



PERCEPATAN PEMATAHAN DORMANSI GALUR MUTAN M5 BENIH PADI (*Oryza sativa L.*) LOKAL ACEH MELALUI PERLAKUAN KNO₃

Putri Aulia Lainufar*, Halimursyadah, Hasanuddin, Efendi

Departemen Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author: putriaulialainufar@usk.ac.id

ABSTRAK

Dormansi benih merupakan salah satu kendala utama dalam budidaya padi (*Oryza sativa L.*). Benih yang mengalami dormansi dapat menyebabkan keterlambatan perkecambahan serta pembentukan bibit, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan produktivitas tanaman secara keseluruhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas berbagai konsentrasi KNO₃ dalam mempercepat pematahan dormansi pada beberapa galur mutan padi M5 hasil iradiasi sinar gamma. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Benih, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan pola faktorial 4 × 7 dan dilaksanakan dalam tiga ulangan. Faktor pertama terdiri dari tujuh galur mutan padi M5, yaitu: USKSnbRGO238045039e103, USKSnbRGO238001ADRRK009, USKSnbRGO238063057e217, USKSnbRGO238081075D206, USKSnbRGO238016010d106, USKSnbRGO238094088j140, dan USKSnbRGO238081075m132. Faktor kedua adalah empat tingkat konsentrasi KNO₃, yakni 0%, 2%, 3%, dan 4%. Parameter yang diamati dalam penelitian ini mencakup: potensi tumbuh maksimum, daya kecambah, indeks vigor, keserempakan tumbuh, kecepatan tumbuh, waktu mencapai 50% kecambah (T_{50}), intensitas dormansi, persistensi dormansi, serta bobot kering kecambah normal. Analisis data dilakukan dengan analisis ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji lanjut BNJ pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa galur mutan, konsentrasi KNO₃, serta interaksi keduanya memberikan pengaruh nyata terhadap parameter vigor dan viabilitas benih serta masa dormansinya. Kombinasi perlakuan galur USKSnbRGO238001ADRRK009 dengan konsentrasi KNO₃ 4% menghasilkan persentase perkecambahan tertinggi dan intensitas dormansi terendah. Konsentrasi KNO₃ 4% terbukti sebagai perlakuan paling efektif dan aplikatif dalam mematahkan dormansi serta meningkatkan daya berkecambah benih padi mutan M5 hingga mencapai standar viabilitas minimum 85%.

Kata kunci: Perkecambahan, Viabilitas benih, Vigor benih

ABSTRACT

ACCELERATION OF DORMANCY BREAKING IN ACEH LOCAL M5 MUTANT RICE (*Oryza sativa L.*) SEEDS THROUGH KNO₃ TREATMENT. Seed dormancy is one of the main constraints in rice (*Oryza sativa L.*) cultivation. Dormant seeds delay uniform germination and seedling establishment, which impacts overall crop productivity. This research aimed to investigate the effectiveness of various KNO₃ concentrations in accelerating dormancy breaking in several M5 mutant rice lines derived from gamma irradiation. The study was conducted at the Seed Science and Technology Laboratory, Faculty of Agriculture, Universitas Syiah Kuala. The experiment was conducted using a Completely Randomized Design with a 4 × 7 factorial arrangement and three replications. The first factor comprised seven mutant rice lines: USKSnbRGO238045039e103, USKSnbRGO238001ADRRK009, USKSnbRGO238063057e217, USKSnbRGO238081075D206, USKSnbRGO238016010d106, USKSnbRGO238094088j140, and USKSnbRGO238081075m132. The second factor consisted of four KNO₃ concentrations: 0%, 2%, 3%, and 4%. Parameters observed included maximum growth potential, germination percentage, vigor index, uniformity of emergence, growth rate, time to reach 50% germination (T_{50}), dormancy intensity, dormancy persistence, and dry weight of normal seedlings. Analysis of variance and further testing using Tukey's HSD at the 5% level were performed to evaluate the data. The results demonstrated significant effects of mutant lines, KNO₃ concentrations, and their interaction on seed vigor and viability and seed dormancy period. The combination of line USKSnbRGO238001ADRRK009 with

4% KNO₃ treatment yielded the highest germination rate and the lowest dormancy intensity. The 4% KNO₃ concentration was proven to be the most effective and applicable treatment in breaking dormancy and enhancing the germination rate of M5 mutant rice seeds, achieving the minimum viability standard of 85%.

Keyword: Germination, Seed viability, Seed vigor

PENDAHULUAN

Varietas padi lokal sebagai bagian dari plasma nutfah memiliki keunggulan genetik yang khas. Melalui proses budidaya yang berlangsung secara turun-temurun, padi lokal telah berkembang menjadi genotipe yang mampu beradaptasi secara optimal terhadap kondisi lingkungan spesifik, baik tanah maupun iklim di daerah asalnya. Pelestarian varietas lokal yang memiliki sifat-sifat unggul sangat penting, karena berperan sebagai sumber plasma nutfah nasional yang bernilai strategis dan dapat berkontribusi dalam program perbaikan genetik tanaman (Sitaesmi *et al.*, 2013).

Mutasi induksi melalui radiasi sinar gamma merupakan salah satu teknik yang dimanfaatkan untuk memperbaiki mutu varietas padi lokal, bertujuan menghasilkan kultivar baru dengan sifat-sifat unggul dibandingkan tanaman asalnya. Perakitan mutan melalui iradiasi sinar gamma telah banyak diterapkan, laporan terkait aplikasinya pada varietas lokal dan *landrace*, khususnya yang berasal dari Aceh, masih terbatas. Beberapa hasil penelitian mengungkapkan bahwa varietas padi lokal asal Aceh memiliki sejumlah keunggulan, antara lain kemampuan beradaptasi terhadap kondisi salinitas (Efendi *et al.*, 2011; Efendi *et al.*, 2013a), potensi produksi yang tinggi (Efendi *et al.*, 2012), serta ketahanan terhadap stres kekeringan dan temperatur tinggi (Efendi *et al.*, 2013b).

Pengkajian lebih lanjut secara menyeluruh dan berkesinambungan masih dibutuhkan dalam upaya pengembangan galur mutan padi baru yang diperoleh melalui seleksi hasil iradiasi sinar gamma. Respons fisiologis tanaman terhadap perlakuan iradiasi dapat berdampak signifikan terhadap mutu benih. Selain itu, sifat dormansi yang dimiliki oleh beberapa varietas padi dapat membatasi ketersediaan benih saat dibutuhkan untuk penanaman secara langsung (Halimursyadah *et al.*, 2020). Faktor penting yang turut menentukan keberhasilan budidaya padi adalah tersedianya benih dengan mutu yang baik. Ketersediaan benih padi siap tanam secara berkesinambungan sangat diperlukan karena produksi padi sangat bergantung pada kualitas dan ketersediaan benih. Salah satu hambatan utama dalam kelancaran penyediaan benih padi adalah karakter fisiologis benih itu sendiri (Hamidah, 2013).

Dormansi primer pada benih padi terjadi setelah tahap perkembangan embrio selesai. Salah satu faktor yang memicu dormansi ini yaitu proses *after ripening*, dimana dapat menurunkan tingkat kemampuan benih untuk berkecambah secara optimal. Benih padi yang telah melalui tahap *after-ripening* menunjukkan inisiasi proses perkecambahan setelah melalui periode penyimpanan tertentu, yang umumnya bervariasi antara 0 - 11 minggu. Lamanya periode ini dapat menjadi hambatan dalam kesiapan benih untuk

ditanam (Karismayani, 2010). Rendahnya tingkat perkecambahan benih padi pada awal masa simpan mencerminkan adanya kondisi dormansi yang masih aktif. Fenomena ini sejalan dengan Wijayanti (2023), yang mengamati bahwa peningkatan daya kecambah terjadi secara bertahap selama masa penyimpanan, menunjukkan proses *after ripening* yang berlangsung hingga dormansi berakhir. Oleh karena itu, diperlukan strategi atau perlakuan tertentu untuk mengatasi dormansi, guna mempercepat kemampuan benih untuk tumbuh secara optimal.

Salah satu pendekatan kimia yang digunakan untuk mengatasi dormansi benih yaitu melalui perlakuan perendaman menggunakan larutan kalium nitrat (KNO₃). Kalium nitrat telah terbukti sebagai agen priming yang efektif dalam meningkatkan daya kecambah, vigor bibit, serta hasil panen pada berbagai jenis tanaman, termasuk padi. KNO₃ juga mampu meningkatkan toleransi tanaman terhadap berbagai stres abiotik seperti salinitas, kekeringan, dan suhu tinggi. Konsistensi manfaat KNO₃ pada berbagai komoditas menjadikannya salah satu bahan priming yang potensial untuk mendukung sistem pertanian yang berkelanjutan (MacDonald *et al.*, 2025).

Senyawa ini dapat merangsang aktivitas enzim dalam benih, untuk menghidrolisis cadangan makanan, sehingga sangat membantu proses perkecambahan. Kalium nitrat diketahui memiliki efek stimulatif terhadap benih, terutama pada jenis benih yang memerlukan cahaya untuk berkecambah. Perlakuan ini terbukti lebih efektif pada benih tipe ortodoks dan juga mampu meningkatkan aktivitas hormon giberelin selama fase awal pertumbuhan. Efektivitas KNO₃ dalam merangsang perkecambahan sangat bergantung pada konsentrasi yang digunakan (Purba, 2015).

Iradiasi sinar gamma diketahui turut berperan dalam memengaruhi tingkat dormansi benih padi. Namun, kajian mengenai dampaknya pada varietas lokal, khususnya galur mutan hasil iradiasi seperti padi Aceh masih terbatas. Penanganan dormansi benih yang tepat sangat penting untuk memastikan ketepatan waktu tanam dan ketersediaan benih secara berkelanjutan. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi perlakuan yang paling efektif dan aplikatif dalam memecah dormansi benih pada galur mutan padi M5 yang baru dikembangkan, melalui pengujian berbagai tingkat konsentrasi KNO₃ serta dampaknya terhadap potensi benih dalam mencapai tingkat perkecambahan yang maksimal.

Penelitian ini secara khusus mengkaji konsentrasi KNO₃ terbaik yang dapat meningkatkan daya berkecambah hingga mencapai atau melebihi standar minimum viabilitas sebesar 85%, sehingga benih siap tanam tepat waktu. Hasil penelitian

diharapkan dapat memberikan informasi berharga bagi pemulia dan petani padi lokal, sebagai metode sederhana namun efektif untuk mengelola dormansi

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Benih, Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah benih padi galur mutan M5 (7 galur) hasil iradiasi sinar gamma (dosis 250 Gray), kalium nitrat, *aquadest*, kertas plastik dan kertas merang. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah *petridish*, gelas ukur, timbangan analitik, wadah plastik, botol 600 mL, *aerator*, *germinator* dan oven listrik. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola faktorial 4×7 dan dilaksanakan dalam tiga ulangan. Faktor pertama terdiri dari tujuh galur mutan padi M5, yaitu: V₁ (USKSnbRGO238045-039e103), V₂ (USKSnbRGO238001ADRRK009), V₃ (USKSnbRGO238063057e217), V₄ (USKSnbRGO238-081075D206), V₅ (USKSnbRGO238016010d106), V₆ (USKSnbRGO238094088j140), dan V₇ (USKSnb-RGO238081075m132). Faktor kedua adalah empat tingkat konsentrasi KNO₃, yakni K₀ (*aquadest*), K₁ (2% KNO₃), K₂ (3% KNO₃), dan K₃ (4% KNO₃). Secara keseluruhan, kombinasi antara kedua faktor menghasilkan 28 perlakuan berbeda. Setiap kombinasi diulang sebanyak tiga kali, sehingga total terdapat 84 unit percobaan. Dalam setiap unit percobaan digunakan sebanyak 25 butir benih, sehingga jumlah keseluruhan benih yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2.100 butir.

Tahapan awal dalam pelaksanaan penelitian meliputi persiapan benih, dengan sumber benih padi berasal dari plot uji coba Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala. Benih yang sudah dipanen, disortir terlebih dahulu. Kemudian benih yang telah diambil dibersihkan dengan menggunakan seed blower dengan tujuan memisahkan benih yang bernas dan kotoran fisiknya.

Adapun tahapan pengenceran dalam membuat konsentrasi KNO₃ (2%, 3% dan 4%) adalah larutan KNO₃ dengan masing-masing konsentrasi dibuat dengan cara menimbang KNO₃ sebanyak 20 g, 30 g, dan 40 g, kemudian dilarutkan dalam aquades hingga volume 1000 mL. Seluruh larutan diaduk hingga

dan menjamin ketersediaan benih secara berkelanjutan guna mendukung praktik budidaya yang lebih baik.

homogen. Benih padi yang diperoleh setelah panen direndam dalam larutan KNO₃ dengan masing-masing konsentrasi. Benih kemudian direndam dalam botol berkapasitas 600 mL selama 24 jam pada suhu ruang sekitar 28°C. Aerator digunakan untuk memastikan ketersediaan oksigen selama proses perendaman. Setelah itu, benih dibilas menggunakan air mengalir, kemudian dikeringangkan selama 24 jam. Perkecambahan benih dilakukan menggunakan media kertas merang dengan metode UKDdp (Uji Kertas Digulung dan Didirikan dalam plastik). Setiap unit perlakuan terdiri dari 25 butir benih. Benih yang telah ditanam dengan metode UKDdp selanjutnya ditempatkan ke dalam *Germinator*.

Pengamatan viabilitas benih yang diamati adalah potensi tumbuh maksimum (pengamatan pertumbuhan benih dilakukan pada hari ke-14 HST), daya berkecambah (dihitung berdasarkan persentase kecambah normal yang diamati pada hari ke-7 dan ke-14 HST), dan berat kering kecambah normal (diperoleh dengan mengeringkan benih yang berkecambah normal dalam oven bersuhu 60°C selama 72 jam, lalu menimbang dan menghitung rata-rata berat per kecambah).

Pengamatan vigor benih yang diamati diantaranya indeks vigor (dihitung berdasarkan persentase kecambah normal pada hitungan pertama-7 HST), kecepatan tumbuh relatif (dihitung berdasarkan total tambahan kecambah normal setiap hari), keserempakan tumbuh (dihitung dari persentase kecambah normal pada hari ke-10 HST, yang mewakili interval antara pengamatan hari ke-7 dan ke-14 HST), waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 50% dari total perkecambahan relatif (dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 50% benih berkecambah normal dari total kumulatif harian), intensitas dormansi (dihitung dari persentase benih hidup yang tetap tidak berkecambah hingga akhir pengamatan), dan persistensi dormansi. Analisis data dilakukan menggunakan analisis ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji lanjut BNJ pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis ragam menunjukkan adanya interaksi yang sangat signifikan antara galur mutan M5 dan konsentrasi KNO₃ terhadap seluruh parameter viabilitas dan vigor benih yang dianalisis. Rekapitulasi hasil analisis ragam dapat dilihat pada Tabel 1.

Interaksi antara galur mutan M5 dan konsentrasi KNO₃ memberikan pengaruh sangat nyata terhadap seluruh parameter yang diamati. Ini menunjukkan bahwa kombinasi spesifik antara jenis galur dan tingkat konsentrasi KNO₃ berperan penting dalam upaya mengoptimalkan kualitas fisiologis benih padi, terutama pada aspek seperti potensi tumbuh, daya berkecambah, indeks vigor, kecepatan tumbuh relatif, keserempakan tumbuh, T₅₀, bobot

kering kecambah normal dan intensitas dormansi. Respon benih terhadap perlakuan KNO₃ sangat tergantung pada karakteristik masing-masing galur.

Nilai rata-rata indikator viabilitas dan vigor benih padi pada berbagai kombinasi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa konsentrasi KNO₃ 4% meningkatkan nilai potensi tumbuh maksimum dan daya kecambah pada galur V₂ (USKSnbRGO238001ADRRK009) dan V₆ (USKSnb-RGO238094088j140) namun tidak berbeda nyata dengan konsentrasi KNO₃ 3%. Perlakuan dengan konsentrasi KNO₃ 4% dapat menurunkan nilai intensitas dormansi pada galur V₂ (USKSnbRGO-238001ADRRK009), yang tidak berbeda nyata dengan konsentrasi KNO₃ 3% dan KNO₃ 2%. Nilai intensitas

dormansi tertinggi dijumpai pada galur V₆ (USKSnbRG0238094088j140) akibat perlakuan kontrol. Nilai berat kering kecambah normal pada masing-masing konsentrasi KNO₃ dan setiap galur menunjukkan nilai yang tidak jauh berbeda.

Kombinasi antara galur V₂ dan perlakuan KNO₃ 4% menghasilkan kinerja fisiologis benih paling optimal, sebagaimana ditunjukkan oleh capaian tertinggi pada indikator viabilitas dan vigor.

Tabel 1. Hasil Analisis Pengaruh KNO₃ terhadap Pematahan Dormansi pada Beberapa Galur Mutan M5 Padi Berdasarkan Indikator Viabilitas dan Vigor Benih

No.	Tolok ukur yang Diamati	Perlakuan			KK(%)
		V	K	V x K	
1.	Potensi Tumbuh Maksimum (%)	**	**	**	9,91
2.	Daya Berkecambah (%)	**	**	**	9,29
3.	Indeks Vigor (%)	**	**	**	13,74
4.	Kecepatan Tumbuh Relatif (%/etmal)	**	**	**	9,41
5.	Keserempakan Tumbuh (%)	**	**	**	10,69
6.	T ₅₀ (hari)	**	**	**	8,56
7.	Bobot Kering Kecambah Normal (g)	tn	**	**	0,24
8.	Intensitas Dormansi (%)	**	**	**	17,90

Keterangan: Uji BNJ taraf 0,05 *: berpengaruh nyata; **: berpengaruh sangat nyata; tn: tidak berpengaruh nyata; V: galur; K: konsentrasi KNO₃; VxK: interaksi antara jenis galur dan konsentrasi KNO₃; KK: koefisien keragaman (%)

Rahmatika dan Sari (2020) melaporkan bahwa perlakuan perendaman selama 36 jam dalam larutan KNO₃ 3% secara signifikan memengaruhi panjang radikula dan jumlah daun pada pengamatan 21 HST. Penelitian lain juga menyebutkan hasil analisis interaksi antara perlakuan konsentrasi KNO₃ dan varietas benih menunjukkan bahwa kombinasi

tertentu memberikan respons terbaik dalam pematahan dormansi. Perlakuan perendaman benih dalam larutan KNO₃ 3% selama 48 jam pada varietas padi M70D tercatat menghasilkan kinerja optimal berdasarkan berbagai parameter yang diuji (Annisa *et al.*, 2024).

Tabel 2. Nilai Rata-Rata Indikator Viabilitas dan Vigor Benih Padi pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Perlakuan	Indikator yang Diamati						
	Potensi Tumbuh Maksimum (%)						
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇
K ₀ (kontrol)	13,17	39,11	23,24	19,24	18,18	0,57	30,12
	Aab	Ac	Abc	Ab	Ab	Aa	Abc
K ₁ (2%)	61,64	64,50	59,85	62,64	60,84	59,85	63,63
	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba
K ₂ (3%)	68,80	73,57	67,53	68,63	68,80	67,53	75,20
	Ba	BCa	Ba	Ba	Ba	Ba	Bca
K ₃ (4%)	75,20	86,15	75,20	75,20	76,83	86,15	82,31
	Ba	Ca	Ba	Ba	Ba	Ca	Ca
BNJ 0,05				17,44			
Perlakuan	Daya Berkecambah (%)						
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇
K ₀ (kontrol)	13,17	35,88	21,60	17,15	17,18	0,57	26,49
	Aab	Ac	Abc	Ab	Ab	Aa	Abc
K ₁ (2%)	57,28	60,72	57,26	59,01	57,37	56,45	59,88
	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba
K ₂ (3%)	61,71	67,53	62,51	64,43	63,51	63,51	69,91
	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	BCa	Ba
K ₃ (4%)	69,91	72,29	68,63	68,63	69,91	72,29	72,29
	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ca	Ba
BNJ 0,05				14,96			
Perlakuan	Intensitas Dormansi (%)						
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇
K ₀ (kontrol)	76,83	50,89	66,76	70,95	71,82	90,00	59,88
	Bbc	Ca	Bab	Bb	Bb	Cc	Cab
K ₁ (2%)	28,36	25,50	30,16	27,37	29,16	30,16	26,37
	Aa	Ba	Aa	Aa	Aa	Ba	Ba
K ₂ (3%)	21,20	16,43	22,48	21,37	21,20	22,48	14,80
	Aa	ABa	Aa	Aa	Aa	Ba	ABa
K ₃ (4%)	14,80	4,23	14,80	14,80	13,17	4,23	7,88

	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
BNJ 0,05				17,20			
Perlakuan	Berat Kering Kecambah Normal (g)						
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇
K ₀ (kontrol)	(0,717)	(0,714)	(0,714)	(0,711)	(0,715)	(0,707)	(0,715)
	Ac	Abc	Abc	Aab	Abc	Aa	Abc
K ₁ (2%)	(0,718)	(0,718)	(0,719)	(0,718)	(0,717)	(0,718)	(0,717)
	Aa	Aa	ABA	Ba	Aa	Ba	Aa
K ₂ (3%)	(0,718)	(0,718)	(0,721)	(0,719)	(0,720)	(0,720)	(0,719)
	Aa	Aa	Ba	Ba	Aa	Ba	Aa
K ₃ (4%)	(0,717)	(0,718)	(0,716)	(0,717)	(0,718)	(0,717)	(0,717)
	Aa	Aa	ABA	Ba	Aa	Ba	Aa
BNJ 0,05				0,005			
Perlakuan	Indeks Vigor (%)						
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇
K ₀ (kontrol)	11,54	31,04	13,17	13,53	13,17	0,57	16,08
	Aab	Ac	Ab	Ab	Ab	Aa	Ab
K ₁ (2%)	31,84	32,72	28,05	31,95	28,29	31,04	31,04
	Ba	Aa	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba
K ₂ (3%)	38,43	33,55	37,58	33,59	31,08	31,91	36,87
	Ba	Aa	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba
K ₃ (4%)	36,85	39,18	33,40	38,44	36,06	36,06	37,64
	Ba	Aa	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba
BNJ 0,05				12,12			
Perlakuan	Keserempakan Tumbuh (%)						
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇
K ₀ (kontrol)	13,17	34,28	20,73	16,32	16,08	0,57	24,47
	Aab	Ac	Abc	Ab	Ab	Aa	Abc
K ₁ (2%)	43,85	50,78	46,92	50,78	47,69	48,45	51,61
	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba
K ₂ (3%)	51,59	52,34	52,36	54,77	49,24	53,15	55,58
	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba
K ₃ (4%)	57,26	57,22	54,08	53,98	56,50	57,26	58,92
	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba
BNJ 0,05				14,28			
Perlakuan	Kecepatan Tumbuh Relatif (%/etmal)						
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇
K ₀ (kontrol)	12,99	36,88	20,08	16,75	16,17	0,57	24,66
	Aab	Ad	Abc	Abc	Abc	Aa	Acd
K ₁ (2%)	50,53	53,39	49,88	52,05	49,79	49,61	52,75
	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba
K ₂ (3%)	57,26	58,60	56,74	55,86	53,51	54,74	59,43
	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba
K ₃ (4%)	60,88	64,41	57,81	58,68	59,63	60,00	61,29
	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba
BNJ 0,05				13,33			
Perlakuan	T ₅₀ (hari)						
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇
K ₀ (kontrol)	1,35	1,35	1,66	1,08	1,31	0,71	1,45
	Abc	Abc	Ac	Aab	Abc	Aa	Abc
K ₁ (2%)	1,52	1,48	1,62	1,61	1,44	1,48	1,49
	Aa	Aa	Aa	Ba	Aa	Ba	Aa
K ₂ (3%)	1,50	1,62	1,46	1,44	1,61	1,49	1,51
	Aa	Aa	Aa	ABA	Aa	Ba	Aa
K ₃ (4%)	1,46	1,47	1,41	1,45	1,46	1,59	1,38
	Aa	Aa	Aa	ABA	Aa	Ba	Aa
BNJ 0,05				0,39			

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama (huruf besar dibaca vertikal, huruf kecil dibaca horizontal) menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5% (BNJ 0,05); PTM: potensi tumbuh maksimum (%); DB: Daya Berkecambah (%); IV: Intensitas Dormansi (%); BKKN: Berat Kering Kecambah Normal (g); K: konsentrasi; V: Galur; data ditransformasi menggunakan ArcSin √%

Perlakuan perendaman dengan KNO_3 pada penelitian ini mampu mengontrol penyerapan air ke dalam benih pada saat proses priming. Penelitian yang dilakukan oleh Ilyas dan Diarni (2007) menunjukkan pada awal masa setelah panen (0 MSP), perendaman benih padi gogo beberapa varietas seperti Kalimutu, Way Rarem, dan Gajah Mungkur dalam larutan KNO_3 2% selama 48 jam menjadi metode yang paling efektif untuk mematahkan dormansi. Kharismayani (2010) berpendapat dalam penelitiannya bahwa efektivitas KNO_3 dalam meningkatkan daya kecambahan benih mulai terlihat sejak fase after ripening minggu ke-3, meskipun durasinya dapat bervariasi tergantung pada varietas. Pada varietas seperti Batutegi, Cirata, dan Situ Patenggang, perlakuan dengan KNO_3 2% terbukti secara signifikan meningkatkan daya berkecambahan hingga periode after ripening minggu ke-5 dan ke-9.

Widajati (2008) melaporkan perendaman benih padi varietas IR64 dalam larutan KNO_3 2% selama 48 jam mampu memecahkan dormansi secara efektif pada minggu keempat setelah panen. Hasil penelitian oleh Yuliani *et al.* (2023) menunjukkan konsentrasi KNO_3 2% (K_1) memberikan pengaruh terbaik terhadap daya berkecambahan dan kecepatan tumbuh pada pengamatan hari pertama. Penelitian lain juga menyebutkan perendaman benih padi gogo lokal aksesi balok dalam larutan 3% KNO_3 selama 24 jam pada minggu ke tujuh menghasilkan daya berkecambahan 90,66% (Winda *et al.*, 2023).

Pematahan dormansi oleh senyawa KNO_3 diperkirakan melibatkan aktivasi jalur pentosa fosfat. Kondisi dengan ketersediaan oksigen yang terbatas, aktivitas jalur ini mengalami penurunan karena oksigen lebih diarahkan untuk mendukung respirasi

melalui lintasan alternatif. Pemberian senyawa yang berfungsi sebagai akseptor hidrogen, seperti nitrat dan nitrit, diduga dapat memfasilitasi proses reoksidasi NADPH. Proses ini berkontribusi dalam mengaktifkan kembali jalur pentosa fosfat, sehingga memungkinkan degradasi senyawa penghambat yang menghalangi proses perkecambahan. NADPH adalah koenzim esensial yang terlibat dalam berbagai jalur metabolisme penting selama proses perkecambahan, termasuk dalam respirasi sel, reaksi biokimia, serta pemecahan asam lemak.

Penelitian lain menunjukkan perlakuan priming benih menggunakan KNO_3 0,75% tidak hanya meningkatkan daya tumbuh dan vigor kecambahan, tetapi juga berhubungan dengan penurunan aktivitas enzim alkohol dehidrogenase (ADH) dan piruvat dekarboksilase (PDH), yang diamati baik pada uji laboratorium maupun di rumah kaca (Javed *et al.*, 2020). Penurunan aktivitas kedua enzim tersebut kemungkinan dapat mendukung optimalisasi lintasan metabolisme yang diperlukan dalam proses perkecambahan benih.

Studi lain yang dilakukan pada varietas padi IPB 3S menunjukkan perendaman benih dalam larutan KNO_3 0,2% selama 36 jam pada suhu 28-30 °C mampu mematahkan dormansi sebelum penyimpanan, dengan daya kecambahan mencapai 94,3%. Penelitian tersebut juga mengungkapkan bahwa masa *after ripening* selama 1-2 minggu dapat meningkatkan viabilitas dan vigor benih. Temuan ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya bahwa perlakuan KNO_3 yang tepat tidak hanya mempercepat proses perkecambahan, tetapi juga mendukung kualitas fisiologis benih sebelum masa tanam (Putri, 2023).

Tabel 3. Persistensi Dormansi beberapa galur mutan M5 benih padi berdasarkan hasil uji daya berkecambahan

Lama simpan setelah panen (minggu)	Daya berkecambahan (%)						
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇
1	4	40	0	16	4	0	20
2	4	44	52	20	8	32	40
3	40	80	80	60	48	72	52
4	64	92	92	80	64	76	56
5	96	-	-	88	96	80	88
6	-	-	-	-	-	96	-
Persistensi dormansi (minggu ke-)	5	4	4	5	5	6	5

Keterangan: Galur V₁ (USKSnbRGO238045039e103), V₂ (USKSnbRGO238001ADRRK009), V₃ (USKSnbRGO238-063057e217), V₄ (USKSnbRGO238081075D206), V₅ (USKSnbRGO238016010d106), V₆ (USKSnbRGO238094088j140), V₇ (USKSnbRGO238081075m132)

Tabel 3 menyajikan data mengenai persistensi dormansi pada galur mutan M5. Galur V₂ (USKSnbRGO238001ADRRK009) dan V₃ (USKSnbRGO238-063057e217) menunjukkan waktu *after ripening* yang relatif singkat, yakni selama 3 minggu setelah panen. Penyimpanan pada minggu keempat, kedua galur ini menunjukkan tingkat daya berkecambahan sebesar 92%. Di antara ketujuh galur yang diamati, galur V₆ (USKSnbRGO238094088j140) memiliki durasi *after ripening* terpanjang, yaitu mencapai 5 minggu, dengan daya berkecambahan mencapai 96%.

Faktor lama penyimpanan benih setelah panen diketahui dapat mempengaruhi tingkat persistensi dormansi pada benih padi.

Mengacu pada klasifikasi dari Nugraha dan Soejadi (2013), dormansi benih dibedakan menjadi tiga kategori berdasarkan tingkat persistensinya: dormansi jangka pendek (<4 minggu), dormansi jangka menengah (4–8 minggu), dan dormansi jangka panjang (>8 minggu). Berdasarkan pernyataan tersebut, galur mutan benih padi V₁ (USKSnbRGO238045039e103), V₅ (USKSnbRGO238016010d-

106), V₆ (USKSnbRGO238094088j140), V₇ (USKSnb-RGO238081075m132) termasuk dalam golongan dengan persistensi dormansi sedang (5 minggu), galur mutan V₂ (USKSnbRGO238001ADRRK009), V₃ (USKSnbRGO238063057e217), dan V₄ (USKSnbRGO-238081075D206), termasuk dalam golongan dengan persistensi dormansi pendek (\pm 4 minggu).

Studi genetika menunjukkan bahwa variasi durasi dormansi antar galur diatur oleh kemampuan regulasi hormonal (utama oleh ABA dan GA) serta interaksi gen-gen seperti qSD3.1 dan qSD3.2 yang peka terhadap ABA (Zhang *et al.*, 2020). GWAS pada 195 akses padi juga menemukan 30 QTL yang menjelaskan 7–20 % variasi dormansi fenotipik. Mekanisme molekuler yang mengatur transisi dormansi dan perkecambahan ini penting untuk mengembangkan varietas dengan viabilitas tinggi dan dormansi yang sesuai, serta adaptif terhadap kondisi lingkungannya (Chen *et al.*, 2023).

Variasi lamanya masa dormansi pada benih dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti spesies tanaman, musim tanam, varietas yang digunakan, tempat pemanenan, serta tingkat kematangan dan perkembangan fisiologis benih (Ooi *et al.*, 2007). Sementara itu, perbedaan viabilitas antar benih biasanya disebabkan oleh keragaman genetik pada masing-masing galur yang diuji. Adanya perbedaan dalam ketahanan dormansi antar galur atau varietas juga erat kaitannya dengan faktor-faktor fisiologis yang memengaruhi lamanya masa dormansi benih. Khan (1977) menyatakan bahwa lamanya dormansi pada benih padi berkorelasi dengan kandungan asam lemak jenuh berantai pendek, tingkat ketahanan kulit benih terhadap penyerapan air dan oksigen, serta kadar dari senyawa penghambat perkecambahan yang dikandung benih tersebut.

Hal ini sejalan dengan hasil penelitian mutakhir yang mengungkap bahwa regulasi dormansi dan viabilitas benih melibatkan interaksi kompleks antara faktor genetik, hormonal (seperti ABA dan GA), serta aktivitas enzim seperti α -amilase. Beberapa gen penting seperti Vp-1 dan MKK3 telah diidentifikasi berperan dalam pengendalian dormansi dan ketahanan terhadap *pre-harvest sprouting*, terutama pada tanaman serealia. Vp-1, misalnya, berfungsi menekan aktivitas α -amilase selama pematangan benih melalui jalur sinyal ABA. Mutasi pada gen ini menyebabkan penurunan sensitivitas terhadap ABA dan memicu perkecambahan dini (Matilla, 2024). Oleh karena itu, pemahaman menyeluruh terhadap faktor genetik dan fisiologis tersebut sangat penting dalam pengembangan varietas padi dengan viabilitas tinggi dan dormansi optimal, yang mampu beradaptasi terhadap lingkungan namun tetap memenuhi kebutuhan agronomis di lapangan.

Pengukuran viabilitas dormansi dilakukan dengan menggunakan indikator intensitas dan persistensi dormansi. Berdasarkan parameter intensitas dormansi, galur V₂ (USKSnbRGO238001ADRRK009) menunjukkan nilai terendah, yaitu sebesar 24,26%, dibandingkan galur mutan M5 lainnya. Galur V₆ (USKSnbRGO238094088j140) sebaliknya memiliki intensitas dormansi tertinggi sebesar 36,72%, diikuti oleh galur V₁ (USKSnb-

RGO238045039e103) sebesar 35,30%. Variasi tingkat viabilitas pada tiap galur disebabkan oleh perbedaan sifat genetik masing-masing galur.

Perbedaan daya tumbuh antar varietas padi sebagian besar dipengaruhi oleh komponen genetik yang mengatur vigor benih. Oleh karena itu, meskipun ditanam pada lingkungan yang sama, varietas yang berbeda dapat menunjukkan perbedaan dalam pertumbuhan dan hasil. Studi Zhao *et al.* (2021) menyoroti adanya QTL dan gen regulator yang berperan penting dalam tegaknya vigor selama tahapan pengembangan, penyimpanan, dan germinasi benih. Penelitian Peng *et al.* (2022) menunjukkan bahwa akumulasi globulin 52 kDa yang tinggi pada varietas padi berkorelasi dengan vigor benih yang lebih baik pada kondisi normal maupun setelah penuaan. Selain itu, studi asosiasi SSR terbaru menegaskan hubungan antara marker molecular tertentu dengan parameter vigor seperti indeks perkecambahan (SVI), persentase germinasi (GP), dan rasio pertumbuhan akar/daun (RRG), semua ini menunjang argumen bahwa faktor genetik memainkan peran utama dalam ketahanan fenotipik dan variabilitas daya tumbuh antar varietas.

Peningkatan konsentrasi KNO₃ terbukti dapat meningkatkan viabilitas dan vigor benih padi. Diduga, semakin tinggi konsentrasi KNO₃ yang diberikan, semakin cepat proses imbibisi atau penyerapan air oleh benih berlangsung. Imbibisi merupakan tahap awal perkecambahan, di mana air masuk ke dalam benih melalui mekanisme difusi dan osmosis hingga kadar air dalam benih mencapai tingkat optimal. Masuknya air ini akan merangsang aktivasi hormon giberelin, yang kemudian memicu kerja enzim-enzim yang berperan dalam menguraikan cadangan makanan yang tersimpan di kotiledon atau endosperma.

Hasil penelitian memperlihatkan kombinasi perlakuan galur V₂ dengan konsentrasi KNO₃ 4% menunjukkan performa terbaik dalam parameter viabilitas dan vigor benih. Iradiasi sinar gamma berkontribusi dalam pematahan dormansi pada galur mutan M5. Pemuliaan tanaman melalui teknik iradiasi gamma telah banyak diterapkan dalam berbagai penelitian. Studi yang secara spesifik mengevaluasi pengaruh iradiasi terhadap pematahan dormansi benih padi, khususnya pada varietas dan galur lokal asal Aceh, saat ini masih sangat terbatas dan jarang dilaporkan. Varietas dan galur padi lokal sebagai bagian dari plasma nutfah memiliki potensi genetik yang khas. Pembudidayaan padi lokal yang telah berlangsung secara turun-temurun mampu menyesuaikan diri dengan karakteristik lingkungan dan iklim setempat. Oleh karena itu, varietas lokal yang memiliki karakteristik unggul perlu dijaga kelestariannya sebagai aset penting sumber daya genetik nasional (Sitaresmi *et al.*, 2013).

Menurut Grover dan Khan (2014), dosis iradiasi sinar gamma yang tinggi dapat membentuk sifat toleransi tumbuhan terhadap kondisi tanah yang kering. Hal ini disebabkan karena iradiasi sinar gamma dapat mempengaruhi aktivitas pembelahan mitosis di bagian meristem akar dan mereduksi konten kelembaban di dalam biji. Hal ini pula yang diduga

dapat mempersingkat masa dormansi dari ketujuh galur mutan M5 benih padi yang dicobakan, sehingga periode *after ripening* dari ketujuh galur mutan M5 tersebut berbeda-beda.

Penggunaan kalium nitrat (KNO_3) sebagai agen *halo-priming* terbukti efektif dalam mengatasi dormansi fisiologis benih, dengan cara mempercepat proses imbibisi air, memperbaiki perkecambahan, serta meningkatkan vigor tanaman. Pendekatan ini mendukung sistem pertanian berkelanjutan melalui peningkatan efisiensi dan kualitas benih (Chandel *et al.* 2024). Temuan ini menunjukkan bahwa perlakuan KNO_3 4% efektif dalam meningkatkan potensi tumbuh maksimum, daya berkecambah, serta menurunkan intensitas dormansi benih.

KESIMPULAN

Galur V₂ (USKSnbRGO238001ADRRK009) dan V₃ (USKSnbRGO238063057e217) adalah galur mutan M5 yang memiliki persistensi dormansi paling singkat yaitu 3 minggu. Persistensi dormansi paling lama yaitu galur V₆ (USKSnbRGO238094088j140) selama 5 minggu.

Perlakuan konsentrasi KNO_3 terbaik dijumpai pada konsentrasi KNO_3 4% berdasarkan tolok ukur potensi tumbuh maksimum, daya berkecambah,

indeks vigor benih, kecepatan tumbuh relatif, keserempakan tumbuh, dan intensitas dormansi. Penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa haloprimer menggunakan KNO_3 2% dan hormoprimer dengan GA_3 50 ppm dapat meningkatkan performa sistem tanam langsung (*Direct Seeded Rice/DSR*) melalui perbaikan daya kecambah, vigor bibit, biomassa akar, serta hasil gabah. Perlakuan ini juga efektif dalam mengatasi kendala pertumbuhan yang tidak seragam pada sistem DSR, sehingga mendukung pencapaian hasil optimal (Dhillon *et al.*, 2021). Metode pematahan dormansi benih menggunakan KNO_3 2-4% diharapkan dapat digunakan oleh ahli pemuliaan tanaman, produsen dan analis benih untuk mengembangkan galur atau varietas baru dan mempersingkat masa dormansi benih.

DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, N., B. Suroso, and I. Wijaya. 2024. Observasi pematahan dormansi benih padi berbagai varietas di UPT. pengawasan dan sertifikasi benih tanaman pangan dan hortikultura Wilker V Jember. *Callus: Journal of Agrotechnology Science*, 2(4): 49-63.
- Chandel, N. S., V. Tripathi, H. B. Singh, and A. Vaishnav. 2023. Breaking seed dormancy for sustainable food production: Revisiting seed priming techniques and prospects. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 55: 1878-8181.
- Chen, D., W. Zou, M. Zhang, J. Liu, L. Chen, T. Peng, G. Ye. 2023. Genome-wide association study for seed dormancy using re-sequenced germplasm under multiple conditions in rice. *Int J Mol Sci*, 24(7): 6117.
- Dhillon, B. S., V. Kumar, P. Sagwal, N. Kaur, G. S. Mangat, and S. Singh. 2021. Seed priming with potassium nitrate and gibberellic acid enhances the performance of dry direct seeded rice (*Oryza sativa* L.) in North-Western India. *Agronomy*, 11(5), 849.
- Efendi, E. Kesumawaty, Sabaruddin, Bakhtiar, and Syafruddin. 2013a. Salinity stress simulation on acehnese local rice (*Oryza sativa* L.) with NaCl in the method of in vitro germination. *Proceeding Life Science. The 3rd Annual International Conference Unsyiah*. Banda Aceh, 10 Oktober 2013. Universitas Syiah Kuala.
- Efendi, H. R. Simanjuntak, and Halimursyadah. 2012. Respon pertumbuhan dan produksi plasma nutfah padi lokal aceh terhadap sistem budidaya aerob. *Jurnal Agrista*, 16(3): 114-121.
- Efendi, N. Yusra, Hasanuddin, and Syamsuddin. 2013b. Uji toleransi varietas padi lokal Aceh terhadap kekeringan dengan simulasi senyawa PEG-6000 secara in vitro. *Prosiding lokakarya nasional dan seminar, FKPTPI*. Bogor, 2-4 September 2013.
- Efendi. 2011. The system of rice intensification (SRI) as technology innovation to improve the productivity of rice (*Oryza sativa* L.) in post-tsunami affected-area of Aceh Province. *Proceeding AIWEST-DR*, 284-290. Banda Aceh, 22-24 November 2011.
- Grover, S. and, A. S. Khan. 2014. Effect of ionizing radiation on some characteristics of seeds of wheat. *International Journal of Scientific and technology research*, 3(4): 32-39.
- Halimursyadah, Syamsuddin, Hasanuddin, Efendi, and N. Anjani. 2020. Penggunaan kalium nitrat dalam pematahan dormansi fisiologis setelah pematangan pada beberapa galur padi mutan organik spesifik lokal Aceh. *Jurnal Kultivasi*, 19(1): 1061-1068.
- Hamidah. 2013. *Perlakuan lama perendaman dan konsentrasi KNO_3 terhadap pematahan dormansi benih padi (*Oryza sativa* L.) varietas Ciherang*. Skripsi, Fakultas Pertanian. Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala.
- Ilyas, S. and W. T. Diarni. 2007. Persistensi dan pematahan dormansi benih pada beberapa varietas padi gogo. *Jurnal Agrista*, 11(2): 92-101.
- Javed, T., M. M. Ali, R. Shabbir, S. Gull, A. Ali, E. Khalid, A. N. Abbas, Tariq, M. Tariq, and Muqmirah. 2020. *J. appl. Res in Plant Sci.*, 1(2): 65-75.
- Kharismayani, I. 2010. *Kajian after ripening pada beberapa varietas benih padi gogo*. Skripsi, Fakultas Pertanian. Bogor: IPB University.
- Khan, A. A. 1977. *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination*. Amsterdam: North Horth Holland Publishing Company, pp.1-75.
- MacDonald, M. T., and V. R. Mohan. 2025. Chemical seed priming: molecules and mechanisms for enhancing plant germination, growth, and stress tolerance. *Current Issues in Molecular Biology*, 47(3), 177.
- Matilla, A. J. 2024. Current insights into weak seed dormancy and pre-harvest sprouting in crop species. *Plants*, 13(18): 2559.
- Nugraha, U. S. and Soejadi. 2013. Studi efikasi metode pematahan dormansi benih padi. *Penelitian pertanian tanaman pangan*, 20(1): 72-79.
- Ooi, M., T. Auld, and R. Whelan. 2007. Distinguishing between persistence and dormancy in soil seed banks of three shrub species from fire-prone southeastern Australia. *J. Veg. Sci.*, 18: 405-412.
- Peng, L., H. Lu, J. Chen, Z. Wu, Z. Xiao, X. Qing, J. Song, Z. Wang, and J. Zhao. 2022. Characteristics of seed vigor in rice varieties with different globulin accumulations. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(17): 9717.
- Purba, R. 2015. *Pengaruh perlakuan mekanis dan konsentrasi giberelin serta lama perendaman terhadap perkecambahan*

- biji palem kol.* Tesis, Fakultas Pertanian. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Putri, A.A., E. Widajati, and S. Ilyas. 2023. Determination of physiological maturity and methods for breaking dormancy of rice seeds of IPB 3S variety. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1133: 012006.
- Rahmatika, W., and A. E. Sari. 2020. Efektivitas lama perendaman larutan KNO₃ terhadap perkembahan dan pertumbuhan awal bibit tiga varietas padi (*Oryza sativa* L.). *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 13(2): 89–93.
- Sitaresmi, T., R. H. Wening, A. T. Rakhmi, N. Yunani, and U. Susanto. 2013. Pemanfaatan plasma nutfah padi varietas lokal dalam perakitan varietas unggul. *Iptek tanaman pangan*, 8(1): 22-30.
- Widajati, E. and S. Selly. 2008. Aplikasi methylobacterium untuk pematahan dormansi benih padi (*Oryza sativa* L.). *Seminar Nasional Perbenihan dan Kelembagaan*. Bogor, 10-11 November 2008.
- Wijayanti, P. R. 2023. Review pematahan dormansi biji dengan metode skarifikasi mekanik dan kimia. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 5(2): 109-116.
- Winda, W., R. Saputri, and L. Kurniasari. 2023. Pengujian *after ripening* serta efektivitas pematahan dormansi pada benih padi gogo lokal Bangka aksesi balok. *Fruitset Sains: Jurnal Pertanian Agroteknologi*, 11(2): 116-125.
- Yuliani, G. H., A. Komariah, and K. R. Indriana. 2023. Pengaruh lama perendaman dan konsentrasi KNO₃ terhadap viabilitas dan vigor benih padi (*Oryza sativa* L.). *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 11(2): 208-217.
- Zhang, C., Z. Yuan, Y. Wang, W. Sun, X. Tang, Y. Sun, and S. Yu. 2020. Genetic dissection of seed dormancy in rice (*Oryza sativa* L.) by using two mapping populations derived from common parents. *Rice*, 13(1), 1-13.
- Zhao, J., Y. He, S. Huang, Z. Wang. 2021. Advances in the identification of quantitative trait loci and genes involved in seed vigor in rice. *Front Plant Sci.*, 12: 1-14.