

Keragaman Karakter Agronomi Populasi M2 Kacang Hijau (*Vigna radiata* L. Wilczek)

Agronomic Trait Variability of Mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) M2 Population

Devi Tania¹, Siti Marwiyah^{2*}, Surjono Hadi Sutjahjo²

¹Program Studi Agronomi dan Hortikultura Departemen Agronomi dan Hortikultura,
Institut Pertanian Bogor (IPB *University*)

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, (IPB *University*)
Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

*Penulis Korespondensi: marwiyahs@apps.ipb.ac.id

Disetujui: 15 Januari 2023 / *Published Online* Mei 2023

ABSTRACT

Induction of physical mutations by gamma irradiation is one approach to increase genetic variability to support the selection process in plant breeding program. This study aims to evaluate the variability of agronomic trait and selection of M2 VR10 mungbean population. Evaluation of M2 VR10 derived from 880 Gy gamma irradiation was carried out at the Leuwikopo Experimental Garden, IPB from February to June 2018. A total of 480 M2 plants and 120 M0 plants (VR10) as controls are planted together. The M2 VR10 population showed variability for hypocotyl color, first leaf growth, presence of anthocyanin and trichome colors on stems and petioles, seed shape, seed color, and seed lustre. Genetic variability based on heritability was high (50.7-93.0%), identified in plant height characters (flowering time, first harvest, last harvest), flowering age, harvest age (first harvest, last harvest), harvest period, total pod weight, number of seeds per pod, total number of pods, and pod length. Selection of harvest period characters based on a selection frequency of 10% resulted 46 genotypes M2 with 13-31 days harvest period and gave a selection differential of -2.99.

Keywords: differential selection, harvest period, heritability, M0, selection frequency

ABSTRAK

Induksi mutasi fisik dengan iradiasi sinar gama merupakan salah satu pendekatan untuk meningkatkan keragaman genetik sehingga mendukung proses seleksi dalam program pemuliaan tanaman. Penelitian ini bertujuan mendapatkan informasi keragaman karakter agronomi dan seleksi populasi kacang hijau M2 VR10. Pengujian populasi M2 VR10 hasil iradiasi sinar gama 880 Gy dilaksanakan di Kebun Percobaan Leuwikopo IPB pada Februari hingga Juni 2018. Sebanyak 480 tanaman M2 dan 120 tanaman M0 (VR10) sebagai kontrol ditanam bersamaan. Populasi M2 VR10 menunjukkan keragaman karakter warna hipokotil, pertumbuhan daun pertama, keberadaan warna antosianin serta trikoma pada batang dan tangkai daun, bentuk biji, warna biji, dan kekilapan biji. Keragaman genetik berdasarkan nilai heritabilitas tergolong tinggi (50.7-93.0%), teridentifikasi pada karakter tinggi tanaman (saat berbunga, panen pertama, panen terakhir), umur berbunga, umur panen (panen pertama, panen terakhir), periode panen, bobot polong total, jumlah biji per polong, jumlah polong total, dan panjang polong. Seleksi karakter periode panen berdasarkan frekuensi seleksi 10% menghasilkan 46 genotipe M2-VR10 dengan periode panen 13-31 hari dan memberikan diferensial seleksi -2.99.

Kata kunci: frekuensi seleksi, heritabilitas, M0, periode panen, seleksi diferensial

PENDAHULUAN

Kacang hijau (*Vigna radiata* L. Wilczek) merupakan legum utama di Asia Selatan dan Asia Tenggara (Abbas *et al.* 2010; Nair *et al.* 2012). Sebagai pangan sumber protein, tanaman ini menempati urutan terpenting ketiga setelah kedelai

dan kacang tanah di Indonesia. Tanaman ini banyak dimanfaatkan sebagai bahan olahan utama, campuran makanan atau minuman, kosmetik juga obat-obatan baik oleh konsumen rumah tangga maupun industri. Biji kacang hijau kaya akan vitamin vitamin A, B, C, E, K, folat, zinc, fosfor, kalium, zat besi, mangan, magnesium, dan

selenium (Hartiwi *et al.* 2017). Permintaan kacang hijau di Indonesia terus meningkat walaupun peningkatannya tidak melonjak seketika dan bertolak belakang dengan usaha budidaya oleh petani. Tahun 2018 permintaan kacang hijau untuk pangan (*food*) tercatat sebesar 276 ton dengan rata-rata pertumbuhan 6.6% selama periode 2014-2018, sedangkan produksi nasional pada tahun sama hanya 235 ton dengan rata-rata pertumbuhan yang sangat rendah selama empat tahun terakhir tersebut (-84%) sehingga pemerintah memenuhi kekurangannya dengan impor (Setjen Pertanian, 2018). Kini, petani Jawa Timur berhasil mengeksport kacang hijau. Membuktikan bahwa legum asal India ini memang sangat sesuai dengan iklim tropik (Chauhan dan Williams 2018; Pataczek *et al.* 2018). Beberapa alasan kacang hijau potensial untuk dibudidayakan diantaranya secara agronomis kacang hijau dapat tumbuh pada lahan kering, resiko gagal panen kecil, teknologi budidaya mudah, umur tanam pendek, input biaya produksi yang rendah, memiliki pangsa pasar luas, dan harga panen stabil (Dirjen Pangan 2022).

Pemuliaan kacang hijau memiliki tujuan utama dan beberapa tujuan khusus. Tujuan utama berfokus pada peningkatan produksi sedangkan tujuan khusus diantaranya untuk perbaikan ketahanan terhadap cekaman abiotik dan biotik, panen serempak, umur genjah, ketahanan pecah polong, dan kualitas biji (Shanmugasundaram 2011; Nair *et al.* 2012; Kumar dan Kumar 2014). Perbaikan keserempakan panen kacang hijau ditandai dengan periode panen yang lebih pendek. Penelitian terdahulu bertujuan untuk memperbaiki periode panen melalui pendekatan rekombinasi dan induksi mutasi fisik dengan sinar gama (Khattak *et al.* 2002; Khattak *et al.* 2004).

Mutasi adalah perubahan genetik baik pada gen tunggal ataupun susunan kromosom. Kejadian mutasi lebih tinggi pada bagian tanaman yang sedang aktif membelah salah satunya adalah biji. mutasi dapat diperantarai oleh suatu mutagen baik mutagen fisik maupun mutagen kimia. Mutagen fisik dengan sinar gama dapat menyebabkan kerusakan molekul-molekul DNA dan memiliki peluang menghasilkan kelainan kromosom yang lebih besar baik berupa translokasi, delesi ataupun inversi (Oldach, 2011). Kelainan kromosom dapat menyebabkan sintesis asam amino yang berbeda sehingga berdampak pada ekspresi fenotipe yang sangat berbeda dari hasil rekombinasi. Perubahan struktur akibat iradiasi dapat berakibat pada perubahan sifat tanaman dan keturunannya (Asadi, 2013).

Pemuliaan kacang hijau IPB telah melakukan pendekatan metode induksi mutasi dengan sinar gama. Genotipe VR10 merupakan

genotipe yang memiliki keragaan baik, biji besar, periode panen cukup pendek. Dosis LD50 untuk VR10 adalah 762.34 Gy dan 888.06 Gy (Agustiani, 2017). Penelitian ini menguji populasi M2 VR10 hasil iradiasi sinar gama dengan dosis uji 880 Gy. Tujuannya adalah untuk mendapatkan informasi keragaman karakter dan seleksi kandidat unggul dalam populasi kacang hijau M2 VR10.

BAHAN DAN METODE

Pengujian dilakukan terhadap 480 tanaman M2 VR10 kacang hijau hasil iradiasi sinar gama dosis 880 Gy. Sebagai pembanding diujikan serta genotipe M0 VR10 (*wild type*) sebanyak 120 tanaman. Pupuk tunggal yang digunakan yaitu 50 kg ha⁻¹ Urea, 100 kg ha⁻¹ SP-36, dan 50 kg ha⁻¹ KCl. Bahan pengendalian hama dan penyakit antara lain karbofuran, profenofos, deltametrin, serta mankozeb. Budidaya menggunakan alat umum budidaya dan alat pendukung pengamatan seperti meteran, label, penggaris, plastik, amplop panen, alat tulis, oven elektrik dan timbangan analitik.

Penanaman menerapkan rancangan *augmented design*. Genotipe M0 ditanam dalam tiga blok berbeda sebagai ulangan dengan jumlah 40 tanaman per blok. Pada setiap blok tersebut ditanam bersamaan dengan M2 dengan jumlah seimbang yaitu 160 tanaman (bukan pengulangan).

Pengolahan tanah seluas 132 m² menggunakan traktor dilanjutkan ploting blok menjadi 3 petak yang berukuran 3 m x 12 m secara manual menggunakan cangkul. Antar blok diberi jarak 1 m. Tanaman ditanam tunggal per lubang tanam dalam jarak antar baris yang lebih longgar yaitu 60 cm x 20 cm, sesuai prosedur metode seleksi pedigree di generasi awal. Penyulaman tidak dilakukan terhadap genotipe M2 yang tidak tumbuh ataupun yang kemudian mati.

Aplikasi pupuk dasar dilakukan dengan cara tugal berjarak ±7 cm dari posisi tanaman pada 1 minggu setelah tanam (MST). Pengendalian hama dan penyakit menerapkan kombinasi fisik dan kimiawi sesuai dengan kebutuhan tanaman di lapangan. Pengendalian gulma dilakukan dengan membatat gulma secara manual.

Pemanenan polong bertahap dalam interval 5 hari ketika polong telah masak panen yang ditandai dengan warna polong yang menghitam (*full ripening*). Polong panen dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 33 °C, sebelum diamati, ditimbang dan dikupas.

Pengamatan individu dilakukan baik pada populasi M2 maupun M0. Pedoman pengamatan karakter kualitatif dan kuantitatif menggunakan IBPGR *Descriptor for Mungbean* (IBPGR, 1985). Pengamatan karakter kuantitatif dilakukan

terhadap kelompok karakter pertumbuhan tanaman, umur tanaman, dan komponen hasil. Pengamatan karakter kualitatif dilakukan terhadap warna hipokotil, warna antosianin tangkai daun, warna mahkota bunga sebelum mekar, warna bunga mekar, dan bentuk anak daun (diamati saat fase pembungaan).

Karakter pertumbuhan yang diamati antara lain tinggi tanaman akhir, jumlah buku pada batang utama, jumlah cabang total, jumlah cabang produktif. Pengukuran tinggi tanaman (cm) dilakukan dari pangkal batang hingga titik tumbuh pada batang utama pada 3 fase perkembangan yaitu fase berbunga saat terdapat sedikitnya satu bunga mekar di suatu individu tanaman, fase polong matang pertama kali yaitu saat paling sedikit terdapat satu polong matang pada suatu individu tanaman, dan fase panen terakhir yaitu ketika hampir 95% polong pada suatu individu tanaman telah dipanen.

Pengamatan karakter umur dilakukan terhadap umur berbunga, umur panen pertama yaitu saat polong matang pertama kali, dan umur panen terakhir (saat hampir 95% polong telah dipanen pada suatu individu tanaman), dan periode panen yaitu rentang waktu antara umur panen pertama dengan umur panen terakhir. Karakter komponen hasil diamati terhadap panjang polong, jumlah biji per polong, bobot polong total, bobot biji total dan jumlah polong total.

Penambahan tinggi tanaman diukur sebagai persen derajat indeterminasi tinggi tanaman antara fase berbunga dengan panen pertama (DDH1) dan antara panen pertama dengan panen terakhir (DDH2). Lama waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan fase pembungaan hingga pematangan seluruh polong diukur sebagai derajat indeterminasi antara fase berbunga dengan panen pertama dan antara panen pertama dengan panen terakhir (DDD2). Persamaan derajat indeterminasi menurut Khattak *et al.* (2002) dan Khattak *et al.* (2004) adalah sebagai berikut:

$$DDH1 = \frac{H2-H1}{H2} \times 100\%$$

$$DDH2 = \frac{H3-H1}{H3} \times 100\%$$

$$DDD1 = \frac{D2-D1}{D2} \times 100\%$$

$$DDD2 = \frac{D3-D1}{D3} \times 100\%$$

Dengan H1, H2, dan H3 adalah tinggi tanaman saat fase berbunga, panen pertama, dan panen terakhir; D1, D2, dan D3 adalah umur tanaman saat fase berbunga, panen pertama, dan saat panen terakhir.

Data kualitatif dideskripsikan sesuai kriteria menurut IBPGR (1985) sedangkan data kuantitatif dianalisis untuk memberikan informasi nilai rata-

rata, nilai kisaran, nilai ragam, koefisien keragaman fenotipik (%), koefisien keragaman genotipik (%), heritabilitas, dan diferensial seleksi. Analisis data dilakukan memanfaatkan program Excel dan Minitab. Perhitungan parameter genetik adalah sebagai berikut:

$$\text{Ragam fenotipe, } \sigma_p^2 = \sigma^2 M2$$

$$\text{Ragam lingkungan, } \sigma_e^2 = \sigma^2 M0$$

$$\text{Ragam genetik, } \sigma_g^2 = \sigma_p^2 - \sigma_e^2$$

$$\text{Heritabilitas arti luas (%), } h_{bs}^2 = (\sigma_g^2 / \sigma_p^2) \times 100\%$$

$$\text{Diferensial seleksi, } S = X_s - X_0$$

dimana:

$$\sigma_p^2: \text{ragam fenotipe; } \sigma^2: \text{ragam genotipe;}$$

$$\sigma_e^2: \text{ragam lingkungan; } \sigma_g^2: \text{ragam genetik}$$

$$X_s: \text{rata-rata populasi setelah seleksi;}$$

$$X_0: \text{rata-rata populasi sebelum seleksi.}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Percobaan

Tanaman kacang hijau merupakan tanaman yang adaptif dengan iklim tropis. Selama penelitian tercatat curah hujan dari Februari hingga Juni berturut-turut 359 mm, 123 mm, 353 mm, 284 mm dan 284.1 mm; suhu rata-rata 25.4-25.6 °C (BMKG, 2018). Curah hujan di awal pertumbuhan tanaman lebih tinggi dari kisaran optimum. Memasuki fase reproduktif terjadi fluktuatif curah hujan dan masih ada hujan ringan selama periode panen polong, dengan kisaran sedikit lebih tinggi dari curah hujan optimum (84 mm bulan⁻¹). Panen dilakukan saat cuaca panas. Purwono dan Purnamawati (2008) menjelaskan bahwa pertumbuhan optimum tanaman kacang hijau memerlukan curah hujan 50-200 mm bulan⁻¹, suhu 25-27 °C, kelembapan udara 50-89%, cahaya matahari lebih dari 10 jam per hari dan sangat sesuai tumbuh di ketinggian 5-700 m dpl (Purwono dan Purnamawati, 2008).

Secara umum tanaman tumbuh dan berkembang dengan baik, tidak menunjukkan kondisi tercekam, dan membentuk polong-biji secara normal. Daya tumbuh genotipe M2 VR10 di lapangan mencapai 89.17% sedangkan tetua VR10 sebesar 95.83%. Daya tumbuh genotipe M2 VR10 di lapangan mencapai 93% dibandingkan terhadap M0 VR10. Daya tumbuh yang lebih rendah dibandingkan terhadap populasi M0 dilaporkan terjadi pada populasi M2 cabai yang diberi perlakuan iradiasi sinar gama 400 Gy. Perlakuan mutasi fisik dengan sinar gama memengaruhi perubahan DNA benih yang menyebabkan benih tidak tumbuh atau mengalami pelambatan pertumbuhan (Nura *et al.*, 2015).

Keragaan Karakter Kualitatif Populasi M2 VR10 Kacang Hijau

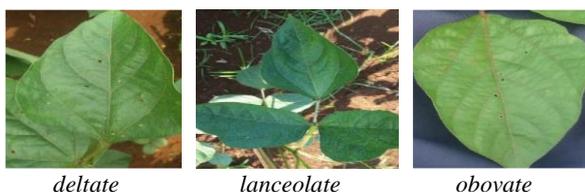
Karakter kualitatif merupakan karakter yang dikendalikan oleh gen mayor (satu atau dua gen) dan tidak atau sedikit sekali dipengaruhi oleh lingkungan (Syukur *et al.*, 2015). Mutasi dapat menyebabkan perubahan DNA yang menyebabkan perubahan fenotipe. Beberapa individu M2 VR10 teridentifikasi mengalami perubahan beberapa karakter kualitatif dibandingkan terhadap kontrol M0.

Pada fase awal pertumbuhan, warna hipokotil semua M2 VR10 menunjukkan warna ungu, sama dengan M0 VR10. Namun, saat kemunculan daun utama mulai teridentifikasi perbedaan. Terdapat tanaman M2 yang membentuk 3 dan 4 helai daun pertama, normalnya 2 helai daun pertama (Gambar 1). Pertumbuhan dan perkembangan daun tanaman M2 memperlihatkan keragaman bentuk daun terminal selain *deltate* yaitu *lanceolate* dan *obovate* (Gambar 2). Efek iradiasi sinar gama menyebabkan perubahan bentuk daun kunyit (Anshori *et al.*, 2014).

Keberadaan warna antosianin (ungu) pada batang dan tangkai daun merupakan ciri khas genotipe VR10, tetapi pada M2 VR10 terdapat individu yang tidak memiliki antosianin (hijau). Tanaman dewasa VR10 normalnya tidak berambut, namun beberapa M2 VR10 memiliki rambut-rambut pada batang dan tangkai daunnya (Gambar 3). Rambut pada batang tersebut merupakan trikoma. Nurrohman *et al.* (2022) melaporkan bahwa keberadaan trikoma pada daun kedelai mampu menurunkan infeksi *Bemisia tabaci* dan tingkat kejadian penyakit *Cowpea Mild Motle Virus*.



Gambar 1. Keragaman jumlah daun pertama pada M2 VR10 kacang hijau



Gambar 2. Keragaman bentuk daun terminal M2 VR10 kacang hijau



Gambar 3. Keragaman trikoma batang dan tangkai daun M2 VR10 kacang hijau

Fase reproduktif genotipe VR10 ditandai dengan pembentukan bunga dan polong. Semua individu M0 dan M2-VR10 memiliki bunga berwarna kuning dan semua tandan bunga berkedudukan di atas kanopi dengan kedudukan polong terjurai. Polong muda (hijau) dan polong tua (hitam) populasi M2 tidak menunjukkan perbedaan warna terhadap M0. Keragaman M2 terhadap M0 teridentifikasi pada bentuk biji, warna biji, dan kekilapan biji. Genotipe M0 memiliki bentuk oval, warna biji hijau muda dengan permukaan biji yang mengkilap. Keragaman biji dengan bentuk drum, warna biji hijau tua dan permukaan yang kusam ditemukan pada biji M3 dari tanaman M2 (Gambar 4). Perubahan bentuk biji oval menjadi drum dan warna biji hijau menjadi coklat kehijauan akibat iradiasi sinar gama pada varietas Kampar dilaporkan oleh Roslim *et al.* (2015).



Gambar 4. Keragaman bentuk, warna, dan kekilapan biji M3 dari tanaman M2 VR10 kacang hijau

Keragaan Karakter Pertumbuhan dan Umur Tanaman Populasi M2 VR10 Kacang Hijau

Individu-individu tanaman dalam populasi M2 VR10 menunjukkan keragaan tinggi tanaman yang beragam pada ketiga fase reproduktif yaitu saat berbunga, polong matang pertama kali, dan saat panen terakhir (hampir 95% polong telah dipanen pada individu tanaman tersebut). Perbedaan keragaan tinggi tanaman tersebut tercermin dari nilai kisaran pada setiap karakter (Tabel 1). Rataan populasi M2 berbeda nyata lebih rendah dibandingkan M0. Hal ini mengindikasikan

banyak individu M2 yang mengalami pemendekan tajuk tanaman dan pengurangan jumlah cabang produktif dibandingkan tetuanya (M0), sebagai akibat perlakuan iradiasi sinar gama dosis 880 Gy. Penurunan tinggi tanaman karena pengaruh iradiasi sinar gama dilaporkan pada tanaman kedelai (Warid *et al.*, 2017). Potensi kerebahan akar pada kacang hijau berpeluang diatasi dengan pendekatan iradiasi sinar gama. Tujuan pengurangan tinggi tanaman padi untuk mengurangi kerebahan dilakukan melalui pendekatan mutasi fisik dengan iradiasi sinar gama seperti dilaporkan Meliala *et al.* (2016).

Tabel 1. Perbandingan keragaan karakter tinggi tanaman dan jumlah cabang produktif populasi M2 VR10 dan pembanding

Karakter	Rata-rata	Kisaran
Tinggi tanaman saat berbunga		
M2	43.94**	21.0-71.0
M0	46.89	40.0-54.5
Tinggi tanaman saat polong matang pertama kali		
M2	75.95**	17.5-111.0
M0	81.43	74.4-88.5
Tinggi tanaman saat panen		
M2	80.08**	27.5-119.5
M0	84.38	78.0-91.6
Jumlah cabang produktif		
M2	9.14**	2.0-16.0
M0	9.25	3.0-14.0

Keterangan: ** = berbeda nyata terhadap populasi M0 pada taraf 1% berdasarkan uji t

Cabang produktif ditandai dengan terbentuknya bunga dan polong pada bagian ujung cabang. Jumlah cabang produktif pada M2 berbeda nyata lebih sedikit dibandingkan M0, dengan perbedaan 1-2 cabang pada individu kedua populasi tersebut (Tabel 1). Banyaknya cabang produktif memberi peluang terbentuknya polong yang lebih banyak, akan tetapi memiliki risiko umur periode panen yang lebih panjang.

Umur berbunga, polong matang pertama, dan periode panen M2 lebih genjah dibandingkan M0, sedangkan umur panen terakhir tidak berbeda dengan M0 (Tabel 2). Berdasarkan kisaran nilai dalam populasi, terindikasi individu M2 dengan umur yang lebih genjah dan lebih dalam. Rentang nilai yang lebar pada M2 memberi kesempatan seleksi individu untuk umur yang lebih genjah, sebaliknya juga untuk umur yang lebih dalam. Pemuliaan kacang hijau lebih diarahkan untuk umur genjah. Umur genjah merupakan suatu strategi penghindaran atas suatu cekaman lingkungan yang mungkin akan terjadi selama budidaya.

Umur panen terakhir memiliki nilai rata-rata yang setara antara M2 dan M0 (Tabel 2).

Berdasarkan nilai kisaran, M2 memiliki rentang nilai yang lebih lebar dari M0. Dengan keadaan tersebut, terdapat kesempatan memilih tanaman yang memiliki umur panen lebih genjah. Rentang waktu dari umur panen polong matang pertama kali dengan panen terakhir merupakan periode panen. Periode panen <20 hari dikategorikan sebagai periode panen pendek dan merupakan target pemuliaan untuk tujuan perbaikan keserempakan panen. Terdapat individu yang memiliki periode panen antara 6 sampai <20 hari pada M2 sebagai sasaran dalam seleksi.

Penambahan tinggi tanaman dan pencapaian umur tanaman pada fase-fase reproduktif setiap genotipe dapat berbeda-beda. Perlakuan iradiasi sinar gama 880 Gy pada genotipe VR10 kacang hijau memengaruhi kecepatan tumbuh tanaman dan kegenjahan umur. Keadaan ini tergambarkan dari hasil pada Tabel 3. Nilai DDH2 pada M2 menunjukkan nilai lebih besar dari M0 mengindikasikan penambahan tinggi yang lebih cepat. Berbeda dengan nilai DDD1 dan DDD2 menunjukkan nilai yang lebih kecil pada M2 dibandingkan M0, menunjukkan pencapaian fase yang lebih cepat atau lebih awal (genjah).

Tabel 2. Perbandingan keragaan umur tanaman populasi M2 VR10 dan pembanding

Karakter	Rata-rata	Kisaran
Umur berbunga		
M2	42.87**	38.0-73.0
M0	41.65	40.0-46.0
Umur polong matang pertama kali		
M2	60.16**	33.0-74.0
M0	58.69	55.0-69.0
Umur panen terakhir		
M2	90.42tn	60.0-96.0
M0	90.97	86.0-92.0
Periode panen		
M2	31.34**	6.0-39.0
M0	33.68	24.0-51.0

Keterangan: ** = berbeda nyata terhadap populasi M0 pada taraf 1% berdasarkan uji t

Tabel 3. Nilai derajat indeterminasi tinggi tanaman dan umur tanaman pada populasi M2 VR10 dan pembanding

Karakter	M2	M0
tinggi tanaman		
DDH1	42.14	42.42
DDH2	5.16	3.62
umur berbunga		
DDD1	28.74	29.03
DDD2	33.47	35.48

Keterangan: DDH1 = derajat indeterminasi tinggi tanaman antara fase berbunga dengan fase panen pertama, DDH2 = derajat indeterminasi tinggi tanaman antara fase panen pertama dengan panen terakhir, DDD1 = derajat indeterminasi umur tanaman antara fase berbunga dengan panen pertama, DDD2 = derajat indeterminasi umur tanaman antara fase panen pertama dengan panen terakhir.

Penambahan tinggi tanaman pada fase generatif kacang hijau lebih sering berkaitan dengan penambahan cabang sekunder tandan bunga. Penambahan cabang sekunder bunga berkaitan dengan pertumbuhan polong-polong baru yang masih terbentuk lebih banyak setelah fase pematangan polong pertama dibandingkan M0. Walaupun pertambahannya lebih banyak dari M0 tetapi pencapaian kematangannya lebih cepat dari M0. Ada beberapa kemungkinan yang memengaruhi penambahan tinggi tanaman yang kecil tetapi pencapaian umur yang lambat pada M0 seperti gugur bunga yang tinggi, dominansi yang lebih kuat dari polong hitam yang masih menempel di tandan sehingga memperlambat pematangan adik polongnya. Gugur bunga kacang hijau meningkat pada suhu tinggi atau curah hujan tinggi. Selama penelitian terjadi fluktuasi curah hujan pada Maret-April yaitu 123 mm dan 353 mm

bertepatan dengan tanaman memasuki fase generatif yaitu pembungaan, pembentukan polong serta memasuki pematangan polong.

Keragaan Karakter Komponen Hasil Populasi M2 VR10 Kacang Hijau

Tabel 4 menunjukkan capaian komponen hasil pada M2 berbeda nyata lebih rendah dibandingkan M0. Nilai rata-rata M0 melibatkan nilai komponen hasil dari setiap individu M2. Bobot biji total M2 memiliki nilai kisaran yang lebih lebar (0.15-21.0 g) dari kisaran nilai M0, artinya terdapat sejumlah individu M2 yang memiliki nilai sangat rendah sehingga menurunkan nilai rata-rata populasi. Namun demikian, perlakuan induksi mutasi ini berpengaruh positif meningkatkan bobot biji per tanaman pada sejumlah genotipe dengan capaian 21 g atau 1 g lebih tinggi dari tetua. Terdapat 10 genotipe M2 yang memiliki nilai bobot biji per tanaman 21 g, sedangkan sebanyak 102 tanaman memiliki bobot biji total lebih besar dari rata-rata M0 (>7.63 g). Selain bobot biji total, nilai kisaran karakter bobot polong total, bobot biji, jumlah polong per tanaman dan panjang polong memiliki rentang nilai yang lebar dengan nilai maksimal yang lebih tinggi dibandingkan individu M0. Hasil tersebut mengindikasikan peluang besar untuk memilih kandidat yang potensial. Pemilihan perlu mempertimbangkan faktor genetik yang berperan, yaitu berdasarkan nilai heritabilitas arti luas.

Keragaman Karakter Pertumbuhan dan Komponen Hasil Populasi M2 VR10 Kacang Hijau

Penampilan karakter (fenotipe) suatu genotipe tanaman dipengaruhi oleh faktor genetik, faktor lingkungan, dan interaksi antara faktor genetik dengan lingkungan.

Tabel 4. Perbandingan keragaan komponen hasil populasi M2 VR10 dan pembanding

Karakter	Rata-rata	Kisaran
Bobot polong total (g)	M2 11.93**	0.08-34.45
	M0 17.23	11.0-25.81
Bobot biji total (g)	M2 6.38**	0.15-21.0
	M0 7.63	0.55-20.2
Jumlah biji per polong	M2 9.87**	1.0-15.0
	M0 11.8	7.0-15.0
Jumlah polong per tanaman	M2 18.1**	1.0-73.0
	M0 20.56	15.0-29.0
Panjang polong (cm)	M2 9.82**	3.5-12.9
	M0 11.08	7.5-12.5

Keterangan: ** = berbeda nyata terhadap populasi M0 pada taraf 1% berdasarkan uji t

Perbedaan antar individu tanaman dalam sekumpulan individu (populasi) pada lingkungan yang sama mengindikasikan adanya pengaruh genetik yang berbeda. Peranan faktor genetik yang lebih besar dari pengaruh lingkungan memberikan kesempatan untuk melaksanakan seleksi. Pertimbangan seleksi dapat dilakukan berdasarkan informasi nilai heritabilitas.

Heritabilitas arti luas memberikan informasi proporsi peran ragam genetik terhadap ragam fenotipe suatu karakter. Nilai heritabilitas seluruh karakter komponen pertumbuhan dan komponen hasil populasi M2 VR10 (Tabel 5) termasuk kategori tinggi, kecuali kecuali jumlah cabang produktif yang tergolong sedang dan bobot biji total per tanaman yang tergolong rendah. Perbedaan penampilan antar individu tanaman M2 VR10 terjadi karena perbedaan genetik, kecuali kecuali jumlah cabang produktif dan bobot biji total. Karakter dengan heritabilitas tinggi dapat dijadikan sebagai kriteria seleksi dalam seleksi langsung di generasi awal (Rini *et al.* 2018; Fitri *et al.* 2022).

Ragam genetik terdiri atas komponen ragam aditif, ragam dominan, dan ragam epistasis. Ragam aditif merupakan faktor yang berperan dalam pewarisan sifat sehingga memiliki nilai yang sangat berarti dalam keterwarisan sifat hasil seleksi. Hasil pada Tabel 5 tidak memberikan informasi besaran nilai ragam aditif sehingga tidak cukup bukti untuk menyatakan bahwa keunggulan sifat terseleksi akan diwariskan pada generasi M3.

Hasil yang diperoleh hanya memberikan informasi bahwa seleksi dapat dilakukan pada generasi mutasi kedua ini (M2) terhadap karakter pertumbuhan dan komponen hasil yang diteliti,

kecuali jumlah cabang produktif dan bobot biji total per tanaman. Perlu melakukan evaluasi genotipe terpilih di M3 untuk memastikan keterwarisan keunggulan sifat hasil seleksi di M2. Seleksi terhadap karakter jumlah cabang produktif dan bobot biji total per tanaman dapat dilakukan di generasi lebih lanjut

Tabel 5. Pendugaan nilai heritabilitas karakter pertumbuhan dan komponen hasil pada populasi M2 VR10

Karakter	h_{bs}^2 (%)
Komponen pertumbuhan	
Tinggi tanaman saat berbunga (cm)	74.3T
Tinggi tanaman panen pertama (cm)	90.6T
Tinggi tanaman panen terakhir (cm)	93.0T
Jumlah cabang produktif	39.8S
Umur berbunga (hst)	90.8T
Umur panen panen pertama (hst)	67.8T
Umur panen terakhir (hst)	72.2T
Periode panen (hari)	53.4T
Komponen hasil	
Bobot polong total (g)	65.4T
Bobot biji total (g)	3.8R
Jumlah biji per polong	50.7T
Jumlah polong total	83.5T
Panjang polong (cm)	88.8T

Keterangan: h_{bs}^2 = heritabilitas arti luas, T = tinggi (>50%), S = sedang (20-50%), R = rendah (<20%)

Seleksi dan Diferensial Seleksi

Seleksi suatu karakter dapat dilakukan secara langsung ataupun tidak langsung. Pertimbangan seleksi memerlukan dukungan nilai heritabilitas (Wirnas *et al.*, 2021). Seleksi langsung banyak dilakukan untuk perbaikan hasil kacang hijau. dalam penelitian ini karakter bobot biji total tidak dapat dijadikan sebagai kriteria seleksi karena memiliki nilai heritabilitas arti luas kategori rendah (Tabel 5).

Seleksi karakter periode panen saat ini menjadi bagian fokus seleksi dalam pemuliaan kacang hijau, untuk mengembangkan varietas dengan sifat panen yang lebih serempak (periode panen pendek). Seleksi periode panen memungkinkan dilakukan pada populasi M2 ini karena memiliki nilai heritabilitas arti luas kategori tinggi (Tabel 5). Seleksi periode panen kacang hijau pada populasi bersegregasi generasi awal dilaporkan oleh Kholisoh (2021), Marwiyah (2021), dan Qonita (2022). Periode panen kurang dari 20 hari merupakan indikator waktu ideal yang ditetapkan dalam beberapa penelitian kacang hijau dengan populasi berbeda. Putri *et al.* (2014) menetapkan batas seleksi periode panen pendek

≤13 hari, Kholisoh (2021) dengan ≤18 hari, Marwiyah (2021) ≤20 hari, sedangkan Qonita (2022) dengan ≤11 hari.

Batas nilai periode panen untuk seleksi dalam penelitian ini ditentukan berdasarkan nilai yang lebih rendah dari kontrol VR10 yaitu 33.47 hari (Tabel 3). Seleksi tersebut menghasilkan kandidat sebanyak 46 genotipe M2 dari total 480 tanaman atau frekuensi seleksi sebesar 10% dengan batas nilai 13-31 hari. Dengan demikian, seleksi ini memberikan prediksi perbaikan karakter periode panen populasi M2 terseleksi terhadap populasi dasarnya yaitu memiliki periode panen lebih cepat

2.99 hari atau setara dengan 3 hari (Tabel 6). Karakteristik 46 genotipe M2 terpilih tersebut memiliki bobot biji total antara 8-21 g (Tabel 7) lebih tinggi dari rata-rata M0 763 g (Tabel 4).

Tabel 6. Seleksi karakter periode panen M2 M2 VR10

Keterangan	Rataan	Kisaran nilai
Populasi dasar (X ₀)	31.34	6.0-39.0
Populasi seleksi (X _s)	28.35	13.0-31.0
Diferensial seleksi (S)	2.99	

Tabel 7. Kandidat M2 VR10 terpilih berdasarkan periode panen pendek

No.	M2	PP	JP	BBt	No.	M2	PP	JP	BBt
1	35	13	13	10	24	374	29	20	17
2	380	22	10	8	25	470	29	11	10
3	52	23	20	16	26	431	29	13	9
4	425	25	16	12	27	324	30	26	21
5	326	28	13	12	28	183	30	23	16
6	247	28	29	21	29	366	30	34	21
7	435	28	10	9	30	264	30	25	21
8	229	28	15	12	31	404	30	21	17
9	29	28	14	14	32	436	30	24	21
10	421	28	11	11	33	325	30	10	8
11	255	28	11	9	34	371	30	21	21
12	10	28	13	12	35	40	30	28	21
13	348	28	18	15	36	50	30	13	10
14	252	28	17	14	37	179	30	30	20
15	39	28	21	17	38	235	30	27	21
16	126	28	15	11	39	25	30	28	21
17	19	28	15	15	40	420	30	18	14
18	34	28	10	10	41	170	30	35	21
19	162	28	22	18	42	61	30	17	13
20	9	28	14	10	43	121	30	16	12
21	379	28	11	8	44	333	31	15	15
22	112	28	11	8	45	403	31	49	21
23	448	28	11	8	46	386	31	41	21

Keterangan: PP = periode panen (hari), JP = jumlah polong, BBt = bobot biji total (g)

KESIMPULAN

Populasi M2 VR10 menunjukkan keragaman karakter agronomi baik kualitatif maupun kuantitatif. Keragaman karakter kuantitatif diketahui pada warna hipokotil, pertumbuhan daun pertama, keberadaan warna antosianin serta trikoma pada batang dan tangkai daun, bentuk biji, warna biji, dan kekilapan biji. Nilai kisaran yang lebih lebar pada M2 dan nilai heritabilitas yang tergolong tinggi (50.7-93.0%) mengindikasikan keragaman. Keragaman genetik berdasarkan heritabilitas tinggi teridentifikasi pada tinggi tanaman (saat berbunga, panen pertama, panen terakhir), umur berbunga, umur panen (panen pertama, panen terakhir), periode panen,

bobot polong total, jumlah biji per polong, jumlah polong total, dan panjang polong. Seleksi berdasarkan karakter periode panen dengan frekuensi seleksi 10% menghasilkan 46 genotipe M2-VR10 (13-31 hari) dengan diferensial seleksi - 2.99 atau periode panen yang hampir 3 hari lebih pendek dari populasi dasarnya (M0).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah mendukung penelitian sehingga berjalan dengan baik, khususnya departemen Agronomi dan Hortikultura yang telah memfasilitasi kebun percobaan Leuwikopo IPB.

DAFTAR PUSTAKA

- [BMKG] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Data Iklim Stasiun Darmaga. Bogor: BMKG.
- [Dirjen Pangan] Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. 2022. Kolaborasi kementerian dengan petani penangkar guna genjot produksi kacang hijau di Purworejo. <https://tanamanpangan.pertanian.go.id/detil-konten/iptek/97#:~:text=Yuris%20menambuhkan%20bahwa%20permintaan%20kacang%20hijau%20makin%20meningkat,urutan%20ketiga%20terpenting%20seperti%20ke%20ketiga%20dan%20kacang%20tanah>. [diunduh pada 21 Mei 2023].
- [IBPGR] International Board for Plant Genetic Resources. 1985. Descriptors for *Vigna mungo* and *Vigna radiata*. IBPGR. Roma: Secretariat.
- [Setjen Pertanian] Sekretariat Jenderal Pertanian. 2018. Statistik konsumsi Pangan 2018. http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/epublikasi/StatistikPertanian/2018/Konsumsi/Statistik_Konsumsi_Pangan_Tahun_2018/files/assets/basic-html/page38.html. [diunduh pada 19 Mei 2023].
- Abbas, G., M.J. Asghar, T.M. Shah, B.M. Atta. 2010. Genetic diversity in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek germplasm. Pakistan J. Bot. 42(5):3485–3495.
- Agustiani, S.N. 2017. Peningkatan keragaman genetik dua genotipe kacang hijau melalui iradiasi sinar gama [skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Anshori, R., S.L. Aisyah., L.K. Darusman. 2014. Induksi mutasi fisik dengan iradiasi sinar gamma pada kunyit (*Curcuma domestica* Val.). J. Hort. Indonesia. 5(3):84-94.
- Asadi. 2013. Pemuliaan mutasi untuk perbaikan terhadap umur dan produktivitas pada kedelai. J. AgroBiogen. 9(3):135-142.
- Chauhan, Y.S., R. Williams. 2018. Physiological and agronomic strategies to increase mungbean yield in climatically variable environments of Northern Australia. Agronomy. 8(83):1–20.
- Fitri, I.N., W.E.K. Yudiwanti, Trikoesoemaningtyas. 2022. Daya hasil 18 galur kacang tanah (*Arachis hypogaea* L) hasil seleksi IPB. Bul. Agrohorti. 10(3):458-467.
- Hartiwi, Y.W., G. Wijana, R. Dwiyan. 2017. Pertumbuhan dan hasil berbagai varietas kacang hijau (*Vigna radiata* L.) Wilczek pada kadar air yang berbeda. Agrotrop. 7(2):117-129.
- Khattak, G.S.S., M. Ashraf, M.A. Haq, P. Srinives. 2002. Genetic architecture of seed yield and yield components in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). Trop. Agric. 79(4):260–264.
- Khattak, G.S.S., M. Ashraf, R. Zamir. 2004. Gene action for synchrony in pod maturity and indeterminate growth habit in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). Pakistan J. Bot. 36(3):589–594.
- Kholisoh, N. 2021. Evaluasi keragaan karakter agronomi dan keserempakan panen f4 kacang hijau hasil *single seed descent* [skripsi]. Insititut Pertanian Bogor.
- Kumar, S., R. Kumar. 2014. Genetic improvement in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] for yield, nturition, and resitance to stresses – a review. IJTA. 32(3–4):683–688.
- Marwiyah, S. 2021. Analisis genetik dan interaksi genotipe x lingkungan untuk perbaikan periode panen kacang hijau (*Vigna radiata* L. Wilczek) [disertasi]. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Meliala, J.H.S., N. Basuki, A. Soegianto. 2016. Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap perubahan fenotipik tanaman padi gogo (*Oryza sativa* L.). J. Produksi Tanaman. 4(7):585-594.
- Nair, R.M., R. Schafleitner, L. Kenyon, R. Srinivasan, W. Easdown, A.W. Ebert, P. Hanson. 2012. Genetic improvement of mungbean. SABRAO J. Breed. Genet. 44(2):177–190.
- Nura, M. Syukur, N. Khumaida, Widodo. 2015. Radiosensitivitas dan heritabilitas ketahanan terhadap penyakit antraknosa pada tiga populasi cabai yang diinduksi iradiasi sinar gamma. J. Agron. 43(3):201-206.
- Nurrohman, E., S. Zubaidah, H. Kuswantoro. 2022. The number of thichoma leaves, preference of *Bemisia tabaci* and resistance soybean genotype against *cowpea mild motle virus* after treatment variation doses of nitrogen. Bioscience. 6(1):48-61.
- Oldach, K.H. 2011. Biology and Breeding of Food Legumes. India: CABI.
- Pataczek, L., Z.A. Zahir, M. Ahmad, S. Rani, R. Nair, R. Schafleitner, G. Cadisch, T. Hilger. 2018. Beans with benefits-the role of mungbean (*Vigna radiata*) in a changing environment. Am. J. Plant Sci. 09:1577–1600.
- Purwono, H. Purnamawati. 2008. Budidaya 8 Jenis Tanaman Pangan Unggul. Jakarta: Penebar Swadaya.

- Putri, I.D, S.H. Sutjahjo, E. Jambormias. 2014. Evaluasi karakter agronomi dan analisis kekerabatan 10 genotipe lokal kacang hijau. *Bul. Agrohorti*. 2(1):11-21.
- Qonita, A., E.P. Rini, S. Marwiyah, S.H. Sutjahjo. 2022. Evaluation of plant performance and synchronous maturity of F4 mung beans. *J. Agron Indonesia*. 50(3):283-290.
- Rini, F.M., D. Wirnas, A. Nindita. 2018. Keragaman populasi f2 padi (*Oryza sativa* L.) pada kondisi cekaman suhu tinggi. *Bul. Agrohorti*. 6(3):326-335.
- Roslim, D.I., Herman, I. Fiatin. 2015. Lethal dose 50 (LD50) of mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) cultivar kampar. *SABRAO J. Breed. Genet*. 47(4):510-516.
- Shanmugasundaram, S. 2011. Mungbean Varietal Improvement. Taiwan: Asian Vegetable Research and Development Center.
- Syukur M., S. Sujiprihati, R. Yuniarti 2015. Teknik Pemuliaan Tanaman Edisi Revisi. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Warid, N. Khumaida, A. Purwito, M. Syukur. 2017. Pengaruh iradiasi sinar gamma pada generasi pertama (M1) untuk mendapatkan genotipe unggul baru kedelai toleran kekeringan. *Agrotrop*. 7(1):11-21.
- Wirnas, D., N. Oktanti, H.N. Rahmi, D. Andriani, Faturrahman, E.P. Rini, S. Marwiyah, Trikoesoemaningtyas, D. Sopandie. 2021. Genetic analysis for designing an idotype of high-yielding sorghum h=based on existing lines performance. *Biodivers. J*. 22(12): 5286-5292.