalami penurunan sebesar 1,55% dibandingkan tahun 2023. Penurunan tersebut juga diikuti oleh berkurangnya luas panen sebesar 1,64% (Badan Pusat Statistik, 2025).

Rendahnya produksi padi dipengaruhi oleh produktivitas lahan yang belum optimal, berkurangnya areal panen, serta perubahan iklim (Sahta *et al.*, 2025). Perubahan iklim tersebut berkaitan dengan pemanasan global (*global warming*) yang ditandai dengan peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi akibat akumulasi gas rumah kaca di atmosfer yang selanjutnya memicu peningkatan intensitas berbagai cekaman abiotik pada tanaman (Sánchez-Bermúdez *et al.*, 2022; Shah *et al.*, 2024). Secara fisiologis, tanaman padi sangat sensitif terhadap cekaman abiotik seperti cekaman kekeringan, salinitas, suhu dingin, dan panas yang dapat memengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman padi (Liberatore *et al.*, 2025).

Di antara berbagai cekaman abiotik, kekeringan merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap penurunan produksi padi. Padi merupakan tanaman C3 yang memiliki efisiensi penggunaan air relatif rendah dibandingkan tanaman C4, sehingga sangat rentan terhadap cekaman kekeringan (Leakey *et al.*, 2019). Kondisi kekurangan air menyebabkan penurunan fotosintesis, hambatan pemanjangan sel, dan perubahan aktivitas enzim yang berperan dalam perkecambahan dan pertumbuhan (Geng *et al.*, 2024).

Perkecambahan merupakan fase awal yang menentukan keberhasilan pertumbuhan dan perkembangan tanaman selanjutnya. Perkecambahan terjadi ketika benih berada pada kondisi lingkungan yang sesuai, terutama ketersediaan air, suhu, dan oksigen yang memadai (Haj Sghaier *et al.*, 2022). Pada fase perkecambahan, air berfungsi sebagai faktor utama yang memicu proses imbibisi (penyerapan air oleh benih) yang diperlukan untuk aktivasi enzim hidrolitik dan memulai metabolisme awal (Pompelli *et al.*, 2023). Oleh karena itu, kondisi lingkungan yang optimal selama fase perkecambahan sangat penting untuk memastikan vigor benih dan pertumbuhan awal yang seragam serta mendukung kemampuan tanaman dalam menghadapi berbagai kondisi lingkungan di lapangan (Reed *et al.*, 2022).

Tingkat ketahanan terhadap cekaman kekeringan berbeda pada setiap varietas padi. Beberapa varietas mampu bertahan pada kondisi defisit air, sedangkan yang lainnya lebih sensitif (Puspitaningrum & Salamah, 2023; Ubaidillah, 2021). Perbedaan ini dipengaruhi oleh respon morfologis dan fisiologis tanaman terhadap kekurangan air, seperti penggulungan daun, pengeringan jaringan, serta kemampuan pemulihan setelah cekaman (Mardita & Violita, 2018). Salah satu

varietas yang diketahui sensitif terhadap kekeringan adalah padi varietas Junjuang (Azhari, 2019). Padi varietas Junjuang merupakan padi lokal unggul spesifik yang secara resmi dilepas oleh pemerintah pada tahun 2009. Varietas ini berasal dari Payakumbuh dan juga telah meluas penanamannya ke beberapa kabupaten di Sumatera Barat seperti di Nagari Pakan Raba'a Kabupaten Solok Selatan (Elita *et al.*, 2021; Paramida & Hardi, 2020). Padi varietas Junjuang memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya terletak pada kualitas beras yang dihasilkan, yaitu memiliki cita rasa yang enak dan tekstur nasi yang pera. Selain itu, struktur gabah saat panen relatif bersih. Namun, varietas ini memiliki produktivitas yang rendah karena jumlah anakan yang sedikit sehingga hasil panen kurang memenuhi target produksi. (Paramida & Hardi, 2020).

Simulasi cekaman kekeringan pada benih tanaman dapat dilakukan menggunakan larutan osmotik seperti *Polyethylene Glycol* (PEG) dapat menurunkan potensial air secara terkendali tanpa menyebabkan toksik pada jaringan tumbuhan (Lei *et al.*, 2021). Menurut Guo *et al.* (2022), PEG 6000 efektif digunakan dalam uji perkecambahan dan pertumbuhan benih karena dapat menghasilkan tekanan osmotik yang stabil dan terkendali. Kondisi ini menyebabkan defisit air yang berdampak pada terganggunya keseimbangan air sel dan proses fisiologis tanaman (Zagoto & Violita, 2019; Violita & Azhari, 2021).

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan toleransi tanaman padi terhadap cekaman kekeringan, salah satunya melalui teknologi *seed priming* (priming benih). Priming benih adalah perlakuan benih yang dapat meningkatkan adaptasi dan respon pertumbuhan benih padi terhadap cekaman kekeringan pada fase perkecambahan (Trisnawaty *et al.*, 2024). Dibandingkan metode lain seperti

rekayasa genetik atau pemuliaan konvensional yang memerlukan waktu yang panjang, priming benih memiliki beberapa keunggulan, seperti penggunaan metode yang sederhana, cepat, ekonomis dan mudah diterapkan oleh petani (Sharma & Parikh, 2020). Priming benih juga mampu mengaktifkan mekanisme fisiologis adaptif, seperti peningkatan enzim dan efisiensi penggunaan air, yang mendukung pertumbuhan benih pada kondisi kekeringan (Jatana *et al.*, 2024; Ling *et al.*, 2022).

Kalium nitrat (KNO_3) merupakan priming benih yang terbukti mampu meningkatkan perkecambahan, memperkuat aktivitas enzim antioksidan, dan memperbaiki respon fisiologis tanaman terhadap cekaman abiotik (Rehman *et al.*, 2024). Salah satu metode priming benih menggunakan KNO_3 adalah *osmopriming*, yaitu merendam benih dalam larutan dengan tekanan osmotik terkendali untuk mengatur imbibisi dan merangsang metabolisme awal (Thongtip *et al.*, 2022). Senyawa KNO_3 mengandung dua nutrisi penting yaitu ion kalium (K^+) dan nitrat (NO_3^-). Kandungan ion kalium (K^+) dalam perlakuan priming benih menggunakan KNO_3 berperan dalam menjaga potensial osmotik sel dan meningkatkan penyerapan air dan hara, sedangkan ion nitrat (NO_3^-) menyediakan nitrogen yang mendukung sintesis protein, pembentukan enzim, dan aktivasi metabolisme awal benih (Ali *et al.*, 2021; MacDonald & Mohan, 2025). Perlakuan priming benih menggunakan KNO_3 menunjukkan peningkatan aktivitas enzim *Superoxide Dismutase* (SOD) dan *Catalase* (CAT) (Ali *et al.*, 2021). Kedua enzim utama ini berperan dalam menetralkan *Reactive Oxygen Species* (ROS) selama kondisi cekaman kekeringan. Aktivasi sistem antioksidan ini menurunkan akumulasi ROS yang dapat merusak membran dan protein sel, sehingga menjaga

stabilitas struktur seluler dan meningkatkan vigor perkecambahan (Ali *et al.*, 2021; Wang & Li, 2011).

Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa priming benih menggunakan kalium nitrat (KNO_3) mampu meningkatkan toleransi terhadap stres abiotik, seperti cekaman salinitas pada jagung melalui peningkatan respon fisiologis dan aktivitas sistem antioksidan (Rehman *et al.*, 2024). Hasil tersebut menunjukkan KNO_3 berpotensi sebagai agen priming untuk meningkatkan adaptasi tanaman terhadap lingkungan yang kurang menguntungkan. Namun, informasi mengenai pengaruh KNO_3 sebagai senyawa priming pada benih padi, khususnya varietas Junjuang dalam menghadapi cekaman kekeringan awal masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian mengenai **“Optimasi Konsentrasi KNO_3 sebagai Senyawa Priming Benih Padi Varietas Junjuang untuk Mitigasi Cekaman Kekeringan Awal melalui Simulasi PEG 6000”** perlu dilakukan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh konsentrasi priming benih KNO_3 terhadap parameter perkecambahan dan pertumbuhan benih padi varietas Junjuang pada kondisi cekaman kekeringan awal melalui simulasi PEG 6000?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh konsentrasi priming benih menggunakan KNO_3 terhadap parameter perkecambahan dan pertumbuhan benih padi varietas Junjuang pada kondisi cekaman kekeringan awal melalui simulasi PEG 6000.

D. Hipotesis Penelitian

Konsentrasi priming benih menggunakan KNO_3 berpengaruh terhadap parameter perkecambahan dan pertumbuhan benih padi varietas Junjuang pada kondisi cekaman kekeringan awal melalui simulasi PEG 6000.

E. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai pengaruh konsentrasi priming benih KNO_3 terhadap parameter perkecambahan dan pertumbuhan benih padi varietas Junjuang terhadap cekaman kekeringan awal melalui simulasi PEG 6000.
2. Penelitian ini dapat menjadi dasar dalam menentukan konsentrasi KNO_3 yang optimal untuk meningkatkan toleransi benih padi terhadap kekeringan sejak fase perkecambahan.
3. Penelitian ini dapat mendukung pengembangan strategi mitigasi cekaman kekeringan pada tanaman padi melalui pendekatan fisiologis berbasis teknologi priming benih.

BAB V

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, perlakuan priming benih menggunakan KNO_3 pada berbagai konsentrasi secara umum tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap parameter perkecambahan dan pertumbuhan awal benih padi varietas Junjuang pada kondisi cekaman kekeringan awal melalui simulasi PEG 6000. Pada parameter persentase perkecambahan, laju perkecambahan, panjang akar, panjang tajuk, panjang kecambah, indeks vigor benih, dan berat kering menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata antarperlakuan. Namun, priming KNO_3 berpengaruh nyata terhadap berat basah dan kadar air kecambah, namun nilai yang diperoleh cenderung lebih rendah dibandingkan kontrol.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan terhadap benih padi varietas Junjuang dengan variasi konsentrasi KNO_3 yang lebih tinggi. Selain itu, perlu dilakukan pengujian pada tingkat cekaman yang berbeda, sehingga respon priming KNO_3 pada benih padi varietas Junjuang terhadap kondisi kekeringan dapat dipahami secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSAKA

- Abdul-Baki, A., & Anderson, J. D. (1973). Vigour determination of soyabean seed by multiple criteria. *Crop Science*, 13(6), 630–633.
- Acevedo-Siaca, L. G., Coe, R., Quick, W. P., & Long, S. P. (2021). Variation Between Rice Accessions in Photosynthetic Induction in Flag Leaves and Underlying Mechanisms. *Journal of Experimental Botany*, 72(4), 1282–1294.
- Ahanger, M. A., Tomar, N. S., Tittal, M., M., A. S., & Agarwal, R. (2017). Plant Growth Under Water/Salt Stress: ROS Production; Antioxidants and Significance of Added Potassium Under Such Conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 23(4), 731–744.
- Alam, A., Ullah, H., Cha-um, S., Tisarum, R., & Datta, A. (2021). Effect of Seed Priming with Potassium Nitrate on Growth, Fruit Yield, Quality and Water Productivity of Cantaloupe Under Water-Deficit Stress. *Scientia Horticulturae*, 288, 110354.
- Ali, L. G., Nulit, R., Ibrahim, M. H., & Yien, C. Y. S. (2021). Efficacy of KNO₃, SiO₂ and SA Priming for Improving Emergence, Seedling Growth and Antioxidant Enzymes of Rice (*Oryza Sativa*), Under Drought. *Scientific Reports*, 11(1), 3864.
- Anjum, S. A., Ashraf, U., Zohaib, A., Tanveer, M., & Hussain, S. (2023). Effect of Seed Priming on Germination and Seedling Growth of Rice Under Osmotic Stress. *Pakistan Journal of Research*, 8(1), 45–52.
- Arouna, A., Dzomeku, I. K., Shaibu, A. G., & Nurudeen, A. R. (2023). Water Management for Sustainable Irrigation in Rice (*Oryza sativa* L.) Production: A Review. *Agronomy*, 13(6), 1522.
- Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2005). Pre-Sowing Seed Treatment—A Shotgun Approach to Improve Germination, Plant Growth, and Crop Yield Under Saline and Non-Saline Conditions. *Advances in agronomy*, 88, 223–271.
- Aventi, A. (2015). Penelitian Pengukuran Kadar Air Buah. *Seminar Nasional Cendekiawan*. Trisakti University.
- Azhari, S. (2019). *Respon Perkecambahan Beberapa Varietas Padi (Oryza Sativa L.) di Sumatera Barat Terhadap PEG 8000*. Universitas Negeri Padang.
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Ringkasan Eksekutif Pengeluaran dan Konsumsi Penduduk Indonesia Maret 2024*. (1st ed., Vol. 16). Jakarta Badan Pusat Statistik
- Badan Pusat Statistik. (2025). *Ringkasan Eksekutif Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2024*. (Vol. 8). Jakarta: Badan Pusat Statistik.

- Bello, P., & Bradford, K. J. (2016). Single-Seed Oxygen Consumption Measurements and Population-Based Threshold Models Link Respiration and Germination Rates Under Diverse Conditions. *Seed Science Research*, 26(3), 199–221.
- Bewley, J. D., Bradford, K., & Hilhorst, H. (2013). *Seeds: physiology of development, germination and dormancy*. Springer Science & Business Media.
- Bradford, K. J. (1986). Manipulation of Seed Water Relations Via Osmotic Priming to Improve Germination Under Stress Conditions. *HortScience*, 21(5), 1105–1112.
- Budiyanti, T., Indriyani, N. L. P., Riska, R., Kirana, R., Suliansyah, I., & Hervani, D. (2024). Cekaman Polyethylene Glycol 6000 (Peg 6000) Terhadap Perkecambahan 24 Genotipe Cabai Lokal (*Capsicum annum* L.) dari Sumatera Barat. *Jurnal Sains Agro*, 9(1), 11–16.
- Chamizo-Ampudia, A., Sanz-Luque, E., Llamas, Á., Ocaña-Calahorro, F., Mariscal, V., Carreras, A., Barroso, J. B., Galván, A., & Fernández, E. (2016). A Dual System Formed by the ARC and NR Molybdoenzymes Mediates Nitrite-Dependent NO Production in Chlamydomonas. *Plant Cell and Environment*, 39(10), 2097–2107.
- Cosgrove, D. J. (2018). Diffuse growth of plant cell walls. *Plant physiology*, 176(1), 16–27.
- Coudert, Y., Perin, C., Courtois, B. Khong, N. G., & Gantet, P. (2010). Genetic Control of Root Development in Rice, the Model Cereal. *Trends in Plant Science*, 15(4), 219–226.
- Damaris, R. N., Lin, Z., Yang, P., & He, D. (2019). The Rice Alpha-Amylase, Conserved Regulator of Seed Maturation and Germination. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(2), 450.
- Delac, D., Grsic, K., Nincevic, T., Carovic-Stanco, K., Varga, F., & Grdisa, M. (2018). The Influence of Hydropriming and Osmopriming with KNO₃ on Seed Germination of Dalmatian Pyrethrum. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 83(3), 205–211.
- Dusenge, M. E., Duarte, A. G., & Way, D. A. (2019). Plant Carbon Metabolism and Climate Change: Elevated CO₂ and Temperature Impacts on Photosynthesis, Photorespiration and Respiration. *New Phytologist*, 221(1), 32–49.
- Elita, N., Erlinda, R., Harmailis, H., & Susilawati, E. (2021). Pengaruh Aplikasi *Trichoderma* spp. Indigenous terhadap Hasil Padi Varietas Junjuang Menggunakan System of Rice Intensification. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 45(1).

- Fancy, N. N., Bahlmann, A. K., & Loake, G. J. (2017). Nitric Oxide Function in Plant Abiotic Stress. *Plant Cell and Environment*, 40(4) 462–472.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N. S. M. A., Fujita, D. B. S. M. A., & Basra, S. M. (2009). Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management. *Sustainable Agriculture*, 153–188.
- Farooq, M., Usman, M., Nadeem, F., Rehman, H. U., Wahid, A., Basra, S., & Siddique, K. H. (2019). Seed Priming in Field Crops: Potential Benefits, Adoption and Challenges. *Crop & Pasture Science*, 70(9), 731–771.
- Feng, S., Ren, J., Hua, K., Li, H., Ren, X., & Deng, M. (2013). Poly (amide-12-b-ethylene oxide)/Polyethylene Glycol Blend Membranes for Carbon dioxide Separation. *Separation and Purification Technology*, 116, 25–344.
- Finch-Savage, W. E., & Bassel, G. W. (2016). Seed Vigour and Crop Establishment: Extending Performance Beyond Adaptation. *Journal of Experimental Botany*, 67(3), 567–591.
- Geng, A., Lian, W., Wang, Y., Liu, M., Zhang, Y., Wang, X., & Chen, G. (2024). Molecular Mechanisms and Regulatory Pathways Underlying Drought Stress Response in Rice. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(2), 1185.
- Ghiyasi, M., Amirnia, R., Fazelimanesh, M., & Tajbakhsh, M. (2016). The Effect of Seed Priming with Different Concentrations of Ascorbic Acid on Germination and Vigor of Cumine (*Cuminum cyminum*). *Thai Journal of Agricultural Science*, 48(4), 179–185.
- Gundogdu, N., Turker, H., & Turkyilmaz Unal, B. (2026). The Effect of Exogenous Calcium Treatments on Reducing Drought Stress Damages in Pepper Grown in In Vitro Conditions. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1–23.
- Guo, X., Zhi, W., Feng, Y., Zhou, G., & Zhu, G. (2022). Seed Priming Improved Salt-Stressed Sorghum Growth by Enhancing Antioxidative Defense. *Plos One*, 17(2).
- Guo, M., Zong, J., Zhang, J., Wei, L., Wei, W., Fan, R., & Zhang, G. (2024). Effects of Temperature and Drought Stress on The Seed Germination of a Peatland Lily (*Lilium concolor* var. *megalanthum*). *Frontiers in Plant Science*, 15, 1462655.
- Haj Sghaier, A., Tarnawa, Á., Khaeim, H., Kovács, G. P., Gyuricza, C., & Kende, Z. (2022). The Effects of Temperature and Water on the Seed Germination and Seedling Development of Rapeseed (*Brassica napus* L.). *Plants*, 11(21), 2819.
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan., M. H. M. B., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S. M., Mahmud, J., Fujita, M., & Fotopoulos, V. (2020). Reactive Oxygen Species

and Antioxidant Defense in Plants Under Abiotic Stress: Revisiting the Crucial Role of a Universal Defense Regulator. *Antioxidants*, 9(8), 681.

Hossain, M. M., Ahmed, S., Alam, M. S., & Hossain, A. (2024). Adverse Effects of Heat Shock in Rice (*Oryza Sativa* L.) and Approaches to Mitigate it for Sustainable Rice Production Under the Changing Climate: A Comprehensive Review. *Heliyon*, 10(24).

Ibrahim, E. A. (2016). Seed Priming to Alleviate Salinity Stress in Germinating Seeds. *Journal of Plant Physiology*, 192, 36–46.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.

Itoh, J. I., Nonomura, K. I., Ikeda, I., Yamaki, S., Inukai, Y., Yamagishi, H., Kitano, H., & Nagato, Y. (2005). Rice Plant Development: from Zygote to Spikelet. *Plant and Cell Physiology*, 46(1), 23–47.

Jatana, B. S., Grover, S., Ram, H., & Baath, G. S. (2024). Seed Priming: Molecular and Physiological Mechanisms Underlying Biotic and Abiotic Stress Tolerance. *Agronomy*, 14(12), 2901.

Johnson, R. Vishwakarma, K., Hossen, M. S., Kumar, V., Shackira, A. M. Puthur, J. T., Abdi, G., Sarraf, M., Hasanuzzaman, M. (2022). Potassium in Plants: Growth Regulation, Signaling, and Environmental Stress Tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 172, 56–69.

Kader, M. A. (2005). A Comparison of Seed Germination Calculation Formulae and the Associated Interpretation of Resulting Data. *Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales*, 138(3–4), 65–75.

Kaya, M. D., Okçu, G., Atak, M., Çikili, Y., & Kolsarici, Ö. (2006). Seed Treatments to Overcome Salt and Drought Stress During Germination in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*, 24(4), 291–295.

Khush, G. S. (2013). Strategies for Increasing the Yield Potential of Cereals: Case of Rice as an Example. *Plant Breeding*, 132(5), 433–436.

Knop, K., Hoogenboom, R., Fischer, D., & Schubert, U. S. (2010). Poly (ethylene glycol) in Drug Delivery: Pros and Cons as Well as Potential Alternatives. *Angewandte Chemie - International Edition*, 49(36), 6288–6308.

Leakey, A. D., Ferguson, J. N., Pignon, C. P., Wu, A., Jin, Z., Hammer, G. L., & Lobell, D. B. (2019). Water use Efficiency as a Constraint and Target for Improving the Resilience and Productivity of C3 and C4 Crops. *Annual Review of Plant Biology*, 70(1), 781–808.

- Lei, C., Bagavathiannan, M., Wang, H., Sharpe, S. M., Meng, W., & Yu, J. (2021). Osmopriming with Polyethylene Glycol (PEG) for Abiotic Stress Tolerance in Germinating Crop Seeds: A Review. *Agronomy*, 11(11), 2194.
- Liberatore, C. M., Biancucci, M., Ezquer, I., Gregis, V., & Di Marzo, M. (2025). Investigating How Reproductive Traits in Rice Respond to Abiotic Stress. *Journal of Experimental Botany*, 76 (8), 2064–2080.
- Ling, Y., Zhao, Y., Cheng, B., Tan, M., Zhang, Y., & Li, Z. (2022). Seed Priming with Chitosan Improves Germination Characteristics Associated with Alterations in Antioxidant Defense and Dehydration-Responsive Pathway in White Clover under Water Stress. *Plants*, 11(15) 2015.
- Liu, P., Wu, X., Gong, B., Lü, G., Li, J., & Gao, H. (2022). Review of the Mechanisms by Which Transcription Factors and Exogenous Substances Regulate ROS Metabolism under Abiotic Stress. *Antioxidants*, 11(11), 2106
- MacDonald, M. T., & Mohan, V. R. (2025). Chemical Seed Priming: Molecules and Mechanisms for Enhancing Plant Germination, Growth, and Stress Tolerance. *Current Issues in Molecular Biology*, 47(3), 177.
- Mahdid, M., & Simonneau, T. (2023). Rapid Responses and Physiological Events of Leaf Growth in Response to Water Stress Induced by Poly Ethylene Glycol in Maize (*Zea mays* L.). *Algerian Journal of Environmental Science and Technology March Edition*, 9(1).
- Mardita, S., & Violita, V. (2018). Morphological Indices of Drought Tolerant of Some Paddy Varieties (*Oryza sativa* L.) in West Sumatera Using Standard Evaluation System (SES) For Rice. *Bioscience*, 3(1), 60–68.
- Millah, Z., Syukur, M., & Ardie, S. W. (2021). Selection Traits for Chili Pepper Drought Tolerance at Germination Stage using Polyethylene Glycol 6000 and Diversity among 22 Chili Pepper Genotypes. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 118(10), 240-249.
- Mirza, S. R. (2021). Seed Priming Enhanced Seed Germination traits of Wheat Under Water, Salt and Heat stress. *Pure and Applied Biology*, 4(4), 650–658.
- Mittler, R., Zandalinas, S. I., Fichman, Y., & Van Breusegem, F. (2022). Reactive Oxygen Species Signalling in Plant Stress Responses. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 23(10), 663–679.
- Nawaz, F., Naeem, M., Akram, A., Ashraf, M. Y., Ahmad, K. S., Zulfiqar, B., & Anwar, I. (2017). Seed priming with KNO₃ mediates biochemical processes to inhibit lead toxicity in maize (*Zea mays* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(14), 4780-4789.
- Nonogaki, H., & Bassel, G. W., (2010). Germination—Still a mystery. *Plant Science*, 179(6), 574–581.

- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., & Tran, L. S. P. (2014). Response of Plants to Water Stress. *Frontiers in Plant Science*, 5, 86.
- Panda, S. K., Gupta, D., Patel, M., Vyver, C. V. D., & Koyama, H. (2024). Functionality of Reactive Oxygen Species (ROS) in Plants: Toxicity and Control in Poaceae Crops Exposed to Abiotic Stress. *Plants*, 13(15).
- Paparella, S., Araújo, S. D. S., Rossi, G., Wijayasinghe, M. A. L. A. K. A., Carbonera, D., & Balestrazzi, A. (2015). Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Report*, 34(8), 1281–1293.
- Paramida, C., & Hardi, E. (2020) Revolusi Hijau dan Menyusutnya Benih Padi Junjuang di Nagari Pakan Raba'a (1998-2019). *Jurnal Kronologi Ученые: Universitas Negeri Padang*, 2(4), 106-213.
- Pompelli, M. F., Jarma-Orozco, A., & Rodriguez-Páez, L. A. (2023). Imbibition and Germination of Seeds with Economic and Ecological Interest: Physical and Biochemical Factors Involved. *Sustainability*, 15(6), 5394.
- Puspitaningrum, H., & Salamah, A. (2023). Analisis Karakteristik Vegetatif dari Empat Varietas Padi Dalam Perlakuan Cekaman Kekeringan. *Berita Biologi*, 22(1), 11-21.
- Rajjou, L., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C., & Job, D. (2012). Seed Germination and Vigor. *Annual Review of Plant Biology*, 63, 507-574.
- Reed, R. C., Bradford, K. J., & Khanday, I. (2022). Seed Germination and Vigor: Ensuring Crop Sustainability in a Changing Climate. *Heredity*, 128(6), 450–459.
- Rehman, B., Zulfiqar, A., Attia, H., Sardar, R., Saleh, M. A., Alamer, K. H., Alsudays, I. M., Mehmood, F., & Uz Zaman, Q. (2024). Seed Priming with Potassium Nitrate Can Enhance Salt Stress Tolerance in Maize. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 93(8), 1819–1838.
- Rehman, M. U. M., Liu, J., Nijabat, A., Alsudays, I. M., Saleh, M. A., Alamer, K. H., Attia, H., Ziaf, K., Zaman, Q. uz, & Amjad, M. (2024). Seed Priming with Potassium Nitrate Alleviates the High Temperature Stress by Modulating Growth and Antioxidant Potential in Carrot Seeds and Seedlings. *BMC Plant Biology*, 24(1).
- Robin, A. H. K., Ghosh, S., & Shahed, M. A. (2021). Peg-Induced Osmotic Stress Alters Root Morphology and Root Hair Traits in Wheat Genotypes. *Plants*, 10(6).
- Rohamare, Y., Dhumal, K. N., & Nikam, T. D. (2014). Response of Ajowan to Water Stress Induced by Polyethylene Glycol (PEG) 6000 During Seed Germination and Seedling Growth. *Journal of Environmental Biology*, 35(5), 789.

- Ruttanaruangboworn, A., Chanprasert, W., Tobunluepop, P., & Onwimol, D. (2017). Effect of Seed Priming with Different Concentrations of Potassium Nitrate on the Pattern of Seed Imbibition and Germination of Rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Integrative Agriculture*, 16(3), 605–613.
- Sage, R. F., & Zhu, X. G. (2011). Exploiting the Engine of C4 Photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*, 62(9), 2989–3000.
- Sahta, V. B., Sari, C. P. M., Asnawi, & Umaruddin, U. (2025). Analisis Dampak Perubahan Iklim dan Luas Lahan Terhadap Jumlah Produksi Padi di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Pertanian Unimal*, 8(2), 26–36.
- Sánchez-Bermúdez, M., Del Pozo, J. C., & Pernas, M. (2022). Effects of Combined Abiotic Stresses Related to Climate Change on Root Growth in Crops. In *Frontiers in Plant Science*, 13, 918537.
- Shah, I. H., Manzoor, M. A., Jinhui, W., Li, X., Hameed, M. K., Rehaman, A., Li, P., Zhang, Y., Niu, Q., & Chang, L. (2024). Comprehensive Review: Effects of Climate Change and Greenhouse Gases Emission Relevance to Environmental Stress on Horticultural Crops and Management. *Journal of Environmental Management*, 351, 119978.
- Sharma, B., & Parikh, M. (2020). Seed priming: An emerging technology to impart abiotic stress tolerance in rice. *International Journal of Chemical Studies*, 8(2), 619–623.
- Sugiyama, S. H., Yasui, Y., Ohmori, S., Tanaka, W., & Hirano, H. Y. (2019). Rice Flower Development Revisited: Regulation of Carpel Specification and Flower Meristem Determinacy. *Plant and Cell Physiology*, 60(6), 1284–1295.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). *Plant physiology.*, 3rd edn Sinauer. Sunderland, MA.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development*.
- Taiz, L., Zeiger, E. Moller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal - 6ed*. Artmed Editora.
- Thongtip, A., Mosaleeyanon, K., Korinsak, S., Toojinda, T., Darwell, C. T., Chutimanukul, P., & Chutimanukul, P. (2022). Promotion of Seed Germination and Early Plant Growth by KNO₃ and Light Spectra in *Ocimum Tenuiflorum* Using a Plant Factory. *Scientific Reports*, 12(1). 6995.
- Trisnawaty, A. R., Asra, R., Megasari, R., Armana, I. N., & Yamin, M. (2024). Pertumbuhan dan Produksi Padi (*Oryza sativa* L.) Hasil Priming Berbagai Konsentrasi PEG-6000 pada Cekaman Kekeringan. *Journal Galung Tropika*, 13(2), 268–278.

- Ubaidillah M. (2021). Pengaruh cekaman Kekeringan Terhadap Ekspresi Gen Ketahanan OSCATA dan OSAPX1 pada Padi Toleran Kekeringan. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*, 8(2), 276–285.
- Upretee, P., Bandara, M. S., & Tanino, K. K. (2024). The Role of Seed Characteristics on Water Uptake Preceding Germination. *Seeds*, 3(4), 559–574.
- Veronese, F. M., & Pasut, G. (2005). PEGylation, successful approach to drug delivery. *Drug Discovery Today*, 10(21), 1451-1458.
- Verslues, P. E., Agarwal, M., Katiyar-Agarwal, S., Zhu, J., & Zhu, J. K. (2006). Methods and Concepts in Quantifying Resistance to Drought, Salt and Freezing, Abiotic Stresses That Affect Plant Water Status. *Plant Journal*, 45(4), 523–539.
- Violita, V., & Azhari, S. (2021). Effect of PEG-8000 Imposed Drought Stress on Rice Varieties Germination. *Journal of Physics: Conference Series*, 1940(1).
- Wang, Y., & Li, J. (2011). Branching in rice. *Current Opinion in Plant Biology*, 14(1), 94–99.
- Xing, Y., & Zhang, Q. (2010). Genetic and molecular bases of rice yield. *Annual Review of Plant Biology*, 61(1), 421-442.
- Xiong, D., & Nadal, M. (2020). Linking Water Relations and Hydraulics with Photosynthesis. *Plant Journal*, 101(4), 800–815.
- Yamori, W., Hikosaka, K., & Way, D. A. (2014). Temperature Responese of Photosynthesis in C3, C4, And CAM Plants: Temperature Acclimation and Temperature Adaptation. *Photosynthesis Research*, 119(1), 101–117
- Yang, J., Su, L., Li, D., Luo, L., Sun, K., Yang, M., Gu, F., Xia, A., Liu, Y., Wang, H., Chen, Z., & Guo, T. (2020). Dynamic Transcriptome and Metabolome Analyses of Two Types of Rice During the Seed Germination and Young Seedling Growth Stages. *BMC Genomics*, 21(1), 603.
- Yang, P. M., Huang, Q. C., Qin, G. Y., Zhao, S. P., & Zhou, J. G. (2014). Different Drought-Stress Responses in Photosynthesis and Reactive Oxygen Metabolism Between Autotetraploid and Diploid Rice. *Photosynthetica*, 52(2), 193–202.
- Zagoto, A. D. P., & Violita, V. (2019). Leaf Anatomical Modification in Drought of Rice Varieties (*Oryza sativa* L.). *Eksakta: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 20(2), 42-52.
- Zheng, C., Chen, J. P., Wang, X. W., & Li, P. (2025). Reactive Oxygen Species in Plants: Metabolism, Signaling, and Oxidative Modifications. *Antioxidants*, 14(6), 617.

Zhou, D., Fang, D., Yi, J., Li, T., Shi, C., Wu, C., Li, X., Fan, G., Li, W. (2025). NADPH Oxidase Coordinating with ROS Regulation: A Biochemical Footprinting in Plant Development. *Physiologia Plantarum*, 177(6).