

Identifikasi Keragaman Genetik Sorgum Lokal Hasil Iradiasi Menggunakan Penanda Molekuler RAPD

Genetic Variability Identification Of Irradiated Local Sorghum By Using RAPD As Molecular Marker

Laras Sekar Arum¹, Moch. Alfian Rizky Ramadhan², Muhammad Hazmi³, Dan Hidayah Murtiyaningsih⁴

Program Studi Agroteknologi, Universitas Muhammadiyah Jember, Jember

*E-mail hidayahmurtiyaningsih@unmuhjember.ac.id

ABSTRACT

Sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) is an alternative food commodity with significant potential for development in Indonesia. However, its genetic diversity in Indonesia is relatively low. The low genetic diversity of sorghum prompts efforts to improve and search for new sources of genetic diversity, including through plant breeding. Radiation-induced mutation is a plant breeding technique aimed at obtaining new traits that are not present in the parent plants. Gamma ray irradiation can damage DNA, and during the repair process, DNA undergoes new mutations induced randomly. This study aims to investigate the agronomic characteristics, genetic diversity, and relationship among plants that have been irradiated with gamma rays using the Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) molecular markers. In this study, local sorghum varieties from Bandung, Demak, and Jember were subjected to gamma ray irradiation at doses of 0 Gy, 300 Gy, and 500 Gy to induce genetic diversity. The application of gamma ray irradiation doses had a significant impact on parameters such as viability, vigor, and morphology. The isolated DNA was analyzed using the Random Amplified Polymorphic DNA technique. OPA-12 showed the highest level of polymorphism among the four primers used. The bands produced by the four scored primers were analyzed using the NTSYSpc program to determine the level of relatedness between genotypes. The genetic distance between genotypes was considerably wide, ranging from 0.1 to 0.46, indicating the potential for crossbreeding

Keywords: local sorghum, gamma irradiations, genetic diversity, Random Amplified Polymorphic DNA

Disubmit: 7 September 2023, **Diterima:** 7 Januari 2024, **Disetujui:** 18 Maret 2024

PENDAHULUAN

Sorghum merupakan tanaman sereal yang potensial untuk dibudidayakan dan dikembangkan, khususnya pada daerah-daerah pedesaan yang memiliki lahan marginal dan kering di Indonesia. Sorghum merupakan salah satu komoditi yang diharapkan menjadi bahan pangan alternatif untuk mengurangi kebutuhan beras nasional. (Pestarini et al. 2017). Sorghum dapat digunakan sebagai bahan makanan yang banyak mengandung karbohidrat sebagai bahan dasar pembuatan minuman dan pakan ternak. Total luas tanaman sorgum di Indonesia baru mencapai 8.000 Ha yang tersebar di berbagai daerah (Muis dkk., 2019). Namun tingkat keragaman genetiknya di Indonesia masih terbilang rendah. Untuk meningkatkannya dapat dilakukan dengan teknik mutasi. Mutasi induksi radiasi merupakan pemuliaan tanaman yang bertujuan untuk



Lisensi

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi-BerbagiSerupa 4.0 Internasional.

mendapatkan sifat-sifat baru dan memiliki sifat yang tidak dimiliki oleh induknya. Mutasi dengan radiasi sinar gamma merupakan cara yang efektif untuk memperkaya plasma nutfah yang sudah ada (Sihono et al. 2021).

Penelitian ini berfokus dengan mutagen fisik berupa induksi sinar gamma. Mutasi dengan induksi sinar gamma merupakan salah satu teknik yang berperan penting dalam meningkatkan keragaman genetik tanaman budidaya sebagai modal dasar untuk proses seleksi dalam pemuliaan tanaman (Maesaroh et al. 2014). Keragaman genetik merupakan syarat yang mutlak dalam melakukan pemuliaan tanaman (Effendy et al., 2018). Analisis keragaman genetik menggunakan penanda molekuler merupakan salah satu metodenya. Penanda molekuler yang sering digunakan untuk analisis keragaman genetik adalah Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) (Sinha et al. 2014).

Penerapan penanda molekuler memiliki tujuan untuk memonitor variasi susunan DNA dalam spesies tanaman (Pabendon 2004). Untuk mengetahui keragaman genetik beberapa varietas sorgum lokal mutan tentunya dapat dilakukan dengan bantuan marka molekuler (Latief & Amin 2014). Pemilihan marka molekuler RAPD pada penelitian ini karena RAPD bersifat lebih sederhana, mudah dilakukan, cepat memberikan hasil, menghasilkan polimorfisme pita DNA dalam jumlah banyak dan mudah memperoleh primer acak yang diperlukan untuk menganalisis genom semua jenis organisme (Langga et al. 2012). Penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui keragaman genetik pada somaklon atau varian diduga mutan sorgum lokal. Diharapkan dari penelitian ini bisa didapatkan keragaman varietas sorgum yang tinggi hingga ditemukan kandidat galur potensial dengan karakter unggul.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan selama 5 Bulan dari bulan November 2022 sampai Maret 2023. Penanaman dilakukan di Green House dan Analisis di Laboratorium Bioteknologi Universitas Muhammadiyah Jember. Dalam Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal yang diulang sebanyak 3 kali, dengan perlakuan terdiri dari kombinasi 3 jenis varietas yaitu Bandung (V1), Demak (V2), Jember (V3) dan 3 jenis dosis iradiasi sinar gamma meliputi 0Gy (R1), 300Gy (R2), serta 500Gy (R3), sehingga terbentuk 9 macam kombinasi antara lain V1R1, V1R2, V1R3, V2R1, V2R2, V2R3, V3R1, V3R2, V3R3. Hasil dari sidik ragam dari semua parameter pengamatan bila berbeda nyata dilanjutkan dengan General Linier Model Univariate dengan DMRT (Duncan Multiple Range Test) pada taraf 5%. Analisis dilakukan dengan menggunakan software SPSS. Sampel yang digunakan adalah daun dari masing-masing genotip sorgum sebanyak 500 mg, sampel digerus disertai penambahan nitrogen cair.

Isolasi sampel DNA menggunakan metode Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide (CTAB). Buffer ekstraksi sebanyak 1 ml (60 ml CTAB 3%; 20 ml Tris-HCl 100 mM, 47,6 ml NaCl 1,4 M; dan 8 ml EDTA 20 mM) dan mercaptoethanol 5 µl dipanaskan dalam waterbath 65°C selama 15 menit. Sampel daun sebanyak 500 mg, pvp, dan nitrogen cair digerus di dalam mortar. Memasukkan dalam tube yang telah berisi buffer ekstraksi lalu dihomogenkan dengan menggunakan vortex dan diinkubasi dalam waterbath pada suhu 65°C selama 30 menit. Setiap 5 menit tube dibolak-balik. Selanjutnya ditambahkan 700 µl Chloroform:Isoamylalcohol (CHISAM) (24:1) lalu dihomogenkan dengan vortex. Pemisahan supernatan dan palet menggunakan centrifuge pada 6.000 rpm selama 10 menit. Kemudian supernatan diambil dan dimasukkan ke dalam tube baru. Lalu ditambahkan 1 ml CHISAM dan dipisahkan dengan menggunakan centrifuge pada 6.000 rpm selama 10 menit. Kemudian diambil supernatan lalu ditambah dengan 1 ml Isopropanol dingin kemudian diaduk secara perlahan. Selanjutnya diinkubasi di dalam freezer selama 30 menit, lalu dipisahkan dengan menggunakan centrifuge pada 6.000 rpm selama 10 menit. Kemudian supernatan dibuang lalu dilakukan pembersihan 2 kali dengan 200 µl buffer pencuci. Setelah itu, endapan DNA (pelet) dikeringanginkan di dalam Laminar Air Flow (LAF). Lalu ditambahkan 500 µl buffer TE dan 1 µl RNase. Lalu diinkubasi di dalam waterbath pada suhu 37°C selama 30 menit. Didinginkan sebentar lalu ditambahkan 1 ml ethanol absolute 96% dingin dan diinkubasi di dalam freezer selama 30 menit. Kemudian

dipisahkan dengan menggunakan centrifuge pada 6.000 rpm selama 10 menit. Lalu supernatan (bagian atas) dibuang dan bagian pelet (DNA) dikeringanginkan di dalam LAF. Kemudian pelet DNA disuspensi dengan 50 µl buffer TE dan disimpan pada suhu -40C hingga digunakan. (Triani, 2020). Amplifikasi DNA genom sorgum menggunakan teknik RAPD dengan PCR BIONEER AccuPower® PCR Premix dengan volume total untuk PCR adalah 20 µl yang terdiri dari , 15,5 µl nuclease free water, 2 µl primer (10 pmol/ µl) dan 2,5 µl DNA..Kondisi PCR meliputi tahapan berikut: Pre-denaturasi pada suhu 950C selama 5 menit, denaturasi pada suhu 950C selama 20 detik, tahap penempelan primer pada suhu 370C selama 20 detik , pemanjangan primer pada suhu 720C selama 1 menit 30 detik. Pemanjangan akhir pada suhu 720C selama 5 menit. Diakhiri dengan holding pada suhu 40C selama 1 menit. Siklus diulang sebanyak 35 kali. (Maesaroh dkk., 2014). Adapun primer yang digunakan yaitu OPA-01, OPA-03, OPA-07, OPA-12.

Analisis polimorfisme DNA sorgum. Profil pola fragmen DNA masing-masing primer diskoring berdasarkan ada tidaknya fragmen menggunakan kode biner. Skor 1 jika ada fragmen dan skor 0 jika tidak ada fragmen tanpa memandang intensitasnya. Metode analisis dilakukan secara deskriptif, berdasarkan ada tidaknya fragmen DNA yang dihasilkan. Pola fragmen RAPD diubah menjadi data biner. Keberadaan pita disusun matriks data biner kemudian dihitung jarak genetik antar genotip. Model pengelompokan genotip menggunakan program Numerical Taxonomy an Multivariate Analysis System (NTSYpc) versi 2.1 dengan metode Unweight Pair-Group Method Arithmetic (UPGMA) fungsi SIMQUAL (Rohlf 1998).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perlakuan iradiasi terhadap tanaman sorgum lokal mengakibatkan beberapa perubahan pada beberapa karakter morfologi pada masing-masing individu di setiap perlakuan, seperti tinggi tanaman diameter batang, dan jumlah daun Untuk mengamati tingkat keragaman genetik masing-masing individu, selain mengamati secara morfologi, juga diikuti dengan melakukan identifikasi menggunakan marka molekuler RAPD dengan 4 primer yaitu OPA- 01, OPA-03, OPA-07, dan OPA-12. Berdasarkan hasil skoring, matriks, dan dendogram kesamaan gentiknya ditemukan beberapa perbedaan sehingga dihasilkan beberapa kelompok jenis individu.

Tinggi dan Jumlah Daun. Perbedaan signifikan ditemukan pada parameter tinggi tanaman dan humlah daun. Kesembilan genotipe sorgum hasil perlakuan iradiasi sinar gamma menunjukkan karakter tinggi tanaman dan jumlah daun yang berbeda nyata, yang ditunjukkan pada Tabel 1. Sedangkan diameter batang dari kesembilan genotipe tersebut tidak berbeda nyata. Genotipe dengan perlakuan iradiasi sinar gamma 300 gy cenderung menunjukkan nilai tinggi tanaman dan jumlah daun yang paling besar.

Tabel 1. Tinggi tanaman dan jumlah daun sorgum mutan hasil iradiasi sinar gamma pada 14 HST

Genotipe	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun
VIRI	26.83 bc	4.00 ab
V1R2	32.83 a	4.50 a
V1R3	29.17 ab	4.17 ab
V2R1	26.50 bc	3.67 abc
V2R2	27.50 abc	3.83 ab
V2R3	28.00 abc	4.17 ab
V3R1	23.00 c	3.00 c
V3R2	27.50 abc	4.00 ab
V3R3	22.83 c	3.00 c

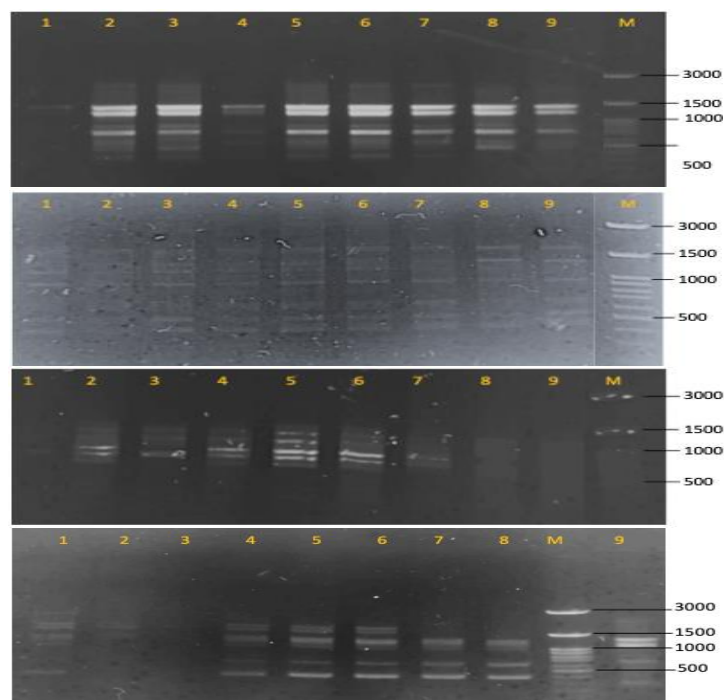
* Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada uji beda jarak berganda Duncan (DMRT) taraf 5%

Jenis sorgum lokal yang sesuai dengan lingkungan, diharapkan tumbuh dengan baik (Oktaviani et al. 2020). Dosis iradiasi sinar gamma berpengaruh terhadap tinggi tanaman, diduga bahwa semakin tinggi dosis yang digunakan maka semakin berkurang tinggi tanaman yang diperoleh. Perlakuan iradiasi pada tanaman dapat menyebabkan enzim yang berfungsi untuk memicu pertunasan menjadi tidak aktif sehingga menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat (Pangesti & Ratnawati 2022). Menurut Sulistyowati et al. (2022), mutasi merupakan salah satu metode untuk meningkatkan keragaman genetik, tanaman sorgum yang diiradiasi pada 300 gy menunjukkan pertumbuhan pada tinggi tanaman yang lebih besar dibandingkan perlakuan 400 dan 500 gy,

Pemberian iradiasi sinar gamma dapat meningkatkan jumlah daun dibandingkan kontrol peningkatan jumlah daun berpengaruh positif bagi pertumbuhan tanaman, jumlah daun yang banyak akan membentuk kanopi dan mempengaruhi penerimaan sinar matahari oleh tanaman. Jumlah daun meningkat dengan meningkatnya dosis iradiasi sinar gamma hingga dosis 300 gy, namun menurun lagi pada dosis 400 Gy (Hutasoit et al. 2022).

Analisis Pita DNA Hasil RAPD. Sifat yang dihasilkan dari teknik mutasi dapat diketahui dengan menggunakan penanda molekuler. Penanda molekuler adalah metode yang digunakan untuk mengetahui perbedaan genotipe secara langsung pada tingkat DNA (Dhilon et al. 2014). Proses amplifikasi yang terjadi selama analisis menggunakan RAPD menghasilkan pita-pita polimorfik yang menunjukkan perbedaan karakter genetik setiap individu tanaman yang diamati. Polimorfisme yang dihasilkan terjadi karena basa nitrogen primer mampu mengamplifikasi fragmen DNA dengan baik. Identifikasi tingkat keragaman genetik dari Sembilan genotipe hasil perlakuan iradiasi sinar gamma dilakukan melalui pendekatan molekuler melalui teknik RAPD dengan menggunakan empat primer, yaitu OPA-01, OPA-03, OPA-07, dan OPA-12. Primer yang digunakan tersebut merupakan primer dengan urutan acak dan tidak spesifik untuk gen tertentu sehingga pita yang dihasilkan diduga dapat mewakili sifat-sifat yang baru (Langga et al. 212) .

Adapun susunan basa, persentase polimorfismenya ditunjukkan pada Tabel 2 yang merupakan hasil identifikasi pola pita DNA hasil elektroforesis dari masing-masing primer tersebut (Gambar 1).



Gambar 1. Visualisasi pita DNA dengan hasil RAPD dengan Primer A) OPA-1. B) OPA-03, C) OPA-7, dan D) OPA-12. Angka 1 – 9 menunjukkan jenis genotipe (V1R1, V1R2, V1R3, V2R1, V2R2, V2R3, V3R1, V3R2, V3R3)

Visualisasi pita hasil analisis RAPD menunjukkan bahwa setiap primer menghasilkan jumlah lokus yang beragam yaitu 9-12 lokus tergantung pada jenis primer yang digunakan. Jumlah lokus tertinggi diamati pada primer OPA-7 dan OPA-12 yaitu 12 lokus, diikuti oleh primer OPA-1 dengan 9 lokus dan OPA-3 dengan 8 lokus. Total jumlah pita yang didapatkan dari 4 primer adalah 32 lokus dengan rata-rata 8 lokus per primer. Ukuran pita DNA yang diperoleh berkisar antara 300-2500 bp. Persentase lokus polimorfisme dari 4 primer adalah 78.05 % dan lokus monomorfisme 21.95%. Penggunaan primer OPA-12 polimorfisme tertinggi yaitu 100% dan OPA-3 terendah dengan 37.50%. Berdasarkan hasil amplifikasi, keempat primer yang digunakan menunjukkan adanya polimorfisme. Polimorfisme dapat dilihat dari pita yang tidak dihasilkan semua individu pada panjang pita yang sama.

Polimorfisme dari fragmen yang diamplifikasi terjadi disebabkan karena mutasi dari iradiasi sinar gamma). Polimorfisme adalah variasi sekuens DNA yang terjadi dalam suatu populasi dengan frekuensi 1% atau lebih. Polimorfisme terjadi karena terdapat perubahan nukleotida, seperti mutasi (Karki et al. 2015). Hal ini menunjukkan penanda RAPD yang digunakan memiliki tingkat polimorfisme yang tinggi. Besar kecilnya tingkat polimorfisme yang dihasilkan dipengaruhi oleh genotip yang diuji, jenis dan jumlah primer yang digunakan (Rosmaina & Zulfahmi. 2013).

Tabel 2. Primer DNA, Susunan Basa, dan tingkat polimorfisme DNA.

No	Jenis Primer	Susunan Basa	Jumlah Pita		Total	Polimorfik (%)
			Polimorfik	Monomorfik		
1	OPA 1	CAGGCCCTTC	7	2	9	77.78
2	OPA3	AGTCAGCCAC	3	5	8	37.50
3	OPA 7	GAAACGGGTG	10	2	12	83.33
4	OPA 12	TCGGCGATAG	12	0	12	100.00
Jumlah			32	9	41	78.05

Metode iradiasi sinar gamma telah banyak digunakan untuk mengembangkan varietas mutan, meningkatkan ketahanan dan menginduksi sifat-sifat tertentu (Hanafiah et al. 2010). Iradiasi sinar gamma merupakan salah satu jenis mutagen fisik yang menyebabkan mutasi acak. Ionisasi dari sinar gamma bereaksi secara langsung dengan komponen sel atau bereaksi secara tidak langsung dengan molekul air sehingga menciptakan radikal bebas (Gaswanto et al. 2016). Radikal tersebut yang menyebabkan kerusakan genetik atau dapat memunculkan sifat baru pada tanaman.

Jumlah pita yang dihasilkan oleh semua individu pada panjang pita yang sama dianggap monomorfisme sedangkan pita yang tidak dihasilkan semua individu pada panjang pita yang sama dianggap polimorfisme (Anwar et al. 2021). Polimorfisme adalah variasi sekuens DNA yang terjadi dalam suatu populasi dengan frekuensi 1% atau lebih. Polimorfisme terjadi karena terdapat perubahan nukleotida, seperti mutasi (Karki et al. 2015).

Analisis teknik RAPD jenis sorgum lokal var. 1, var. 2, dan var. 3 dilakukan dengan menggunakan 4 Jenis primer. Primer OPA-1, OPA-3, OPA-7 dan OPA-12. Pemilihan primer dilakukan secara acak guna menduga adanya keragaman genetik pada jenis sorgum lokal var. 1, var. 2, dan var. 3 yang telah dilakukan iradiasi dengan dosis 300 Gy dan 500 Gy. Analisis DNA dilakukan untuk menduga adanya keragaman genetik berdasarkan pita yang terbentuk. Hal ini diasumsikan bahwa iradiasi sinar gamma dapat menginduksi keragaman genetik pada jenis sorgum lokal tersebut.

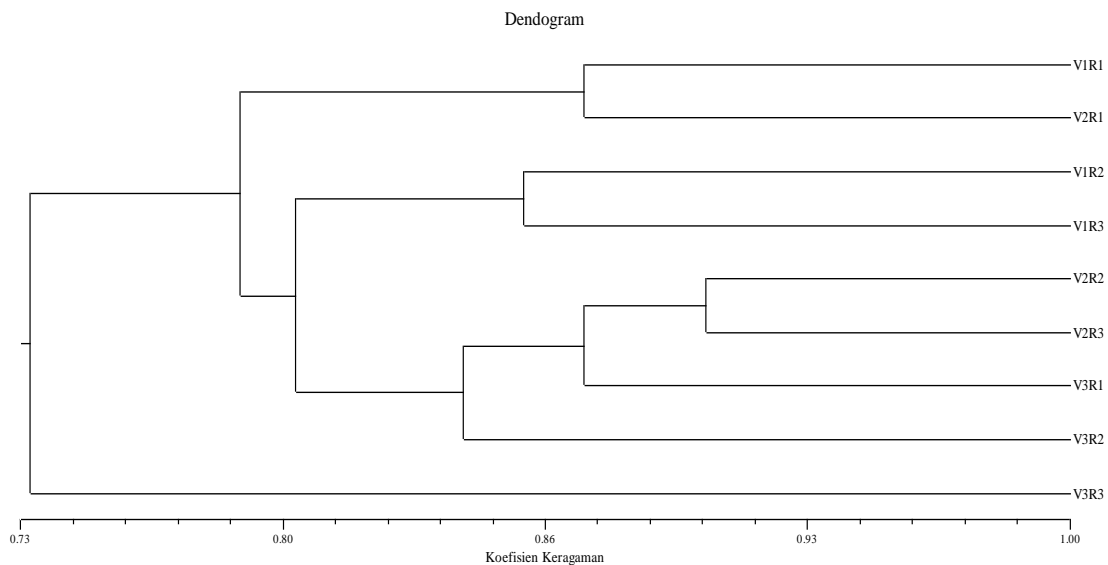
Matriks Kesamaan Genetik Sorgum. Jarak genetik merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui keragaman genetik spesies yang diteliti. Nilai jarak genetik berada diantara 0-1, nilai 0

menunjukkan spesies yang diamati memiliki hubungan kekerabatan yang sangat dekat, sedangkan nilai 1 menunjukkan spesies yang diamati memiliki hubungan kekerabatan yang sangat jauh (Arifin & Mulliadi 2010). Adapun matriks yang menunjukkan jarak genetik sorgum pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3 dan dendogram kesembilan genotipe sorgum hasil iradiasi ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 3. Jarak genetik sorgum mutan hasil iradiasi sinar gamma

Genotipe	V1R1	V1R2	V1R3	V2R1	V2R2	V2R3	V3R1	V3R2	V3R3
V1R1	0.00								
V1R2	0.38	0.00							
V1R3	0.44	0.20	0.00						
V2R1	0.19	0.25	0.29	0.00					
V2R2	0.29	0.22	0.25	0.19	0.00				
V2R3	0.33	0.19	0.25	0.19	0.10	0.00			
V3R1	0.38	0.29	0.24	0.25	0.15	0.15	0.00		
V3R2	0.38	0.33	0.29	0.29	0.19	0.22	0.25	0.00	
V3R3	0.42	0.37	0.46	0.33	0.30	0.33	0.17	0.22	0.00

Jarak genetik genotipe tanaman sorgum lokal hasil iradiasi sinar gamma dalam penelitian ini berkisar dari 0.10-0.46. jarak genetik terendah yang diamati adalah sorgum lokal var.01 dengan dosis iradiasi 300 Gy yang disimbolkan dengan V1R2 dengan sorgum lokal var. 01 dengan 500 Gy yang disimbolkan dengan V1R3 yaitu 0.10, sedangkan jarak genetik tertinggi terlihat pada sorgum lokal var.02 dengan 500 Gy yang disimbolkan dengan V2R3 dengan sorgum lokal var. 03 dengan 500 Gy yang disimbolkan dengan V3R3 yaitu 0.46. Hasil jarak genetik berdasarkan empat primer yang digunakan dapat disimpulkan bahwa sorgum genotipe V1R2 dengan sorgum genotipe V1R3 memiliki hubungan kekerabatan yang dekat. Sedangkan sorgum genotipe V2R3 dengan sorgum genotipe V3R3 memiliki hubungan kekerabatan yang jauh.



Gambar 2. Dendogram Sembilan Genotip Sorgum Lokal Hasil Iradiasi Sinar Gamma dari 222 pita yang dihasilkan dari 4 primer dengan program NTSYSpc

Berdasarkan pada UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Arithmetic*) menggunakan software NTSYS (*Numerical Taxonomy and Multivariate System*) versi 2.1 dapat dilihat pada gambar 1. Berdasarkan hasil dendogram bahwa pada koefisien keragaman 0.80, genotipe sorgum lokal hasil iradiasi sinar gamma Hal 116 Volume 24, Nomor 1, Tahun 2024

dikelompokkan menjadi empat kelompok yaitu kelompok pertama sorgum lokal var. 02 dan 01 dengan dosis iradiasi 0 Gy (V2R1 dan V1R1). Kelompok kedua sorgum Var. 02 dengan dosis 300 dan 500 Gy (V2R2 dan V2R3), sorgum Var. 01 dengan dosis 300 dan 500 Gy (V1R2 dan V1R3). Kelompok ketiga terdiri dari genotipe sorgum Var. 03 dengan dosis 0 dan 300 Gy (V3R1 dan V3R3). Kelompok keempat adalah sorgum Var. 03 dengan dosis iradiasi 500 Gy. Pada koefisien keragaman genetik 0.86 genotipe sorgum lokal hasil iradiasi sinar gamma dikelompokkan menjadi enam kelompok. Kelompok pertama terdiri dari sorgum V1R1 dan V2R1, kelompok kedua terdiri dari genotipe V2R2 dan V2R3, kelompok ketiga terdiri dari genotipe V1R2 dan V1R3, kelompok empat yaitu V3R1. Pada kelompok kelima dan keenam ditemukan genotipe V3R2 dan V3R3. Analisis keragaman ini menunjukkan adanya keragaman genetik yang cukup tinggi antara sorgum genotipe V2R3 dengan V3R3, yaitu 46 %. Keragaman genetik yang muncul diduga dipengaruhi oleh asal tetua. Genotipe sorgum lokal hasil iradiasi sinar gamma yang memiliki jarak genetik yang dekat diduga berasal dari tetua yang berkerabat dekat. Sedangkan genotipe sorgum lokal hasil iradiasi sinar gamma yang jarak genetiknya relatif tinggi, diduga berasal dari tetua yang jauh hubungan kekerabatannya.

Hubungan ke kekerabatan antar genotipe sorgum lokal hasil iradiasi sinar gamma ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pemuliaan tanaman padi di masa mendatang, seperti dalam pemilihan tetua yang akan digunakan dalam persilangan (Elfianis et al. 2021) menyatakan untuk meningkatkan heterozigot suatu jenis tanaman maka persilangan dilakukan pada jenis tanaman yang memiliki jarak genetik jauh dan untuk meningkatkan homozigot suatu tanaman maka persilangan dilakukan pada jenis tanaman yang memiliki jarak genetik dekat.

KESIMPULAN

Iradiasi sinar gamma pada berbagai jenis benih sorgum lokal memberikan pengaruh yang nyata, perlakuan V1R2 atau jenis sorgum lokal hasil mutasi dengan dosis 300 Gy memberikan pengaruh terbaik dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Persentase daya kecambah, laju perkecambahan, dan keserempakan tumbuh secara berturut-turut, sebesar 90.3%, 1 hari 7 jam, dan 70%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Disampaikan terimakasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang telah memberikan dukungan pendanaan penelitian melalui hibah penelitian dosen pemula tahun 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, H., Ghoris, Z., Sheikh, S., & Gul, A. 2015. Effects of gamma radiation on crop production. *Crop production and global environmental issues*, 27-78.
- Dhillon, R. S., Saharan, R. P., Jattan, M., Rani, T., Sheokand, R. N., Dalal, V., & Von Wuehlisch, G. 2014. Molecular characterization of induced mutagenesis through gamma radiation using RAPD markers in *Jatropha curcas* L. *African Journal of Biotechnology*, 13(7), 806-813.
- Harding, S. S., Johnson, S. D., Taylor, D. R., Dixon, C. A., & Turay, M. Y. 2012. Effect of gamma rays on seed germination, seedling height, survival percentage and tiller production in some rice varieties cultivated in Sierra Leone. *American Journal of Experimental Agriculture*, 2(2), 247.
- Hutasoit, R., Romjali, E., Tarigan, A., Sirait, J., Ginting, S. P., & Harahap, M. K. 2022. The effect of gamma ray irradiation on the growth, production and quality of *Indigofera zollingeriana* to support the development of forage crops. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 977(1), 012139.

- Maesaroh, A., Amurwanto, A., & Yuniaty, A. (2014). Analisis rapd kecipir polong panjang *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC hasil mutasi iradiasi sinar gamma. *Scripta Biologica*, 1(1), 2-9.
- Karki, R., Pandya, D., Elston, R. C., & Ferlini, C. 2015. Defining “mutation” and “polymorphism” in the era of personal genomics. *BMC medical genomics*, 8, 1-7
- Langga, I. F., Restu, M., & Kuswinanti, T. 2012. Optimalisasi suhu dan lama inkubasi dalam ekstraksi DNA tanaman bitti (*Vitex cofassus* Reinw) serta analisis keragaman genetik dengan teknik RAPD-PCR. *J Sains & Teknologi*, 12(3), 265-276.
- Minisi, F. A., El-mahrouk, M. E., Rida, M. E. F., & Nasr, M. N. 2013. Effects of gamma radiation on germination, growth characteristics and morphological variations of *Moluccella laevis* L. *Am.-Eurasian J. Agric. Environ. Sci*, 13, 696-704.
- Muis, A., Sulistyawati, S., & Arifin, A. Z. 2019. Pengaruh Pemberian Kombinasi Pupuk Npk dan Pupuk Kandang Sapi terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L.). *Jurnal Agroteknologi Merdeka Pasuruan*, 2(2).
- Novri, N., Kamal, M., Sunyoto, S., & Hidayat, K. F. 2015. Respons Pertumbuhan Dan Hasil Tiga Varietas Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Ratoon I Terhadap Aplikasi Bahan Organik Tanaman Sorgum Pertama. *Jurnal Agrotek Tropika*, 3(1).
- Oktaviani, W., Khairani, L., & Indriani, N. P. 2020. Pengaruh Berbagai Varietas Jagung Manis (*Zea Mays Saccharata* Sturt) Terhadap Tinggi Tanaman, Jumlah Daun Dan Kandungan Lignin Tanaman Jagung. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan*, 2(2).
- Pangesti, M. H., & Ratnawati, R. 2022. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Co-60 Terhadap Karakteristik Morfologis dan Anatomis Tanaman Marigold (*Tagetes erecta* L.). *Kingdom (The Journal of Biological Studies)*, 8(2), 94-108
- Pestarini, S., Wahyuningsih, S. U., & Pratiwi, S. H. 2017. Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Sorgum (*Sorghum Bicolor*, L.) Dengan Berbagai Jenis Pupuk Kandang. *Jurnal Agroteknologi Merdeka Pasuruan*, 1(1).
- Sihono, S., Indriatama, W. M., Human, S., & Marina, Y. M. 2021. Perbaikan Komoditas Sorgum sebagai Pangan dan Bioenergi melalui Pemuliaan Mutasi Radiasi. In *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian UNS* (Vol. 5, No. 1, pp. 345-354).
- Subantoro, R., & Prabowo, R. 2013. Pengkajian viabilitas benih dengan tetrazolium test pada jagung dan kedelai. *Mediagro*, 9(2).
- Sulistyowati, Y., Nurhasanah, A. N. ., Widyajyantie, D. ., Astuti, D. ., Rachmat, A. ., Pantouw, C. F. ., Windiastri, V. E. ., Rahmawati, S. ., & Nugroho, S. 2022. Selection and Evaluation of Mutant Sorghum M2 Generation from Gamma Irradiation for Increasing Biomass Character. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 22(2), 138-145.