



Evaluasi Karakter Agronomi Mutan Putatif Bawang Putih Generasi Mv2 Hasil Iradiasi Gamma Pada Dataran Tinggi

Utin Winarni¹

Fakultas Pertanian dan Kehutanan Universitas Muhammadiyah Palangkaraya, Indonesia, Email: utinwinarni0713@gmail.com

Dini Dinarty²

Fakultas Pertanian IPB University, Indonesia

Fahrudin Arfianto³

Fakultas Pertanian dan Kehutanan Universitas Muhammadiyah Palangkaraya, Indonesia

Abstrak. Bawang putih memiliki keragaman sempit karena diperbanyak secara vegetatif. Pemuliaan mutasi dapat digunakan dalam menghasilkan keragaman dalam waktu singkat namun memiliki kelemahan bersifat acak dan ketidakstabilan sifat genetik yang muncul pada generasi berikutnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi karakter agronomi dan mendapatkan mutan putatif bawang putih generasi MV3 yang memiliki daya adaptasi pada dataran tinggi dengan keragaan yang lebih baik. Bahan tanam yang digunakan yaitu bawang putih generasi MV2 berupa bulbil dan siung hasil iradiasi sinar gamma teknik tunggal (Acute Irradiation). Genotipe bawang putih yang digunakan yaitu Lumbu Kuning, Ciwidey dan Tawangmangu Baru. Bahan tanam siung pada LD50 dan dosis diatas LD50, bulbil LD20. Taraf dosis yang digunakan untuk siung: Tawangmangu Baru 8 Gy (LD50) dan wild type (kontrol), Lumbu Kuning 10 Gy dan wild type (kontrol), Ciwidey 6 Gy (LD50), 8 Gy (dosis diatas LD50) dan wild type (kontrol). Taraf dosis untuk bulbil: Ciwidey 1.75 Gy dan Tawangmangu Baru 0.5 Gy. Hasil penelitian menunjukkan mutan putatif CWS 8 Gy dan LKS 10 Gy memiliki jumlah siung dan bobot umbi yang lebih tinggi dibandingkan kontrol. Terdapat varigata hanya pada mutan CWS 8 Gy. Analisis komponen utama sifat kuantitatif dan kualitatif bawang putih tereduksi menjadi 8 komponen utama.

Kata Kunci: keragaman genetik, morfologi, mutan putatif, iradiasi akut

Abstract. Garlic has a narrow diversity because it is propagated vegetatively. Mutation breeding can be used to produce diversity in a short time but has the disadvantage of randomness and instability of genetic traits that appear in the next generation. The purpose of this study was to evaluate the agronomic characters and to obtain the MV3 generation garlic putative mutants which have better adaptability to highland areas with better performance. The planting material used was MV2 generation garlic in the form of bulbil and cloves from single technique gamma ray irradiation (Acute Irradiation). The garlic genotypes used were Lumbu Kuning, Ciwidey and Tawangmangu Baru. Clove planting material at LD50 and doses above LD50, bulbil LD20. The dosage levels used for cloves were: Tawangmangu Baru 8 Gy (LD50) and wild type (control), Lumbu Kuning 10 Gy and wild type (control), Ciwidey 6 Gy (LD50), 8 Gy (dose above LD50) and wild type (control). Dosage levels

for bulbil: Ciwidey 1.75 Gy and Tawangmangu Baru 0.5 Gy. The results showed that the CWS 8 Gy and LKS 10 Gy mutants had higher number of cloves and tuber weight than the control. Varigata was present only in the CWS 8 Gy mutant. Analysis of the main components of the quantitative and qualitative properties of garlic was reduced to 8 main components.

Keywords: genetic diversity, morphology, putative mutants, acute irradiation

Article History

Submitted: 24th January 2026

Accepted: 16th April 2026

Published: 30th April 2026

A. PENDAHULUAN

Bawang putih (*Allium sativum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura strategis yang memiliki nilai ekonomi tinggi serta berperan penting sebagai bahan pangan, bumbu masakan, dan sumber senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan. Umbi bawang putih mengandung berbagai senyawa organosulfur, flavonoid, senyawa fenolik, dan antioksidan yang berperan sebagai antimikroba, antiinflamasi, antidiabetes, serta antikanker (Batiha et al., 2020; Martins et al., 2024). Seiring meningkatnya jumlah penduduk dan berkembangnya industri pangan maupun farmasi, kebutuhan bawang putih di Indonesia terus meningkat. Namun, produksi nasional masih belum mampu memenuhi kebutuhan sehingga lebih dari 90% kebutuhan bawang putih masih dipenuhi melalui impor (BPS, 2024; Kementerian Pertanian, 2023).

Produksi bawang putih lokal tidak dapat memenuhi kebutuhan masyarakat akibat terbatasnya varietas yang memiliki adaptasi yang luas terhadap keragaman lingkungan dan iklim, sehingga produksinya masih rendah. Sebagian besar kultivar bawang putih membutuhkan suhu rendah dan fotoperiode tertentu untuk mendukung inisiasi dan pembentukan umbi secara optimal. Peningkatan suhu pada dataran medium diketahui dapat menghambat diferensiasi umbi, memperpanjang fase vegetatif, serta menurunkan hasil panen (Abdelrahman et al., 2023).

Program pemuliaan bawang putih melalui persilangan konvensional menghadapi berbagai kendala karena sebagian besar kultivar bawang putih bersifat steril jantan atau memiliki fertilitas yang sangat rendah sehingga diperbanyak secara vegetatif. Kondisi tersebut menyebabkan keragaman genetik relatif sempit sehingga peluang memperoleh genotipe unggul melalui

seleksi alami menjadi terbatas (Kamenetsky & Rabinowitch, 2022). Oleh karena itu, pemuliaan mutasi menjadi salah satu pendekatan yang efektif untuk meningkatkan keragaman genetik tanaman yang diperbanyak secara vegetatif.

Iradiasi sinar gamma merupakan mutagen fisik yang paling banyak digunakan dalam pemuliaan mutasi karena mampu menginduksi perubahan DNA secara acak tanpa mengubah keseluruhan latar belakang genetik tetua. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa iradiasi gamma berhasil menghasilkan variasi morfologi, meningkatkan toleransi terhadap cekaman lingkungan, memperbaiki produktivitas, serta menghasilkan sifat unggul baru pada berbagai tanaman hortikultura (Oladosu et al., 2021; Pathirana & Carimi, 2022). Namun demikian, keberhasilan induksi mutasi sangat dipengaruhi oleh dosis iradiasi, genotipe, serta kondisi lingkungan selama proses seleksi.

Induksi mutasi dengan iradiasi sinar gamma pada tiga genotipe bawang putih (Lumbu Kuning, Tawangmangu Baru dan Ciwidey) telah dilakukan sebelumnya oleh Pangestuti (2020) dengan bahan iradiasi berupa siung dan bulbil dimulai dari geneasi MV0 sampai generasi MV2 dengan teknik tunggal dan teknik berulang. Penelitian tersebut menghasilkan dosis iradiasi sinar gamma terbaik untuk pertumbuhan bawang putih dengan teknik tunggal bahan tanam siung yaitu 1 Gray, untuk teknik berulang yaitu $0.5 + 0.5$ Gy. Dosis iradiasi terbaik untuk diameter umbi terbesar yaitu 2 Gy dengan teknik iradiasi tunggal, teknik iradiasi berulang untuk diameter umbi terbesar yaitu $1+1$ Gy. Iridiasi tunggal pada LD50 genotipe Tawangmangu Baru (TMB) yaitu 8 Gy, LD50 pada Tawangmangu Baru dengan teknik berulang yaitu 5 Gy, pada genotipe Lumbu Kuning (LK) pada LD50 dengan teknik radiasi tunggal 10 Gy, teknik radiasi berulang 5.3 Gy, sedangkan pada genotipe Ciwidey LD50 dengan teknik iradiasi tunggal 6 Gy dan berulang 5.7 Gy.

Pendekatan gamma irradiation mulai banyak dikembangkan karena berpotensi meningkatkan frekuensi munculnya mutan yang menguntungkan melalui pemberian iradiasi pada generasi tertentu. Meskipun demikian, penelitian mengenai performa agronomi mutan putatif bawang putih hasil

recurrent gamma irradiation pada kondisi tropis, khususnya di dataran medium, masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih menitikberatkan pada penentuan radiosensitivitas, nilai LD₅₀, dan respons pertumbuhan awal, sedangkan evaluasi karakter agronomi pada generasi lanjut masih jarang dilaporkan (Abdelrahman et al., 2023).

Evaluasi karakter agronomi pada lingkungan target budidaya merupakan tahapan penting dalam program pemuliaan karena interaksi antara genotipe dan lingkungan sangat menentukan keberhasilan adaptasi tanaman. Karakter seperti tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang semu, persentase hidup, serta kemampuan membentuk umbi dapat digunakan sebagai indikator dalam mengidentifikasi mutan yang berpotensi dikembangkan menjadi varietas unggul baru (Acquaah, 2020; FAO & IAEA, 2023).

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi karakter agronomi mutan putatif bawang putih generasi MV₂ hasil gamma irradiation dari tiga genotipe, yaitu Tawangmangu Baru, Lumbu Kuning, dan Ciwidey, dan memperoleh mutan putatif bawang putih generasi MV₃ dengan daya adaptasi pada dataran tinggi serta keragaan yang lebih baik. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai efektivitas gamma irradiation dalam meningkatkan keragaman genotipe bawang putih lokal serta mendukung pengembangan varietas bawang putih yang adaptif dengan keragaan lebih baik pada lingkungan dataran tinggi di Indonesia.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2020 sampai September 2020. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Pasir Sarongge IPB (1.230 mdpl), Kecamatan Pacet Kabupaten Cianjur, Jawa Barat.

Bahan tanam yang digunakan yaitu bawang putih generasi MV₂ berupa bulbil dan siung hasil iradiasi sinar gamma teknik tunggal (Acute Irradition). Genotipe bawang putih yang digunakan yaitu Lumbu Kuning, Ciwidey dan Tawangmangu Baru. Bahan tanam siung pada LD₅₀ dan dosis diatas LD₅₀, bulbil LD₂₀. Taraf dosis yang digunakan untuk siung : Tawangmangu Baru 8 Gy (LD₅₀) dan wild type (kontrol), Lumbu Kuning wild

type (kontrol) dan 10 Gy, Ciwidey wild type (kontrol), 6 Gy (LD50) dan 8 Gy (dosis diatas LD50). Taraf dosis untuk bulbil: Ciwidey 1,75 Gy dan Tawangmangu Baru 0,5 Gy. Setiap perlakuan memiliki populasi tanaman yang berbeda tergantung ketersediaan bahan tanam dari generasi sebelumnya. Populasi tanaman setiap perlakuan adalah wild type (kontrol) terdapat 51 tanaman, Ciwidey 6 Gy terdapat 62 tanaman, Ciwidey 8 Gy terdiri 67 tanaman, Tawangmangu baru 8 Gy terdapat 40 tanaman, wild type (kontrol) terdapat 80 tanaman, Lumbu kuning 10 Gy terdapat 53 tanaman dan wild type (kontrol) terdapat 78 tanaman. Bahan yang digunakan yaitu kapur pertanian, pupuk (NPK Mutiara, ZA dan Phonska, pukan sapi), Furadan, Prima-Zeb, Atonik, mulsa.

Prosedur penelitian dimulai dengan tahap persiapan penelitian yang meliputi engolahan lahan dilakukan sebelum penanaman. Pengaplikasian kapur pertanian (3-ton ha^{-1}) pada saat 2 minggu sebelum tanam. Pada pengolahan kedua satu minggu sebelum tanam dilakukan pengaplikasian pupuk kandang sapi dengan dosis 20-ton ha^{-1} . Pemasangan mulsa dibedengan dilakukan dua minggu setelah pengolahan lahan dan dilakukan pelubangan mulsa dengan jarak tanam $10 \times 15 \text{ cm}$. sebelum dilakukan penanaman umbi diberi perlakuan dengan perendaman menggunakan atonik (1.5 ml per liter). Penanaman dilakukan dengan cara menancapkan bagian basal bawang kedalam tanah $\frac{3}{4}$ bagian siung kedalam tanah.

Pupuk yang digunakan Phonska (180 kg ha^{-1}), ZA (475 kg ha^{-1}), NPK Mutiara 200 kg ha^{-1}). Pemupukan Phonska dan ZA dibagi menjadi 4 kali yaitu sebelum pemasangan mulsa, 15, 30, dan 45 HST. Pemupukan NPK Mutiara diberikan pada 30 HST. Pengendalian OPT dilakukan dengan pemberian fungisida, Prima-Zeb 80 WP sesuai dosis yang dianjurkan untuk pengendalian ulat bawang (*Spodoptera exigua*). Pengaplikasian fungisida dilakukan pada saat terdapat serangan hama.

Pada percobaan ini dilakukan pengamatan per individu tanaman pada generasi MV3 (karakter generatif) pada peubah kuantitatif yang meliputi:

1. Bobot umbi pertanaman (g), diamati per individu tanaman setelah panen.
2. Jumlah siung per umbi, diamati per individu tanaman

3. Diameter umbi (cm), diamati setelah panen. Pengukuran dilakukan menggunakan jangka sorong per individu tanaman.

Pengamatan pada karakter kualitatif peubah morfologi dilakukan pada generasi MV2 dan umbi MV3 berdasarkan UPOV yang meliputi

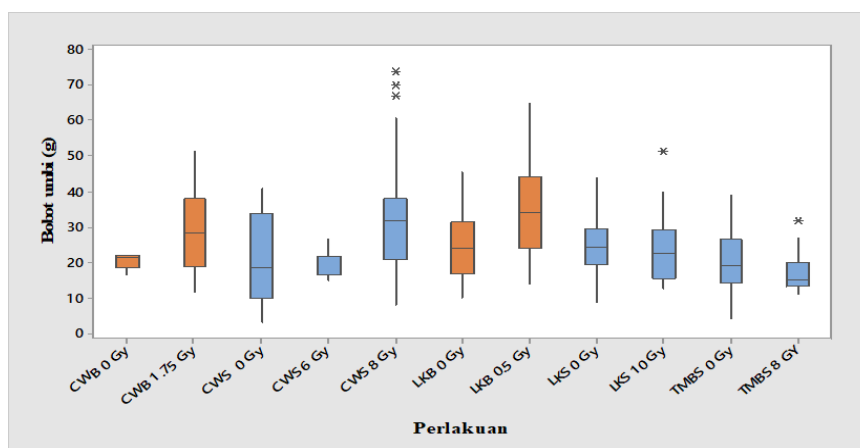
1. Posisi tegaknya daun (tegak/1, tegak sampai semi tegak/2, semi tegak/3)
2. Bulbil pada batang (tidak ada /1, /9ada)
3. Ukuran Umbi (kecil/3, sedang/5, besar/7).
4. Bentuk Umbi pada sisi longitudinal (pipih/1, lebar/2, bulat/3).
5. Posisi umbi pada ujung umbi (terbenam/1, setara/2, timbul/3).
6. Bentuk pangkal umbi (resesif/1, datar/2, melingkar/3).
7. Kepadatan siung (longgar/3, sedang/5, padat/7).
8. Warna dasar kulit ari (putih/1, kekuningan/2, kemerahan/3)
9. Antosianin (tidak ada/1, ada/9)
10. Intensitas antosianin (lemah/3, medium/5, kuat/7)
11. Garis antosianin kulit ari umbi (tidak ada/1, ada/9)
12. Kekuatan kulit ari umbi (lemah/3, sedang/5, kuat/7).
13. Ketebalan kulit ari umbi (tipis/3, sedang/5, tebal/7).
14. Jumlah siung per umbi (sedikit/3, sedang/5, banyak/7).
15. Siung pada bagian luar umbi (tidak ada/1, ada/9).
16. Kepadatan siung (longgar/3, sedang/5, padat/7)
17. Warna kulit siung (putih/1, cream/2, pink/3, ungu/4, coklat/5).
18. Intensitas warna kulit siung (lemah/3, sedang/5, kuat/7).
19. Warna daging siung (putih/1, kekuning-kuningan/2).
20. Penyebaran siung (radial/1, non radial/2).

Rancangan yang digunakan adalah single plant design, terdapat 11 satuan percobaan yaitu Ciwidey 6 Gy (CWD 6 Gy), CWD 8 Gy dan wild type (kontrol), Tawangmangu baru 8 Gy (TMB 8 Gy) dan wild type (kontrol), Lumbu kuning 10 Gy (LK 10 Gy) dan wild type (kontrol). Dosis yang digunakan untuk bahan tanam bulnil yaitu CWB 0 Gy, CWB 1.75 Gy, LKB 0 Gy dan LKB 0.5 Gy. Analisis karakter pertumbuhan dan produksi dilakukan analisis boxplot dengan menggunakan stastistical software MINITAB17. Karakter

pengamatan berdasarkan UPOV dianalisis menggunakan PBSTAT untuk menghasilkan dendrogram klaster.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi produksi mutan putatif bawang putih di dataran tinggi, efek dari iradiasi sinar gamma pada beberapa genotipe mutan bawang putih lokal generasi MV3 bahan tanam dari siung dan bulbil menghasilkan produksi yang berbeda. Generasi MV3 menghasilkan keragaman pada karakter produksi : jumlah siung, diameter umbi (mm) dan bobot umbi (g). iradiasi sinar gamma dalam penelitian ini efektif meningkatkan keragaman genetik dengan memicu mutasi yang positif terhadap karakter bobot umbi, terutama pada mutan CWS 8 Gy dan LKB 0.5 Gy (gambar 1). Perlakuan pada CWS 8 Gy menunjukkan sangat signifikan disbanding kontrol (0 Gy) dengan bobot tertinggi 60 g lebih banyak dibandingkan bobot umbi pada mutan LKS 10 Gy dan TMBS 8 Gy.



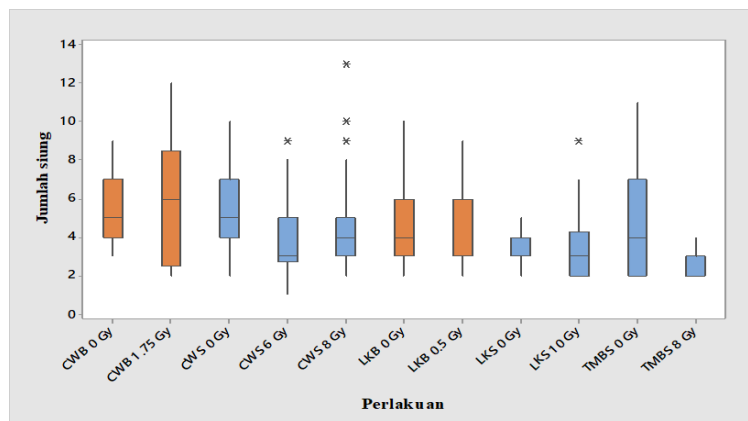
Gambar 1. Boxplot bobot umbi mutan bawang putih tiga genotipe mutan putatif bawang putih bahan tanam siung dan bulbil. Keterangan: CWB (Ciwidey Bulbil), CWS (Ciwidey Siung), LKS (Lumbu Kuning Siung), LKB (Lumbu Kuning Bulbil) TMBS (Tawangmangu Baru Siung)

Perlakuan iradiasi sinar gamma pada CWS 8 Gy dalam penelitian ini menunjukkan adanya variasi genetik, hal ini sangat penting sebagai dasar seleksi pada karakter bobot umbi yang unggul. Mutan CWS 8 Gy ini dapat dijadikan kandidat untuk diseleksi guna mendapatkan mutan putatif yang berumbi besar. Hal ini sesuai penelitian Kurniajati *et al*.(2021), pemberian iradiasi gamma pada umbi bawang merah mampu meningkatkan keragaman

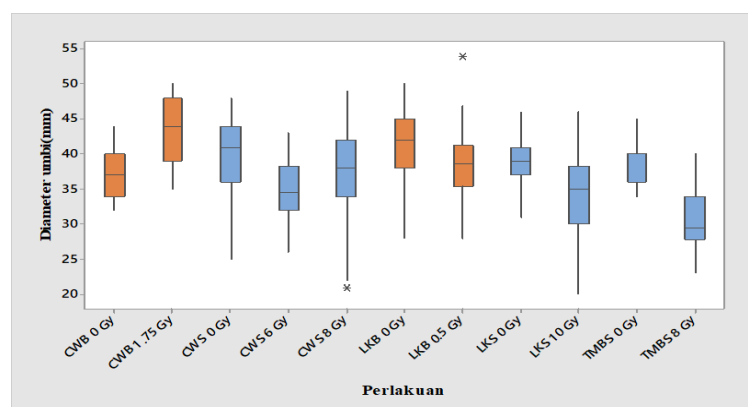
pada bobot umbi. Dosis rendah yang diberikan pada mutan Mutan LKB 0.5 Gy dan CWB 1.75 Gy pada penelitian ini mampu menstimulasi pertumbuhan bobot umbi. Paparan dosis 8 Gy meningkat keragaman genetik bobot umbi pada mutan CWS 8 Gy dan menurunkan keragaman bobot pada mutan TMBS 8 Gy. Dosis 8 Gy pada mutan TMBS kurang potensial terhadap bobot umbi, hal ini diduga setiap aksesori bawang putih memiliki kepekaan atau sensitivitas yang beragam terhadap dosis iradiasi gamma. Hal ini sesuai dengan penelitian Parry *et al.*, (2009), interaksi gamma dengan kromosom dapat mengubah struktur dari kromosom seperti rusak, terjadi delesi ataupun pindah silang sehingga mempengaruhi sifat tanaman (mutan putatif), sifat yang muncul dapat beragam lebih positif atau negative.

Grafik boxplot berikut (gambar 2) menunjukkan variabilitas karakter Jumlah Siung akibat perlakuan berbagai dosis iradiasi sinar gamma pada beberapa genotipe tanaman mutan putatif bawang putih generasi MV3. Dosis iradiasi yang tinggi pada CWS 6 Gy dan CWS 8 Gy dan LKS 10 Gy menurunkan jumlah siung, namun pada dosis tinggi ini memperluas keragaman positif yang dapat dijadikan sebagai kandidat mutan unggul untuk seleksi digenerasi berikutnya. Pada LKS 10 Gy terjadi penurunan jumlah siung namun masih memunculkan keragaman, hal ini menunjukkan tingkat radiosensitivitas yang tinggi, di mana mayoritas populasi tertekan, tetapi masih menyisakan ruang mutasi ekstrem yang potensial. (Widyaningtyas *et al.* 2021). Pemberian dosis 8 Gy pada genotipe TMBS terjadi penurunan jumlah siung sangat ekstrim (jumlah siung hanya berkisar 2-4), artinya genotipe TMBS ini sangat sensitif terhadap dosis 8 Gy, dosis ini bersifat destruktif terhadap organ reproduksi/pembelahan sel siung, sehingga tidak direkomendasikan dosis 8 Gy pada TMBS untuk pemuliaan karakter jumlah siung. Hasil penelitian ini pemberian dosis rendah pada CWB 1.75 efektif memicu terjadinya peningkatan keragaman jumlah siung, artinya pemberian dosis rendah ini efektif memicu stimulan fisiologis (hormesis) atau mutasi mikro yang memperluas populasi seleksi tanpa mematikan tanaman (Zaka *et al.* 2004). Pemberian dosis 0.5 Gy pada LKB menunjukkan tidak berbeda nyata dengan tanaman control, sehingga tidak memunculkan keragaman jumlah siung. Hal ini menunjukkan bahwa dosis

0.5 Gy terlalu rendah untuk memberikan dampak mutagenic yang signifikan pada genotype LKB.



Gambar 2. jumlah siung mutan bawang putih tiga genotype mutan putatif bawang putih bahan tanam siung dan bulbil. Keterangan: CWB (Ciwidey Bulbil), CWS (Ciwidey Siung), LKS (Lumbu Kuning Siung), LKB (Lumbu Kuning Bulbil) TMBS (Tawangmangu Baru Siung)



Gambar 3. Boxplot diameter umbi mutan bawang putih tiga genotype mutan putatif bawang putih bahan tanam siung dan bulbil. Keterangan: CWB (Ciwidey bulbil), CWS (Ciwidey siung), LKS (Lumbu Kuning siung), LKB (Lumbu Kuning bulbil) TMBS (Tawangmangu Baru siung)

Pengamatan pada karakter diameter umbi (mm) pada mutan CWS 8 Gy diperoleh nilai ekstrim lebih rendah (Gambar 6). Artinya pada mutan CW 8 Gy diperoleh keragaman pada diameter umbi dengan diameter lebih kecil dibandingkan tanaman kontrol. Mutan CWS 6 Gy, CWS 8 Gy dan LKS 10 Gy ditemukan nilai ekstrim lebih tinggi pada kaakter jumlah siung (Gambar 7). Artinya mutan tersebut terdapat jumlah siung lebih banyak dibandingkan kontrolnya. Keragaman jumlah siung terbanyak yaitu pada mutan CWS 8 Gy dilihat dari jumlah nilai ekstrim. Kandidat mutan pada karakter bobot umbi (Gambar 8) ditemukan pada perlakuan CWS 8 Gy, LKS 10 Gy dan TMBS 8 Gy terlihat dari nilai ekstrim.

Analisis komponen utama adalah metode untuk mengidentifikasi karakter utama tanaman yang paling berkontribusi terhadap variasi yang diamati dalam suatu kelompok genotipe (Ahmadizadeh dan Felenji 2011). Karakter yang berpengaruh terhadap komponen utama ditentukan berdasarkan nilai vektor ciri (Tabel 17). Nilai vektor ciri yang digunakan adalah 0,4. Karakter yang memiliki nilai vektor ciri > 0.61 menunjukkan karakter tersebut berpengaruh signifikan terhadap keragaman (Norouzi et all. 2017) Hasil analisis komponen utama (PC) pada penelitian ini mereduksi 17 karakter yang diamati menjadi delapan komponen utama yang mempunyai nilai eigenvalue lebih besar dari 1 (Tabel 17). Analisis komponen utama mampu menjelaskan 74% keragaman kumulatif pada 8 komponen utama. PC1 berkontribusi terhadap 18 % keragaman total dengan karakter pembeda adalah kepadatan siung dan jumlah siung per umbi. Pada PC2 berkontribusi 11 % terhadap keragaman total dengan karakter pembeda antosianin dan intensitas antosianin. PC3, PC4, dan PC6 memiliki kontribusi sebesar 8% setiap komponen utama terhadap keragaman total. Karakter pembeda pada PC3, PC4 dan PC6 yaitu intensitas warna kulit siung (PC3), warna daging siung dan garis antosianin kulit ari umbi (PC4) bulbil, Posisi umbi pada ujung umbi, Kekuatan kulit ari umbi (PC6). PC7 dan PC8 memiliki kontribusi sebesar 6% setiap komponen utama terhadap keragaman total. Pada PC7 karakter yang memiliki kontribusi besar adalah bentuk umbi pada sisi longitudinal sedangkan pada PC8 karakter bentuk pangkal umbi sebagai karakter pembeda pada komponen utama tersebut.

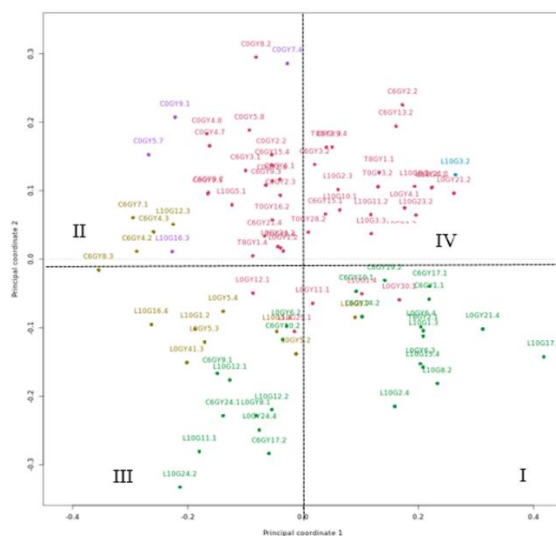
Tabel 1. *Principle Component* 17 karakter agronomi pada tiga genotipe bawang putih hasil iradiasi gamma pada paparan dosis LD₅₀ generasi MV3 bahan tanam siung

Variabel	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
DU	0.14	-0.34	-0.39	0.18	0.25	0.12	-0.15	-0.27
An	0.26	0.43	-0.25	0.09	0.39	0.07	-0.04	-0.01
Ia	0.33	0.45	-0.25	0.02	0.24	0.04	-0.06	-0.05
Blb	0.08	0.02	-0.08	0.27	-0.19	0.44	-0.36	0.30
Bu	-0.11	0.06	-0.06	0.34	0.26	-0.18	0.60	0.02
Pu	0.18	-0.04	-0.12	0.33	-0.28	-0.44	-0.22	-0.27
Bp	-0.08	0.30	0.19	0.26	-0.18	0.08	-0.18	-0.60
Ks	0.44	-0.24	0.11	-0.03	-0.03	0.01	0.21	-0.23
Wd	0.15	0.15	-0.27	-0.48	-0.33	0.10	-0.08	-0.05
Ga	-0.16	0.04	-0.33	-0.46	-0.09	0.07	0.25	-0.38
Kka	-0.24	0.08	-0.09	0.28	-0.20	0.48	0.17	-0.02
Jsp	0.44	-0.17	0.02	0.06	-0.04	0.07	0.22	0.04

Sb	0.37	-0.18	0.17	0.04	-0.25	0.04	0.06	-0.08
Wks	0.26	0.24	0.20	0.01	-0.22	0.31	0.38	0.08
Iwk	0.09	-0.07	-0.50	0.09	-0.27	-0.22	0.05	0.40
Wds	-0.20	0.10	-0.30	0.25	-0.38	-0.09	0.24	-0.08
Kt	-0.10	-0.42	-0.23	0.04	0.18	0.39	0.04	-0.18
Eigenvalue	3.08	1.93	1.40	1.38	1.34	1.31	1.09	1.00
Proportion	0.18	0.11	0.08	0.08	0.08	0.08	0.06	0.06
Cumulative	0.18	0.30	0.38	0.46	0.54	0.61	0.68	0.74

Keterangan: DU: diameter umbi, an: antosiasin ,ia: intensitas antosianin, blb:bulbil, bu: Bentuk Umbi pada sisi longitudinal , pu : Posisi umbi pada ujung umbi, bp : Bentuk pangkal umbi, ks : Kepadatan siung, wd : Warna dasar kulit ari umbi, ga : Garis antosianin kulit ari umbi, kka : Kekuatan kulit ari umbi, jsp : Jumlah siung perumbi, Sb : Siung pada bagian luar umbi, wks : Warna kulit siung, iwk : Intensitas warna kulit siung, wds : Warna daging siung, kt : keragaan tajuk.

Diagram pencar komponen 1 dan 2 pada 88 mutan bawang putih menjelaskan keragaman kumulatif sebesar 30% (Gambar 4). Kuadran I terdiri atas kelompok mutan yang tidak memiliki antosianin. Kuadran II terdiri atas mutan mempunyai keragaan tajuk tegak hingga setengah tegak. kelompok mutan pada kuadran III memiliki bentuk umbi pada sisi longitudinal lebih lebar dibanding mutan lainnya. Kuadran IV merupakan kelompok mutan kepadatan siung rendah dibandingkan mutan lainnya.



Gambar 4. Diagram pencar komponen utama I dan II 88 mutan bawang putih berdasarkan karakter UVOP

Hasil analisis gerombol menunjukkan 88 mutan bawang putih terbagi ke dalam 5 kelompok dengan jarak genetik 0.44 (Gambar 4). Kluster 1 memiliki karakter memiliki antosianin, bentuk umbi pada sisi longitudinal pipih, bentuk pangkal umbi datar, dan tidak memiliki garis antosianin. Kluster 1 terdapat 45 mutan yaitu C0GY2.2, C0GY2.6, C0GY4.7, C0GY4.8, C0GY5.8, C0GY6.1, C0GY8.2, C0GY9.5, C6GY2.2, C6GY2.3, C6GY3.1, C6GY3.2, C6GY9.2, C6GY9.3, C6GY9.4, C6GY13.2, C6GY15.1, C6GY15.4, C6GY21.4, L0GY1.2, L0GY4.1, L0GY4.3, L0GY11.1, L0GY12.1, L0GY21.1, L0GY21.2, L0GY24.2, L0GY30.1, L10G1.4, L10G2.3, L10G3.3, L10G4.1, L10G5.1, L10G6.1, L10G10.1, L10G11.2, L10G23.2, L10G25.1, T0GY2.4, T0GY3.2, T0GY16.2, T0GY28.2, T8GY1.1, T8GY1.3, T8GY1.4. Kluster 2 terdapat 13 mutan yaitu C6GY4.2, C6GY4.3, C6GY7.1, C6GY8.3, L0GY5.2, L0GY5.3, L0GY5.4, L0GY41.3, L10G1.2, L10G5.4, L10G5.7, L10G12.3, L10G16.4 dengan karakter posisi umbi pada ujung umbi timbul.

Tabel 2. Principle Component 17 karakter agronomi pada tiga genotipe bawang putih hasil iradiasi gamma pada paparan dosis LD20 generasi MV3

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
DU	0.13	0.34	-0.10	0.34	-0.29	0.11	-0.36
AN	0.30	-0.45	-0.16	0.07	-0.23	0.26	0.19
IA	0.32	-0.42	-0.22	0.11	-0.24	0.17	0.19
BLB	0.06	-0.09	-0.22	-0.39	0.01	0.13	-0.57
BU	-0.19	-0.14	-0.17	0.50	0.24	0.09	-0.27
PU	0.18	0.07	-0.56	-0.20	0.00	-0.05	-0.03
KS	0.49	0.12	0.24	0.07	-0.08	-0.11	-0.06
WD	0.00	0.24	0.09	-0.53	-0.32	0.04	0.22
GA	-0.06	-0.22	-0.01	-0.06	-0.29	-0.68	-0.31
KKA	-0.19	0.07	0.21	0.02	-0.54	0.46	-0.31
JSP	0.47	0.24	0.21	0.16	0.09	-0.09	-0.02
SB	0.41	0.23	-0.01	-0.01	0.15	0.07	-0.11
WKS	0.11	-0.39	0.37	0.03	-0.15	-0.25	-0.16
IWK	0.01	0.23	-0.49	0.13	-0.26	-0.29	0.06
WDS	0.17	-0.18	-0.02	-0.31	0.38	0.13	-0.34
Eigenvalue	2.74	2.27	1.72	1.48	1.21	1.09	1.04
Proportion	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.07
Cumulative	0.18	0.33	0.45	0.55	0.63	0.70	0.77

Keterangan: DU: diameter umbi, an: antosiasin ,ia: intensitas antosianin, blb:bulbil, bu: Bentuk Umbi pada sisi longitudinal , pu : Posisi umbi pada

ujung umbi, ks : Kepadatan siung, wd : Warna dasar kulit ari umbi, ga : Garis antosianin kulit ari umbi, kka : Kekuatan kulit ari umbi, jsp : Jumlah siung per umbi, Sb : Siung pada bagian luar umbi, wks : Warna kulit siung, iwk : Intensitas warna kulit siung, wds : Warna daging siung

Hasil analisis komponen utama pada bahan tanam yang berasal dari bulbil mereduksi 15 karakter yang diamati menjadi 7 komponen utama dengan nilai eigenvalue lebih besar dari 1 (Tabel 2). Analisis komponen utama mampu menjelaskan 77% keragaman kumulatif pada 8 komponen utama. PC1 berkontribusi terhadap 18 % keragaman total dengan karakter pembeda adalah kepadatan siung, jumlah siung per umbi, dan warna kulit siung. PC2 berkontribusi 15 % terhadap keragaman total dengan karakter pembeda antosianin dan intensitas antosianin. PC3 berkontribusi 12 % terhadap keragaman total dengan karakter pembeda posisi umbi pada ujung umbi dan Intensitas warna kulit siung. PC4 berkontribusi 10 % terhadap keragaman total dengan karakter pembeda Bentuk Umbi pada sisi longitudinal dan Warna dasar kulit ari umbi. PC5 berkontribusi 8 % terhadap keragaman total dengan karakter pembeda Kekuatan kulit ari umbi. PC6 dan PC7 memiliki kontribusi sebesar 7% setiap komponen utama terhadap keragaman total. Pada PC6 karakter yang memiliki kontribusi besar adalah garis antosianin dan kekuatan kulit ari umbi sedangkan pada PC7 karakter ada tidaknya bulbil sebagai karakter pembeda pada komponen utama tersebut.

D. KESIMPULAN

Mutan putatif CWS 8 Gy (Ciwidey Siung) dan LKS 10 Gy (Lumbu Kuning Siung) menunjukkan karakter agronomi dengan bobot umbi dan jumlah siung yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman kontrol (*wild type*). Berdasarkan analisis komponen utama, variabilitas sifat kuantitatif dan kualitatif pada bahan tanam siung berhasil mereduksi 17 karakter pengamatan menjadi 8 komponen utama (PC) dengan akumulasi keragaman kumulatif sebesar 74%. Karakter dominan yang menjadi pembeda utama pada PC1 adalah kepadatan siung dan jumlah siung per umbi, sedangkan PC2 didominasi oleh keberadaan antosianin dan intensitas antosianin.

Sementara itu, analisis pada bahan tanam bulbil mereduksi 15 karakter menjadi 7 komponen utama dengan proporsi keragaman kumulatif sebesar 77%. Analisis filogenetik atau pengelompokan gerombol mengklasifikasikan 88 mutan bawang putih ke dalam 5 kluster berbeda pada koefisien jarak genetik 0.44. Setiap kluster dicirikan oleh kesamaan morfologis spesifik, seperti bentuk umbi longitudinal pipih pada Kluster 1, posisi ujung umbi timbul pada Kluster 2, serta eksistensi bulbil batang dan kulit siung berwarna ungu pada Kluster 5. Terdapat variabilitas respons fisiologis dan radiosensitivitas yang tinggi antar-genotipe tanaman bawang putih lokal. Pemberian dosis rendah (LKB 0.5 Gy dan CWB 1.75 Gy) terbukti efektif memicu stimulan fisiologis (*hormesis*) yang memperluas populasi seleksi. Pemberian dosis LD50 pada genotype CWS 6 Gy memunculkan keragaman dan dapat dijadikan kandidat mutan yang diseleksi berikutnya. pemberian dosis 8 Gy pada genotype TMBS (Tawangmangu Baru Siung) bersifat menurunkan jumlah siung secara ekstrem.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Abdelrahman, M., Hirata, S., & Mukae, T., et al. (2021). COMPREHENSIVE METABOLITE PROFILING IN GENETIC RESOURCES OF GARLIC (*ALLIUM SATIVUM* L.) COLLECTED FROM DIFFERENT GEOGRAPHICAL REGIONS. *Molecules*, 26(5), 1415.
- Acquah G. (2020). PRINCIPLES OF PLANT GENETICS AND BREEDING. USA. Blackwell Publishing
- Ahmadizadeh M., & Felenji H.,. (2011). EVALUATING YIELD AND SOME TRAITS OF POTATO CULTIVARS IN FALL CULTIVATION OF JIROFT AREA. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.* 1(12). 643-649.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2024). Statistik Hortikultura 2024. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Batiha, G. E.-S., Beshbishy, A. M., & Wasef, L. G., et al. (2020). CHEMICAL CONSTITUENTS AND PHARMACOLOGICAL ACTIVITIES OF GARLIC (*Allium sativum* L.): A review. *Nutrients*, 12(3), 872. <https://doi.org/10.3390/nu12030872>

- FAO & IAEA. (2023). MANUAL ON MUTATION BREEDING. Vienna: International Atomic Energy Agency.
- Kamenetsky-Goldstein, R., & Shemesh-Mayer, E. (2024). STRATEGIES FOR GARLIC (*Allium Sativum* L.) BREEDING: CHALLENGES AND ACHIEVEMENTS. *Acta Horticulturae*, 1398, 53–64. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2024.1398.8>
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2023). Statistik Hortikultura Tahun 2023. Jakarta: Direktorat Jenderal Hortikultura.
- Kurniajati W. S., Sobir S, & Aisyah S. I,. (2021). PENENTUAN DOSIS IRADIASI SINAR GAMMA DALAM MENINGKATKAN KERAGAMAN UNTUK PERBAIKAN KARAKTER KUANTITATIF BAWANG MERAH (*Allium cepa* var. *aggregatum*). *J. Ilm. Apl. Isot. dan Radiasi*. 16(2):83–90.doi:10.17146/jair.2020.16.2.5962.
- Martins, N., et all. (2024). RECENT ADVANCES IN GARLIC RESEARCH: BIOACTIVE COMPOUNDS, BREEDING, AND FUTURE PERSPECTIVES. *Scientia Horticulturae*.
- Norouzi, E., J. Erfani-moghadam, Fazeli A.,Khadivi A,. (2017). MORPHOLOGICAL VARIABILITY WITHIN AND AMONG THREE SPECIES OF ZIZIPHUS GENUS USING MULTIVARIATE ANALYSIS. *Sci. Hortic*. 222: 180-186.
- Oladosu, Y., Rafii, M. Y.,& Abdullah, N., et all. (2021). PRINCIPLE AND APPLICATION OF PLANT MUTAGENESIS IN CROP IMPROVEMENT: A review. *Plants*, 10, 42.
- Pangestuti, P.W., S. Sudarsono, & D. Dinarti,. (2020). DETERMINE THE EFFECT OF GAMMA IRRADIATION TOWARDS THE GROWTH OF TWO LOCAL GARLIC GENOTYPES. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci*. 497(1). Doi:10.1088/1755-1315/497/1/012014
- Parry, Martin A. J., Pippa J. Madgwick. P. J., Bayon. C., Tearall. K., Antonio Hernandez., Baudo. M., Rakszegi. M., Hamada. W., Adnan Al-Yassin., Ouabbou. Labhilili. H. M., & Andrew L. Phillips. (2009). MUTATION DISCOVERY FOR CROP IMPROVEMENT. *Journal of Experimental Botany*. 60(10):2817–25.

- Pathirana, R., & Carimi, F. (2022). PLANT MUTATION BREEDING IN THE ERA OF GENOME EDITING. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 149, 451–474
- Widyaningtyas N. W., Moeljani I. R., Sulistiyono A., (2021). KERAGAMAN GENETIK TANAMAN BAWANG MERAH (*ALLIUM ASCALONICUM* L.) VARIETAS BAUJI HASIL IRADIASI SINAR GAMMA 60CO (GENERASI 5). *Agrosainstek*. 7(2). 48-60.
- Zaka R., Chenal C., Misset T. M.,. (2004). EFFECTS OF LOW DOSES OF SHORT-TERM GAMMA IRRADIATION ON GROWTH AND DEVELOPMENT THROUGH TWO GENERATIONS OF PISUM SATIVUM. *Sci. Total Environ*. 320(2). 121–129.