

Induksi Mutasi Sinar Gamma dan Seleksi Tanaman Okra Merah untuk Perbaikan Daya Hasil

Gamma Rays Induced Mutation and Selection on Red Okra for Yield Improvements

Pipit Werdhiwati¹, Surjono Hadi Sutjahjo^{2*}, dan Desta Wirnas²

Diterima 23 Desember 2019/Disetujui 12 Maret 2020

ABSTRACT

Okra is a Malvaceae plant that has antidiabetic activity which can reduce and stabilize blood sugar levels. Glibenclamide content in ethanol extracts of okra is known to stimulate insulin secretion from beta cells. The availability of okra in Indonesia is still limited and need to improve the production. Induced mutation technique is an alternative way to increase okra diversity which the existence of genetic material is very limited. The purpose of this research is to get information about LD₅₀ and selection best individu. The study was conducted by irradiation of okra seeds at dose of 0 to 900 Gy and LD₅₀ analysis, then re-irradiated at LD₅₀ doses. The results showed that LD₅₀ values on red okra plant were 574.08 Gy. The coefficients of genetic variety were high in the nodes and fruits number. The character of nodes number is closely related to the fruits number caused by direct influence. Based on correlation, path coefficients, and heritability values, the character of nodes number was recommended to be used as a criteria selection for obtaining okra lines with potentially high yield.

Key words: correlation, heritability, LD₅₀, path analysis

ABSTRAK

Okra merupakan tanaman dari suku Malvaceae yang memiliki aktivitas antidiabetik, dapat menurunkan dan menstabilkan kadar gula darah. Kandungan glibenclamide yang terdapat pada ekstrak etanol buah okra dapat merangsang sekresi insulin dari sel beta. Ketersediaan okra di Indonesia masih terbatas dan perlu ditingkatkan produksinya. Teknik induksi mutasi menjadi alternatif untuk meningkatkan keragaman tanaman okra yang keberadaan materi genetiknya sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi LD₅₀ dan seleksi individu terbaik tanaman okra untuk perbaikan daya hasil. Dosis iradiasi sinar gamma yang diaplikasikan pada benih okra yaitu 0 Gy hingga 900 Gy dan dilakukan analisis LD₅₀, kemudian dilakukan iradiasi kembali pada dosis LD₅₀. Hasil penelitian diperoleh nilai LD₅₀ sebesar 574.08 Gy. Keragaman genetik yang tinggi hanya ditunjukkan pada karakter jumlah buku dan jumlah buah. Karakter jumlah buku berhubungan erat dengan jumlah buah disebabkan oleh pengaruh langsung. Berdasarkan nilai korelasi, koefisien lintas, dan heritabilitas, karakter jumlah buku digunakan sebagai kriteria seleksi untuk mendapatkan galur okra berdaya hasil tinggi.

Kata kunci: analisis sidik lintas, heritabilitas, korelasi, LD₅₀

PENDAHULUAN

Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) merupakan salah satu tanaman yang dapat mencegah dan mengobati penyakit diabetes mellitus (DM). Buah okra dapat

menurunkan dan menstabilkan kadar gula darah (Khatun *et al.*, 2010; Indah, 2011; Jain *et al.*, 2012) dan memiliki aktivitas antidiabetik (Subrahmanyam *et al.*, 2011; Gemede *et al.*, 2014). Kandungan *glibenclamide* yang terdapat pada ekstrak

¹Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

E-mail : surjonoagh@apps.ipb.ac.id (*penulis korespondensi)

etanol dari buah okra dapat merangsang sekresi insulin dari sel beta (Jain *et al.*, 2017). Sel beta adalah sel yang terdapat pada pankreas berfungsi dalam sintesis dan sekresi insulin (Banjarnahor dan Wangko, 2012).

Terdapat dua jenis okra berdasarkan warna buahnya, yaitu okra merah dan okra hijau. Buah muda okra telah berkembang menjadi salah satu jenis sayuran yang diminati oleh masyarakat karena nilai nutrisinya sangat bermanfaat untuk kesehatan. Buah okra memiliki kandungan antioksidan utama yaitu vitamin C, vitamin E, karotenoid, dan senyawa fenolik berupa flavonoid (Gemedede *et al.*, 2014). Buah okra kaya akan protein, kalsium, potassium (Sengkhampan *et al.*, 2009), vitamin K, vitamin B, asam folat (Zaharuddin *et al.*, 2014), vitamin A, dan beta karoten (Messing *et al.*, 2014).

Peningkatan produksi okra melalui perbaikan potensi hasil masih perlu dilakukan. Penggunaan varietas unggul berdaya hasil tinggi adalah salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk perbaikan produktivitas. Sampai saat ini jumlah varietas yang dilepas untuk tanaman okra masih terbatas yaitu okra hijau varietas Garibar dan varietas hasil pemuliaan tanaman terdaftar Naila IPB dan Zahira IPB (PVTTPP, 2017).

Varietas unggul dapat diperoleh melalui mutasi untuk menghasilkan populasi yang memiliki keragaman lalu dilanjutkan dengan seleksi untuk memilih genotipe yang diinginkan. Penggunaan teknik mutasi untuk menginduksi keragaman membutuhkan informasi LD₅₀, yaitu dosis yang menyebabkan 50% individu dalam populasi mengalami kematian. Induksi keragaman dilakukan menggunakan dosis sekitar LD₅₀. Beberapa penelitian tentang LD₅₀ pada tanaman okra, yaitu LD₅₀ ditetapkan pada paparan 770 gy dan 580 gy (Norfadzrin *et al.*, 2007), 500 gy (Pushparajan *et al.*, 2014), dan 720 gy (Asare *et al.*, 2017).

Perbaikan potensi hasil tanaman okra ditujukan untuk meningkatkan jumlah buah muda per tanaman. Seleksi dapat dilakukan berdasarkan jumlah buah atau karakter lain yang berkorelasi dengan jumlah buah.

Sampai saat ini penggunaan teknik mutasi dalam pemuliaan okra masih sangat jarang sehingga penelitian ini menjadi penting, khususnya untuk mendapatkan informasi tentang LD₅₀, tingkat keragaman, dan kendali

genetik terhadap karakter komponen hasil dan hasil pada tanaman okra. Informasi tentang keragaman dan kendali genetik diperlukan menentukan karakter seleksi yang efektif agar dapat memperbaiki potensi hasil pada tanaman okra. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang LD₅₀ dan seleksi individu terbaik tanaman okra untuk perbaikan daya hasil.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Leuwikopo IPB, Bogor, Jawa Barat dengan ketinggian 196 m dpl pada bulan Desember 2016 sampai Oktober 2017. Induksi mutasi dilaksanakan di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR), Badan tenaga nuklir nasional (BATAN). Bahan genetik yang digunakan adalah benih okra merah. Benih diiradiasi menggunakan irradiator Gamma Chamber 4000 A. Dosis iradiasi sinar gamma yang diaplikasikan pada benih okra, yaitu 0 Gy, 100 Gy, 200 Gy, 300 Gy, 400 Gy, 500 Gy, 600 Gy, 700 Gy, 800 Gy, dan 900 Gy.

Benih yang telah diiradiasi (benih M1) disemai pada nampan semai, masing-masing sebanyak 100 benih, diamati daya tumbuhnya dan dilakukan analisis LD₅₀. Penentuan LD₅₀ dilakukan menggunakan metode *Best Curve Fit Analysis*. Nilai LD₅₀ pada percobaan ini diperoleh dari ratio tanaman yang hidup terhadap total tanaman pada minggu ke dua pengamatan yang dianalisis menggunakan *software Curve Expert*.

Percobaan selanjutnya adalah iradiasi kembali pada dosis mendekati LD₅₀. Tanaman yang hidup pada generasi ini adalah tanaman M1. Benih yang dipanen dari tanaman M1 ditanam kembali sebagai tanaman M2. Masing-masing generasi ditanam pada bedengan dengan ukuran 5 m x 1 m dengan jarak tanam 0.5 x 1 meter. Bibit dipindahkan ke lapang umur ± 2 minggu. Pengendalian organisme pengganggu tanaman dilakukan secara fisik dan kimiawi sesuai dengan serangan, jenis hama dan penyakit yang menyerang tanaman okra. Pemanenan dilakukan setiap hari selama kurang lebih 3 bulan masa panen terhadap buah okra yang layak konsumsi, yaitu dengan kriteria telah berumur 5 hari setelah antesis.

Karakter yang diamati yaitu tinggi tanaman (cm), panjang petiol (cm), diameter petiol (cm), jumlah buku, panjang ruas batang (cm), diameter batang (cm), umur awal berbunga (HST), jumlah buah per tanaman, bobot buah (g), panjang buah (cm), diameter buah pada panen kedua (cm), dan jumlah biji per buah. Data kuantitatif yang diperoleh dari populasi M1 dianalisis nilai tengah dan simpangan baku, serta dilakukan uji *t-student* dengan taraf nyata 5% untuk dibandingkan dengan populasi tetuanya.

Data kuantitatif yang diperoleh dari populasi M2 dianalisis untuk pendugaan nilai ragam, heritabilitas, dan koefisien keragaman genetik (KKG) serta analisis korelasi dan sidik lintas. Perhitungan nilai ragam genotipe dilakukan berdasarkan persamaan:

$$\sigma^2 g = \sigma^2 p - \sigma^2 e = \sigma^2 M2 - \sigma^2 M0.$$

Keterangan: $\sigma^2 g$ = ragam genetik, $\sigma^2 p$ = ragam fenotipe, $\sigma^2 e$ = ragam lingkungan. Perhitungan heritabilitas dalam arti luas dihitung menggunakan persamaan:

$$h^2 bs = \sigma^2 g / \sigma^2 p. \text{ Keterangan: } h^2 bs = \text{heritabilitas}$$

arti luas, $\sigma^2 g$ = ragam genetik, $\sigma^2 p$ = ragam fenotipe. Nilai heritabilitas dikelompokkan sebagai berikut: $0 < h^2 < 20\%$ (rendah); $20\% < h^2 < 50\%$ (sedang); $50\% < h^2 < 100\%$ (tinggi).

KKG dihitung berdasarkan persamaan: $KKG = \frac{\sigma_g}{\bar{x}} \times 100\%$. Keterangan: KKG = koefisien

keragaman genetik, \bar{X} = nilai tengah seluruh genotipe. Analisis korelasi Pearson dilakukan untuk mengetahui keeratan hubungan antar karakter yang diamati yang diuji pada taraf $\alpha = 5\%$ dan $\alpha = 1\%$. Analisis lintas dilakukan berdasarkan metode matriks Singh dan Chaudhary (1977).

Selanjutnya dilakukan seleksi untuk memilih individu terbaik. Dugaan kemajuan genetik dihitung berdasarkan rumus kemajuan seleksi, yaitu $\Delta G = Sh^2$, $\% \Delta G = \frac{\Delta G}{\bar{x}_p} \times 100\%$, dimana $S = | \bar{x}_t - \bar{x}_p |$. Keterangan: ΔG = kemajuan seleksi, S = diferensial seleksi, h^2 = heritabilitas, \bar{x}_p = nilai tengah populasi awal, \bar{x}_t = nilai tengah populasi terseleksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dosis LD₅₀ Tanaman Okra

Pengaruh iradiasi terhadap benih okra adalah penurunan jumlah daya tumbuh tanaman. Hal ini sejalan dengan hasil yang dilaporkan oleh Elangovan dan Pavadai (2015) pada tanaman okra bahwa semakin tinggi dosis sinar gamma yang diberikan semakin tinggi jumlah tanaman yang tidak mampu tumbuh atau letal.

Persentase tanaman hidup pada masing-masing dosis iradiasi terdapat pada Tabel 1. Analisis data menggunakan *Best Curve fit analysis* data persentase tanaman hidup hingga 2 MST diperoleh nilai LD₅₀ tanaman okra merah sebesar 574.08 Gy. Persamaan matematika yang diperoleh melalui analisis *Curve-fit* adalah $Y = 92.79 - 0.13X + 0.000115X^2$. Penentuan dosis letal merupakan faktor penting yang harus diketahui untuk memperoleh mutan yang diinginkan. Secara teoritis dan diperkuat dengan beberapa hasil penelitian, kisaran LD₂₀-LD₅₀ dapat menghasilkan keragaman tertinggi. Romeida *et al.* (2012) melaporkan iradiasi sinar gamma dengan dosis sekitar LD₅₀ (34.40 – 49.33 Gy) pada tanaman anggrek *Spathoglottis plicata* Blume menghasilkan keragaman pada bentuk dan warna bunga. Anshori *et al.* (2014) melaporkan bahwa pertumbuhan jumlah daun kunyit memiliki keragaman tertinggi pada dosis perlakuan 50 Gy (LD₅₀ 47.5 Gy). Karyanti *et al.* (2015) melaporkan bahwa dosis 70 Gy (LD₅₀ 75.31 Gy) menghasilkan populasi planlet jeruk dengan keragaman yang luas. Astuti *et al.* (2019) melaporkan dosis sekitar LD₂₀-LD₅₀ (300-500 Gy) ditentukan sebagai dosis optimum dalam meningkatkan keragaman genetik pada tanaman sorgum genotipe KS dan SMM. Berdasarkan hasil penentuan LD₅₀, maka ditetapkan dosis iradiasi untuk meningkatkan keragaman okra adalah dosis 550 Gy, yaitu 24.08 Gy di bawah dosis LD₅₀.

Tabel 1. Daya tumbuh tanaman okra merah 2 minggu setelah tanam akibat berbagai dosis iradiasi sinar gamma

| Dosis (Gy) | Tanaman Hidup (%) | Dosis (Gy) | Tanaman Hidup (%) | LD ₅₀ |
|------------|-------------------|------------|-------------------|------------------|
| 0 | 100 | 500 | 54 | 574.08 Gy |
| 100 | 75 | 600 | 43 | |
| 200 | 54 | 700 | 68 | |
| 300 | 86 | 800 | 75 | |
| 400 | 64 | 900 | 64 | |

Tabel 2. Nilai tengah dan simpangan baku karakter agronomi tanaman okra merah kontrol dan M1

| Karakter | Kontrol | M1 |
|--------------------------|----------------|-----------------------------|
| Umur awal berbunga (HST) | 38.45 ± 3.07 | 54.11 ± 9.74 * |
| Tinggi tanaman (cm) | 145.80 ± 21.10 | 103.60 ± 24.9 * |
| Diameter batang (mm) | 25.62 ± 3.54 | 17.80 ± 3.60 * |
| Panjang ruas batang (mm) | 5.27 ± 0.59 | 4.26 ± 1.08 * |
| Jumlah daun | 37.80 ± 5.53 | 39.20 ± 13.10 ^{tn} |
| Jumlah buku | 57.35 ± 8.92 | 49.30 ± 17.50 * |
| Panjang petiol (cm) | 36.15 ± 4.04 | 25.74 ± 6.20 * |
| Diameter petiol (mm) | 6.66 ± 0.78 | 5.09 ± 0.88 * |
| Jumlah buah per tanaman | 46.45 ± 10.20 | 14.97 ± 7.55 * |
| Bobot buah (g) | 13.03 ± 2.86 | 8.97 ± 2.61 * |
| Panjang buah (cm) | 9.12 ± 1.11 | 7.79 ± 1.16 * |
| Diameter buah (mm) | 17.73 ± 1.69 | 16.96 ± 2.54 * |
| Jumlah biji per polong | 56.70 ± 7.00 | 23.40 ± 13.90 * |

Keterangan: * berbeda nyata berdasarkan uji t pada taraf 5%, ^{tn} tidak berbeda nyata berdasarkan uji t pada taraf 5%, M1= generasi pertama hasil iradiasi.

Keragaan Populasi M1

Berdasarkan data rata-rata pada populasi M1 terlihat bahwa tinggi tanaman berbeda nyata lebih rendah dibandingkan populasi M0 (Tabel 2). Menurut Aisyah (2013), tinggi tanaman yang semakin menurun akibat iradiasi merupakan indikator yang paling umum untuk melihat efek dari mutagen. Keterlambatan kemunculan bunga serta menurunnya tinggi tanaman, diameter batang, jumlah buah, bobot buah pada populasi M1 ini diduga terjadi karena adanya gangguan fisiologis (Tabel 2). Anggraito dan Pukan (2015) menyatakan bahwa gangguan keterlambatan munculnya bunga diduga karena adanya gangguan pada sistem enzim atau organel.

Keragaman dan Heritabilitas Populasi M2

Barmawi *et al.* (2013) menyatakan bahwa keragaman genetik suatu karakter dapat dilihat dari seberapa luas kisaran nilai tengah karakter tersebut. Rentang antara nilai minimum dan maksimum dari setiap karakter menunjukkan tingkat keragaman fenotipe.

Berdasarkan nilai minimum dan maksimum pada setiap karakter di populasi M2 (Tabel 3) terdapat individu-individu dengan nilai fenotipe melebihi tetua (M0).

Keragaan populasi okra populasi M0 dan M2 dapat dilihat pada Tabel 3. Hampir semua karakter agronomi populasi M2 memiliki nilai rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan M0. Penelitian ini menunjukkan bahwa induksi mutasi berhasil memperbaiki nilai tengah pada populasi M2.

Peran faktor genetik dalam membentuk keragaman dapat dianalisis dengan menduga nilai heritabilitas. Menurut Salieman (2012) nilai heritabilitas dapat menampilkan karakter fenotipik sebagai pengaruh genetik sehingga nilai heritabilitas sangat diperlukan sebagai informasi dasar dalam seleksi tanaman. Roy (2000) menyatakan bahwa nilai heritabilitas rendah hingga sedang memiliki pengaruh faktor lingkungan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan faktor genetiknya, sedangkan nilai heritabilitas yang tinggi memiliki pengaruh genetik lebih tinggi dibandingkan faktor lingkungan.

Tabel 3. Rekapitulasi rata-rata dan rentang nilai karakter agronomi populasi M2 tanaman okra merah akibat berbagai dosis iradiasi sinar gamma

| Karakter | Kontrol (M0) | | M2 | | | | |
|--------------------------|--------------|--------|-----------|-----------------------|-------|--------|--|
| | Rata-rata | | Rata-rata | | Min. | Maks. | |
| Umur awal berbunga (HST) | 49.24 | ± 5.41 | 51.65 | ± 7.49 ^{tn} | 27.00 | 69.00 | |
| Tinggi tanaman (cm) | 55.19 | ± 9.30 | 57.31 | ± 17.92 ^{tn} | 20.00 | 124.00 | |
| Diameter batang (mm) | 9.35 | ± 1.86 | 11.50 | ± 4.13* | 2.89 | 29.25 | |
| Panjang ruas batang (cm) | 3.86 | ± 0.71 | 3.96 | ± 1.10 ^{tn} | 1.78 | 12.42 | |
| Jumlah daun | 20.00 | ± 7.31 | 23.63 | ± 10.52 ^{tn} | 8.00 | 67.00 | |
| Jumlah buku | 24.76 | ± 7.59 | 29.63 | ± 13.69* | 12.00 | 89.00 | |
| Panjang petiol (cm) | 15.90 | ± 3.33 | 17.41 | ± 5.59 ^{tn} | 6.00 | 35.00 | |
| Diameter petiol (mm) | 3.13 | ± 0.69 | 3.21 | ± 0.93 ^{tn} | 1.19 | 6.49 | |
| Jumlah buah | 7.57 | ± 2.27 | 9.31 | ± 6.11* | 2.00 | 38.00 | |
| Bobot buah (g) | 13.06 | ± 3.90 | 14.82 | ± 3.92 ^{tn} | 4.08 | 25.56 | |
| Panjang buah (cm) | 10.69 | ± 1.49 | 10.70 | ± 1.41 ^{tn} | 5.90 | 13.92 | |
| Diameter buah (mm) | 17.71 | ± 1.30 | 19.07 | ± 1.93 ^{tn} | 13.34 | 26.46 | |

Keterangan: * berbeda nyata berdasarkan uji t pada taraf 5%, ^{tn} tidak berbeda nyata berdasarkan uji t pada taraf 5%, M0= tanaman kontrol (tanpa diradiasi), M2= tanaman generasi kedua setelah diradiasi.

Tabel 4. Parameter genetik okra merah populasi M2

| Karakter | σ^2_p | σ^2_e | σ^2_g | KKG | $h^2_{bs}(\%)$ |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|-------|----------------|
| Tinggi tanaman (cm) | 106.59 | 28.85 | 77.74 | 15.45 | 72.93 |
| Diameter batang (mm) | 5.83 | 1.15 | 4.68 | 19.24 | 80.31 |
| Panjang ruas batang (mm) | 0.40 | 0.10 | 0.30 | 13.83 | 74.04 |
| Jumlah daun | 37.16 | 17.83 | 19.32 | 18.94 | 52.00 |
| Jumlah buku | 62.97 | 19.20 | 43.77 | 22.77 | 69.51 |
| Panjang petiol (cm) | 10.45 | 3.70 | 6.76 | 15.08 | 64.63 |
| Diameter petiol (mm) | 0.29 | 0.16 | 0.13 | 11.13 | 44.28 |
| Umur awal berbunga (HST) | 18.82 | 9.76 | 9.06 | 5.86 | 48.13 |
| umur panen (HST) | 36.94 | 9.76 | 27.18 | 9.25 | 73.57 |
| Jumlah buah per tanaman | 12.50 | 1.72 | 10.78 | 36.05 | 86.25 |
| Bobot buah (g) | 5.17 | 1.24 | 3.93 | 13.53 | 75.97 |
| Panjang buah (cm) | 0.66 | 0.16 | 0.51 | 6.64 | 76.34 |
| Diameter buah (mm) | 1.31 | 0.56 | 0.75 | 4.57 | 57.12 |

Nilai duga heritabilitas pada populasi M2 tergolong tinggi pada semua karakter, kecuali pada karakter diameter petiol dan umur berbunga tergolong sedang (Tabel 4). Dalam penelitian heritabilitas yang tinggi tidak diikuti dengan nilai KKG yang tinggi pula. Menurut Kumar dan Arumugam (2013) seleksi akan efektif pada karakter dengan nilai KKG tergolong tinggi, yaitu lebih dari 20%. Hartati *et al.* (2012) menyatakan bahwa karakter yang memiliki nilai koefisien keragaman genetik yang tinggi diduga memiliki keragaman genetik dan heritabilitas yang tinggi. Dalam penelitian dilaporkan bahwa jumlah buku dan jumlah buah memiliki nilai heritabilitas dan KKG yang tergolong tinggi.

Karakter Penentu Potensi Hasil pada Populasi M2

Karakter yang berkontribusi terhadap jumlah buah muda tanaman okra ditentukan berdasarkan hasil sidik lintas. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh langsung terbesar disumbangkan oleh jumlah buku. Hal yang sama terjadi pada jumlah pengaruh total koefisien lintas untuk masing-masing komponen terlihat bahwa jumlah buku memiliki nilai total terbesar (Tabel 5).

Tabel 5. Pengaruh langsung dan pengaruh tidak langsung karakter komponen hasil terhadap karakter jumlah buah

| Peubah | Pengaruh Langsung | Pengaruh Tidak Langsung Melalui Peubah | | | | | Pengaruh Total |
|--------|-------------------|--|-------|-------|-------|------|----------------|
| | | JD | JB | PB | DBU | UB | |
| JD | -0.46 | | 1.03 | 0.05 | 0.07 | 0.03 | 0.72 |
| JB | 1.06 | -0.45 | | 0.05 | 0.08 | 0.04 | 0.77 |
| PB | 0.10 | -0.22 | 0.49 | | 0.07 | 0.02 | 0.46 |
| DBU | 0.18 | -0.19 | 0.46 | 0.04 | | 0.02 | 0.50 |
| UB | -0.18 | 0.09 | -0.21 | -0.01 | -0.02 | | -0.33 |
| Sisaan | | | | 0.32 | | | |

Keterangan: JD=Jumlah daun, JB=Jumlah buku, PB=Panjang buah, DBU=Diameter buah, UB=Umur berbunga.

Koefisien lintas jumlah buku adalah 1.06 (sangat tinggi), sedangkan nilai pengaruh total 0.77. Pengaruh tidak langsung dari jumlah buku melalui komponen jumlah daun mempunyai nilai (-0.45), melalui komponen panjang buah mempunyai nilai 0.05, melalui komponen diameter buah mempunyai nilai 0.08, sedangkan melalui komponen umur berbunga mempunyai nilai 0.04. Nilai *residual effect* atau sisaan sebesar 0.32 menunjukkan bahwa karakter jumlah daun, jumlah buku, panjang buah, diameter buah dan umur awal berbunga mampu menjelaskan 0.68 pengaruhnya terhadap jumlah buah atau dapat dinyatakan bahwa sebesar 32% jumlah buah dipengaruhi oleh karakter lain yang tidak dapat dijelaskan pada analisis sidik lintas yang dilakukan. Nilai *residual effect* mendekati nilai nol artinya, analisis sidik lintas yang digunakan semakin efektif menjelaskan sebab akibat dari nilai korelasi, serta karakter yang diamati semakin efektif menjelaskan nilai-nilai pengaruh langsung maupun tak langsung (Rochaeni dan Permadi, 2012).

Penggunaan analisis korelasi dan analisis sidik lintas untuk mempelajari keeratan hubungan antar karakter komponen hasil dan daya hasil serta untuk mengembangkan kriteria seleksi telah banyak dilakukan pada berbagai jenis tanaman seperti kedelai, cabai, terung, bunga matahari, jarak (Wirnas *et al.*, 2006; Syukur *et al.*, 2010; Putri *et al.*, 2017; Kartika dan Ardiarini, 2019; Kurniawan *et al.*, 2019). Menurut Boer (2011) karakter-karakter yang efektif dijadikan sebagai kriteria seleksi bila mempunyai pengaruh langsung yang tinggi, mempunyai nilai korelasi yang tinggi dan nyata terhadap produksi, dan selisih antara nilai korelasi

dengan pengaruh langsungnya kurang dari 0.05. Jika ketiga hal tersebut dipenuhi, maka karakter tersebut sangat efektif sebagai kriteria seleksi untuk menduga hasil. Karakter seleksi juga harus memiliki nilai heritabilitas yang tinggi sehingga akan diwariskan pada generasi berikutnya.

Berdasarkan nilai heritabilitas dan pengaruh langsungnya terhadap jumlah buah muda, maka seleksi untuk perbaikan potensi dapat dilakukan melalui jumlah buah atau jumlah buku. Hasil seleksi awal mutan-mutan okra merah berdasarkan karakter jumlah buku diperoleh 30 mutan putatif potensial (Tabel 6). Diharapkan hasil seleksi pada populasi M2 ini akan menghasilkan individu terpilih yang superioritasnya disebabkan oleh faktor genetik.

Nilai dugaan kemajuan seleksi (Tabel 7) yang paling besar terdapat pada karakter tinggi tanaman yaitu 16.40, diikuti karakter jumlah buku (15.41), jumlah daun (8.72) dan jumlah buah (6.20). Rata-rata tinggi tanaman populasi M2 sebesar 57.31 cm diperkirakan mengalami kenaikan nilai sebesar 16.40 cm pada populasi M3, yaitu menjadi 73.71 cm. Rataan jumlah buah per tanaman populasi M2 adalah 9.31 dan setelah satu siklus seleksi atau pada populasi M3 diperkirakan terjadi peningkatan sebesar 6.20 menjadi 15.51 buah per tanaman.

Secara umum hasil penelitian ini menunjukkan bahwa induksi mutasi telah berhasil membentuk populasi M2 dengan tingkat keragaman genetik yang tinggi. Seleksi pada populasi M2 menghasilkan genotipe terpilih yang memiliki keragaman lebih baik dari tetuanya.

Tabel 6. Karakter mutan okra merah putatif potensial hasil seleksi awal berdasarkan karakter jumlah buku

| Genotype | JB | PPL | DPL | TT | DB | JD | PR | JBU | BU | PB | DBU | UB |
|----------|-------|-------|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| M2M-70 | 89.00 | 31.00 | 4.74 | 97.00 | 24.12 | 56.00 | 3.76 | 28.00 | 19.98 | 12.58 | 21.13 | 57.00 |
| M2M-96 | 82.00 | 30.00 | 4.99 | 92.00 | 22.64 | 67.00 | 4.12 | 38.00 | 24.59 | 12.68 | 23.98 | 46.00 |
| M2M-62 | 76.00 | 23.00 | 2.77 | 124.00 | 22.13 | 45.00 | 4.18 | 23.00 | 18.15 | 12.28 | 21.30 | 43.00 |
| M2M-54 | 70.00 | 34.00 | 6.49 | 89.00 | 19.20 | 52.00 | 4.04 | 23.00 | 19.00 | 12.24 | 19.75 | 43.00 |
| M2M-108 | 61.00 | 26.00 | 4.18 | 76.00 | 16.07 | 50.00 | 4.52 | 17.00 | 20.66 | 11.20 | 20.79 | 49.00 |
| M2M-115 | 58.00 | 20.00 | 4.56 | 51.00 | 15.94 | 52.00 | 3.22 | 10.00 | 18.85 | 11.92 | 19.18 | 47.00 |
| M2M-65 | 57.00 | 28.00 | 5.28 | 92.00 | 20.72 | 40.00 | 5.12 | 21.00 | 21.46 | 12.34 | 19.52 | 42.00 |
| M2M-110 | 56.00 | 21.00 | 3.98 | 60.00 | 13.98 | 49.00 | 4.22 | 16.00 | 18.20 | 12.98 | 17.99 | 47.00 |
| M2M-103 | 54.00 | 28.00 | 4.02 | 104.00 | 17.21 | 41.00 | 5.12 | 19.00 | 14.58 | 11.22 | 18.20 | 46.00 |
| M2M-55 | 52.00 | 29.00 | 4.58 | 83.00 | 19.42 | 42.00 | 12.42 | 22.00 | 18.82 | 10.32 | 21.93 | 49.00 |
| M2M-63 | 52.00 | 24.00 | 4.04 | 87.00 | 21.44 | 33.00 | 4.10 | 19.00 | 25.18 | 9.90 | 26.46 | 42.00 |
| M2M-97 | 52.00 | 27.00 | 4.06 | 112.00 | 17.02 | 38.00 | 3.94 | 22.00 | 15.32 | 11.16 | 19.71 | 44.00 |
| M2M-98 | 52.00 | 29.00 | 4.02 | 96.00 | 15.65 | 34.00 | 3.82 | 28.00 | 15.20 | 10.28 | 20.75 | 40.00 |
| M2M-99 | 51.00 | 27.00 | 4.68 | 76.00 | 13.96 | 40.00 | 4.54 | 14.00 | 21.01 | 12.48 | 21.93 | 54.00 |
| M2M-134 | 50.00 | 20.00 | 3.62 | 92.00 | 19.02 | 37.00 | 4.44 | 21.00 | 16.06 | 12.72 | 19.78 | 43.00 |
| M2M-107 | 49.00 | 22.00 | 4.65 | 60.00 | 13.45 | 43.00 | 3.74 | 9.00 | 19.14 | 11.24 | 20.21 | 59.00 |
| M2M-95 | 48.00 | 24.00 | 3.90 | 95.00 | 15.83 | 36.00 | 4.68 | 15.00 | 19.11 | 12.92 | 20.77 | 49.00 |
| M2M-136 | 48.00 | 22.00 | 3.88 | 76.00 | 15.19 | 40.00 | 3.40 | 12.00 | 19.02 | 12.30 | 17.83 | 44.00 |
| M2M-93 | 46.00 | 20.00 | 3.24 | 60.00 | 13.39 | 38.00 | 4.10 | 12.00 | 14.32 | 12.42 | 17.70 | 50.00 |
| M2M-133 | 46.00 | 20.00 | 3.58 | 87.00 | 20.92 | 40.00 | 3.88 | 12.00 | 16.43 | 12.52 | 19.02 | 63.00 |
| M2M-12 | 44.00 | 31.00 | 4.80 | 93.00 | 17.12 | 33.00 | 4.70 | 20.00 | 17.49 | 11.12 | 21.08 | 44.00 |
| M2M-69 | 42.00 | 35.00 | 5.37 | 93.00 | 29.25 | 35.00 | 3.30 | 5.00 | 23.36 | 12.28 | 22.55 | 57.00 |
| M2M-116 | 42.00 | 15.00 | 3.02 | 65.00 | 10.98 | 36.00 | 3.84 | 11.00 | 15.18 | 11.28 | 19.38 | 49.00 |
| M2M-105 | 41.00 | 25.00 | 4.56 | 78.00 | 11.62 | 36.00 | 4.40 | 12.00 | 17.56 | 11.90 | 20.05 | 46.00 |
| M2M-109 | 40.00 | 17.00 | 2.09 | 52.00 | 10.92 | 35.00 | 3.78 | 9.00 | 10.23 | 8.90 | 17.53 | 47.00 |
| M2M-114 | 40.00 | 17.00 | 3.60 | 49.00 | 9.46 | 34.00 | 4.42 | 8.00 | 14.93 | 10.86 | 19.52 | 54.00 |
| M2M-119 | 40.00 | 18.00 | 3.04 | 72.00 | 13.31 | 33.00 | 4.48 | 14.00 | 21.25 | 12.04 | 22.65 | 43.00 |
| M2M-128 | 39.00 | 18.00 | 2.68 | 71.00 | 13.42 | 33.00 | 3.56 | 10.00 | 18.34 | 13.00 | 19.25 | 44.00 |
| M2M-131 | 39.00 | 13.00 | 2.21 | 39.00 | 9.77 | 33.00 | 2.46 | 8.00 | 13.02 | 9.30 | 18.87 | 49.00 |
| M2M-59 | 38.00 | 24.00 | 3.78 | 73.00 | 17.55 | 31.00 | 4.24 | 17.00 | 20.78 | 11.04 | 23.32 | 52.00 |

Keterangan: JB=Jumlah buku, PPL=Panjang petiol, DPL=Diameter petiol, TT=Tinggi tanaman, DB=Diameter batang, JD=Jumlah daun, PR=Panjang ruas, JBU=Jumlah buah, BU=Bobot buah, PB=Panjang buah, DBU=Diameter buah, UB=Umur berbunga.

Tabel 7. Dugaan kemajuan seleksi pada populasi M3 hasil seleksi

| Karakter | \bar{x}_p | \bar{x}_t | S | ΔG | % ΔG |
|----------------------|-------------|-------------|-------|------------|--------------|
| Jumlah buku | 29.63 | 51.80 | 22.17 | 15.41 | 51.99 |
| Panjang petiol (cm) | 17.41 | 23.93 | 6.52 | 4.22 | 24.22 |
| Diameter petiol (mm) | 3.21 | 4.01 | 0.80 | 0.35 | 11.01 |
| Tinggi tanaman (cm) | 57.31 | 79.80 | 22.49 | 16.40 | 28.61 |
| Diameter batang (mm) | 11.50 | 16.69 | 5.19 | 4.17 | 36.25 |
| Jumlah daun | 23.63 | 40.40 | 16.77 | 8.72 | 36.89 |
| Panjang ruas (mm) | 3.96 | 4.35 | 0.39 | 0.29 | 7.31 |
| Jumlah buah | 9.31 | 16.50 | 7.19 | 6.20 | 66.54 |
| Bobot buah (g) | 14.82 | 18.24 | 3.42 | 2.60 | 17.56 |
| Panjang buah (cm) | 10.70 | 11.65 | 0.94 | 0.72 | 6.72 |
| Diameter buah (mm) | 19.07 | 20.40 | 1.33 | 0.76 | 3.99 |
| Umur berbunga (HST) | 51.65 | 48.07 | -3.59 | -1.73 | -3.34 |

Keterangan: \bar{x}_p = nilai tengah populasi awal, \bar{x}_t = nilai tengah populasi terseleksi, S = diferensial seleksi, ΔG = kemajuan seleksi.

KESIMPULAN

Perlakuan iradiasi sinar gamma mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman M1. Nilai LD₅₀ tanaman okra merah adalah 574.08 Gy. Jumlah buku digunakan sebagai karakter seleksi berdasarkan nilai heritabilitas, koefisien korelasi, dan analisis sidik lintas. Seleksi pada populasi M2 menghasilkan 30 genotipe terpilih yang memiliki keragaan lebih baik dari tetuanya. Nilai tengah karakter jumlah buah per tanaman populasi okra merah sebelum dilakukan seleksi sebesar 9.31 dan setelah diseleksi sebesar 16.50.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S.I. 2013. Mutasi Induksi. p. 197-210. In M. Syukur, S. Sastrosumarjo (eds.). Sitogenetika Tanaman. IPB Press, Bogor. ID.
- Anggraito, Y.U., K.K. Pukan. 2015. Perubahan karakter kuantitatif *Mucuna pruriens* generasi M1 pasca iradiasi sinar gamma co-60. J. Saintek. 13(1):79-86.
- Anshori, S.R., S.I. Aisyah, L.K. Darusman. 2014. Induksi mutasi fisik dengan iradiasi sinar gamma pada kunyit (*Curcuma domestica* Val.). J. Hort. Indonesia. 5(3):84-94.
- Asare, A.T., F. Mensah, S. Acheampong, E. Asare-Bediako, J. Armah. 2017. Effects of gamma irradiation on agromorphological characteristics of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). Advances in Agriculture. Doi: org/10.1155/2017/2385106.
- Astuti, D., Y. Sulistyowati, S. Nugroho. 2019. Uji radiosensitivitas sinar gamma untuk menginduksi keragaman genetik sorgum berkadar lignin tinggi. J. Ilm. Apl. Isot. dan radiasi. 15(1):1-6.
- Banjarnahor, E., S. Wangko. 2012. Sel beta pankreas sintesis dan sekresi insulin. JBM. 4(3):156-162.
- Barmawi, M., A. Yushardi, N. Sa'diyah. 2013. Daya waris dan harapan kemajuan seleksi karakter agronomi kedelai generasi F2 hasil persilangan antara yellow bean dan taichung. J. Agrotek Tropika. 1(1):20-24.
- Boer, D. 2011. Analisis variabilitas genetik dan koefisien lintas berbagai karakter agronomi dan fisiologi terhadap hasil biji dari keragaman genetik 54 asesi jagung asal Indonesia timur. J. Agroteknos. 1(1):35-43.
- Elangovan, R., P. Pavadai. 2015. Effect of gamma rays on germination, morphological and yield characters of bhendi (*Abelmoschus Esculentus* L. Moench). Horticultural Biotechnology Research. 1:35-38.
- Gemedé, H.F., N. Ratta, G.D. Haki, Z. Ashagrie. 2014. Nutritional quality and health benefits of okra (*Abelmoschus esculentus*): A review. Global Journal Inc. 14(5):28-37.
- Hartati, R.S., A. Setiawan, B. Heliyanto, Sudarsono. 2012. Keragaman genetik, heritabilitas, dan korelasi antar karakter 10 genotipe terpilih jarak pagar (*Jatropha curcas* L.). Jurnal Littri. 18:74-80.
- Indah, M.A. 2011. Nutritional Properties of *Abelmoschus Esculentus* as Remedy to Manage Diabetes Mellitus: A Literature Review. IACSIT Press, Singapore.
- Jain, N., R. Jain, V. Jain, S. Jain. 2012. A review on: *Abelmoschus esculentus*. Pharmacia. 1(3):84-89.
- Jain, P., N. Jain, G. Parkhe, R. Jain. 2017. Antidiabetic potential of *Abelmoschus Esculentus* Linn. in alloxan-induced diabetic rat. International interdisciplinary conference on science technology engineering management pharmacy and humanities. Singapore, 22-23 April 2017.

- Kartika, M.M.C., N.R. Ardiarini. 2019. Korelasi dan sidik lintas pada hasil dan komponen hasil bunga matahari (*Helianthus Annuus* L.). *Plantropica Journal of Agricultural Science*. 4(2):115-124.
- Karyanti, A. Purwito, A. Husni. 2015. Radiosensitivitas dan seleksi mutan putatif jeruk keprok garut (*Citrus reticulata* L.) berdasarkan penanda morfologi. *J. Agron. Indonesia*. 43 (2):126-132.
- Khatun H, Md.A. Rahman, M. Biswas, Md.A.U. Islam. 2010. In-vitro study of the effects of viscous soluble dietary fibers of *Abelmoschus esculentus* L in lowering intestinal glucose absorption. *Bangladesh Pharmaceutical Journal*. 13(2):35-40.
- Kumar, S.R., T. Arumugam. 2013. Variability, heritability and genetic advance for fruit yield, quality and pest and disease incidence in eggplant. *Veg. Sci.* 40:111-113.
- Kurniawan, A.R.E., B. Waluyo, A. Soegianto. 2019. Korelasi dan sidik lintas komponen hasil terhadap hasil tanaman jarak kepyar lokal (*Ricinus communis* L.). *JPT*. 7(1):8-16.
- Messing, J., C. Thöle, M. Niehues, A. Shevtsova, E. Glocker, A. Hensel. 2014. Antiadhesive properties of *Abelmoschus esculentus* (Okra) immature fruit extract against *Helicobacter pylori* adhesion. *PLoS One*. 9(1):1-10.
- Norfadzrin, F., O.H. Ahmed, S. Shaharudin, D.A. Rahman. 2007. A preliminary study on gamma radiosensitivity of tomato (*Lycopersicon esculentum*) and okra (*Abelmoschus esculentus*). *IJAR*. 2:620-625.
- [PPVTP]. 2017. Daftar varietas hasil pemuliaan terdaftar. <http://pvtppt.setjen.pertanian.go.id/cms/wp-content/uploads/2012/09/VHP-sd-September2017>. [6 Desember 2019].
- Pushparajan, G., S. Surendran, M.K. Harinarayanan. 2014. Effect of gamma rays on yield attributing characters of Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *IJAR*. 2(5):535-540.
- Putri, F.D., Sobir, M. Syukur, A. Maharijaya. 2017. Pengembangan kriteria seleksi untuk perakitan terung (*Solanum melongena* L.) berdaya hasil tinggi. *J. Agron. Indonesia*. 45(2):182-187.
- Rochaeni, W.R., K. Permadi. 2012. Analisis sidik lintas beberapa karakter komponen hasil terhadap daya hasil padi sawah pada aplikasi agrisimba. *Agrotrop: J. Agriculture Science*. 2(2):185-190.
- Romeida, A., S.H. Sutjahjo, A. Purwito, D. Sukma, Rustikawati. 2012. Variasi genetik mutan anggrek *Spathoglottis plicata* Blume berdasarkan marker ISSR. *J. Agron. Indonesia*. 40:218-224.
- Roy, D. 2000. *Plant Breeding. Analysis and Exploitation of Variation*. Narosa Publishing House, New Delhi.
- Salieman, T.H., H.A.S.R. El-Gazzar, M.M. Dos. 2012. Efficiency of mass selection and selfing with selection breeding methods on improving some important characters of three eggplant cultivars. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci*. 12(3):342-351.
- Sengkhampan, N., R. Verhoef, H.A. Schols, T. Sajjaanantakul, A.G. Voragen. 2009. Characterisation of cell wall polysaccharides from okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *Carbohydr Res*. 344:1824-1832.
- Singh, R.K., B.D. Chaudhary. 1977. *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis*. Kalyani Publishers, New Delhi.
- Subrahmanyam, G.V., M. Sushma, A. Alekya, C. Neeraja, H.S.S Harsha, J. Ravindra. 2011. Antidiabetic activity of *Abelmoschus esculentus* fruit extract. *Int. J. of Research in Pharmacy and Chemistry*. 1(1):17-20.

- Syukur, M., S. Sujiprihati, R. Yuniarti, K. Nida. 2010. Pendugaan komponen ragam, heritabilitas dan korelasi untuk menentukan kriteria seleksi cabai (*Capsicum annuum* L.) populasi F5. J. Hort. Indonesia. 1(2):74-80.
- Wimas, D., I. Widodo, Sobir, Trikoesoemaningtyas, D. Sopandie. 2006. Pemilihan karakter agronomi untuk menyusun indeks seleksi pada 11 populasi kedelai generasi F6. Bul. Agron. 34(1):19-24.
- Zaharuddin, N.D., M.I. Noordin, A. Kadivar. 2014. The use of *Hibiscus esculentus* (okra) gum in sustaining the release of propranolol hydrochloride in a solid oral dosage form. BioMed Research International. 735891:1-8.