

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



**PUJI RAMADHANI
NIM. 22032036/2022**

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

**OPTIMASI KONSENTRASI ASAM ASKORBAT 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:
PUJI RAMADHANI
NIM. 22032036/2022**

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

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

Nama : Puji Ramadhani
NIM : 22032036
Program Studi : Biologi
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 22 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 : Puji Ramadhani
NIM/TM : 22032036/2022
Program Studi : Biologi
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

OPTIMASI KONSENTRASI ASAM ASKORBAT 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, 7 Mei 2026

Tim Penguji

	Nama
Ketua	: Dr. Violita, S.Si., M.Si
Anggota	: Prof. Dr. Azwir Anhar, M.Si
Anggota	: Prof. Dr. Linda Advinda, M.Kes

Tanda tangan



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Puji Ramadhani
NIM/TM : 22032036/2022
Program Studi : Biologi
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa, skripsi saya dengan judul “Optimasi Konsentrasi Asam Askorbat 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, 7 Mei 2026

Diketahui oleh,
Kepala Departemen Biologi



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

Saya yang menyatakan,



Puji Ramadhani
NIM. 22032036

Optimasi Konsentrasi Asam Askorbat sebagai Senyawa Priming Benih Padi Varietas Junjuang untuk Mitigasi Cekaman Kekeringan Awal melalui Simulasi PEG 6000

Puji Ramadhani

ABSTRAK

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman pangan utama yang rentan terhadap cekaman kekeringan, terutama pada fase perkecambahan dan pertumbuhan awal. Salah satu pendekatan untuk meningkatkan toleransi awal benih terhadap cekaman tersebut adalah melalui *seed priming* menggunakan asam askorbat (AsA) sebagai antioksidan yang berfungsi menjaga stabilitas fisiologis benih selama proses imbibisi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi AsA yang optimal sebagai senyawa priming dalam meningkatkan parameter perkecambahan benih padi varietas Junjuang pada kondisi cekaman kekeringan yang disimulasikan menggunakan *polyethylene glycol* (PEG) 6000 konsentrasi 20%.

Penelitian dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan lima taraf konsentrasi AsA (0, 10, 15, 20, dan 25 mM) dan empat ulangan. Parameter yang diamati meliputi persentase perkecambahan, laju perkecambahan, panjang akar, panjang plumula, panjang kecambah, indeks vigor benih, berat basah total, dan berat kering total. Data dianalisis menggunakan ANOVA dan uji lanjut Duncan pada taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa priming AsA berpengaruh nyata terhadap laju perkecambahan, panjang akar, panjang kecambah, indeks vigor benih, dan berat basah total, namun tidak berpengaruh nyata terhadap persentase perkecambahan, panjang plumula, dan berat kering total. Konsentrasi AsA 20 mM memberikan respons optimal pada panjang akar, panjang kecambah, dan indeks vigor benih. Sementara itu, konsentrasi 25 mM menghasilkan laju perkecambahan tertinggi dan 10 mM menghasilkan berat basah total tertinggi, namun keduanya tidak dapat ditetapkan sebagai konsentrasi optimal karena tidak menunjukkan keunggulan yang konsisten secara statistik antar perlakuan. Secara keseluruhan, konsentrasi AsA 20 mM merupakan konsentrasi optimal dalam meningkatkan parameter perkecambahan benih padi varietas Junjuang pada kondisi cekaman kekeringan melalui simulasi PEG 6000 20%.

Kata Kunci: Asam Askorbat, Cekaman Kekeringan, Padi Junjuang, Priming Benih

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

Puji Ramadhani

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) is a major food crop that is susceptible to drought stress, particularly during the germination and early growth stages. One approach to enhancing seed tolerance to this stress is through seed priming using ascorbic acid (AsA) as an antioxidant that helps maintain the physiological stability of seeds during the imbibition process. This study aimed to determine the optimal concentration of AsA as a priming compound to improve the germination parameters of Junjuang rice seeds under simulated drought stress conditions using 20% polyethylene glycol (PEG) 6000.

The study was conducted using a one-factor completely randomized design (CRD) with five AsA concentration levels (0, 10, 15, 20, and 25 mM) and four replicates. The observed parameters included germination percentage, germination rate, root length, plumule length, seedling length, seed vigor index, total fresh weight, and total dry weight. The data were analyzed using ANOVA and Duncan's post-hoc test at the 5% level.

The results showed that AsA priming had a significant effect on germination rate, root length, seedling length, seed vigor index, and total fresh weight, but had no significant effect on germination percentage, plumule length, and total dry weight. A 20 mM AsA concentration provided the optimal response for root length, seedling length, and seed vigor index. Meanwhile, the 25 mM concentration produced the highest germination rate and the 10 mM concentration produced the highest total fresh weight; however, neither could be established as the optimal concentration because they did not demonstrate statistically consistent superiority across treatments. Overall, a 20 mM AsA concentration was the optimal concentration for improving the germination parameters of Junjuang rice seeds under drought stress conditions simulated with 20% PEG 6000.

Keywords: Ascorbic Acid, Drought Stress, Junjuang Rice, Seed Priming

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimasi Konsentrasi Asam Askorbat sebagai Senyawa Priming Benih Padi Varietas Junjuang untuk Mitigasi Cekaman Kekeringan Awal melalui Simulasi PEG 6000”. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Baginda Rasulullah SAW., beserta keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya yang istiqamah mengikuti sunnah beliau.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Biologi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, arahan, serta dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Violita, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dengan penuh kesabaran dalam memberikan bimbingan, arahan, serta saran yang sangat berharga selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Azwir Anhar, M.Si., dan Ibu Prof. Dr. Linda Advinda, M.Kes., selaku dosen penguji, atas waktu, perhatian, serta kritik dan saran yang sangat berharga dalam membantu penulis menyempurnakan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Hj. Vauzia, M.Si., selaku dosen Penasihat Akademik yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi yang sangat membangun selama masa perkuliahan.

4. Ibu Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M.Biomed., selaku Kepala Departemen Biologi sekaligus Ketua Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
5. Bapak dan Ibu dosen serta staf Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, yang telah membantu dalam kelancaran penelitian serta penyusunan skripsi ini.
6. Ibu tercinta, Ibu Titin Suryani, yang senantiasa menjadi sumber kekuatan dan doa bagi penulis. Terima kasih atas segala kasih sayang, pengorbanan, dan ketulusan yang tidak pernah berhenti diberikan. Penulis menyadari bahwa setiap pencapaian ini tidak terlepas dari perjuangan dan keikhlasan beliau yang senantiasa mengiringi langkah penulis.
7. Adik tersayang, Suci Ramadhani, Nabila Febrianti, dan Rasya Aprilian, yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan semangat kepada penulis hingga sampai pada titik ini.
8. Rekan-rekan sebangkungan, Annisa Mardhatillah, Yoana Marizky Siregar, Zacki Rafila, Anggraini, Muftia Nadhra, dan Maidatul Isnaini, yang telah saling membantu serta memberikan semangat selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
9. Teman seperjuangan, Aulia Devani Putri, Chetiarahmi, dan Fanica Maisandha, yang senantiasa kebersamaan serta memberikan semangat dan dukungan selama masa perkuliahan.
10. Sahabat penulis, Aulia Salsa, Reva Aprilia, dan Tirta Hayati Karisma, yang senantiasa hadir kebersamaan setiap langkah dan pencapaian penulis. Terima

kasih atas segala semangat, doa, dukungan, serta kebersamaan yang sangat berarti bagi penulis.

11. Anggota kelas Biologi Sains E 2022 yang telah memberikan semangat dan doa selama masa perkuliahan.
12. Rekan-rekan Biologi Angkatan 2022 yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
13. Diri sendiri, yang telah mampu bertahan dan berjuang hingga sampai pada titik ini. Segala hambatan dan rintangan yang telah dilalui menjadi bagian dari proses pembelajaran dan pendewasaan.

Akhir kata, semoga segala bantuan, dukungan, dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis memperoleh balasan yang setimpal dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Padang, 14 April 2026

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	6
D. Hipotesis Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II KERANGKA TEORITIS.....	8
A. Tanaman Padi (<i>Oryza sativa</i> L.)	8
B. Cekaman Kekeringan	12
C. <i>Polyethylene Glycol</i> (PEG)	15
D. Priming Benih dengan Asam Askorbat.....	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
A. Jenis Penelitian.....	23
B. Waktu dan Tempat	23
C. Alat dan Bahan.....	23
D. Rancangan Penelitian.....	24
E. Prosedur Penelitian.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
A. Hasil	29
B. Pembahasan.....	36
BAB V PENUTUP.....	48
A. Kesimpulan	48
B. Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tanaman padi	8
2. Struktur biji padi	11
3. Dampak kekeringan dan respons pada tumbuhan	13
4. Ilustrasi siklus AsA–GSH	20
5. Rerata persentase perkecambahan benih padi varietas Junjuang	29
6. Rerata laju perkecambahan benih padi varietas Junjuang	30
7. Rerata panjang akar kecambah padi varietas Junjuang	31
8. Rerata panjang plumula kecambah padi varietas Junjuang	32
9. Rerata panjang kecambah padi varietas Junjuang	33
10. Rerata indeks vigor benih padi varietas Junjuang	34
11. Rerata berat basah total kecambah padi varietas Junjuang	35
12. Rerata berat kering total kecambah padi varietas Junjuang	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pembuatan larutan NaClO 2,5%	59
2. Pembuatan larutan AsA 10 mM, 15 mM, 20 mM, dan 25 mM	60
3. Pembuatan larutan PEG 6000 20%	63
4. Data mentah parameter pengamatan	64
5. Hasil analisis data persentase perkecambahan	66
6. Hasil analisis data laju perkecambahan.....	68
7. Hasil analisis data panjang akar	70
8. Hasil analisis data panjang plumula	72
9. Hasil analisis data panjang kecambah.....	74
10. Hasil analisis data indeks vigor benih.....	76
11. Hasil analisis data berat basah.....	78
12. Hasil analisis data berat kering	80
13. Morfologi kecambah padi varietas Junjuang	82
14. Dokumentasi penelitian.....	83

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan salah satu tanaman pangan terpenting di dunia karena menjadi makanan pokok bagi lebih dari separuh populasi manusia (Bandumula, 2017; Bi *et al.*, 2021; Matsuda, 2019). Sekitar 90% produksi dan konsumsi beras dunia berada di Asia (Bandumula, 2017; Bhandari, 2019; Fukagawa & Ziska, 2019). Di Indonesia, lebih dari 90% penduduk menjadikan beras sebagai sumber energi utama (Azzahra *et al.*, 2021; Kementerian Pertanian Indonesia, 2019). Jumlah penduduk yang diproyeksikan mencapai 284,44 juta jiwa pada pertengahan 2025 (BPS, 2025) menyebabkan kebutuhan beras nasional terus meningkat (Khaira *et al.*, 2023; Raihanun *et al.*, 2023). Namun, pemenuhan kebutuhan tersebut menghadapi kendala serius, terutama keterbatasan air. Di banyak wilayah tropis, penurunan curah hujan dalam periode panjang menyebabkan berkurangnya pasokan air, yang diperparah oleh menyusutnya cadangan air tanah akibat evaporasi, transpirasi, serta pemanfaatan berlebihan oleh manusia (Sujinah & Jamil, 2016; Zia *et al.*, 2021). Kondisi ini memicu cekaman kekeringan yang menjadi salah satu faktor pembatas utama produktivitas padi.

Sebagai tanaman C3, padi melakukan fiksasi karbon melalui enzim Rubisco (ribulosa-1,5-bisfosfat karboksilase/oksigenase) yang sensitif terhadap defisit air dan suhu tinggi, sehingga efisiensi fotosintesisnya mudah menurun ketika kondisi lingkungan tidak optimal (Cui *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2012). Karakter fisiologis ini menjadikan padi umumnya lebih rentan terhadap kekeringan dibandingkan tanaman C4 seperti jagung dan sorgum yang memiliki efisiensi penggunaan air

lebih tinggi (Alridiwersah *et al.*, 2015; Karami *et al.*, 2023). Kekeringan memicu respons fisiologis awal termasuk penutupan stomata untuk mengurangi kehilangan air, tetapi penurunan difusi CO₂ menyebabkan ketidakseimbangan proses fotosintesis yang meningkatkan produksi *Reactive Oxygen Species* (ROS) (Gulo & Nurhayati, 2022; Hamim *et al.*, 2017; Qiao *et al.*, 2024; Singh *et al.*, 2019). Akumulasi ROS berlebih menimbulkan kerusakan oksidatif pada membran, protein, dan DNA sehingga mengganggu fungsi sel dan menurunkan pertumbuhan tanaman (Das *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2021). Peningkatan ROS umumnya ditandai oleh naiknya kadar *malondialdehyde* (MDA) sebagai indikator kerusakan membran akibat peroksidasi lipid (Saha *et al.*, 2022).

Kekeringan memengaruhi proses fisiologis tanaman pada seluruh fase pertumbuhan, mulai dari perkecambahan hingga pematangan (Anjum *et al.*, 2017). Pada padi, tahap perkecambahan dan pertumbuhan awal merupakan fase yang paling rentan karena aktivitas metabolik benih yang tinggi membutuhkan pasokan air yang memadai untuk proses imbibisi dan aktivasi enzim (Dueñas *et al.*, 2024; Nautiyal *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2024). Sensitivitas respons padi ini juga ditentukan oleh durasi dan tingkat keparahan cekaman, serta perbedaan genetik antarvarietas (Sokoto & Muhammad, 2014).

Salah satu varietas padi yang diketahui sensitif terhadap kekeringan ialah varietas lokal Junjuang. Penelitian Azhari (2019) melaporkan bahwa varietas ini memiliki nilai Indeks Sensitivitas Kekeringan (ISK) sebesar 1,48 sehingga, berdasarkan klasifikasi ISK, dikategorikan peka terhadap kekeringan. Junjuang berasal dari Payakumbuh, Sumatera Barat, dan telah dilepas sebagai varietas unggul lokal sejak 2009 (Elita *et al.*, 2023; Paramida & Hardi, 2020). Meskipun sensitif

terhadap kekeringan, varietas ini tetap banyak dibudidayakan karena karakter agronomisnya yang unggul, seperti produksi tinggi, umur genjah, kualitas gabah yang baik, serta tekstur nasi pera yang sesuai dengan preferensi konsumen di Sumatera Barat (Bery *et al.*, 2025; Kalistiani *et al.*, 2023). Keunggulan tersebut menjadikan peningkatan toleransi kekeringan pada varietas ini sangat penting.

Pengujian toleransi kekeringan secara terkendali umumnya dilakukan menggunakan *polyethylene glycol* (PEG), yang mampu menurunkan potensial air media secara seragam tanpa menimbulkan kerusakan fisiologis, sehingga efektif mensimulasikan dehidrasi alami (Almaghrabi, 2012; Rubinstein, 1982; Violita & Azhari, 2021). PEG 6000 dipilih karena kelarutannya baik dan stabil menurunkan potensial air tanpa efek toksik (Emmerich & Hardegree, 1990; Klarod *et al.*, 2021). Hasil pendahuluan menggunakan PEG 6000 konsentrasi 10% (potensial osmotik: $-0,19$ MPa) menunjukkan bahwa tingkat cekaman tersebut masih terlalu ringan untuk memunculkan respons stres pada kecambah. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan PEG 6000 konsentrasi 20% (potensial osmotik: $-0,71$ MPa), yang tergolong cekaman kekeringan sedang (Herawati *et al.*, 2020; Michel & Kaufmann, 1973), yakni tingkat cekaman yang cukup kuat untuk menginduksi respons fisiologis tanpa menghambat perkecambahan, sehingga tepat sebagai kondisi simulasi dalam uji toleransi kekeringan. Pada kondisi cekaman tersebut, diperlukan pendekatan untuk meningkatkan kesiapan benih.

Pendekatan yang efektif untuk meningkatkan toleransi benih terhadap cekaman abiotik, termasuk kekeringan, ialah *seed priming*, teknik pra-tanam yang sederhana, berbiaya rendah, dan mampu meningkatkan kemampuan benih untuk berkecambah secara cepat dan seragam bahkan pada kondisi lingkungan yang

kurang mendukung (Devika *et al.*, 2021; Marthandan *et al.*, 2020; Paparella *et al.*, 2015). Priming dilakukan melalui hidrasi terkendali hingga benih mencapai fase awal perkecambahan tanpa munculnya radikula, kemudian benih dikeringkan kembali ke kadar air awal (Amir *et al.*, 2024; Dawood, 2018; Lutts *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2022). Proses ini memicu aktivasi awal proses metabolik yang meningkatkan kesiapan fisiologis benih dalam menghadapi cekaman saat ditanam (Forti *et al.*, 2020; Hasanovic *et al.*, 2025).

Asam askorbat (AsA) merupakan salah satu agen *hormonal priming* yang berperan penting dalam meningkatkan toleransi awal benih terhadap cekaman (Rhaman *et al.*, 2020). AsA berfungsi sebagai antioksidan non-enzimatik yang mampu menetralkan ROS dan menjaga keseimbangan redoks sel selama cekaman (Hasanuzzaman *et al.*, 2020; Safnowandi, 2022; Wang *et al.*, 2024). Selain itu, AsA bertindak sebagai kofaktor bagi enzim-enzim utama dalam siklus AsA–GSH (*ascorbate–glutathione*), seperti APX (*ascorbate peroxidase*), MDHAR (*monodehydroascorbate reductase*), dan DHAR (*dehydroascorbate reductase*), yang berperan mempertahankan stabilitas redoks seluler dan mengurangi kerusakan oksidatif (Conklin *et al.*, 2024; Foyer & Kunert, 2024; Zaid & Wani, 2019). AsA juga terlibat dalam proses fisiologis penting, termasuk pembelahan dan ekspansi sel, fotosintesis, serta biosintesis hormon tanaman (EL Sabagh *et al.*, 2022; Goossens *et al.*, 2016; Hasanuzzaman *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2024). Dengan demikian, AsA berpotensi meningkatkan vigor benih dan parameter pertumbuhan awal, sehingga mendukung toleransi awal benih terhadap cekaman kekeringan.

Penelitian menunjukkan bahwa AsA efektif sebagai agen priming dalam meningkatkan toleransi benih terhadap cekaman abiotik. Ghiyasi *et al.* (2015)

melaporkan bahwa priming AsA meningkatkan daya kecambah dan vigor benih jantan bahkan pada kondisi salinitas tinggi. Singh dan Bhardwaj (2016) juga menunjukkan bahwa priming AsA pada beberapa kultivar gandum yang mengalami kekurangan air meningkatkan panjang akar dan tunas, disertai peningkatan aktivitas enzim antioksidan dan penurunan kadar MDA. Pada padi, Zhang *et al.* (2024) melaporkan bahwa priming AsA pada varietas Hanyou 73 secara signifikan meningkatkan pertumbuhan akar dan tunas di bawah cekaman kekeringan melalui penurunan akumulasi ROS, peningkatan aktivitas antioksidan dan osmoprotektan, perbaikan potensial osmotik sel, serta peningkatan kandungan auksin dan ekspresi gen IAA (*Indole Acetic Acid*) yang memperkuat penyerapan air dan nutrisi. Secara keseluruhan, temuan ini memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk menguji efektivitas AsA pada varietas padi yang sensitif terhadap kekeringan.

Hingga saat ini belum terdapat penetapan konsentrasi AsA yang optimal sebagai agen priming dalam meningkatkan toleransi awal benih padi varietas Junjuang terhadap cekaman kekeringan. Kondisi ini menegaskan urgensi dilakukannya optimasi konsentrasi AsA. Oleh karena itu, penelitian mengenai “Optimasi Konsentrasi Asam Askorbat sebagai Senyawa Priming Benih Padi Varietas Junjuang untuk Mitigasi Cekaman Kekeringan Awal melalui Simulasi PEG 6000” menjadi penting untuk dilakukan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah konsentrasi asam askorbat berapakah yang optimal sebagai agen priming dalam meningkatkan parameter perkecambahan benih padi varietas

Junjuang pada kondisi cekaman kekeringan yang disimulasikan menggunakan PEG 6000?

C. Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi asam askorbat yang optimal sebagai agen priming dalam meningkatkan parameter perkecambahan benih padi varietas Junjuang pada kondisi cekaman kekeringan yang disimulasikan menggunakan PEG 6000.

D. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah bahwa konsentrasi asam askorbat sebagai agen priming berpengaruh terhadap parameter perkecambahan benih padi varietas Junjuang pada kondisi cekaman kekeringan yang disimulasikan menggunakan PEG 6000, serta terdapat konsentrasi tertentu yang memberikan respons optimal.

E. Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara teoretis dan praktis sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi ilmiah mengenai efektivitas asam askorbat sebagai agen priming dalam meningkatkan parameter perkecambahan benih padi varietas Junjuang pada kondisi cekaman kekeringan yang disimulasikan menggunakan PEG 6000.
2. Menambah wawasan dalam bidang fisiologi benih terkait peningkatan perkecambahan dan pertumbuhan awal melalui aplikasi priming dengan asam askorbat.

3. Menjadi acuan bagi peneliti, penyedia benih, dan petani dalam penerapan teknik priming dengan asam askorbat sebagai metode sederhana dan efektif untuk meningkatkan keberhasilan perkecambahan padi pada lahan yang rentan kekeringan.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa priming benih menggunakan asam askorbat (AsA) berpengaruh terhadap parameter perkecambahan benih padi varietas Junjuang pada kondisi cekaman kekeringan yang disimulasikan menggunakan PEG 6000 20%. Pengaruh nyata ditunjukkan pada laju perkecambahan, panjang akar, panjang kecambah, indeks vigor benih, dan berat basah total, sedangkan persentase perkecambahan, panjang plumula, dan berat kering total tidak menunjukkan pengaruh nyata. Konsentrasi AsA 20 mM merupakan konsentrasi yang optimal sebagai agen priming dalam meningkatkan parameter perkecambahan, khususnya pada panjang akar, panjang kecambah, dan indeks vigor benih. Sementara itu, pada parameter laju perkecambahan dan berat basah total tidak dapat ditetapkan konsentrasi optimal secara statistik, meskipun terdapat kecenderungan peningkatan respons pada konsentrasi tertentu.

B. Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengevaluasi efektivitas priming AsA pada berbagai varietas padi dan tingkat cekaman kekeringan, baik melalui simulasi menggunakan PEG 6000 maupun pada kondisi lapangan. Selain itu, penelitian lanjutan perlu mengkaji respons fisiologis dan biokimia selama proses perkecambahan, seperti aktivitas sistem antioksidan, untuk memperjelas mekanisme peningkatan toleransi benih terhadap cekaman kekeringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-Baki, A. A., & Anderson, J. D. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science*, 13(6), 630-633.
- Abo-El-Kheer, E. S. A., Gad, S. B., & Abido, W. A. E. 2019. The integrate effect of seed soaking in aqueous plant extracts and ascorbic acid on germination and seedling characters of rice grains under salinity stress. *Journal of Plant Production*, 10(7), 511-514.
- Ahmad, S., Belwal, V., Punia, S. S., Ram, M., Dalip., Rajput, S. S., Kunwar, R., Meena, M. K., Gupta, D., Kumawat, G. L., Hussain, T., & Mohamed, H. I. 2023. Role of plant secondary metabolites and phytohormones in drought tolerance: A review. *Gesunde Pflanzen*, 75(4), 729-746.
- Almaghrabi, O. A. 2012. Impact of drought stress on germination and seedling growth parameters of some wheat cultivars. *Life Science Journal*, 9(1), 590-598.
- Alridiwersah, A., Hanum, H., Harahap, E. M., & Yusuf, M. 2015. Uji toleransi beberapa varietas padi (*Oryza sativa* L.) terhadap naungan. *Jurnal Pertanian Tropik*, 2(2), 93-101.
- Amir, M., Prasad, D., Khan, F. A., Khan, A., Ahmad, B., & Astha. 2024. Seed priming: An overview of techniques, mechanisms, and applications. *Plant Science Today*, 11(1), 553-563.
- Anjum, S. A., Ashraf, U., Zohaib, A., Tanveer, M., Naeem, M., Ali, I., Tabassum, T., & Nazir, U. 2017. Growth and development responses of crop plants under drought stress: A review. *Zemdirbyste-Agriculture*, 104(3), 267-276.
- Azhari, S. 2019. "Respon perkecambahan beberapa varietas padi (*Oryza sativa* L.) di Sumatera Barat terhadap PEG 8000", *Skripsi*, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia.
- Azzahra, D. M., Amir, A., & Hodijah, S. 2021. Faktor-faktor yang mempengaruhi impor beras di Indonesia tahun 2001-2019. *E-Journal Perdagangan Industri dan Moneter*, 9(3), 181-192.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2025. *Jumlah penduduk pertengahan tahun (ribu jiwa)*, 2025. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTk3NSMy/jumlah-penduduk-pertengahan-tahun--ribu-jiwa.html>. (Diakses tanggal 29 September 2025).
- Ballo, M., Nio, S. A., Mantiri, F. R., & Pandiangan, D. 2012. Respons morfologis beberapa varietas padi (*Oryza sativa* L.) terhadap kekeringan pada fase perkecambahan. *Jurnal Bios Logos*, 2(2), 88-95.
- Bandumula, N. 2017. Rice production in Asia: Key to global food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 88(4), 1323-1328.

- Basal, O., Szabó, A., & Veres, S. 2020. Physiology of soybean as affected by PEG-induced drought stress. *Current Plant Biology*, 22, 100135.
- Basu, S., Roychoudhury, A., Saha, P. P., & Sengupta, D. N. 2010. Comparative analysis of some biochemical responses of three indica rice varieties during polyethylene glycol-mediated water stress exhibits distinct varietal differences. *Acta Physiologiae Plantarum*, 32(3), 551-563.
- Bery, I. P., Veronice, V., & Syahardi, A. 2025. Preferensi petani dalam penggunaan benih padi unggul lokal Kota Payakumbuh (Studi kasus: Kecamatan Lampasi Tigo Nagori). *JASc (Journal of Agribusiness Sciences)*, 9(2), 223-234.
- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. M., & Nonogaki, H. 2013. *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy* (3rd ed.). New York: Springer.
- Bhandari, H. 2019. *Global rice production, consumption and trade: Trends and future directions. Proceedings of the Korean Society of Crop Science Conference.* KoreaScience. <https://www.koreascience.kr/article/CFKO201932468198493.page>. (Diakses pada tanggal 1 Oktober 2025).
- Bi, J., Hou, D., Zhang, X., Tan, J., Bi, Q., Zhang, K., Liu, Y., Wang, F., Zhang, A., Ma, Y., Liu, G., Liu, Z., Yu, X., & Luo, L. 2021. A novel water-saving and drought-resistance rice variety promotes phosphorus absorption through root secreting organic acid compounds to stabilize yield under water-saving condition. *Journal of Cleaner Production*, 315, 127992.
- Bradford, J. K. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Hortscience*, 21, 1105-1112.
- Chen, K., & Arora, R. 2013. Priming memory invokes seed stress-tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 94, 33-45.
- Conklin, P. L., Foyer, C. H., Hancock, R. D., Ishikawa, T., & Smirnoff, N. 2024. Ascorbic acid metabolism and functions. *Journal of Experimental Botany*, 75(9), 2599-2603.
- Cui, H. 2021. Challenges and approaches to crop improvement through C3-to-C4 engineering. *Frontiers in Plant Science*, 12, 715391.
- Das, B. K., Kumar, A., Sreekumar, S. N., Ponraj, K., Gadave, K., Kumar, S., Achary, V. M. M., Ray, P., Reddy, M. K., & Arockiasamy, A. 2022. Comparative kinetic analysis of ascorbate (vitamin-C) recycling dehydroascorbate reductases from plants and humans. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 591, 110-117.
- Das, S., Rawat, P., Shankhdhar, D., & Shankhdhar, S. C. 2020. Drought stress: An impact of climate change, its consequences and amelioration through silicon (Si). *Sustainable Agriculture in the Era of Climate Change* (pp. 169-185). Cham: Springer International Publishing.

- Dawood, M. G. 2018. Stimulating plant tolerance against abiotic stress through seed priming. *Advances in seed priming* (pp. 147-183). Singapore: Springer Singapore.
- Devika, O. S., Singh, S., Sarkar, D., Barnwal, P., Suman, J., & Rakshit, A. 2021. Seed priming: A potential supplement in integrated resource management under fragile intensive ecosystems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 654001.
- Dueñas Jr, C., Pagano, A., Calvio, C., Srikanthan, D. S., Slamet-Loedin, I., Balestrazzi, A., & Macovei, A. 2024. Genotype-specific germination behavior induced by sustainable priming techniques in response to water deprivation stress in rice. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1344383.
- EL Sabagh, A., Islam, M. S., Hossain, A., Iqbal, M. A., Mubeen, M., Waleed, M., Reginato, M., Battaglia, M., Ahmed, S., Rehman, A., Arif, M., Athar, H-U-R., Ratnasekera, D., Danish, S., Raza, M. A., Rajendran, K., Mushtaq, M., Skalicky, M., Brestic, M., Soufan, W., Fahad, S., Pandey, S., Kamran, M., Datta, R., & Abdelhamid, M. T. 2022. Phytohormones as growth regulators during abiotic stress tolerance in plants. *Frontiers in Agronomy*, 4, 765068.
- Elita, N., Susila, E., Sari, D. A., & Illahi, A. K. 2023. Uji peningkatan perkecambahan dan vigor benih padi varietas Junjuang dengan isolat *Trichoderma* spp. indigenous. *Jurnal Agrikultura*, 34(3), 358-368.
- Ellouzi, H., Oueslati, S., Hessini, K., Rabhi, M., & Abdelly, C. 2021. Seed-priming with H₂O₂ alleviates subsequent salt stress by preventing ROS production and amplifying antioxidant defense in cauliflower seeds and seedlings. *Scientia Horticulturae*, 288, 110360.
- Emmerich, W. E., & Hardegree, S. P. 1990. Polyethylene glycol solution contact effects on seed germination. *Agronomy Journal*, 82(6), 1103-1107.
- Farooq, M., Irfan, M., Aziz, T., Ahmad, I., & Cheema, S. A. 2013. Seed priming with ascorbic acid improves drought resistance of wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 199(1), 12-22.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S. M. A. 2009. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 185-212.
- Forti, C., Ottobriño, V., Bassolino, L., Toppino, L., Rotino, G. L., Pagano, A., Macovei, A., & Balestrazzi, A. 2020. Molecular dynamics of pre-germinative metabolism in primed eggplant (*Solanum melongena* L.) seeds. *Horticulture Research*, 7(1), 87.
- Foyer, C. H., & Kunert, K. 2024. The ascorbate–glutathione cycle coming of age. *Journal of Experimental Botany*, 75(9), 2682-2699.
- Fukagawa, N. K., & Ziska, L. H. 2019. Rice: Importance for global nutrition. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 65(Supplement), S2-S3.

- Gardner, F. P., Pearce, R. B., & Mitchell, R. L. 1991. *Fisiologi tanaman budidaya*. Jakarta: Universitas Indonesia Press
- Ghiyasi, M., Amirnia, R., Fazelimanesh, M., & Tajbakhsh, M. 2015. The effect of seed priming with different concentrations of ascorbic acid on germination and vigor of cumine (*Cumin cyminum* L.) under saline conditions. *Thai Journal of Agricultural Science*, 48(4), 179-185.
- Giri, T. K., Mishra, S., & Tripathi, D. K. 2011. Carriers used for the development of solid dispersion for poorly water-soluble drugs. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 4(3), 356-366.
- Goossens, J., Fernández-Calvo, P., Schweizer, F., & Goossens, A. 2016. Jasmonates: Signal transduction components and their roles in environmental stress responses. *Plant Molecular Biology*, 91(6), 673-689.
- Gulo, D. K., & Nurhayati, N. 2022. Proses fisiologis pembentukan protein kedelai pada kondisi tanaman mengalami cekaman kekeringan. *Tabela Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 1(1), 15-18.
- Gundogdu, N., Turker, H., & Unal, B. T. 2026. The effect of exogenous calcium treatments on reducing drought stress damages in pepper grown in in vitro conditions. *Journal of Plant Growth Regulation*.
- Guo, Y., Li, D., Liu, L., Sun, H., Zhu, L., Zhang, K., Zhao, H., Zhang, Y., Li, A., Bai, Z., Tian, L., Dong, H., & Li, C. 2022. Seed priming with melatonin promotes seed germination and seedling growth of *Triticale hexaploide* L. under PEG-6000 induced drought stress. *Frontiers in Plant Science*, 13, 932912.
- Haghpanah, M., Hashemipetroudi, S., Arzani, A., & Araniti, F. 2024. Drought tolerance in plants: Physiological and molecular responses. *Plants*, 13(21), 2962.
- Hamim, H., Violita, V., Triadiati, T., & Miftahudin, M. 2017. Oxidative stress and photosynthesis reduction of cultivated (*Glycine max* L.) and wild soybean (*G. tomentella* L.) exposed to drought and paraquat. *Asian Journal of Plant Sciences*, 16(2), 65-77.
- Han, P., Ma, H., Lu, L., Zhu, J., Nie, X., Xu, J., & Li, Z. 2025. Ascorbic acid priming boosts cotton seed chilling tolerance via membrane stability and antioxidant cycles. *Plants*, 14(20), 3122.
- Hasanović, M., Durmić-Pašić, A., & Karalija, E. 2025. Seed priming beyond stress adaptation: Broadening the agronomic horizon. *Agronomy*, 15(8), 1829.
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. B., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S. M., Mahmud, J. A., 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.

- Hasibuan, H. S., Widiati, B. R., Numba, S., Pagalla, D. B., Rochman, F., Dewanti, P., Dewi, R., Oktatora, E., Warnita., Hosang, E. Y., & Nurwendah, A. S. 2024. *Fisiologi Tanaman*. Padang: HEI Publishing Indonesia.
- Herawati, R., Purwoko, B. S., Dewi, I. S., Romeida, A., Ganefianti, D. W., & Marlin. 2020. Analysis of polyethylene glycol (PEG) and proline to evaluate drought stress of double haploid new type upland rice lines. *International Journal of Agricultural Technology*, 16(4), 785-798.
- International Rice Research Institute (IRRI). 2013. *World rice statistics 2013*. Los Banos: IRRI.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2015. *International rules for seed testing*. Bassersdorf, Switzerland: ISTA.
- Islam, M. M., Ahmed, S., Urmi, T. A., Raihan, M. S., & Islam, M. R. 2021. Evaluation of moisture regime on agronomic traits of rice genotypes. *Annals of Bangladesh Agriculture*, 25(1), 89-104.
- Islam, M. M., Kayesh, E., Zaman, E., Urmi, T. A., & Haque, M. M. 2018. Evaluation of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes for drought tolerance at germination and early seedling stage. *The Agriculturists*, 16(1), 44-54.
- Jadid, K., Cahyanti, L. D., Muhammad., Setyaningrum, H., & Trisnaningrum, N. 2019. Drought resistance selection in ponorogo local rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *Journal of Physics: Conference Series*, 1381(1), 012005.
- Jiang, Z., Zhu, H., Zhu, H., Tao, Y., Liu, C., Liu, J., Yang, F., & Li, M. 2022. Exogenous ABA enhances the antioxidant defense system of maize by regulating the AsA-GSH cycle under drought stress. *Sustainability*, 14(5), 3071.
- Joint Expert Committee on Food Additives (JECFA). 1987. *Metals and arsenic specifications revised at the 61st*. Rome: WHO.
- Kader, M. A. 2005. A comparison of seed germination calculation formulae and the associated interpretation of resulting data. *Journal and Proceeding of the Royal Society of New South Wales*, 138, 65-75.
- Kalistiani, K., Ibnuusina, F., & Silfia, S. 2023. Analisis kepuasan petani terhadap keputusan dalam menggunakan varietas Junjuang di Kecamatan Harau Kabupaten Lima Puluh Kota. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis (JEPA)*, 7(1), 405-417.
- Kandil, A. A., Sharief, A. E., & Botabaah, A. K. D. 2018. Effect of antioxidants and salinity stress on seedling parameters of some wheat cultivars. *Research Journal of Seed Science*, 11(1), 12-21.
- Karami, S., Shiran, B., Ravash, R., & Fallahi, H. 2023. A comprehensive analysis of transcriptomic data for comparison of plants with different photosynthetic pathways in response to drought stress. *PLoS One*, 18(6), e0287761.
- Kementerian Pertanian Indonesia. 2019. *Buletin konsumsi pangan*, 10(1). Scribd.

- Khaira, N., Zulyusri., Achyar, A., Putri, D. H., Atifah, Y., & Violita, V. 2023. Rice growth response to drought simulation treatment using PEG. *Bioscience*, 7(2), 1-10.
- Khan, A. A., Wang, Y. F., Akbar, R., & Alhoqail, W. A. 2025. Mechanistic insights and future perspectives of drought stress management in staple crops. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1547452.
- Khazaei, Z., Esmailpour, B., & Estaji, A. 2020. Ameliorative effects of ascorbic acid on tolerance to drought stress on pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 26(8), 1649-1662.
- Klarod, K., Dongsansuk, A., Piepho, H. P., & Siri, B. 2021. Seed coating with plant nutrients enhances germination and seedling growth, and promotes total dehydrogenase activity during seed germination in tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Seed Science and Technology*, 49(2), 107-124.
- Lawlor, D. W. 1970. Absorption of polyethylene glycols by plants and their effects on plant growth. *New Phytologist*, 69(2), 501-513.
- Lutts, S., Benincasa, P., Wojtyla, L., Kubala, S., Pace, R., Lechowska, K., Muriel, Q., & Garnczarska, M. 2016. Seed priming: New comprehensive approaches for an old empirical technique. *New challenges in seed biology-basic and translational research driving seed technology*, 1-46.
- Marthandan, V., Geetha, R., Kumutha, K., Renganathan, V. G., Karthikeyan, A., & Ramalingam, J. 2020. Seed priming: A feasible strategy to enhance drought tolerance in crop plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(21), 8258.
- Matsuda, T. 2019. Rice flour: A promising food material for nutrition and global health. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 65(Supplement), S13-S17.
- Michel, B. E., & Kaufmann, M. R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 51(5), 914-916.
- Muthayya, S., Sugimoto, J. D., Montgomery, S., & Maberly, G. F. 2014. An overview of global rice production, supply, trade, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1324(1), 7-14.
- Nautiyal, P. C., Sivasubramaniam, K., & Dadlani, M. 2023. Seed dormancy and regulation of germination. *Seed Science and Technology*, 52, 39-66.
- Nonogaki, H. 2008. Seed germination and reserve mobilization. *Encyclopedia of Life Sciences (ELS)*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Nour, M. M., Aljabi, H. R., AL-Huqail, A. A., Horneburg, B., Mohammed, A. E., & Alotaibi, M. O. 2024. Drought responses and adaptation in plants differing in life-form. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 12, 1452427.
- Nuzully, S., Kato, T., Iwata, S., & Suharyadi, E. 2013. Pengaruh konsentrasi polyethylene glycol (PEG) pada sifat kemagnetan nanopartikel magnetik PEG-coated Fe₃O₄. *Jurnal Fisika Indonesia*, 17(51), 35-40.

- Okunlola, G. O., Olatunji, O. A., Akinwale, R. O., Tariq, A., & Adelusi, A. A. 2017. Physiological response of the three most cultivated pepper species (*Capsicum* spp.) in Africa to drought stress imposed at three stages of growth and development. *Scientia Horticulturae*, 224, 198-205.
- Ortiz-Espín, A., Sánchez-Guerrero, A., Sevilla, F., & Jiménez, A. 2017. The role of ascorbate in plant growth and development. *Ascorbic acid in plant growth, development and stress tolerance* (pp. 25-45). Cham: Springer International Publishing.
- Pandey, P., Singh, J., Achary, V. M. M., & Reddy, M. K. 2015. Redox homeostasis via gene families of ascorbate-glutathione pathway. *Frontiers in Environmental Science*, 3, 25.
- Paparella, S., Araújo, S. S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D., & Balestrazzi, A. 2015. Seed priming: State of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports*, 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*, 2(4), 206-213.
- Pei, Z. F., Ming, D. F., Liu, D., Wan, G. L., Geng, X. X., Gong, H. J., & Zhou, W. J. 2010. Silicon improves the tolerance to water-deficit stress induced by polyethylene glycol in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Journal of Plant Growth Regulation*, 29(1), 106-115.
- Pérez-Fernández, M. A., Calvo-Magro, E., & Ferrer-Castán, D. 2006. Simulation of germination of pioneer species along an experimental drought gradient. *Journal of Environmental Biology*, 27(4), 679-685.
- Pirade, M., Nio, S. A., & Siahaan, P. 2018. Kandungan air daun padi lokal Sulawesi Utara terhadap kekeringan yang diinduksi dengan polietilen glikol 8000. *Jurnal Bios Logos*, 8(1), 9-14.
- Qiao, M., Hong, C., Jiao, Y., Hou, S., & Gao, H. 2024. Impacts of drought on photosynthesis in major food crops and the related mechanisms of plant responses to drought. *Plants*, 13(13), 1808.
- Raihanun, S., Fauzi, M. T., Suwardji, S., & Sudharmawan, A. A. K. 2023. Determination of PEG (polyethylene glycol) concentration and dosage to evaluate the resistance of rice (*Oryza sativa* L.) to drought. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(4), 293-298.
- 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, 507-533.
- 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.
- Rhaman, M. S. 2025. Seed priming before the sprout: Revisiting an established technique for stress-resilient germination. *Seeds*, 4(3), 29.

- Rhaman, M. S., Rauf, F., Tania, S. S., & Khatun, M. 2020. Seed priming methods: Application in field crops and future perspectives. *Asian Journal of Research in Crop Science*, 5(2), 8-19.
- Roy, P. R., Tahjib-Ul-Arif, M., Polash, M. A. S., Hossen, M. Z., & Hossain, M. A. 2019. Physiological mechanisms of exogenous calcium on alleviating salinity-induced stress in rice (*Oryza sativa* L.). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25(3), 611-624.
- Rubinstein, B. 1982. Regulation of H⁺ excretion: Effects of osmotic shock. *Plant Physiology*, 69(4), 939-944.
- Safnowandi, S. 2022. Pemanfaatan vitamin C alami sebagai antioksidan pada tubuh manusia. *Biocaster: Jurnal Kajian Biologi*, 2(1), 6-13.
- Saha, D., Choyal, P., Mishra, U. N., Dey, P., Bose, B., Dharmappa, P. M., Gupta, N. K., Mehta, B. K., Kumar, P., Pandey, S., Chauhan, J., & Singhal, R. K. 2022. Drought stress responses and inducing tolerance by seed priming approach in plants. *Plant Stress*, 4, 100066.
- Salemi, F., Esfahani, M. N., & Tran, L. S. P. 2019. Mechanistic insights into enhanced tolerance of early growth of alfalfa (*Medicago sativa* L.) under low water potential by seed-priming with ascorbic acid or polyethylene glycol solution. *Industrial Crops and Products*, 137, 436-445.
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. 1995. *Fisiologi tumbuhan*. Bandung: ITB Press.
- Singh, A., Kumar, A., Yadav, S., & Singh, I. K. 2019. Reactive oxygen species-mediated signaling during abiotic stress. *Plant gene*, 18, 100173.
- Singh, N., & Bhardwaj, R. D. 2016. Ascorbic acid alleviates water deficit induced growth inhibition in wheat seedlings by modulating levels of endogenous antioxidants. *Biologia*, 71(4), 402-413.
- Sobahan, M. A., Akter, N., & Rana, M. M. 2022. Polyethylene glycol mediated drought stress impacts on germination, growth and accumulation of proline in rice (*Oryza sativa* L.): Drought stress impacts in rice. *SAARC Journal of Agriculture*, 20(1), 107-119.
- Sokoto, M. B., & Muhammad, A. 2014. Response of rice varieties to water stress in Sokoto, Sudan Savannah, Nigeria. *Journal of Biosciences and Medicines*, 2(1), 68-74.
- Sujinah, S., & Jamil, A. 2016. Mekanisme respon tanaman padi terhadap cekaman kekeringan dan varietas toleran. *Iptek tanaman pangan*, 11(1).
- Sukanya, V., Patel, R. M., Suthar, K. P., & Singh, D. 2018. An overview: Mechanism involved in biopriming mediated plant growth promotion. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 6(5), 771-783.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. 2015. *Plant physiology and development* (6th ed.). Sunderland, MA: Sinauer Associates.

- Terzaghi, M., & De Tullio, M. C. 2023. Ascorbic acid in seeds, priming and beyond. *Seeds*, 2(4), 421-435.
- Tripathi, K. K., Warriar, R., Govila, O. P., & Ahuja, V. 2011. *Biology of Oryza sativa L. (rice)* (Series of crop specific biology documents). New Delhi: Ministry of Science and Technology.
- Ullah, A., Sun, H., Yang, X., & Zhang, X. 2017. Drought coping strategies in cotton: Increased crop per drop. *Plant Biotechnology Journal*, 15(3), 271-284.
- Verslues, P. E., Ober, E. S., & Sharp, R. E. 1998. Root growth and oxygen relations at low water potentials: Impact of oxygen availability in polyethylene glycol solutions. *Plant Physiology*, 116(4), 1403-1412.
- Violita, V., & Azhari, S. 2021. Effect of PEG-8000 imposed drought stress on rice varieties germination. *Journal of Physics: Conference Series*, 1940(1), 012071.
- Wang, C., Guo, L., Li, Y., & Wang, Z. 2012. Systematic comparison of C3 and C4 plants based on metabolic network analysis. *BMC systems biology*, 6(Suppl 2), S9.
- Wang, C., Zhou, L., Zhang, G., Xu, Y., Gao, X., Jiang, N., Zhang, L., & Shao, M. 2018. Effects of drought stress simulated by polyethylene glycol on seed germination, root and seedling growth, and seedling antioxidant characteristics in job's tears. *Agricultural Sciences*, 9(8), 991-1006.
- Wang, X., Li, X., Zhao, W., Hou, X., & Dong, S. 2024. Current views of drought research: Experimental methods, adaptation mechanisms and regulatory strategies. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1371895.
- Waqas, M., Korres, N. E., Khan, M. D., Nizami, A. S., Deeba, F., Ali, I., & Hussain, H. 2019. Advances in the concept and methods of seed priming. *Priming and pretreatment of seeds and seedlings: Implication in plant stress tolerance and enhancing productivity in crop plants* (pp. 11-41). Singapore: Springer Singapore.
- Widyastuti, Y., Purwoko, B. S., & Yunus, M. 2016. Identifikasi toleransi kekeringan tetua padi hibrida pada fase perkecambahan menggunakan polietilen glikol (PEG) 6000. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 44(3), 235-241.
- Yang, X., Lu, M., Wang, Y., Wang, Y., Liu, Z., & Chen, S. 2021. Response mechanism of plants to drought stress. *Horticulturae*, 7(3), 50.
- 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.
- Zaid, A., & Wani, S. H. 2019. Reactive oxygen species generation, scavenging and signaling in plant defense responses. *Bioactive molecules in plant defense: Signaling in growth and stress* (pp. 111-132). Cham: Springer International Publishing.

- Zhang, K., Khan, M. N., Khan, Z., Luo, T., Zhang, B., Bi, J., Hu, L., & Luo, L. 2024. Seed priming with ascorbic acid and spermidine regulated auxin biosynthesis to promote root growth of rice under drought stress. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1482930.
- Zhang, K., Khan, Z., Liu, J., Luo, T., Zhu, K., Hu, L., Bi, J., & Luo, L. 2022. Germination and growth performance of water-saving and drought-resistant rice enhanced by seed treatment with wood vinegar and biochar under dry direct-seeded system. *Agronomy*, 12(5), 1223.
- Zia, R., Nawaz, M. S., Siddique, M. J., Hakim, S., & Imran, A. 2021. Plant survival under drought stress: Implications, adaptive responses, and integrated rhizosphere management strategy for stress mitigation. *Microbiological Research*, 242, 126626.
- Zivcak, M., Brestic, M., & Sytar, O. 2016. Osmotic adjustment and plant adaptation to drought stress. *Drought stress tolerance in plants*, 1, 105-143.