

MEKANISME RESPON PERTUMBUHAN DAN KOMPONEN HASIL MUTAN (M5) PADI G16 DENGAN SINAR GAMMA TERHADAP KONDISI CEKAMAN KEKERINGAN

GROWTH RESPONSE MECHANISMS AND YIELD COMPONENTS OF G16 (M5) RICE MUTANTS INDUCED BY GAMMA IRRADIATION UNDER DROUGHT STRESS CONDITIONS

Anak Agung Ketut Sudharmawan^{1*}, Ria Ayu Chandraningsih¹, Siti Raihanun¹

¹Magister Pertanian Lahan Kering, Pascasarjana Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

*E-mail penulis korespondensi: agungsudharmawan@gmail.com

Abstrak

Cekaman kekeringan merupakan salah satu faktor pembatas utama produktivitas padi, terutama pada lahan dengan ketersediaan air terbatas. Induksi mutasi menggunakan iradiasi sinar gamma menjadi salah satu pendekatan yang efektif untuk meningkatkan keragaman genetik dalam pemuliaan padi toleran kekeringan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi respons pertumbuhan dan komponen hasil galur mutan padi beras merah (G16) generasi M5 pada berbagai tingkat cekaman kekeringan serta mengidentifikasi genotipe yang berpotensi toleran. Penelitian dilaksanakan di rumah kaca menggunakan Rancangan Acak Lengkap faktorial dengan tiga ulangan. Perlakuan terdiri atas tiga tingkat kapasitas lapang (33%, 66%, dan 100%) dan lima genotipe padi, yaitu Inpago Unram 1 serta empat galur mutan hasil iradiasi sinar gamma. Karakter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah anakan, jumlah daun, panjang daun bendera, panjang malai, dan bobot gabah per rumpun. Data dianalisis menggunakan analisis ragam dan dilanjutkan dengan uji DMRT taraf 5%. Cekaman kekeringan menurunkan pertumbuhan vegetatif dan hasil tanaman secara nyata, dengan penurunan terbesar terjadi pada kapasitas lapang 33%. Interaksi nyata antara genotipe dan cekaman kekeringan ditemukan pada karakter panjang daun bendera dan panjang malai. Galur mutan MD300-G27-16-9-5 menunjukkan performa paling stabil dengan kemampuan mempertahankan pertumbuhan dan hasil pada kondisi cekaman kekeringan. Korelasi positif antara karakter pertumbuhan dan hasil gabah menunjukkan bahwa karakter tersebut berpotensi digunakan sebagai kriteria seleksi dalam pengembangan varietas padi beras merah toleran kekeringan.

Kata kunci: cekaman kekeringan, iradiasi sinar gamma, pemuliaan mutasi, padi beras merah, respons pertumbuhan, komponen hasil

Abstract

Drought stress remains a major constraint to rice production, particularly in water-limited environments. Developing drought-tolerant rice genotypes through gamma irradiation-induced mutation offers an effective approach to broadening genetic variability for breeding programs. This study evaluated the growth responses and yield components of M5 red rice (G16) mutant lines under different drought stress levels to identify promising drought-tolerant genotypes. A factorial completely randomized design with three replications was conducted under greenhouse conditions. The treatments consisted of three soil moisture regimes (33%, 66%, and 100% field capacity) and five rice genotypes, including Inpago Unram 1 and four gamma-induced mutant lines. Plant height, tiller number, leaf number, flag leaf length, panicle length, and grain weight per hill were recorded and analyzed using analysis of variance followed by Duncan's Multiple Range Test at the 5% significance level. Drought stress significantly reduced vegetative growth and yield, with the greatest reduction occurring at 33% field capacity. Significant genotype $\times$ drought interactions were observed for flag leaf length and panicle length, indicating differences in adaptive capacity among mutant lines. Among the evaluated genotypes, MD300-G27-16-9-5 exhibited the most stable performance by maintaining superior growth and yield under drought conditions. Positive correlations between growth traits and grain yield suggest that these characters can be used as reliable selection criteria for developing drought-tolerant red rice varieties.

Keywords: drought stress, gamma irradiation, mutation breeding, red rice, growth response, yield components

PENDAHULUAN

Tanaman padi merupakan salah satu komoditas yang paling banyak dibudidayakan oleh petani, khususnya di Indonesia. Mayoritas masyarakatnya menjadikan beras sebagai sumber makanan pokok dalam kehidupan sehari-hari. Indonesia memiliki tantangan besar dalam memenuhi kebutuhan pangan penduduk seiring dengan pertambahan jumlah penduduk yang semakin meningkat (Sudharmawan et al., 2022). Tantangan tersebut didukung oleh tekanan yang besar terhadap ketahanan dan keberlanjutan pangan akibat perubahan iklim, seperti peningkatan suhu dan pola curah hujan yang tidak menentu (Ghorbanzadeh et al., 2023). Peningkatan suhu dapat menjadi indikasi adanya potensi kekeringan yang akan terjadi. Kemarau panjang yang merupakan salah satu bentuk cuaca ekstrim dapat mengakibatkan kekeringan sehingga tanaman menjadi stress dan produktivitas tanaman menjadi menurun.

Perubahan iklim yang terjadi bukanlah satu-satunya faktor penyebab terbatasnya peningkatan produktivitas tanaman. Kondisi lahan juga merupakan salah satu faktor yang berpengaruh. Kondisi lahan juga merupakan salah satu faktor yang berpengaruh. Indonesia memiliki luas lahan pertanian yang cukup besar, namun 1.444.732 km² atau sekitar 75,6% dari luas lahan secara keseluruhan merupakan lahan kering (Hikmat et al., 2022). Upaya peningkatan produktivitas padi melalui ekstensifikasi budidaya di lahan kering tidak dapat dilakukan dengan mudah karena keberadaan sumber air yang terbatas. Terbatasnya keberadaan sumber air pada lahan kering diduga menjadi salah satu penyebab rendahnya produksi tanaman termasuk padi. Bhandari et al. (2023) mengungkapkan bahwa cekaman kekeringan saat fase vegetatif tanaman berdampak buruk terhadap pertumbuhan dan perkembangan daun, batang, serta fotosintesis, tetapi cekaman pada tahap reproduksi dinilai lebih parah karena selama tahap ini jumlah, berat dan persentase gabah hampa ditemukan jauh lebih tinggi dan secara substansial dapat mengurangi hasil hingga 60%. Menciptakan genotipe atau varietas unggul toleran kekeringan menjadi salah satu cara untuk meningkatkan produksi padi di lahan kering (Ilyani et al., 2017). Salah satu genotipe tanaman yang memiliki toleransi stress kekeringan menurut Mustikarini et al. (2018) adalah genotipe padi beras merah yang stabil, sebab dapat memberikan hasil yang relatif sama bila ditanam di lingkungan kering ataupun sawah. Raihanun et al. (2023) menyatakan varietas unggul dapat diperoleh melalui pemanfaatan program pemuliaan yaitu induksi mutasi. Induksi mutasi dengan sinar gamma dilaporkan Suliartini et al. (2022) sukses menghasilkan sebagian besar varietas unggul tanaman, yang mana dosis radiasi 200-300 Gy berhasil mengubah karakter kuantitatif tanaman padi (Tumanggor et al., 2022). Pada penelitian sebelumnya, telah diperoleh beberapa genotipe mutan padi beras merah generasi M4 yang telah diradiasi sinar gamma 200 dan 300 Gy. Genotipe-genotipe ini perlu dievaluasi untuk melihat ada tidaknya sifat toleran kekeringannya.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui efek cekaman kekeringan pada galur mutan generasi selanjutnya adalah dengan pemberian air di bawah kapasitas lapang. Pemberian air di bawah kapasitas lapang bertujuan untuk memberikan efek cekaman kekeringan pada tanaman. Efek cekaman kekeringan yang diterima akan memaksa tanaman membentuk suatu mekanisme tertentu untuk mempertahankan dan menyelesaikan siklus hidupnya (Fadhi, 2021). Padi beras merah G16 penting untuk dikaji lebih lanjut terkait bagaimana respon pertumbuhan dan komponen hasilnya terhadap kondisi cekaman kekeringan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji mekanisme respon pertumbuhan dan komponen hasil mutan padi beras merah G16 terhadap kondisi cekaman kekeringan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan dari bulan Januari sampai Mei 2024 dan bertempat di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Alat-alat yang digunakan terdiri dari ayakan tanah, alat semprot, alat tulis, botol plastik 50 ml, bambu, cangkul, cawan, ember, gelas plastik, gelas ukur, gunting, karung, kertas saringan, kertas label, media tanam, penggaris, plastik klip, plastik UV, polibag 40 x 40 cm, tali rafia, terpal, spidol, meteran, penggaris, timbangan analitik, selotip bening, sekop, soil moisture sensor, dan silet. Bahan yang digunakan terdiri dari air, athonic 6,0 L, aquades, benih mutan padi G16 genotipe MD200-G13-18-16, MD200-G24-17-10, MD300-G20-16-9-5, MD300-G27-8-3-5, benih padi Inpago Unram 1, fungisida, insektisida, larutan cruiser 350 EC, pupuk NPK, pupuk kompos ayam, dan tanah.

Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) yang terdiri dari dua faktor. Faktor pertama yaitu cekaman kekeringan (K) yang terdiri dari tiga taraf perlakuan yaitu kapasitas lapang 33% (K1), kapasitas lapang 66% (K2) dan kapasitas lapang 100% (K3). Faktor kedua yaitu mutan (P) yang terdiri dari lima taraf perlakuan yaitu Inpago Unram 1 (P1), MD200-G13-3-11-5 (2), MD300-G20-8-3-5 (3), MD200-G24-17-10-8 (4) dan MD300-G27-16-9-5 (5). Sebanyak 15 kombinasi diperoleh dari kedua faktor dan masing-masing faktor diulang sebanyak tiga kali, sehingga diperoleh 45 unit percobaan.

Pelaksanaan percobaan penelitian ini diawali dengan persiapan media tanam yaitu pengambilan tanah di lahan percobaan Universitas Mataram, kemudian dikeringanginkan, diayak, dicampur dengan pupuk organik dengan perbandingan (3:1) dan terakhir diinkubasi selama 14 hari. Tahap selanjutnya adalah penentuan kapasitas lapang, dimulai dengan pengayakan dengan diameter 0,5 mm, penimbangan cawan dan sampel tanah sebanyak tiga kali, kemudian sampel dipindahkan ke dalam ring tanah dengan bagian bawah ring telah tertutupi kertas saring. Sampel tanah tersebut disiram dengan air hingga jenuh dan akan dihentikan ketika tetesan air pertama keluar. Sampel tanah didiamkan selama 2x24 jam dan dioven selama 48 jam pada suhu 107°C, dan akan ditimbang kembali setelah sampel tanah dingin. Nilai kapasitas lapang ditentukan dengan menggunakan persamaan (Kusumawati, 2021):

$$\text{Kapasitas lapang (\%)} = ((b-c)/(b)) \times 100\%$$

b = berat awal sampel tanah sebelum oven (g)

c = berat akhir sampel tanah sebelum oven (g)

Selanjutnya penentuan volume air, persentase kapasitas lapang yang telah diperoleh digunakan sebagai dasar untuk menentukan besarnya volume air yang akan diberikan untuk setiap perlakuan. Volume air ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Volume air (l)} = \text{kapasitas lapang (\%)} \times \text{volume media tanam/polybag (kg)}$$

Volume air yang telah diperoleh kemudian diaplikasikan pada media tanam sesuai dengan perlakuan kapasitas lapang yang telah ditentukan, media tanam yang telah disiram, selanjutnya ditentukan kelembabannya menggunakan soil moisture sensor dengan perolehan 2 untuk K1, 3 untuk K2, dan 4 untuk K3. Skala kelembaban yang diperoleh menjadi acuan untuk penyiraman selanjutnya, yang mana ketika media tanam menunjukkan penurunan skala kelembaban maka akan disiram secara perlahan hingga nilai skala awal yang telah ditentukan sebelumnya.

Tahap percobaan di rumah kaca yang diawali dengan memasukkan media tanam yang telah diketahui AKL-nya ke dalam polibag sebanyak 17,5 kg setiap unit percobaan. Tahap selanjutnya persiapan benih, benih yang digunakan merupakan benih yang bernas,

setelah itu direndam selama 12 jam dengan air, kemudian direndam kembali dengan cruiser 1 ml/l dan larutan athonik 2 ml/l masing-masing selama 10 menit, lalu diperam selama 48 jam. Berikutnya disemai dan dipindah tanam saat tanaman padi berumur 14 hari. Lalu dilakukan pemeliharaan seperti penyiraman, pemupukan, penyulaman, penyiangan, dan pengendalian hama dan penyakit. Karakter pengamatan terdiri dari tinggi tanaman, anakan total, jumlah daun, panjang daun bendera, panjang malai, dan bobot gabah total. Data yang telah diperoleh dianalisa menggunakan Analisis of Variance (Anova) pada taraf 5%, kemudian data yang berbeda nyata diuji lanjut menggunakan uji BNJ taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman

Hasil pada Tabel 1 menunjukkan bahwa cekaman kekeringan berbeda nyata terhadap tinggi tanaman pada semua umur pengamatan kecuali pada umur 2 MST. Hal ini dikarenakan pada waktu awal penanaman dilakukan penyiraman dengan kapasitas lapang terlebih dahulu sehingga tanaman padi dapat beradaptasi terhadap perlakuan kondisi cekaman kekeringan. Pada setiap umur pengamatan diperoleh penurunan tinggi tanaman setiap penurunan kondisi kapasitas lapang. Hal ini menunjukkan bahwa semakin berkurang kapasitas lapang yang diberikan, semakin rendah tinggi tanaman yang diperoleh. Saat terjadi keterbatasan air selama fase vegetatif, salah satu gejala yang dapat terlihat pada tanaman adalah penurunan tinggi tanaman (Sourour et al., 2017).

Air merupakan salah satu faktor terpenting yang dibutuhkan tanaman padi dalam masa pertumbuhan misalnya saat proses fotosintesis, air merupakan bahan baku dalam proses fotosintesis. Karmaita (2018) mengemukakan bahwa fotosintesis yang baik akan menghasilkan fotosintat yang cukup, sehingga aktivitas sel tanaman seperti pembelahan, pembesaran, dan diferensiasi sel dapat mendukung pertumbuhan, salah satunya adalah tinggi tanaman (Lisar dan Agdam, 2020).

Genotipe yang digunakan memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Keragaman tinggi tanaman yang dihasilkan pada P2-P5 diduga disebabkan oleh perubahan gen-gen akibat iradiasi sinar gamma sehingga fenotipe tanaman berubah. Genotipe P2 dan P4 merupakan hasil iradiasi sinar gamma dosis 200 Gy, sedangkan genotipe P3 dan P5 menggunakan dosis 300 Gy. Sinar gamma 200 Gy dapat menurun secara signifikan yang disebabkan oleh iradiasi sinar gamma dapat mengubah sel somatik sehingga menghasilkan perubahan fenotipik, salah satunya tinggi tanaman (Haris et al., 2013 dalam Hanifah et al., 2020).

Tinggi tanaman dengan postur tinggi bukan sasaran dari pemulia tanaman sebab rentan mengalami rebah, sehingga strategi pemuliaan yang diperlukan adalah menciptakan tinggi tanaman yang lebih pendek. Tinggi tanaman yang lebih pendek juga cara tanaman merespon lingkungan cekaman kekeringan yang mana dapat dilihat pada genotipe P2 dan P4.

Tabel 1. Pengaruh faktor cekaman kekeringan (K) dan genotipe (P) pada tinggi tanaman

Perlakuan	Umur Pengamatan				
	2 MST	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST
Cekaman Kekeringan (K)					
Kapasitas lapang 33% (K1)	23,19	35,25a	41,29a	49,39a	57,97a
Kapasitas lapang 66% (K2)	23,81	41,92b	49,85b	62,01b	70,23b
Kapasitas lapang 100% (K3)	24,61	48,36b	59,37c	75,06c	85,59c
Genotipe (P)					
Inpago (P1)	24,58abc	45,50bc	65,27d	73,18cd	80,43d

MD ₂₀₀ -G13-3-11-5 (P2)	21,54ab	34,77a	39,11a	57,46abc	60,43ab
MD ₃₀₀ -G20-8-3-5 (P3)	25,98bc	43,10abc	45,01abc	54,81ab	64,92abc
MD ₂₀₀ -G24-17-10-8 (P4)	19,82a	35,47ab	40,72ab	49,96a	58,83a
MD ₃₀₀ -G27-16-9-5 (P5)	27,42c	50,38c	60,74d	75,38d	91,69e

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji lanjut DMRT pada taraf kepercayaan 5%

Jumlah Anakan

Berdasarkan Tabel 2 bahwa jumlah anakan memberikan respon yang berbeda nyata di semua umur pengamatan serta setiap perlakuan dengan perlakuan lainnya pada faktor cekaman kekeringan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa perlakuan cekaman kekeringan dengan menurunkan kapasitas lapang sangat berpengaruh terhadap jumlah anakan tanaman padi. Ketersediaan air yang cukup dapat meningkatkan jumlah anakan, sedangkan kekurangan air dengan penurunan kapasitas lapang menyebabkan jumlah anakan tanaman menurun. Pengurangan jumlah anakan merupakan salah satu upaya tanaman dalam mengurangi evapotranspirasi akibat terbatasnya ketersediaan air di media tumbuh tanaman (Chaniago et al., 2022).

Penggunaan genotipe yang beragam mengakibatkan jumlah anakan yang beragam pula. Perbedaan jumlah anakan antar tanaman kontrol (P1) dengan P2-P5 dipengaruhi oleh perbedaan genetik dari tetua galur, sedangkan perbedaan antar tanaman mutan disebabkan oleh perbedaan dosis sinar gamma. Sesuai dengan pendapat Wijayanto et al. (2021) bahwa genetik dari tetua galur dapat mempengaruhi kemampuan tanaman dalam menghasilkan jumlah anakan. Jumlah anakan juga akan berpengaruh terhadap peningkatan produktifitas tanaman karena berbanding lurus dengan jumlah anakan produktif yang dihasilkan.

Tabel 2. Pengaruh faktor cekaman kekeringan (K) dan genotipe (P) pada jumlah anakan

Perlakuan	Umur Pengamatan			
	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST
Cekaman Kekeringan (K)				
Kapasitas lapang 33% (K1)	1,87a	3,20a	3,53a	4,87a
Kapasitas lapang 66% (K2)	3,00b	5,33b	6,87b	8,40b
Kapasitas lapang 100% (K3)	4,73c	7,87c	10,27c	12,33c
Genotipe (P)				
Inpago (P1)	3,22	6,33	10,00c	14,11d
MD ₂₀₀ -G13-3-11-5 (P2)	2,44	3,89	5,22a	6,89ab
MD ₃₀₀ -G20-8-3-5 (P3)	3,78	5,89	6,67abc	7,78abc
MD ₂₀₀ -G24-17-10-8 (P4)	2,56	4,33	5,56ab	6,00a
MD ₃₀₀ -G27-16-9-5 (P5)	4,00	6,89	7,00abc	7,89abc

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji lanjut DMRT pada taraf kepercayaan 5%

Jumlah Daun

Cekaman kekeringan berpengaruh nyata terhadap jumlah daun pada umur pengamatan 4-10 MST, sedangkan umur 2 MST tidak memberikan pengaruh nyata berdasarkan Tabel 3. Jumlah daun pada penelitian ini memberikan respon terhadap cekaman kekeringan dengan mengurangi hasil di setiap penurunan kapasitas lapang. Jumlah daun yang diperoleh dalam kondisi kapasitas lapang 66% (K2) menunjukkan bahwa perlakuan tersebut dapat ditoleransi oleh tanaman padi. Terhambatnya proses pertumbuhan yang berhubungan dengan perubahan ukuran sel dan pembelahan sel merupakan salah satu penyebab terjadinya penurunan jumlah daun dan peningkatan

senescence (penuaan dini) dan *abscission* (pengguguran daun) (Puspitaningrum & Salamah, 2023).

Tabel 3. Pengaruh faktor cekaman kekeringan (K) dan genotipe (P) pada jumlah daun

Perlakuan	Umur Pengamatan				
	2 MST	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST
Cekaman Kekeringan (K)					
Kapasitas lapang 33% (K1)	3,67	6,13a	9,67a	13,33a	17,40a
Kapasitas lapang 66% (K2)	3,80	10,47b	17,13b	28,20b	36,00b
Kapasitas lapang 100% (K3)	4,47	14,13c	25,80c	42,60c	55,27c
Genotipe (P)					
Inpago (P1)	3,67	12,00bc	24,44c	40,00c	58,78d
MD ₂₀₀ -G13-3-11-5 (P2)	3,78	7,89ab	12,56ab	20,00ab	26,22ab
MD ₃₀₀ -G20-8-3-5 (P3)	4,67	11,11abc	16,89abc	27,78abc	33,89abc
MD ₂₀₀ -G24-17-10-8 (P4)	3,89	7,44a	11,67a	19,33a	23,22a
MD ₃₀₀ -G27-16-9-5 (P5)	3,89	12,78c	22,11abc	33,11abc	39,00abcd

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji lanjut DMRT pada taraf kepercayaan 5%

Faktor genotipe memberikan pengaruh nyata terhadap karakter jumlah daun pada semua umur pengamatan kecuali pada umur 2 MST. Hasil jumlah daun yang diperoleh menunjukkan adanya perbedaan di setiap genotipe yang digunakan. Perbedaan jumlah daun yang dihasilkan oleh masing-masing mutan diduga dipengaruhi oleh faktor genetik akibat radiasi sinar gamma dengan dosis yang berbeda. Tanaman kontrol (P1) merupakan genotipe dengan jumlah daun terbaik dibanding dengan genotipe lainnya.

Panjang Daun Bendera

Hasil interaksi pada Tabel 4 memperlihatkan, panjang daun bendera genotipe P5 tidak dipengaruhi oleh cekaman kekeringan, sebab meskipun ketersediaan air terbatas genotipe P5 mampu membentuk panjang daun bendera yang sama diantara seluruh perlakuan cekaman kekeringan. Genotipe P3 yang telah diradiasi dengan dosis sama dengan genotipe P5 yakni 300 gy (*gray*), menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata pada perlakuan 66% kapasitas lapang dengan kedua perlakuan lainnya, tetapi apabila membandingkan perlakuan 33% kapasitas lapang dan 100% kapasitas lapang ternyata panjang daun bendera memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap genotipe. Hal ini memperjelas pendapat Suliartini et al. (2022) yang menyatakan bahwa dosis radiasi yang sama tidak selalu menyebabkan karakter tanaman mengalami perubahan ke arah yang sama, karena mutasi bersifat acak dan tidak dapat diprediksi (Lisdyayanti et al., 2019).

Begitu pula dengan genotipe P1, P2 dan P3 yang memperlihatkan adanya perbedaan nyata akibat perlakuan cekaman kekeringan, yang mana perlakuan 100% kapasitas lapang berbeda nyata dengan perlakuan 66% dan 33% kapasitas lapang. Penurunan panjang daun bendera yang signifikan ini menggambarkan kerentanan genotipe terhadap keberadaan air, sehingga genotipe P5 memiliki kemampuan adaptasi yang baik karena mampu mempertahankan panjang daun bendera yang sama pada kondisi cekaman kekeringan.

Umumnya tanaman yang melakukan adaptasi terhadap cekaman kekeringan akan merespon dengan menghambat pertumbuhan, salah satunya melalui penurunan panjang daun. Penurunan panjang daun ketika tanaman mengalami cekaman kekeringan dinyatakan Sinay (2015) sebagai upaya untuk mencegah kehilangan air melalui transpirasi, sebab dengan berkurangnya panjang daun secara tidak langsung akan mengurangi pula luas permukaan daun yang terpapar sinar matahari. Apabila tanaman memaksakan diri untuk membentuk panjang daun yang sama dengan kondisi air optimum

dapat memicu gangguan fisiologis bahkan beresiko mengakibatkan kematian, sebab transpirasi berlebih tanpa diimbangi air yang cukup menyebabkan potensi kehilangan air dari tanaman semakin tinggi.

Tabel 4. Hasil interaksi panjang daun bendera

Perlakuan	Inpago Unram (P1)	MD200-G13- 3-11-5 (P2)	MD300- G20-8-3-5 (P3)	MD ₂₀₀ -G24- 17-10-8 (P4)	MD300-G27- 16-9-5 (P5)
33% kapasitas lapang (K1)	17,23 (b) A	12,18 (ab) A	9,10 (a) A	8,50 (a) A	32,63 (c) A
66% kapasitas lapang (K2)	18,92 (a) A	15,65 (a) A	13,18 (a) AB	13,08 (a) B	31,70 (b) A
100% kapasitas lapang (K3)	25,06 (b) B	21,59 (ab) B	17,63 (a) B	21,10 (ab) C	32,09 (c) A

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perlakuan berbeda nyata menurut BNJ 5%. Huruf kecil dibaca secara horizontal, membandingkan lima genotipe pada tingkat cekaman kekeringan yang sama dengan nilai BNJ yaitu 6,012. Huruf besar dibaca secara vertical, membandingkan tiga kondisi cekaman kekeringan pada genotipe yang sama dengan nilai BNJ yaitu 4,513.

Panjang Malai

Hasil penelitian menunjukkan interaksi genotipe dan cekaman kekeringan mempengaruhi panjang malai. Genotipe-genotipe yang dievaluasi memperlihatkan rerata malai terpanjang pada genotipe P5 (25,47 cm) dan rerata terpendek pada genotipe P3 (9,97 cm) yang secara berurutan diperoleh pada 100% kapasitas lapang dan 33% kapasitas lapang. Cekaman kekeringan yang semakin berat berimplikasi menurunkan panjang malai pada sebagian genotipe-genotipe yang dievaluasi.

Tabel 5. Hasil interaksi panjang malai

Perlakuan	Inpago Unram (P1)	MD200-G13- 3-11-5 (P2)	MD300- G20-8-3-5 (P3)	MD ₂₀₀ -G24- 17-10-8 (P4)	MD300-G27- 16-9-5 (P5)
33% kapasitas lapang (K1)	16,98 (bc) A	14,65 (b) A	9,97 (a) A	13,93 (b) A	18,79 (c) A
66% kapasitas lapang (K2)	19,17 (b) AB	17,59 (b) B	11,93 (a) A	15,53 (ab) A	24,11 (c) B
100% kapasitas lapang (K3)	21,54 (a) B	20,98 (a) C	21,23 (a) B	22,32 (ab) B	25,47 (b) B

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perlakuan berbeda nyata menurut BNJ 5%. Huruf kecil dibaca secara horizontal, membandingkan lima genotipe pada tingkat cekaman kekeringan yang sama dengan nilai BNJ yaitu 3,761. Huruf besar dibaca secara vertical, membandingkan tiga kondisi cekaman kekeringan pada genotipe yang sama dengan nilai BNJ yaitu 2,823

Panjang malai pada seluruh perlakuan cekaman kekeringan menunjukkan respon yang beragam, tetapi rerata malai terpanjang konsisten diperlihatkan genotipe P5 pada masing-masing perlakuan cekaman kekeringan. Menurut Umam et al. (2018) malai yang panjang berpotensi meningkatkan produksi, sebab semakin panjang malai maka peluang terbentuknya gabah semakin tinggi pula. Lebih lanjut, Hasan et al. (2021) menyatakan

bahwa panjang malai penting untuk diketahui, sebab panjang pendeknya malai berhubungan dengan produksi yang akan dihasilkan tanaman padi.

Panjang malai menunjukkan adanya perbedaan nyata pada perlakuan 66% kapasitas lapang dan perlakuan 100% kapasitas lapang untuk seluruh genotipe kecuali genotipe P1 dan P5. Respon berbeda nyata pada genotipe-genotipe tersebut mencerminkan kerentanan genotipe terhadap penurunan panjang malai, sebab rerata panjang malai genotipe pada perlakuan 66% kapasitas lapang mulai memperlihatkan penurunan panjang malai pada kondisi ini. Berbeda dengan genotipe P1 dan genotipe P5 yang mampu mempertahankan panjang malai pada perlakuan 66% kapasitas lapang dengan perlakuan 100% kapasitas lapang, yang mana hal ini dapat mengindikasikan baiknya kemampuan adaptasi genotipe. Meskipun volume air yang tersedia pada perlakuan 66% kapasitas lapang tidak sebanyak pada perlakuan 100% kapasitas lapang, tetapi genotipe mampu membentuk panjang malai yang sama. Respon yang ditunjukkan oleh genotipe P5 dalam mempertahankan panjang malainya menjadi peluang untuk memperoleh sifat toleran kekeringan, sebab respon yang ditunjukkan telah menyamai adaptasi genotipe P1 yang telah teruji sifat adaptifnya terhadap cekaman kekeringan.

Bobot Gabah per Rumpun

Bobot gabah dipengaruhi oleh perlakuan genotipe dan perlakuan cekaman kekeringan. Perlakuan cekaman kekeringan menyebabkan penurunan yang signifikan terhadap bobot gabah. Bobot gabah tertinggi diperoleh pada perlakuan 100% kapasitas lapang (7,66 g), disusul perlakuan 66% kapasitas lapang (1,92 g) dan bobot terendah pada perlakuan 33% kapasitas lapang (0,75 g). Keterbatasan air selama berlangsungnya fase reproduktif berakibat menurunkan berat biji pada tanaman padi hingga 60% (Zheng et al., 2010; dalam Boy et al., 2022). Penurunan hasil gabah saat terjadi cekaman kekeringan dipicu oleh rendahnya asimilasi CO₂, konduktansi stomata, sintesis pati, aktivitas sukrosa serta distribusi asimilat yang berkurang sehingga mengakibatkan pertumbuhan dan produktivitas terhambat (Boy et al., 2022).

Tabel 6. Hasil berat gabah per rumpun

Perlakuan	Berat gabah per rumpun (g)
Cekaman Kekeringan (K)	
33% kapasitas lapang (K1)	0,75a
66% kapasitas lapang (K2)	1,92b
100% kapasitas lapang (K3)	7,66c
BNJ 5%	1,02
Genotipe (P)	
Inpago Unram (P1)	4,62c
MD ₂₀₀ -G13-3-11-5 (P2)	2,87ab
MD ₃₀₀ -G20-8-3-5 (P3)	1,58a
MD ₂₀₀ -G24-17-10-8 (P4)	3,71bc
MD ₃₀₀ -G27-16-9-5 (P5)	4,43bc
BNJ 5%	1,75

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada masing-masing faktor menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata menurut BNJ 5%

Terlihat bobot gabah memperlihatkan perbedaan nyata antar genotipe-genotipe yang dievaluasi. Rerata bobot gabah tertinggi sebanyak 4,62 g diperoleh pada genotipe P1, sementara bobot terendah yaitu 1,58 g didapatkan pada genotipe P3. Satu-satunya genotipe yang tidak berbeda nyata dengan genotipe P3 ialah genotipe P2, sedangkan

genotipe P1 tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan genotipe P4 dan genotipe P5. Pengaruh tidak berbeda yang ditunjukkan oleh genotipe P4 dan genotipe P5 dengan genotipe P1 membuka peluang bagi kedua genotipe untuk dijadikan calon varietas unggul dengan daya hasil tinggi, sebab kemampuan genotipe dalam menghasilkan bobot gabah sama baiknya.

Korelasi antara pertumbuhan dan komponen hasil dengan hasil tanaman

Hasil analisis korelasi antara variabel pertumbuhan dan komponen hasil dengan hasil tanaman dapat dilihat pada Tabel 7. Semua karakter menunjukkan korelasi nyata dan positif dengan bobot gabah total. Hal ini mengindikasikan bahwa adanya keterkaitan antara variabel yang satu dengan yang lainnya. Korelasi positif menunjukkan setiap terjadi penambahan pada suatu karakter akan diikuti dengan penambahan karakter lainnya, sedangkan jika terjadi penurunan pada suatu karakter maka akan diikuti dengan penurunan karakter lainnya. Maka dari itu, setiap meningkatnya tinggi tanaman, jumlah anakan, jumlah daun, panjang daun bendera, dan panjang malai akan meningkat pula bobot gabah total yang diperoleh, begitu pula sebaliknya.

Kisman et al. (2022) menyatakan bahwa korelasi positif pada masing-masing karakter menunjukkan terdapat kemungkinan untuk memberikan intensitas seleksi yang tinggi dalam kegiatan seleksi, sedangkan korelasi negatif dapat mengakibatkan lambatnya perbaikan beberapa karakter bila dibandingkan dengan perbaikan yang dicapai dengan korelasi positif. Berdasarkan hal tersebut, untuk memperoleh genotipe dengan hasil yang tinggi pada kondisi cekaman kekeringan dalam proses seleksi selanjutnya, maka pentingnya untuk memperhatikan karakter-karakter tersebut.

Tabel 7. Korelasi fenotipik antara karakter pengamatan terhadap hasil

Karakter Pengamatan	TT	JA	JD	PDB	PM
Tinggi Tanaman (TT)	1,00				
Jumlah Anakan (JA)	0,69	1,00			
Jumlah Daun (JD)	0,78	0,98	1,00		
Panjang Daun Bendera (PDB)	0,85	0,37	0,46	1,00	
Panjang Malai (PM)	0,87	0,59	0,66	0,83	1,00
Berat Gabah Total (BGT)	0,73*	0,71*	0,73*	0,55*	0,80*

Keterangan: * = signifikan berdasarkan r-tabel 5% = 0,514

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa MD300-G27-16-9-5 (P5) merupakan tanaman mutan yang memiliki potensi paling besar untuk memperoleh sifat toleran terhadap kekeringan karena konsistensi adaptasi yang ditunjukkan oleh MD300-G27-16-9-5 (P5) ketika mengalami cekaman kekeringan cenderung tidak mengakibatkan penurunan yang signifikan pada seluruh karakter, baik pertumbuhan maupun komponen hasil yaitu tinggi tanaman, anakan total dan jumlah daun panjang daun bendera, panjang malai dan bobot gabah total.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji konsistensi sifat toleran tersebut pada berbagai tingkat intensitas cekaman kekeringan, musim tanam, dan kondisi agroekosistem yang berbeda. Pengujian multilokasi sangat diperlukan agar stabilitas karakter toleransi dapat dipastikan sebelum genotipe ini direkomendasikan sebagai calon varietas unggul. Selain itu, penelitian selanjutnya perlu untuk mengkaji mekanisme fisiologis, biokimia, dan molekuler yang mendasari respons toleransi kekeringan pada genotipe MD300-G27-16-9-5 (P5).

DAFTAR PUSTAKA

- Bhandari, U., Gajurel, A., Khadka, B., Thapa, I., Chand, I., Bhatta, D., Poudel, A., Pandey, M., Shrestha, S., & Shrestha, J. (2023). Morpho-physiological and Biochemical Response of Rice (*Oryza sativa* L.) to Drought Stress: A Review. *Jurnal Heliyon*, 9(3): 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13744>
- Boy, R., Dewa, D.I., Putra, E.T.S., & Kurniasih, B. (2022). Tanggapan Fisiologis dan Hasil Empat Kultivar Padi Gogo Lokal Sulawesi Tengah terhadap Cekaman Kekeringan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 24(2): 132-144. DOI: <https://doi.org/10.31186/jipi.24.2.132-144>
- Chaniago, N., Rammadhan, H.F., & Gunawan, I. (2022). Response of Local Upland Rice from Deli Serdang North Sumatra to Water Stress Conditions. *Sains Agro*, 7(2): 151-164. DOI: <https://doi.org/10.36355/jsa.v7i2.899>
- Fadhi, N. (2021). Evaluasi dan Seleksi Berbagai Genotipe Jagung Hibrida Silang Tunggal (*Zea mays* L.) terhadap Cekaman Kekeringan. [Tesis, Pasca Sarjana, published]. Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Makassar. Indonesia.
- Ghorbanzadeh, Z., Hamid, R., Jacob, F., Zeinalabedini, M., Salekdeh, G. H., & Ghaffari, M. R. (2023). Comparative Metabolomics of Root-Tips Reveals Distinct Metabolic Pathways Conferring Drought Tolerance in Contrasting Genotypes of Rice. *BMC Genomics*, 24(152): 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12864-023-09246-z>
- Hanifah, W. N., Parjanto, Hartati, S., & Yunus A. (2020). The Performances of M4 Generation of Mentik Susu Rice Mutants Irriated with Gamma-Ray. *Biodiversitas*, 21(9): 4041-4046. DOI: 10.13057/biodiv/d210915
- Hasan, N.A., Rafii, M.Y., Harum, A.R., Ahmad, F., Jaafar, N.N., Shukri, A.IA. (2021). Agro-Morphological Response of Rice (*Oryza sativa* L.) (cv MR 284) to Chronic Gamma Irradiation. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 1-8.
- Hikmat, M., Hati, D. P., Pratamaningsih, & M. M., Sukarman. (2022). Kajian Lahan Kering Berproduktivitas Tinggi di Nusa Tenggara untuk Pengembangan Pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 16(2): 119-133. DOI: <http://dx.doi.org/10.21082/jsdl.v16n2.2022.119-133>
- Ilyani, D. S., Suliansyah, I., & Dwipa, I. (2017). Pengujian Resistensi Kekeringan terhadap Beberapa Genotipe Padi Beras Merah (*Oryza sativa* L.) Lokal Sumatera Barat pada Fase Vegetatif. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Andalas*, 1(1): 6-14. DOI: <https://doi.org/10.25077/jagur.1.1.6-14.2017>
- Karmaita, Y. (2018). Dampak Perubahan Iklim terhadap Hasil Tanaman Padi di Kawasan Danau Singkarak. *Agrium*, 15(1): 1-7. DOI: <https://doi.org/10.29103/agrium.v15i1.683>
- Kisman, Yakop, U. M., Dewi, S. M., Idrus, F. A. (2022). Respon Pertumbuhan Vegetatif Tiga Genotipe Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) Berbiji Besar pada Kondisi Cekaman Kekeringan. *Prosiding SAINTEK LPPM Universitas Mataram*, 4: 254-266. E-ISSN: 2774-8057.
- Lisdyananti, N.D., Anwar, S., Darmawati, A. (2019). Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma terhadap Induksi Kalus dan Seleksi Tingkat Toleransi Padi (*Oryza sativa* L.) terhadap Cekaman Salinitas secara In-Vitro. *Berkala Bioteknologi*, 2(2): 67-75. DOI: <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/bb/article/view/6716>
- Lisar, S. Y. S., & Agdam, H. B. (2020). Agronomic Crop Responses and tolerance to Drought Stress. *Agronomic Crops*, 63-91. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-0025-1_5

- Mustikarini, E. D., Ardiarini, N. R., Basuki, N., & Kuswanto (2018). Strategi Seleksi Toleransi Kekeringan pada Galur Mutan Beras Merah. *Jurnal Agrivita Ilmu Pertanian*, 39(1): 91-99. DOI: <http://dx.doi.org/10.17503/agrivita.v39i1.648>
- Puspitaningrum, H. & Salamah A. (2023). Analisis Karakteristik Vegetatif dari Empat Varietas Padi dalam Perlakuan Cekaman Kekeringan. *Ilmu-Ilmu Hayati*, 22(1): 11-21. DOI: <https://doi.org/10.55981/beritabiologi.2023.797>
- Raihanun, S., Sudharmawan, A.A.K., & Sudika, I.W. (2023). Radiosensitivitas M3 Padi Beras Merah (G16) Hasil Iradiasi Sinar Gamma 200 Gy. DOI: <https://doi.org/10.29303/jima.v3i1.2636>
- Sinay, H. (2015). Pengaruh Perlakuan Cekaman Kekeringan terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Prolin pada Fase Vegetatif Beberapa Kultivar Jagung Lokal dari Pulau Kisar Maluku di Rumah Kaca. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, 228-237.
- Sourour, A., Afef, O., Mounir, R., & Mongi, B. Y. (2017). A Review: Morphological, Physiological, Biochemical, and Molecular Plant Responses to Water Deficit Stress. *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*, 6(1): 1-4. DOI: 10.9790/1813-0601010104
- Sudharmawan, A. A. K., Aryana, I. G. P. M., Suliartini, N. W. S., & Chandraningsih, R. A. (2022). Mutant Character of the M3 Generation of Red Rice (G16) Results by Gamma Ray Irradiation 300 Gy. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(6): 2888-2893. DOI: 10.29303/jppipa.v8i6.2486
- Suliartini, N. W. S., Aryana, I. G. P. M., Sudharmawan, A. A. K., & Sudika, I. W. (2022). Kandidat Galur Unggul Mutan Padi G16 Hasil Induksi Mutasi dengan Sinar Gamma. *Sains Teknologi & Lingkungan*, 8(1): 66-72. DOI: <https://doi.org/10.29303/jstl.v8i1.293>.
- Tumanggor, G. E., Iswahyudi, & Ainul, W. (2022). Pertumbuhan, Produksi dan Karakter Genetik Padi Kultivar Silesio Generasi M-2 Hasil Iradiasi Sinar Gamma. *Agrosamudra*, 9(2): 31-40. DOI: <https://doi.org/10.33059/jupas.v9i2.6519>
- Umam, R., Sudharmawan, A.A.K., Sumarjan (2018). Tampilan Sifat Kuantitatif Beberapa Galur F7 Padi Beras Merah (*Oryza sativa* L.) Hasil Silang Ganda Indica dengan Javanica. *Crop Agro*, 11(1): 40-47. DOI: <https://cropagro.unram.ac.id/index.php/caj/article/view/188>
- Wijayanto, T., Jaya, A. A., Nurleni, Asniah, Suliartini, N. W. S., Satrah, V. N., Khairuni, A., Rohani, N. M., Taufalia, M., & Ibrahim, T. The Potential of Southeast Sulawesi Local Gogo Rice Genotypes. *Earth and Environmental Science*, 681(1): 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/681/1/012076>