

Respon Fisiologis Beberapa Varietas Padi Lokal Gorontalo terhadap Cekaman Kekeringan yang Disimulasikan dengan PEG-6000 pada Fase Perkecambahan

Ria Megasari^{1*}

¹Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan Ilmu Perikanan, Universitas Pohuwato
Email: elfega406@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon fisiologis beberapa genotipe padi lokal Gorontalo terhadap cekaman kekeringan yang disimulasikan menggunakan larutan *Polyethylene Glycol* (PEG-6000) pada fase perkecambahan. Penelitian dilaksanakan di laboratorium dengan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial, terdiri atas dua faktor, yaitu genotipe padi (Temo, Maraya, Pulo Kuku, Pulo Merah, Sonu, Ponda, dan Sina) serta konsentrasi PEG-6000 (0, 12,5, dan 25 g L⁻¹), masing-masing diulang tiga kali. Parameter yang diamati meliputi daya kecambah, laju perkecambahan, indeks kecepatan perkecambahan, indeks vigor, panjang plumula, panjang akar, dan indeks sensitivitas stres (SSI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi PEG berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter pertumbuhan awal benih. Penurunan potensial air akibat PEG menghambat proses imbibisi dan aktivitas metabolismik benih, sehingga menurunkan daya kecambah dan vigor. Respons antar genotipe bervariasi, yang mencerminkan perbedaan kemampuan adaptasi fisiologis terhadap cekaman osmotik. Berdasarkan nilai SSI, genotipe Maraya dan Ponda dikategorikan sebagai toleran terhadap kekeringan, Pulo Kuku tergolong sedang, sedangkan Temo, Sonu, Pulo Merah, dan Sina termasuk sensitif. Hasil ini menunjukkan adanya keragaman genetik yang potensial untuk digunakan sebagai bahan dasar dalam program pemuliaan padi lokal toleran kekeringan di wilayah Gorontalo.

Kata kunci: Cekaman kekeringan, Padi Lokal Gorontalo, PEG-6000, Vigor benih

Abstract

This study aimed to evaluate the physiological responses of several local rice genotypes from Gorontalo under drought stress simulated using Polyethylene Glycol (PEG-6000) during the germination stage. The experiment was conducted in a laboratory using a completely randomized factorial design with two factors: rice genotypes (Temo, Maraya, Pulo Kuku, Pulo Merah, Sonu, Ponda, and Sina) and PEG-6000 concentrations (0, 12.5, and 25 g L⁻¹), each with three replications. Observed parameters included germination percentage, germination rate, germination speed index, vigor index, plumule length, root length, and stress sensitivity index (SSI). The results showed that increasing PEG concentration significantly affected all early growth parameters. Reduced water potential due to PEG inhibited water imbibition and seed metabolic activity, resulting in lower germination percentage and vigor. The genotypes exhibited varying responses, indicating differences in their physiological adaptation mechanisms under osmotic stress. Based on SSI values, Maraya and Ponda were classified as drought-tolerant, Pulo Kuku as moderately tolerant, while Temo, Sonu, Pulo Merah, and Sina were sensitive. These findings highlight the existence of genetic variability among Gorontalo local rice genotypes, which can be utilized as a basis for breeding programs aimed at developing drought-tolerant rice varieties.

Keywords: Drought Stress, Gorontalo local rice, PEG-6000, Seed Vigor

PENDAHULUAN

Padi (*oryza sativa* L.) merupakan komoditas pangan utama bagi lebih dari setengah populasi dunia dan memiliki peran strategis dalam ketahanan pangan global (FAO, 2023). Produksi pangan dunia sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama ketersediaan air. Perubahan iklim global yang ditandai dengan peningkatan suhu dan ketidakstabilan curah hujan menyebabkan menurunnya produktivitas padi di banyak negara produsen utama seperti India, Tiongkok dan Indonesia (IPCC, 2021). Kondisi kekeringan telah dilaporkan menyebabkan penurunan hasil padi hingga 20-70% tergantung pada fase pertumbuhan dan Tingkat keparahan cekaman (Serraj *et al.*, 2011). Hal ini menunjukkan bahwa kekeringan merupakan faktor pembatas utama produksi padi, termasuk pada wilayah beriklim kering seperti Gorontalo.

Secara nasional, Indonesia menghadapi tantangan serupa di sektor pertanian akibat variabilitas iklim yang tinggi. Data dari Kementerian Pertanian (2022) menunjukkan bahwa sekitar 60% lahan sawah di Indonesia tergantung pada curah hujan, sehingga rentan terhadap kekeringan musiman. Provinsi-provinsi di kawasan timur Indonesia, termasuk Sulawesi sering mengalami periode kering yang cukup panjang, yang berdampak pada penurunan produksi padi. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengidentifikasi dan mengembangkan genotype padi yang toleran terhadap kondisi kekeringan guna mendukung keberlanjutan produksi pangan nasional.

Data Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Gorontalo (2025) menunjukkan bahwa produksi padi pada tahun 2024 menurun menjadi 234,86 ribu ton gabah kering giling (GKG) dengan luas panen 46,95 ribu hektare, atau turun 6,59% dibandingkan tahun 2023. Penurunan ini diduga berkaitan dengan fluktuasi iklim dan keterbatasan ketersediaan air pada lahan pertanian, yang mengindikasikan perlunya pengembangan varietas padi yang adaptif terhadap kondisi cekaman kekeringan. Salah satu pendekatan yang efektif untuk menilai respon genotipe terhadap kekeringan adalah melalui simulasi cekaman osmotik menggunakan Polietilen Glikol (PEG-6000) (Michel & Kaufmann, 1973). Perlakuan PEG-6000 menurunkan potensial air medium tanpa menyebabkan toksitas pada tanaman, sehingga dapat meniru kondisi kekeringan secara *in vitro* dan menjadi metode yang relevan untuk menilai toleransi fisiologis pada fase awal pertumbuhan atau perkecambahan (Blum, 2011). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemberian PEG-6000 dengan konsentrasi tinggi dapat menurunkan laju dan persentase perkecambahan benih padi akibat berkurangnya kemampuan biji dalam menyerap air (Megasari *et al.*, 2025).

Perkecambahan merupakan tahapan awal yang krusial dalam perkembangan tanaman. Penilaian karakteristik tanaman sebagai respon terhadap cekaman dapat dilakukan selama fase perkecambahan, pembibitan atau vegetatif tanaman melalui eksperimen lapangan (Chutia & Borah, 2012).

Aplikasi larutan polietilen glikol (PEG) berfungsi sebagai metodologi alternatif yang sering digunakan untuk mengidentifikasi ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan. Polietilen glikol adalah makromolekul inert yang dicirikan oleh struktur polimer yang ekstensif, yang telah banyak digunakan dalam penelitian ilmiah (Kylyshbayeva *et al.*, 2025). PEG dikenal sebagai senyawa yang relevan untuk tujuan penyaringan, mengingat kemampuannya untuk mengatur proses imbibisi dan hidrasi benih. Selain itu, PEG digunakan dalam mengevaluasi ketahanan benih terhadap kekeringan dengan mempertimbangkan indeks kekeringan (Nemoto *et al.*, 1995). PEG berfungsi sebagai agen *in vitro* untuk menginduksi cekaman kekeringan karena kemampuannya untuk mengurangi potensial osmotik air tanpa menimbulkan toksisitas, sehingga secara efektif mensimulasikan kondisi kekeringan pada tanaman. PEG telah digunakan untuk periode yang luas untuk memfasilitasi pemilihan varietas tanaman toleran kekeringan dalam pengaturan laboratorium selama fase perkecambahan (Chutia & Borah, 2012). Pemanfaatan konsentrasi 20% PEG 6000 dapat menggambarkan varietas padi yang menunjukkan ketahanan terhadap cekaman kekeringan berdasarkan metrik panjang plumula, panjang akar, dan indeks toleransi kekeringan, yang diinformasikan oleh panjang plumula dan akar (Maisura *et al.*, 2016). Ketika konsentrasi PEG meningkat, pengikatan air oleh subunit etilen meningkat, sehingga menghambat kapasitas benih untuk menyerap air, yang berpuncak pada tanaman yang mengalami cekaman kekeringan (Verslues *et al.*, 2006). PEG memicu penghambatan perkecambahan karena terkait erat dengan fenomena stres osmotik (Sidari *et al.*, 2008).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan kekeringan enam varietas padi lokal Gorontalo melalui pemberian berbagai konsentrasi polietilen glikol (PEG). Hasil penelitian ini diharapkan akan memberikan manfaat serta wawasan berharga mengenai varietas padi lokal yang menunjukkan toleransi kekeringan, yang selanjutnya dapat digunakan dalam pemuliaan padi yang bertujuan menghasilkan kultivar unggul yang beradaptasi dengan baik terhadap lingkungan kering atau wilayah yang sering mengalami kelangkaan air. Melalui uji toleransi genotipe yang memiliki ketahanan kekeringan yang kuat, sehingga ketahanan pangan di Gorontalo dan wilayah lain yang menghadapi

tantangan serupa diharapkan dapat ditingkatkan. Lebih lanjut, penelitian ini berperan penting dalam memperkuat konservasi varietas lokal yang berpotensi untuk ditingkatkan lebih lanjut, sejalan dengan upaya diversifikasi sumber pangan dan optimalisasi pemanfaatan sumber daya genetik lokal.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Pertanian dan Ilmu Pertanian Universitas Pohuwato, Desa Palopo, Kecamatan Marisa, Kabupaten Pohuwato, Provinsi Gorontalo. Penelitian ini berlangsung pada Januari – April 2025. Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas: cawan petri, kertas merang, alcohol 70%, pinset, gelas ukur, timbangan analitik, germinator, sprayer, penggaris dan alat tulis menulis. Adapun bahan yang digunakan adalah 7 varietas padi lokal (temo, maraya, pulo kuku, pulo merah, sonu, ponda, sina), *Polyethylene Glycol* (PEG-6000) dan Akuades.

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dua faktor. Faktor pertama yaitu V1 = Temo, V2 = Maraya, V3 = Pulo Kuku, V4 = Pulo Merah, V5 = Sonu, V6 = Ponda, V7 = Sina. Factor kedua adalah perlakuan priming PEG 0 g L⁻¹ (P0), priming PEG 12,5 g L⁻¹ (P1), dan priming PEG 25 g L⁻¹ (P2) dengan lama pemeraman benih selama 12 jam. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 63 unit percobaan. Benih padi lokal Gorontalo diperoleh dari petani di Desa Sigaso, Kecamatan Atinggola, Kabupaten Gorontalo Utara.

Uji perkecambahan dilakukan dengan cawan petri yang dilapisi kertas saring (Šerá, 2023). Cawan petri berukuran 90 mm digunakan dan dilapisi kertas saring. Kertas saring dibasahi hingga jenuh dengan air suling untuk kontrol dan PEG 6000 untuk uji kekeringan, masing-masing sekitar 10 mL; kemudian, benih diletakkan secara merata di atasnya. Setiap cawan petri berisi 25 benih, kemudian diulang tiga kali. Cawan petri kemudian ditempatkan di lingkungan bersuhu ruangan, dan kelembapan kertas saring diperiksa setiap hari. Pengamatan dilakukan selama 14 hari. Parameter yang diamati dari perkecambahan meliputi daya kecambahan (%) (DB), Laju Perkecambahan (LP), Indeks Kecepatan Perkecambahan (IKP), dan Indeks Vigor (IV) Semua sifat perkecambahan dihitung berdasarkan jumlah keberhasilan biji untuk tumbuh (> 2 mm radikula) setiap hari. Parameter sifat kecambah meliputi plumula Panjang (cm), panjang radikula (cm). Sifat kecambah dihitung dengan mengukur sampel kecambah pada akhir pengamatan. Perhitungan indeks sensivitas stres (SSI) dilakukan berdasarkan rumus:

$$SSI = \frac{1 - \left(\frac{Y_s}{Y_p} \right)}{1 - \left(\frac{\hat{Y}_s}{\hat{Y}_p} \right)}$$

Nilai SSI dihitung menurut rumus Fischer dan Maurer (1978) untuk menentukan tingkat toleransi genotipe terhadap stres kekeringan, dimana SSI = Tolerance index (Indeks Toleransi); Y_s = nilai perlakuan pada kondisi bebas cekaman; Y_p = nilai perlakuan pada kondisi cekaman; \hat{Y}_s = nilai rata-rata seluruh perlakuan pada kondisi bebas cekaman dan \hat{Y}_p = rata-rata seluruh perlakuan pada kondisi cekaman. Apabila indeks toleransi genotipe suatu genotype jika nilainya $\leq 0,5$ (toleran), $0,5 < \text{nilai} \leq 1,0$ (sedang), dan $> 1,0$ (sensitif). Data hasil penelitian selanjutnya dianalisis secara statistic menggunakan analisis ragam (ANOVA). Selanjutnya, dilakukan uji lanjut BNT pada taraf uji $\alpha=0,01$ apabila pada uji F menunjukkan nyata atau sangat nyata, untuk menentukan perlakuan konsentrasi priming yang terbaik terhadap peningkatan adaptasi pada padi cekaman kekeringan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis ragam, terlihat bahwa interaksi antara varietas dan konsentrasi PEG berpengaruh nyata terhadap daya kecambah, laju perkecambahan, indeks kecepatan perkecambahan, indeks vigor, panjang tunas dan panjang akar.

Daya Kecambah

Pada tabel 1, dijelaskan bahwa terdapat interaksi antara varietas dan konsentrasi PEG terhadap daya kecambah. Secara umum, daya kecambah berkisar 74% hingga 100%. Peningkatan konsentrasi PEG menyebabkan penurunan daya tumbuh benih. Perlakuan PEG pada konsentrasi 25 g L^{-1} menyebabkan pertumbuhan benih menurun pada semua varietas kecuali varietas Temo. Khusus untuk varietas Pulo Merah pertumbuhan mengalami penurunan paling besar yaitu 20,6% dibandingkan kontrol.

Tabel 1. Daya Kecambah (%) Beberapa Varietas Padi Lokal Gorontalo pada Berbagai Konsentrasi PEG-6000

Varietas	Perlakuan PEG (g L^{-1})		
	0	12.5	25
Temo	100.0 ^a	100.0 ^a	100.0 ^a
Maraya	97.3 ^{ab}	100.0 ^a	88.7 ^{bcd}
Pulo Kuku	96.0 ^{ab}	98.7 ^a	85.0 ^d
Pulo Merah	94.7 ^{abc}	94.7 ^{abc}	74.0 ^e
Sonu	96.0 ^{ab}	95.3 ^{abc}	82.3 ^{de}
Ponda	96.0 ^{ab}	97.3 ^{ab}	87.0 ^{cd}
Sina	98.7 ^a	97.3 ^{ab}	93.0 ^{abcd}

Laju Perkecambahan

Parameter laju perkecambahan yang disajikan pada tabel 2 menunjukkan bahwa ada interaksi antara varietas dan konsentrasi PEG. Secara umum, semua perlakuan berhasil menumbuhkan benih mulai hari ke-2. Namun, interaksi antara varietas Sonu dengan konsentrasi PEG 8 g L⁻¹ mencatat perkecambahan rata-rata tercepat 2,39 hari. Kemudian, interaksi antara varietas temo dengan konsentrasi PEG 25 g L⁻¹ mencatat perkecambahan rata-rata terpanjang, yaitu 4,67 hari.

Tabel 2. Laju Perkecambahan Beberapa Varietas Padi Lokal Gorontalo pada Berbagai Konsentrasi PEG-6000

Varietas	Perlakuan PEG (g L ⁻¹)		
	0	12.5	25
Temo	2.75	cd	3.08
Maraya	3.40	cd	2.60
Pulo Kuku	2.88	cd	2.95
Pulo Merah	2.91	cd	2.92
Sonu	2.69	d	2.39
Ponda	2.57	cd	2.73
Sina	2.81	cd	2.92

Keterangan: rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama berarti tidak berbeda berdasarkan uji Tukey ($\alpha = 0,01$)

Indeks Kecepatan Perkecambahan

Parameter indeks kecepatan perkecambahan (tabel 3) menunjukkan adanya interaksi antara varietas dengan konsentrasi PEG. Varietas Sonu dengan konsentrasi PEG 25 g L⁻¹ mencatat nilai indeks kecepatan perkecambahan tertinggi yaitu 6,62, sedangkan nilai terendah terdapat pada varietas Temo dan Maraya (3,22 – 3,72).

Tabel 3. Indeks Kecepatan Perkecambahan Beberapa Varietas Padi Lokal Gorontalo pada Berbagai Konsentrasi PEG-6000

Varietas	Perlakuan PEG (g L ⁻¹)			
	0	12.5	25	
Temo	3.44	f	6.42	ab
Maraya	6.00	abc	6.33	ab
Pulo Kuku	5.17	cd	5.44	bed
Pulo Merah	4.92	d	4.75	de
Sonu	6.03	abc	6.28	ab
Ponda	6.28	ab	6.33	ab
Sina	5.92	abcd	5.67	abcd

Keterangan: rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama berarti tidak berbeda berdasarkan uji Tukey ($\alpha = 0,01$)

Indeks Vigor

Berdasarkan Tabel 4, terlihat bahwa terjadi interaksi perlakuan PEG dan varietas terhadap nilai indeks vigor. Pada kondisi tanpa cekaman (PEG 0 g L⁻¹), varietas Pulo Kuku menunjukkan nilai indeks vigor tertinggi (16,70), diikuti oleh Pulo Merah (13,41) dan Maraya (12,56). Hal ini mengindikasikan bahwa ketiga varietas tersebut memiliki vigor awal benih yang lebih baik dibanding varietas lainnya. Sebaliknya, varietas Ponda memperlihatkan nilai indeks vigor terendah (8,06), yang menunjukkan kemampuan awal tumbuh yang relatif lemah meskipun dalam kondisi tanpa cekaman.

Ketika diberikan perlakuan PEG 12,5 g L⁻¹, pola yang sama masih terlihat, di mana Pulo Kuku (15,97) dan Maraya (13,16) tetap menunjukkan nilai vigor relatif tinggi dibanding varietas lainnya. Sedangkan pada perlakuan PEG 25 g L⁻¹, seluruh varietas mengalami penurunan tajam pada indeks vigor, menunjukkan bahwa cekaman osmotik berat secara nyata menghambat pertumbuhan awal benih. Nilai indeks vigor tertinggi pada kondisi ini masih ditunjukkan oleh Pulo Kuku (8,92) dan Maraya (8,69), sedangkan nilai terendah dicatat pada Temo (4,59) dan Sonu (4,57).

Tabel 4. Indek Vigor Beberapa Varietas Padi Lokal Gorontalo pada Berbagai Konsentrasi PEG-6000

Varietas	Perlakuan PEG (g L ⁻¹)			
	0	12.5	25	
Temo	10.07	cdefg	9.77	defg
Maraya	12.56	bcd	13.16	bcd
Pulo Kuku	16.70	a	15.97	ab
Pulo Merah	13.41	abc	10.94	cdef
Sonu	10.28	cdef	9.61	efg
Ponda	8.06	fg	8.58	fg
Sina	11.16	cdef	11.20	cdef
			11.34	cdef

Keterangan: rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama berarti tidak berbeda berdasarkan uji Tukey ($\alpha = 0,01$).

Panjang Plumula

Panjang Plumula (Tabel 5) berkurang signifikan pada PEG 25 g L⁻¹, terutama pada Temo, Sonu dan Pulo Merah yang hanya mencapai sekitar 3 cm. varietas Sonu mencatat plumula terpanjang yaitu 9,30 cm pada perlakuan control dan tidak berbeda nyata dengan varietas Sonu (9,30 cm) dan Varietas Pulo Kuku (9,13 cm) pada perlakuan control. Sedangkan varietas Ponda menunjukkan pertumbuhan relatif stabil.

Tabel 5. Panjang Plumula Beberapa Varietas Padi Lokal Gorontalo pada Berbagai Konsentrasi PEG-6000

Varietas	Perlakuan PEG (g L ⁻¹)		
	0	12.5	25
Temo	8.67 ^{ab}	8.57 ^{ab}	3.60 ^e
Maraya	5.23 ^{cde}	5.03 ^{cd}	5.13 ^{cde}
Pulo Kuku	9.13 ^{ab}	7.10 ^{abc}	6.53 ^{bcd}
Pulo Merah	9.60 ^a	8.73 ^{ab}	3.70 ^e
Sonu	9.30 ^{ab}	8.57 ^{ab}	3.73 ^{de}
Ponda	8.13 ^{ab}	8.13 ^{ab}	8.80 ^{ab}
Sina	8.97 ^{ab}	8.83 ^{ab}	3.87 ^{de}

Keterangan: rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama berarti tidak berbeda berdasarkan uji Tukey ($\alpha = 0,01$).

Panjang Akar

Parameter panjang akar menunjukkan variasi respon. Pada beberapa varietas seperti Pulo Merah (10,13 cm) dan Sina (9,00 cm), akar tetap tumbuh baik pada perlakuan PEG 12,5 g L⁻¹. Sedangkan panjang akar terpendek terdapat pada varietas Sina dengan PEG 25 g L⁻¹ yaitu (4,93 cm).

Tabel 6. Panjang Akar Beberapa Varietas Padi Lokal Gorontalo pada Berbagai Konsentrasi PEG-6000

Varietas	Perlakuan PEG (g L ⁻¹)		
	0	12.5	25
Temo	7.40 ^{bcd}	8.63 ^{abcd}	5.03 ^f
Maraya	6.77 ^{df}	5.87 ^{ef}	6.93 ^{cdf}
Pulo Kuku	8.67 ^{abcd}	8.37 ^{abcde}	5.20 ^f
Pulo Merah	9.60 ^{ab}	10.13 ^a	4.97 ^f
Sonu	10.50 ^a	8.47 ^{abcd}	6.23 ^{def}
Ponda	7.37 ^{bcd}	8.53 ^{abcd}	6.23 ^{def}
Sina	9.97 ^{ab}	9.00 ^{abc}	4.93 ^f

Keterangan: rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama berarti tidak berbeda berdasarkan uji Tukey ($\alpha = 0,01$).

Tabel 7. Indeks Sensivitas Stres (SSI)

Varietas	Panjang Plumula	Pajang Radikula
Temo	2.10	0.90
Maraya	0.03	-0.05
Pulo Kuku	0.59	1.27
Pulo Merah	2.38	1.78
Sonu	2.23	1.31
Ponda	-0.11	0.35
Sina	1.97	1.95

Keterangan: jika nilainya $\leq 0,5$ (toleran), $0,5 < \text{nilai} \leq 1,0$ (sedang), dan $> 1,0$ (sensitif).

Pada parameter panjang plumula, varietas Ponda ($-0,11$) dan Maraya ($0,03$) menunjukkan nilai SSI paling rendah, bahkan mendekati atau di bawah nol, yang menandakan bahwa kedua varietas tersebut sangat toleran terhadap cekaman kekeringan. Nilai negatif SSI mengindikasikan bahwa pertumbuhan plumula relatif tidak terganggu, bahkan sedikit lebih baik dibandingkan kondisi kontrol. Sementara itu, varietas Pulo Merah ($2,38$), Sonu ($2,23$), dan Temo ($2,10$) memiliki nilai SSI $> 1,0$, sehingga dikategorikan sensitif terhadap stres kekeringan, dengan penurunan pertumbuhan pucuk yang cukup signifikan di bawah kondisi osmotik rendah. Varietas Pulo Kuku ($0,59$) dan Sina ($1,97$) menunjukkan tingkat sensitivitas sedang hingga tinggi, menandakan bahwa responnya terhadap stres air masih bervariasi. Varietas temo tergolong kategori sedang pada parameter Panjang akar dengan nilai.

Pada parameter panjang radikula, varietas Maraya ($-0,05$) juga memperlihatkan nilai SSI negatif, yang berarti toleran dan mampu mempertahankan pertumbuhan akar meskipun berada pada kondisi kekeringan buatan menggunakan PEG-6000. Sebaliknya, varietas Sina ($1,95$), Pulo Merah ($1,78$), dan Sonu ($1,31$) memperlihatkan nilai SSI yang cukup tinggi (>1), menunjukkan bahwa ketiga varietas tersebut sensitif terhadap penurunan ketersediaan air, yang ditandai dengan berkurangnya panjang radikula secara signifikan. Varietas Pulo Kuku ($1,27$) dan Ponda ($0,35$) berada pada kategori sedang hingga toleran, sedangkan Temo ($0,90$) menunjukkan sensitivitas moderat terhadap cekaman air.

Berdasarkan hasil pengamatan, terlihat bahwa peningkatan konsentrasi PEG-6000 berpengaruh nyata terhadap daya kecambah dan pertumbuhan awal beberapa varietas padi local Gorontalo. Pada perlakuan tanpa PEG (0 g L^{-1}), semua varietas memperlihatkan daya kecambah tinggi (94-100%), menandakan benih memiliki viabilitas dan vigor yang baik. Namun, pemberian PEG hingga 25 g L^{-1} menyebabkan penurunan daya kecambah secara signifikan, terutama pada varietas Pulo Merah dan Pulo Kuku. Penurunan ini menunjukkan indikasi awal adanya gangguan fisiologis yang berdampak pada proses perkecambahan dan pertumbuhan awal kedua varietas tersebut. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Siddique *et al.* (2023) yang melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi PEG berbanding lurus dengan penurunan daya kecambah benih padi. Demikian pula, Purbajati *et al.* (2019) melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi PEG dalam simulasi cekaman kekeringan dapat menurunkan kemampuan perkecambahan benih secara signifikan akibat penurunan potensial air di media tumbuh.

Parameter laju perkecambahan dan indeks kecepatan perkecambahan juga menunjukkan variasi respons antar genotipe terhadap cekaman osmotik. Varietas Temo dan Ponda memperlihatkan laju perkecambahan lebih cepat pada kondisi stres sedang hingga berat, sedangkan varietas Sonu menampilkan nilai indeks kecepatan tertinggi pada perlakuan PEG 25 g L⁻¹. Hal ini mengindikasikan adanya perbedaan mekanisme adaptasi antar genotipe dalam merespons penurunan potensial air akibat PEG-6000. Menurut Bewley & Black (1994), kecepatan perkecambahan menggambarkan efisiensi proses metabolismik benih dalam mengonversi cadangan makanan menjadi energi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan embrio. Genotipe yang mampu mempertahankan kecepatan perkecambahan di bawah cekaman air memiliki vigor fisiologis tinggi yang didukung oleh aktivitas enzim hidrolitik, seperti α -amilase, lipase, dan protease, yang berperan dalam mobilisasi cadangan pati dan protein dari endosperma ke embrio. Aktivitas enzim ini umumnya menurun pada benih sensitif akibat gangguan hidrasi dan penurunan tekanan turgor (Khajeh-Hosseini *et al.*, 2003).

Selain itu, genotipe toleran cenderung mampu mengakumulasi osmolit kompatibel seperti prolin, glisin betain, dan gula terlarut yang berfungsi mempertahankan keseimbangan osmotik internal, melindungi struktur protein, serta menstabilkan membran sel dari kerusakan oksidatif (Farooq *et al.*, 2009; Bhandari *et al.*, 2023). Akumulasi osmolit ini merupakan respon fisiologis penting dalam mempertahankan imbibisi air dan aktivitas metabolismik selama perkecambahan di bawah tekanan osmotik tinggi.

Nilai indeks vigor tertinggi diperoleh pada varietas Pulo Kuku (16,70) pada perlakuan kontrol (PEG 0 g L⁻¹), dan masih menunjukkan vigor relatif tinggi pada perlakuan PEG 12,5 g L⁻¹. Hal ini menandakan bahwa benih varietas tersebut memiliki stabilitas fisiologis dan kemampuan adaptasi osmotik yang baik, meskipun terjadi penurunan potensial air di media perkecambahan. Kondisi ini mencerminkan kemampuan benih dalam mempertahankan integritas membran plasma dan aktivitas enzim antioksidan seperti *superoxide dismutase* (SOD), *katalase* (CAT), dan *peroksidase* (POD) yang bekerja menetralkan radikal bebas akibat stres air (Abid *et al.*, 2018). Aktivitas antioksidan yang tinggi berperan penting dalam melindungi sistem membran dan organel sel dari kerusakan oksidatif yang sering muncul selama kondisi dehidrasi.

Menurut Hampton & TeKrony (1995), vigor benih merupakan indikator penting keberhasilan pertumbuhan awal tanaman, karena menentukan kekuatan dan keseragaman kecambah yang dihasilkan. Copeland & McDonald (2001) menegaskan bahwa benih

dengan vigor tinggi tidak hanya mampu berkecambah lebih cepat dan seragam, tetapi juga menghasilkan kecambah yang kuat dan sehat. Vigor benih yang tinggi mencerminkan efisiensi fisiologis dalam penggunaan cadangan makanan selama tahap awal perkecambahan, sehingga sangat berpengaruh terhadap pembentukan tanaman muda yang tangguh dan toleran terhadap kondisi kekeringan.

Pemberian PEG pada konsentrasi tertentu terbukti mampu menghambat proses perkecambahan benih padi, yang tercermin dari penurunan nilai indeks perkecambahan, melambatnya laju perkecambahan, serta menurunnya persentase kecambah normal. Hal ini menunjukkan bahwa stres osmotik akibat penurunan potensial air berpengaruh langsung terhadap aktivitas fisiologis benih selama tahap awal pertumbuhan. Tingkat sensitivitas terhadap cekaman kekeringan bervariasi antar kultivar, tergantung pada sifat genetik dan kemampuan fisiologis masing-masing genotipe (Cabello *et al.*, 2013). Tanaman padi menunjukkan beragam mekanisme respons terhadap kelangkaan air, di mana beberapa genotipe menampilkan tingkat toleransi yang tinggi, sementara yang lain cenderung mengadopsi strategi penghindaran kekeringan untuk mempertahankan kelangsungan hidup (Nazar *et al.*, 2015). Perbedaan tersebut mencerminkan keragaman genetik dan fisiologis yang mendasari mekanisme adaptasi tanaman terhadap stres air. Dengan demikian, variasi antar genotipe padi menghasilkan respons yang berbeda terhadap cekaman kekeringan, baik pada tingkat morfologi, fisiologi, maupun biokimia (Bhandari *et al.*, 2023). Lebih lanjut, kemampuan tanaman untuk bertahan dan pulih dari kondisi kekeringan sangat dipengaruhi oleh interaksi antara faktor genetik, tingkat keparahan cekaman, serta fase pertumbuhan saat stres terjadi (Abid *et al.*, 2018). Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan adaptasi padi terhadap kekeringan merupakan hasil dari kombinasi kompleks antara karakter fisiologis, mekanisme biokimia, dan strategi pertumbuhan yang spesifik pada setiap genotipe.

Berdasarkan nilai indeks sensitivitas stres (SSI), varietas Maraya dan Ponda dikategorikan sebagai genotipe dengan tingkat toleransi yang lebih baik terhadap cekaman kekeringan dibanding varietas lainnya, baik ditinjau dari pertumbuhan plumula maupun radikula. Kemampuan kedua varietas tersebut dalam mempertahankan aktivitas pertumbuhan awal di bawah tekanan osmotik diduga berkaitan dengan mekanisme penyesuaian fisiologis, seperti peningkatan kandungan prolin, efisiensi penggunaan air yang tinggi, dan aktivitas enzim antioksidan yang stabil. Menurut Farooq *et al.* (2009), varietas yang toleran terhadap kekeringan umumnya mampu menjaga stabilitas

pertumbuhan akar dan pucuk melalui mekanisme fisiologis seperti akumulasi osmolit, peningkatan efisiensi fotosintesis, dan stabilitas membran sel. Dengan demikian, Maraya dan Ponda dapat dikategorikan sebagai genotipe potensial untuk pengembangan varietas padi lokal Gorontalo yang toleran terhadap kekeringan pada fase perkecambahan, baik melalui mekanisme morfologis maupun fisiologis.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi PEG-6000 berpengaruh nyata terhadap daya kecambahan, laju perkecambahan, indeks kecepatan perkecambahan, indeks vigor, panjang plumula, dan panjang akar pada beberapa genotipe padi lokal Gorontalo. Peningkatan konsentrasi PEG menyebabkan penurunan potensial air media perkecambahan yang berdampak pada penurunan kemampuan fisiologis benih dalam proses imbibisi dan pertumbuhan awal. Respons setiap genotipe terhadap cekaman kekeringan bervariasi, yang mencerminkan adanya perbedaan mekanisme fisiologis dan genetik dalam menghadapi tekanan osmotik. Berdasarkan nilai indeks sensitivitas stres (SSI), genotipe Maraya dan Ponda menunjukkan kemampuan terbaik dalam mempertahankan pertumbuhan plumula dan akar di bawah kondisi cekaman PEG, sehingga dikategorikan sebagai toleran terhadap kekeringan. Genotipe Pulo Kuku berada pada kategori sedang, sedangkan Temo, Sonu, Pulo Merah, dan Sina termasuk sensitif terhadap kekeringan.

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah Genotipe Maraya dan Ponda direkomendasikan sebagai sumber genetik untuk program pemuliaan padi toleran kekeringan di Gorontalo. Uji lanjutan pada fase vegetatif dan generatif perlu dilakukan untuk memastikan stabilitas sifat toleransi di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Pohuwato atas dukungan dana yang diberikan melalui skema Riset Kompetitif.

DAFTAR PUSTAKA

- Abid, M., Ali, S., Qi, L. K., Zahoor, R., Tian, Z., Jiang, D., ... & Dai, T. (2018). Physiological and biochemical changes during drought and recovery periods at tillering and jointing stages in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Scientific reports*, 8(1), 4615.

- Bewley, J. D., & Black, M. (1994). *Seeds: Physiology of Development and Germination* (2nd ed.). Plenum Press.
- Bhandari, U., Gajurel, A., Khadka, B., Thapa, I., Chand, I., Bhatta, D., ... & Shrestha, J. (2023). Morpho-physiological and biochemical response of rice (*Oryza sativa* L.) to drought stress: A review. *Helijon*, 9(3).
- BPS Gorontalo. (2025). Luas panen dan produksi padi di Provinsi Gorontalo tahun 2024. BPS Provinsi Gorontalo.
- Blum, A. (2011). *Plant Breeding for Water-Limited Environments*. Springer.
- Cabello, J. V., Lodeyro, A. F., & Zurbiggen, M. D. (2014). Novel perspectives for the engineering of abiotic stress tolerance in plants. *Current Opinion in Biotechnology*, 26, 62-70.
- Chutia, J., Borah, S. P. (2012). Water stress effects on leaf growth and chlorophyll content but not the grain yield in traditional rice (*Oryza sativa* Linn.) genotypes of Assam, India II. Protein and prolin status in seedlings under PEG induced water stress. *American Journal of Plant Sciences*. 3: 971-980.
- Copeland, L.O., & McDonald, M.B. (2001). *Principles of Seed Science and Technology* (4th ed.). Springer.
- FAO. (2023). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2021*. FAO, Rome.
- Farooq, M., Wahid, A., & Siddique, K.H.M. (2019). Seed priming improves drought tolerance in wheat by modulating physiological and biochemical changes. *Acta Physiologiae Plantarum*, 41, 1-14.
- 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.
- Hampton, J.G., and D.M. TeKrony. (1995). *Handbook of Vigor Test Methods*. The international Seed Testing Association. Zurikh.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report.
- Kementan. (2023). *Statistik Lahan Pertanian 2023*. Kementerian Pertanian RI, Jakarta.
- Klyshbayeva, G., Bishimbayeva, N., Jatayev, S., Eliby, S., & Shavruk, Y. (2024). Polyethylene Glycol (PEG) Application Triggers Plant Dehydration but Does Not Accurately Simulate Drought. *Plants*, 14(1), 92. <https://doi.org/10.3390/plants14010092>.
- Maisura. (2016). Penggunaan Polyethylene Glycol untuk Mengevaluasi Tanaman Padi pada Fase Vegetatif terhadap Cekaman Kekeringan. *Seminar Nasional BKS PTN Wilayah Barat Bidang Ilmu Pertanian 2016*, 5-6 Agustus 2016, Fakultas Pertanian UNIMAL.
- Megasari, R., Darmawan, M., Rasyid, A., & Faried, M. (2025). Identification of drought stress tolerance of several local Indonesian rice (*Oryza sativa* L.) varieties from Gorontalo at various concentrations of polyethylene glycol (PEG). *Aust J Crop Sci*. 19(06):633-639

- Michel, B. E., & Kaufmann, M. R. (1973). The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 51, 914–916.
- Nazar, R., Umar, S., Khan, N. A., & Sareer, O. (2015). Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation under drought stress. *South African Journal of Botany*, 98, 84-94.
- Nemoto, K., Morita, S., & Baba, T. (1995). Shoot and root development in rice related to the phyllochron. *Crop Science*, 35(1), 24-29.
- Purbajanti, E. D., Kusmiyati, F., Fuskahah, E., Rosyida, R., Adinurani, P. G., & Vincēviča-Gaile, Z. (2019, June). Selection for drought-resistant rice (*Oryza sativa* L.) using polyethylene glycol. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 293, No. 1, p. 012014). IOP Publishing.
- Sidari, M., Mallamaci, C., & Muscolo, A. (2008). Drought, salinity and heat differently affect seed germination of *Pinus pinea*. *Journal of forest research*, 13(5), 326-330.
- Siddique, F., Ahmed, M. S., Javaid, R. A., Hanif, A., Rabnawaz, M., Arshad, M., & Majeed, I. R. A. (2023). Screening of elite coarse rice lines for drought stress simulated by polyethylene glycol (PEG) at seedling stage. *Pakistan J. Agric. Res*, 36, 71-79.
- 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. *The Plant Journal*, 45(4), 523-539.