

**Efektivitas Metode Seleksi *Pedigree* dan *Modified Bulk*
pada Tiga Populasi Sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench)**

***The Effectivity of Pedigree and Modified Bulk Selection Methods
in Three Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) Populations***

Dewi Andriani¹, Desta Wirnas^{2*}, dan Trikoesoemaningtyas²

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

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

Diterima 24 September 2019/Disetujui 13 Desember 2019

ABSTRACT

Sorghum has a growing popularity for food, feed, biofuel, and therefore needs to be developed. The research aimed to compare the effectiveness of pedigree and modified bulk selection methods for improving yield in three sorghum populations. The genetic materials used were 60 F6 lines from three populations, namely PI 10-90-A x Numbu, PI 150-20-A x Numbu, and PI 150-20-A x Kawali which had been selected using pedigree and modified bulk methods. The experiment was conducted from October 2018 to February 2019 at the Cikabayan Experimental Station of IPB University, Dramaga, Bogor. The experiment was arranged in an augmented design with six checks, namely Kawali, Numbu, PI 10-90-A, PI 150-20-A, Samurai 1, and Samurai 2 which were replicated four times. Observations were made on agronomic traits and yield. Plant height and grain weight per panicle had high heritability and large genotypic coefficients of variation. The contrast test results showed significant differences between populations in plant height, panicle length, days of harvesting, and 100-seed weight. On the other hand, no significant difference was observed among selection methods, indicating that both methods were equally effective for increasing sorghum yield. The pedigree selection and modified bulk selection increased grain yield per panicle by 14.1 g and 18.2 g respectively. Bulk of the best genotypes in early generation could be an alternative of bulk selection method.

Keywords: contrast test, differential selection, genotypic coefficient of variation, heritability

ABSTRAK

Sorgum adalah salah satu tanaman dengan banyak kegunaan sehingga perlu dikembangkan. Tujuan penelitian adalah membandingkan efektivitas metode seleksi pedigree dan modified bulk pada tiga populasi persilangan sorgum untuk perbaikan hasil. Materi genetik yang digunakan adalah galur-galur F6 dari tiga populasi hasil persilangan PI 10-90-A x Numbu, PI 150-20-A x Numbu, dan PI 150-20-A x Kawali yang telah diseleksi pedigree dan modified bulk. Percobaan dilaksanakan pada bulan Oktober 2018 sampai dengan bulan Februari 2019 di Kebun Percobaan IPB, Cikabayan, Dramaga. Penelitian disusun dalam rancangan augmented dengan enam varietas pembanding yaitu Kawali, Numbu, PI 10-90-A, PI 150-20-A, Samurai 1, dan Samurai 2 yang diulang empat kali. Pengamatan dilakukan pada karakter agronomi dan hasil. Karakter tinggi tanaman dan bobot biji per malai adalah karakter dengan nilai heritabilitas tinggi dan koefisien keragaman genetik yang luas. Hasil uji kontras antar populasi berbeda nyata pada karakter tinggi tanaman, panjang malai, umur panen, dan bobot 100 biji. Hasil uji kontras antar metode seleksi tidak berbeda nyata pada semua karakter pengamatan, sehingga kedua metode akan sama efektifnya untuk peningkatan hasil sorgum. Efektivitas kedua metode seleksi memberikan peningkatan bobot biji per malai sebesar 14.1 g pada seleksi pedigree dan 18.2 g pada seleksi modified bulk. Bulk dari individu-individu terbaik pada generasi awal dapat menjadi alternatif metode seleksi untuk mengembangkan galur murni.

Kata kunci: diferensial seleksi, heritabilitas, koefisien keragaman genetik, uji kontras

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: dwirnas@gmail.com

PENDAHULUAN

Sorgum merupakan salah satu sumber pangan pokok terpenting di dunia, terutama di wilayah Afrika, Amerika, dan Asia (FAOSTAT, 2017) termasuk beberapa provinsi di Indonesia. Saat ini sorgum dikembangkan sebagai sumber pangan untuk substitusi beras, olahan berbasis tepung, sumber pakan dan bahan bakar (Suarni, 2012; Dahlberg *et al.*, 2011). Biji sorgum berpotensi dikembangkan untuk substitusi beras karena mengandung karbohidrat yang setara dengan beras (Biba, 2011) serta kandungan protein lebih besar, yaitu sekitar 12.30% hingga 17% (Kulamarva *et al.*, 2009; Badigannavar *et al.*, 2016; Ramatoulaye *et al.*, 2016). Sorgum memiliki daya adaptasi yang sangat baik di lahan-lahan marjinal (Lamessa *et al.*, 2016) sehingga berpotensi untuk dikembangkan.

Produktivitas sorgum di Indonesia masih rendah dengan rata-rata pada varietas unggul hanya mencapai 3 ton ha⁻¹ sehingga masih perlu peningkatan potensi hasil (Puslitbangtan, 2016). Perbaikan potensi hasil sorgum masih menjadi target utama dalam kegiatan pemuliaan. Metode seleksi yang umum digunakan dalam pemuliaan tanaman menyerbuk sendiri dengan tujuan untuk mendapatkan galur murni berdaya hasil tinggi adalah seleksi *pedigree* dan *bulk* (Roy, 2000). Seleksi *pedigree*, yaitu seleksi dilakukan pada generasi awal dan dengan pencatatan sehingga silsilah galur diketahui. Seleksi *pedigree* didasarkan pada penampilan individu terbaik dari famili terbaik. Seleksi *bulk* adalah seleksi yang melibatkan seleksi alam sejak generasi awal sampai dilakukan seleksi oleh pemulia pada generasi lanjut.

Efektivitas seleksi dapat diduga dari nilai diferensial seleksi. Diferensial seleksi merupakan selisih antara nilai tengah dari sejumlah individu terseleksi dengan nilai tengah populasi dasarnya (Roy, 2000). Perbandingan efektivitas metode seleksi tanaman menyerbuk sendiri telah dilaporkan pada padi (Kanbar *et al.*, 2011; Lestari *et al.*, 2017) dan gandum (Farg, 2013; El-Hosarya *et al.*, 2014) serta kedelai (Miladinovic *et al.*, 2011). Kajian efektivitas metode seleksi pada sorgum untuk memperoleh galur yang berdaya hasil tinggi belum banyak dilaporkan.

Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB, telah melakukan seleksi *pedigree* dan *bulk* yang dimodifikasi pada tiga populasi hasil persilangan antara varietas sorgum nasional dengan galur introduksi dan telah diperoleh galur-galur F6. Galur-galur ini perlu dievaluasi lebih lanjut berdasarkan metode seleksi dan latar belakang genetik tetuanya. Hasil penelitian akan memperkaya informasi yang dapat dijadikan pertimbangan dalam memilih metode seleksi. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas metode seleksi *pedigree* dan *modified bulk* untuk memperoleh galur harapan sorgum berdaya hasil tinggi.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan pada bulan Oktober 2018 sampai Februari 2019 di Kebun Percobaan IPB, Cikabayan Dramaga, Jawa Barat. Materi genetik yang digunakan

adalah 60 galur generasi F6 sorgum hasil persilangan PI 10-90-A x Numbu, PI 150-20-A x Numbu dan PI 150-20-A x Kawali yang telah diseleksi dengan metode *pedigree* dan *modified bulk*. Varietas pembanding yang digunakan adalah Kawali, Numbu, PI 10-90-A, PI 150-20-A, Samurai 1, dan Samurai 2.

Penelitian disusun dalam rancangan *augmented*. Setiap galur ditanam dalam baris dan varietas pembanding ditanam sebanyak empat baris masing-masing sebagai ulangan dengan jarak tanam 70 cm x 20 cm. Pemupukan menggunakan pupuk Urea dengan dosis 150 kg ha⁻¹, SP-36 100 kg ha⁻¹, dan KCl 100 kg ha⁻¹. Pupuk Urea diberikan sebanyak 2 kali, yaitu 2/3 bagian pada saat tanam dan 1/3 bagian pada saat tanaman barumur 4 MST, sedangkan SP-36 dan KCl diberikan pada saat tanam. Pemeliharaan tanaman dan pengendalian hama penyakit dilakukan sesuai dengan kondisi dan prosedur budidaya tanaman sorgum.

Karakter yang diamati adalah tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, umur berbunga, umur panen, panjang malai, diameter malai, bobot biji per malai dan bobot 100 biji. Analisis data meliputi analisis ragam uji F pada taraf nyata $\alpha = 5\%$ untuk memperoleh informasi keragaman sorgum galur-galur F6 dan uji kontras untuk menguji antar populasi hasil seleksi *pedigree* dan *modified bulk* serta antar metode seleksi. Pendugaan komponen ragam berdasarkan rancangan *augmented* dihitung sebagai berikut: ragam lingkungan $\sigma^2g = \frac{KTg-KTe}{r}$, ragam genetik $\sigma^2g = \frac{KTg-KTe}{r}$, ragam fenotipe $\sigma^2p = \sigma^2g + \sigma^2e$. Pendugaan heritabilitas dan koefisien keragaman genetik dihitung sebagai berikut: heritabilitas $h^2_{bs} = \frac{\sigma^2g}{\sigma^2p}$. Heritabilitas dikategorikan menjadi tinggi $h^2_{bs} > 0.5$, sedang $0.2 \leq h^2_{bs} \leq 0.5$ dan rendah $h^2_{bs} < 0.2$ (Standfield, 1983). Koefisien keragaman genetik $KKG = \frac{\sqrt{\sigma^2g}}{\bar{X}}$ yang dikategorikan menjadi sempit 0-10%, sedang 10-20% dan luas > 20% (Knight, 1979). Pendugaan diferensial seleksi dihitung sebagai berikut: $S = \frac{\bar{X}_i - \bar{X}_o}{\bar{X}_o} \times 100\%$ dimana S = diferensial seleksi, \bar{X}_i = rata-rata galur terpilih, \bar{X}_o = rata-rata seluruh galur dalam populasi. Kemajuan genetik dihitung berdasarkan rumus yang dikemukakan oleh Roy (2000).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaman dan Heritabilitas Karakter Sorgum

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa genotipe dan varietas pembanding berbeda nyata untuk semua karakter yang diamati, kecuali umur panen. Galur-galur F6 berbeda nyata pada karakter tinggi tanaman, umur berbunga, panjang malai, diameter malai, bobot biji per malai, dan bobot 100 biji (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai tengah antar genotipe, varietas pembanding, dan galur-galur F6 sorgum. Perbedaan nilai tengah menunjukkan adanya keragaman fenotipe pada karakter sorgum yang dapat disebabkan oleh keragaman faktor genetik, lingkungan, atau interaksi faktor genetik dan lingkungan.

Proporsi keragaman faktor genetik terhadap keragaman fenotip dapat dilihat dari nilai heritabilitas. Nilai heritabilitas dalam penelitian ini berkisar antara 0.54 hingga

0.98 (Tabel 2). Berdasarkan Stanfield (1983), heritabilitas semua karakter tergolong tinggi, kecuali karakter umur panen.

Nilai heritabilitas yang tinggi diharapkan diikuti nilai koefisien keragaman genetik yang luas. Nilai koefisien keragaman genetik dalam penelitian ini berkisar 1.39% hingga 25.15% (Tabel 2). Berdasarkan Knight (1979), karakter tinggi tanaman dan bobot biji per malai memiliki nilai koefisien keragaman genetik yang dikategorikan luas. Hal ini didukung oleh Rini *et al.* (2017) bahwa galur-galur yang diuji dalam penelitian ini merupakan hasil persilangan dari tetua-tetua dengan daya gabung baik.

Beberapa hasil penelitian sorgum menunjukkan keragaman yang besar pada karakter tinggi tanaman (Hamidou *et al.*, 2018; Subhashini *et al.*, 2019) dan karakter bobot biji per malai (Gebreyohannes *et al.*, 2018; Swamy *et al.*, 2018; Patil *et al.*, 2018; Mofokeng *et al.*, 2019). Keragaman genetik sangat menentukan keberhasilan seleksi.

Keragaan Galur-galur F6 Sorgum dari Tiga Populasi

Keragaan populasi tiga F6 yang terdiri dari galur-galur hasil seleksi *pedigree* dan *modified bulk* terdapat pada Tabel 3. Tinggi tanaman galur-galur F6 berkisar antara 123.8-293.7 cm. Elangovan *et al.* (2014) mengelompokkan tinggi tanaman menjadi sangat pendek (<76 cm) (72), pendek (76-150 cm), medium (151-225 cm), tinggi (226-300 cm), dan sangat tinggi (>300 cm). Di antara galur-galur yang diuji, terdapat 6 galur pendek, 44 galur sedang dan 10 galur tinggi. Diameter batang galur-galur F6 sorgum berkisar antara 19.0-26.2 mm. Berdasarkan Elangovan *et al.* (2014) sebanyak 5 galur terkategori kecil dan 55 galur lainnya terkategori sedang.

Jumlah daun galur-galur F6 sorgum berkisar 10-17 helai daun (Tabel 3). Daun sangat penting dalam proses fotosintesis, semakin banyak jumlah daun maka akumulasi fotosintat yang dihasilkan akan semakin banyak dan berpotensi menghasilkan genotipe dengan produktivitas

Tabel 1. Hasil analisis ragam karakter agronomi dan hasil sorgum

Karakter	Sumber keragaman					
	Genotipe		Kontrol		Galur	
	KT	Uji F	KT	Uji F	KT	Uji F
Tinggi tanaman (cm)	2,604.83	42.31**	13,901.90	225.80**	1,686.97	27.40**
Diameter batang (cm)	6.19	3.79**	28.94	17.73**	2.88	1.77
Jumlah daun (helai)	2.14	2.17*	5.34	5.42**	1.81	1.84
Umur berbunga (hst)	21.89	4.58**	26.87	5.62**	19.22	4.02**
Umur panen (hst)	8.94	1.47	11.24	1.85	8.46	1.40
Panjang malai (cm)	7.72	5.66**	55.55	40.70**	3.75	2.75*
Diameter malai (mm)	51.76	4.54**	156.79	13.74**	33.99	2.98*
Bobot malai (g)	518.46	7.46**	1,885.58	27.14**	342.84	4.93**
Bobot biji per malai (g)	275.05	9.01**	681.50	22.32**	213.21	6.98**
Bobot 100 biji (g)	0.24	16.99**	1.46	104.82**	0.14	9.82**

Keterangan: ** = berbeda sangat nyata pada taraf $\alpha=1\%$; * = berbeda nyata pada taraf $\alpha = 5\%$

Tabel 2. Nilai komponen ragam, heritabilitas arti luas, dan koefisien keragaman genetik

Karakter	σ^2e	σ^2g	σ^2p	h^2_{bs}	KKG (%)
Tinggi tanaman	50.02	2,066.35	2,116.37	0.98	23.34
Diameter batang	1.33	3.70	5.03	0.74	8.72
Jumlah daun	0.80	0.94	1.74	0.54	7.25
Umur berbunga	3.88	13.90	17.78	0.78	5.33
Umur panen	4.93	2.34	7.26	0.32	1.39
Panjang malai	1.11	5.16	6.27	0.82	10.97
Diameter malai	9.27	32.78	42.05	0.78	10.96
Bobot biji per malai	24.81	198.66	223.47	0.89	25.15
Bobot 100 biji	0.01	0.18	0.19	0.94	15.87

Keterangan: σ^2e = ragam lingkungan, σ^2g = ragam genetik, σ^2p = ragam fenotip, h^2_{bs} = heritabilitas arti luas, KKG = koefisien keragaman genetik

tinggi (Jain dan Patel, 2014; Khandelwal *et al.*, 2015). Umur berbunga galur-galur F6 sorgum berkisar antara 56-77 HST. Berdasarkan pengelompokan oleh Elangovan *et al.* (2014) terdapat sebanyak 14 galur, 43 galur, dan 3 galur F6 sorgum memiliki umur berbunga masing-masing terkategori genjah, sedang, dan lama. Umur panen berkisar antara 104-117 hst dengan kategori berumur sedang hingga dalam.

Panjang malai galur-galur F6 sorgum berkisar antara 15-27 cm (Tabel 3). Berdasarkan Elangovan *et al.* (2014) panjang malai galur-galur F6 sorgum terkategori sangat panjang. Diameter malai galur-galur F6 sorgum berkisar antara 41.8-71.1 mm. Panjang malai dan diameter malai merupakan ruang tempat biji sorgum tumbuh dan berkembang. Ukuran malai yang panjang dan berdiameter besar akan memberikan jumlah biji yang lebih besar dan dapat meningkatkan potensi hasil sorgum. Bobot biji per malai galur-galur F6 sorgum berkisar antara 20.9-87.4 g dan bobot 100 biji berkisar antara 1.8-3.4 g. Terdapat banyak galur yang memiliki bobot biji per malai dan bobot 100 biji setara dan lebih besar dibandingkan dengan varietas pembanding.

Tujuan pemuliaan sorgum selain perbaikan hasil, juga untuk memperbaiki arsitektur tanaman. Arsitektur tanaman yang diharapkan yaitu tinggi tanaman pendek-sedang, berdiameter batang besar, berjumlah daun banyak, dan berumur genjah. Keragaan galur-galur F6 sorgum berpeluang besar dalam memperoleh galur sesuai dengan arsitektur tanaman yang diharapkan. Tinggi tanaman sorgum yang tergolong pendek hingga sedang dan berdiameter batang besar dapat mempermudah pemeliharaan dan pemanenan serta lebih tahan rebah.

Efektivitas Metode Seleksi Pedigree dan Modified Bulk pada Tiga Populasi Sorgum

Efektivitas seleksi dinilai dengan membandingkan nilai tengah antar populasi dan antar metode seleksi menggunakan uji kontras. Keragaan nilai tengah dan hasil uji kontras antar populasi, populasi hasil seleksi *pedigree* dan *modified bulk*, serta antar kedua metode seleksi terdapat pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6.

Hasil uji kontras antar populasi menunjukkan perbedaan nilai tengah pada karakter tinggi tanaman, panjang malai, umur panen, dan bobot 100 biji (Tabel 4). Populasi PI 150-20-A x Kawali yang memiliki tinggi tanaman lebih rendah, ukuran malai lebih panjang, dan umur panen sama atau lebih pendek dibandingkan kedua populasi lainnya, sedangkan karakter bobot 100 biji, populasi PI-150-20-A x Numbu lebih besar dibandingkan kedua populasi lainnya. Ketiga populasi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada karakter diameter batang, jumlah daun, umur berbunga, diameter malai dan bobot biji per malai.

Hasil uji kontras antar populasi hasil seleksi *pedigree* dan *modified bulk* menunjukkan bahwa keragaan nilai tengah untuk semua karakter yang diamati tidak berbeda nyata (Tabel 5). Tidak adanya perbedaan nilai tengah pada populasi hasil seleksi *pedigree* dan *modified bulk* menunjukkan bahwa kedua metode seleksi memberikan kemajuan genetik yang sama baiknya.

Hasil uji kontras antar metode seleksi pada masing-masing populasi menunjukkan bahwa nilai tengah populasi yang diseleksi dengan metode *pedigree* dan *modified bulk* tidak berbeda nyata pada semua karakter yang diamati, kecuali umur panen pada populasi PI 10-90-A x Numbu (Tabel 6). Hal ini menunjukkan bahwa kedua metode seleksi menghasilkan kemajuan seleksi yang sama pada populasi berbeda. Metode *modified bulk* memungkinkan dapat menjadi alternatif metode selain *pedigree*, *bulk*, atau *single seed descent* untuk penanganan populasi bersegregasi pada tanaman menyerbuk sendiri. Metode seleksi *bulk* dari individu terbaik memberikan kemudahan dalam proses seleksi karena lebih sedikit melakukan pencatatan dan populasi yang ditangani sudah tidak besar.

Trikoesoemaningtyas *et al.* (2017) menyarankan metode seleksi *bulk* untuk perbaikan daya hasil sorgum agar diperoleh kemajuan genetik yang lebih tinggi. Di sisi lain, Kanbar *et al.* (2011) melaporkan bahwa galur-galur padi yang dihasilkan dari metode seleksi *pedigree* memiliki superioritas yang lebih tinggi dibandingkan dengan galur-galur hasil seleksi *modified bulk*.

Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh informasi bahwa penerapan metode seleksi yang berbeda pada populasi

Tabel 3. Kisaran nilai tengah galur-galur F6 dari tiga populasi sorgum

Karakter	PI 10-90-A x Numbu	PI 150-20-A x Numbu	PI 150-20-A x Kawali
Tinggi tanaman (cm)	190.8-293.7	137.4-282.2	123.8-279.6
Diameter batang (mm)	19.9-25.7	19.0-26.2	19.9-25.8
Jumlah daun (helai)	12-17	11-16	10-16
Umur berbunga (hst)	56-76	62-77	59-73
Umur panen (hst)	106-117	104-114	104-116
Panjang malai (cm)	17.1-22.9	15.0-22.6	17.5-27.0
Diameter malai (mm)	43.7-67.5	42.4-71.1	41.8-64.2
Bobot biji per malai (g)	26.4-79.8	30.5-87.9	20.9-87.4
Bobot 100 biji (g)	1.8-3.1	2.1-3.4	2.0-3.3

Tabel 4. Perbandingan nilai tengah karakter agronomi antar tiga populasi sorgum

Populasi	TT (cm)	DB (m)	JD (helai)	UB (hs)	UP (hst)	PM (cm)	DM (m)	BBM (g)	BB100 (g)
PI 10-90-A x Numbu	218.9a	23.4a	14a	71a	111a	20.3a	54.9a	59.4a	2.5a
PI 150-20-A x Numbu	187.1b	22.3a	14a	70a	109a	20.0a	55.3a	58.8a	2.9b
PI 150-20-A x Kawali	178.3b	22.6a	14a	68a	110a	21.6b	51.9a	59.0a	2.7ab

Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji kontras $\alpha = 0.05$. TT = Tinggi tanaman; DB = Diameter batang; JD = Jumlah daun; UB = Umur berbunga; UP = Umur panen; PM = Panjang malai; DM = Diameter malai; BBM = Bobot biji per malai; BB100 = Bobot 100 biji

Tabel 5. Perbandingan nilai tengah karakter agronomi sorgum antar metode seleksi

Metode seleksi	TT (cm)	DB (m)	JD (helai)	UB (hs)	UP (hst)	PM (cm)	DM (m)	BBM (g)	BB100 (g)
<i>Pedigree</i>	198.2a	22.6a	14a	70a	111a	20.4a	54.3a	60a	2.7a
<i>Modified bulk</i>	191.3a	22.9a	14a	68a	109a	20.7a	53.7a	58a	2.7a

Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji kontras $\alpha = 0.05$. TT = Tinggi tanaman; DB = Diameter batang; JD = Jumlah daun; UB = Umur berbunga; UP = Umur panen; PM = Panjang malai; DM = Diameter malai; BBM = Bobot biji per malai; BB100 = Bobot 100 biji

Tabel 6. Perbandingan nilai tengah karakter agronomi antar tiga populasi sorgum hasil seleksi *pedigree* dan *modified bulk*

Populasi	Metode seleksi	TT (cm)	DB (m)	JD (helai)	UB (hs)	UP (hst)	PM (cm)	DM (m)	BBM (g)	BB100 (g)
PI 10-90-A x Numbu	<i>Pedigree</i>	226.8a	22.9a	14a	71a	113a	20.2a	56.6a	60.3a	2.6a
	<i>Modified bulk</i>	210.9a	23.8a	14a	70a	108b	20.3a	53.1a	58.7a	2.5a
PI 150-20-A x Numbu	<i>Pedigree</i>	193.1a	22.3a	14a	70a	110a	19.9a	55.0a	62.4a	2.8a
	<i>Modified bulk</i>	181.1a	22.2a	14a	69a	109a	20.1a	55.5a	54.6a	2.9a
PI 150-20-A x Kawali	<i>Pedigree</i>	174.6a	22.6a	14a	70a	109a	21.3a	51.3a	57.4a	2.6a
	<i>Modified bulk</i>	182.0a	22.6a	13a	65a	110a	21.8a	52.4a	60.6a	2.7a

Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang sama untuk masing-masing populasi tidak berbeda nyata pada uji kontras $\alpha = 0.05$. TT = Tinggi tanaman; DB = Diameter batang; JD = Jumlah daun; UB = Umur berbunga; UP = Umur panen; PM = Panjang malai; DM = Diameter malai; BBM = Bobot biji per malai; BB100 = Bobot 100 biji

dari kombinasi persilangan atau tetua yang sama ternyata menghasilkan keragaan populasi F6 yang tidak berbeda antar metode seleksi. Hal ini menunjukkan bahwa populasi F6 baik hasil seleksi *pedigree* maupun *modified bulk* menunjukkan kemajuan genetik yang sama. Seleksi *bulk* yang dimodifikasi dalam penelitian ini dilakukan dengan cara *bulk* dari individu-individu terbaik pada generasi awal lalu dilanjutkan dengan seleksi galur pada F5.

Seleksi Galur-galur F6 Sorgum

Galur-galur F6 dari hasil seleksi ketiga populasi yang digunakan baik hasil seleksi *pedigree* maupun *modified bulk* diseleksi kembali mendapatkan 20 galur terbaik sebagai calon-calon galur harapan untuk dilanjutkan dengan uji multilokasi.

Seleksi galur sorgum F6 dilakukan berdasarkan dua karakter penting, yaitu tinggi tanaman dan bobot biji per

malai. Kedua karakter ini dipilih karena memiliki nilai heritabilitas yang tinggi dan koefisien keragaman genetik yang luas. Seleksi dilakukan terhadap galur-galur dengan karakter tinggi tanaman berkategori rendah hingga sedang dan bobot biji per malai tinggi. Keragaan 20 galur terbaik yang dipilih dari 60 galur yang diuji terdapat pada Tabel 7.

Efektivitas seleksi pada F6 diduga dari nilai diferensial seleksi dan nilai kemajuan seleksi. Nilai diferensial seleksi berbanding lurus dengan nilai dugaan kemajuan seleksi pada kedua metode seleksi, yaitu memberikan nilai negatif untuk tinggi tanaman dan positif untuk bobot biji per malai (Tabel 8). Hal ini mengartikan bahwa galur-galur terpilih lebih superior dibandingkan populasi awal. Superioritas galur-galur F6 dari kedua metode ditunjukkan dengan peningkatan bobot biji per malai sebesar 14.1 g pada metode *pedigree* dan sebesar 18.2 g pada metode *modified bulk*. Kedua metode ini juga berhasil menurunkan tinggi tanaman hampir 10%. Hasil yang sama dilaporkan oleh Insan *et al.* (2016) dan

Sulistyowati *et al.* (2016) bahwa seleksi berdasarkan tinggi tanaman dan bobot biji per malai akan meningkatkan hasil dan mengurangi tinggi tanaman.

Penerapan kedua metode ini diharapkan dapat menghasilkan galur-galur sorgum yang sama baiknya, yaitu tinggi tanaman berkategori pendek sampai sedang dan hasil tinggi. Nilai rata-rata karakter yang diamati pada galur

terpilih dari hasil seleksi pedigree dan modified bulk tidak jauh berbeda. Berdasarkan nilai diferensial seleksi diketahui bahwa penerapan metode *modified bulk* lebih baik daripada metode *pedigree* karena selain memberikan peningkatan yang positif pada karakter hasil, juga menghasilkan galur-galur dengan tinggi tanaman lebih pendek.

Tabel 7. Galur terseleksi berdasarkan karakter tinggi tanaman dan bobot biji per malai sorgum pada masing-masing metode seleksi

Galur terseleksi <i>Pedigree</i>	TT (cm)	BBM (g)	Galur terseleksi <i>Modified bulk</i>	TT (cm)	BBM (g)
PI-150/N-182-5-12-7-P	164.5	85.3	PI-10/N-21-14-3-B	169.5	75.3
PI-150/N-169-7-1-7-P	197.5	76.8	PI-150/N-19-7-5-B	180.7	57.9
PI-150/N-043-6-9-5-P	156.3	62.1	PI-10/N-18-12-7-B	160.6	58.6
PI-150/N-043-16-5-5-P	181.6	70.1	PI-150/N-14-25-5-B	196.6	84.9
PI-150/K-375-17-1-5-P	165.9	63.8	PI-150/N-1-24-2-B	175.4	70.7
PI-150/K-375-17-1-1-P	165.7	68.6	PI-150/N-4-6-7-B	187.5	63.4
PI-150/K-374-7-1-1-P	209.8	64.3	PI-150/K-20-1-5-B	157.1	65.9
PI-150/K-267-18-18-2-P	129.1	59.1	PI-150/K-1-13-3-B	173.0	71.8
PI-150/K-248-16-5-3-P	196.2	76.0	PI-150/K-21-3-3-B	159.9	79.8
PI-10/N-324-2-15-2-P	201.0	70.4	PI-150/K-19-6-2-B	188.5	64.2

Keterangan: TT = Tinggi tanaman; BBM = Bobot biji per malai

Tabel 8. Diferensial seleksi berdasarkan seleksi tinggi tanaman dan bobot biji per malai sorgum

Karakter	<i>Pedigree</i>			\hat{G}	<i>Modified bulk</i>			\hat{G}
	Nilai tengah		DS (%)		Nilai tengah		DS (%)	
	Populasi	Galur terseleksi			Populasi	Galur terseleksi		
Tinggi tanaman (cm)	195.9	176.8	-9.8	-9.6	191.3	174.9	-8.6	-8.4
Diameter batang (mm)	22.6	23.6	4.6	3.4	22.9	23.1	1.0	0.7
Jumlah daun (helai)	14.0	14.0	2.4	1.3	14.0	14.0	0.2	0.1
Umur berbunga (hst)	70.0	69.0	-0.1	-0.1	68.0	68.0	-0.1	-0.1
Umur panen (hst)	110.0	108.0	-1.7	-0.6	109.0	108.0	-0.6	-0.2
Panjang malai (cm)	20.4	22.0	7.6	6.3	20.8	21.4	3.1	2.5
Diameter malai (mm)	54.2	55.2	1.8	1.4	53.7	56.2	4.8	3.8
Bobot biji per malai (g)	60.2	69.7	15.8	14.1	57.9	69.3	20.4	18.2
Bobot 100 biji (g)	2.7	2.6	-3.0	-2.8	2.7	2.8	3.1	2.9

Keterangan: DS = Diferensial seleksi; \hat{G} = Kemajuan seleksi

KESIMPULAN

Keragaan galur-galur F6 hasil seleksi dengan metode seleksi *pedigree* dan *modified bulk* pada tiga populasi sorgum tidak nyata pada hampir semua karakter yang diamati sehingga kedua metode seleksi akan sama efektifnya.

Heritabilitas tinggi dan koefisien keragaman genetik yang luas terdapat pada karakter tinggi tanaman dan bobot biji per malai. Efektivitas kedua metode seleksi dalam peningkatan hasil ditunjukkan dari nilai kemajuan genetik pada bobot biji per malai sorgum, yaitu sebesar 14.1 g pada metode *pedigree* dan sebesar 18.2 g pada metode *modified bulk*.

DAFTAR PUSTAKA

- Badigannavar, A., G. Girishb, V. Ramachandran, T.R. Ganapathia. 2016. Genotypic variation for seed protein and mineral content among post-rainy season-grown sorghum genotypes. *The Crop J.* 4:61-67.
- Biba, M.A. 2011. Prospek pengembangan sorgum untuk ketahanan pangan dan energi. *Iptek. Tanaman Pangan* 6:257-269.
- Dahlberg, J., J. Berenji, V. Sikora, D. Latcovic. 2011. Assessing sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) germplasm for new traits: food, fuels and unique uses. *Maydica*. 56:85-92.
- Elangovan, M., G.C. Reddy, P.K. Babu, M.J. Rani. 2014. Preliminary evaluation of mini-core collection of sorghum for utilization. <http://www.researchgate.net/publication/259893199> [8 Juli 2019].
- El-Hosarya, A., E.M.H. Shokra, M.E.R. Gomaa, M. Abosherif, M.M.M. Hamoudab. 2014. Comparison among three breeding methods in bread wheat. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri*. 6:1011-1016.
- Farag, H.I.A. 2013. Efficiency of three methods of selection in wheat breeding under saline stress conditions. *Egypt. J. Plant Breed.* 17:85-95.
- [FAOSTAT] Food Agriculture Organization of the United Nation. 2017. World production sorghum 2017. <http://www.fao.org/faostat/en/#data> [1 September 2018].
- Gebreyohannes, A., T. Tadesse, A. Seyoum, H. Nida, N. Nega, T. Senbetay, C. Endalemaw. 2018. Genetic variability in agronomic traits and associations in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes at intermediate agro-ecology sorghum growing areas of Ethiopia. *African J. Agric.* 13:2780-2787.
- Hamidou, M., M.A.K. Souley, I. Kapran, O. Souleymane, E.Y. Danquah, K. Ofori, V. Gracen, N.B.A. Malick. 2018. Genetic variability and its implications on early generation sorghum lines selection for yield, yield contributing traits and resistance to sorghum midge. *Int. J. Agro.* 5:1-10
- Insan, R.R., D. Wirnas, Trikoesoemaningtyas. 2016. Estimation of genetic parameters and selection of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) RILS F5 derived from single seed descent. *Int. J. Agro. Agric. Res.* 8:95-103.
- Jain, S.K., P.R. Patel. 2014. Characters association and path analysis in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) F1 and their parents. *Ann. Plant Soil Res.* 16:107-110.
- Kanbar, A., K. Kondo, H.E. Shashidhar. 2011. Comparative efficiency of pedigree, modified bulk and single seed descent methods of selection for developing high yielding line in rice (*Oryza sativa* L.) under aerobic condition. *Electro. J. Plant Breed.* 2:184-194.
- Khandelwal, V., M. Shukla. 2015. Correlation and path coefficient analysis for agronomical traits in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) under shallow saline soil condition in arid region. *Electro. J. Plant Breed.* 6:1143-1149.
- Knight, R. 1979. *Practical in Statistic and Quantitative Genetic*. Aust Vice Chancelors Commite. Australia, AU.
- Kulamarva, A.G., V.R. Sosle, G.S. Vijaya Raghavan. 2009. Nutritional and rheological properties of sorghum. *Internat. J. Food Properties* 12:55-69.
- Lamessa, K., G. Chala, A. Tarbush, D. Gudeta, S. Haile, A. Usmael. 2016. Evaluation of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) varieties and environments for yield performance and stability. *J. Bio. Agric. Healthcare.* 6:11-17.
- Lestari, A.P., Suwarno, Trikoesoemaningtyas, D. Sopandie, H. Aswidinnoor. 2016. Development of low-nitrogen adapted rice lines under low-nitrogen selection environment. *Indian J. Genet.* 76:312-318.
- Miladinovic, J., J.W. Burton, S.B. Tubic, D. Miladinovic, V. Djordjevic, V. Djukic. 2011. Soybean breeding: Comparison of the efficiency of different selection methods. *Turk. J. Agric. For.* 35:469-480.
- Mofokeng, M.A., H. Shimelis, M. Laing, N. Shargie. 2019. Genetic variability, heritability and genetic gain for quantitative traits in South African sorghum genotypes. *Aust. J. Crop Sci.* 13:1-10.
- Patil, N.Y., N.A. Pugh, R.R. Klein, H.S. Martinez, R.S. Martinez, H.R. Rodriguez, P.E. Klein. 2018. Heritability and quantitative trait loci of composition and structural characteristics in sorghum grain. *J. Crop Improv.* 33:1-24.
- [Puslitbangtan] Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. 2016. Deskripsi Varietas Unggul Tanaman Pangan 2010-2016. Kementerian Pertanian. Bogor, ID.

- Ramatoulaye, F., C. Mady, S. Fallou, K. Amadou, D. Cyril, D. Massamba. 2016. Production and use sorghum: a literature review. *J. Nutri. Health Food Sci.* 4:1-4.
- Rini, E.P., D. Wirnas, Trikoesoemaningtyas, D. Sopandie. 2017. Genetic analysis on agronomic and quality traits of sorghum hybrids in Indonesia. *Sabrao J. Breed. Gen.* 49:192-200.
- Roy, D. 2000. *Plant Breeding: Analysis and exploitation of variation.* Narosa Publ. House. New Delhi, IN.
- Stanfield, W.D. 1983. *Schaum's Outline of Theory and Problems of Genetic* 2nd eds. Mc Graw-Hill. New York, US.
- Suarni. 2012. Potensi sorgum sebagai bahan pangan fungsional. *Iptek. Tanaman Pangan* 7:58-66.
- Subhashini, S., B. Selvi. 2019. Association and variability studies in F₂ population of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Electro. J. Plant Breed.* 10:483-489.
- Sulistyowati, Y., Trikoesoemaningtyas, D. Sopandie, W.A. Sintho, N. Satya. 2016. Parameter genetik dan seleksi sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) populasi F4 hasil *Single Seed Descent* (SSD). *J. Bio. Indonesia* 12:175-184.
- Swamy, N., B.D. Biradar, G.M. Sajjanar, V.H. Ashwathama, A.S. Sajjan, A.P. Biradar. 2018. Genetic variability and correlation studies for productivity traits in rabi sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *J. Pharma. Phyto.* 7:1785-1788.
- Trikoesoemaningtyas, D. Wirnas, E.L. Saragih, E.P. Rini, N. Sari, S. Marwiyah, D. Sopandie. 2017. Kendali genetik karakter morfologi dan agronomi pada tiga populasi sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *J. Agron. Indonesia* 45:285-291.