

**Kendali Genetik Karakter Morfologi dan Agronomi pada
Tiga Populasi Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**

***Genetic Control of Morphology and Agronomic Characters
in Three Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Populations***

**Trikoesoemaningtyas^{1*}, Desta Wirnas¹, Ery Leonardo Saragih², Erin Puspita Rini³,
Mayang Sari², Siti Marwiyah¹, dan Didy Sopandie¹**

¹Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
(Bogor Agricultural University), Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

²Program Studi Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

³Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

Diterima 10 Mei 2017/Disetujui 15 Oktober 2017

ABSTRACT

Sorghum is one of the potential foods with a higher protein content than rice. Sorghum seeds can be milled and cooked as sorghum rice. This study was aimed to obtain information on the inheritance of morphological and agronomic characters from the population derived from crosses of wide genetic background. The study consisted of the formation of F1 population and evaluation of morphological and agronomic characters in the segregated population (F2) of the three selected F1 genotypes. The location of the research was at IPB Experimental Field, Leuwikopo. The performance of the F1 genotypes were between the two parents, except for the yield components of PI-150-20-A x Numbu and PI-150-20-A x Kawali were higher than the parental lines. The performance of the F2 generation population was also between the parental lines, but with a wider distribution. The sorghum seed color is controlled not only by additive and dominant gene action, but also by epistatic gene action. The character of seed weight per panicle is controlled by epistatic gene action. In the F2 population of the crosses of PI-150-20-A x Numbu and PI-150-20-A x Kawali and PI-10-90-A x Numbu, the seed weight character is inherited with moderate heritability value. Based on genes action dan heritability, bulk or single seed descent method are suitable for yield improvement of the populations.

Keywords: gene action, heritability, seed color, segregation, sorghum

ABSTRAK

Sorgum adalah salah satu pangan potensial dengan kandungan protein yang lebih tinggi dari beras. Biji sorgum dapat disosoh, dan dimasak menyerupai beras. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi pewarisan karakter morfologi dan agronomi dari populasi hasil persilangan dengan latar belakang genetik yang luas. Penelitian terdiri dari pembentukan populasi F1 melalui persilangan serta evaluasi karakter morfologi dan agronomi pada populasi bersegregasi (F2) dari tiga genotipe F1 terpilih. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan IPB, Leuwikopo, Bogor pada bulan Februari 2013-Juli 2015. Keragaan genotipe F1 berada di antara kedua tetua, kecuali untuk komponen hasil dari persilangan PI-150-20-A x Numbu dan PI-150-20-A x Kawali yang lebih tinggi dibandingkan kedua tetua. Keragaan tanaman generasi F2 juga masih berada di antara kedua tetua, tetapi dengan sebaran yang lebih luas. Warna biji dikendalikan tidak hanya oleh gen-gen aditif dan dominan, tapi juga oleh gen-gen epistasis. Karakter bobot biji per malai dikendalikan oleh gen-gen epistasis. Pada populasi F2 hasil persilangan PI-150-20-A x Numbu dan PI-150-20-A x Kawali dan PI-10-90-A x Numbu, karakter bobot biji diwariskan dengan nilai heritabilitas sedang. Berdasarkan informasi kendali genetik karakter agronomi sorgum, maka seleksi untuk perbaikan daya hasil sebaiknya dilakukan pada generasi lanjut

Kata kunci: aksi gen, heritabilitas, segregasi, sorgum, warna biji

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

PENDAHULUAN

Sorgum merupakan tanaman yang dapat dikembangkan sebagai bahan pangan, pakan, dan bioetanol (Dahlberg *et al.*, 2011). Sorgum mengandung senyawa fenolik bersifat anti kanker (Suarni, 2012). Sorgum mempunyai kemampuan adaptasi yang baik di lahan-lahan kering (Borrel *et al.*, 2014) atau lahan bertanah masam (Human *et al.*, 2011; Puspitasari *et al.*, 2012) yang banyak tersebar di Indonesia. Mulyani *et al.* (2011) menyatakan bahwa potensi lahan kering yang dapat dimanfaatkan untuk pertanian termasuk penanaman sorgum mencapai 23.9 juta ha.

Beberapa varietas sorgum yang telah dilepas merupakan hasil mutasi atau introduksi. Varietas Numbu berasal dari galur IS 23509, galur yang dikembangkan oleh SADC (*South African Development Community*), sedangkan Varietas Kawali berasal dari galur ICSV 233 yang merupakan galur introduksi dari ICRISAT (Soebagio dan Aqil, 2014). Upaya pengembangan varietas sorgum melalui persilangan saat ini masih diupayakan.

Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor telah melakukan persilangan varietas sorgum nasional dengan berbagai galur introduksi untuk memperluas keragaman genetik sorgum yang dapat diseleksi untuk berbagai karakter hasil, kualitas, dan daya adaptasi. Informasi tentang pewarisan karakter hasil dan komponen hasil sangat penting dalam menentukan karakter dan metode seleksi.

Pewarisan karakter agronomi sorgum telah dilaporkan (Sungkono, *et al.*, 2009; Mohammed *et al.*, 2015) pada ketahanan terhadap defisiensi kandungan hara fosfat (Sulistiyowati *et al.*, 2016). Informasi tentang pewarisan karakter kualitatif juga penting karena berpotensi untuk dijadikan marka dalam seleksi. Menurut House (1985) terdapat keragaman yang tinggi dari karakter kualitatif sorgum, seperti bentuk dan warna tulang daun, bentuk malai, kerapatan malai, dan warna biji. Durrishawar *et al.* (2012) melaporkan bahwa terdapat keragaman genetik yang tinggi untuk karakter warna tulang daun, warna daun, dan bentuk malai pada berbagai aksesori sorgum dari Afrika.

Beberapa karakter morfologi dilaporkan berkorelasi kuat dengan sifat-sifat penting. Sorgum dengan biji gelap (merah atau coklat) lebih resisten terhadap jamur karena mempunyai kandungan fenol yang lebih tinggi dibanding sorgum dengan biji terang (Kumar *et al.*, 2008). Warna tulang daun dilaporkan mempunyai korelasi dengan kualitas sorgum sebagai pakan (Reddy *et al.*, 2008; Cittapur dan Biradar, 2015).

Penelitian ini bertujuan memperoleh informasi pewarisan karakter morfologi dan agronomi dari populasi hasil persilangan dengan latar belakang genetik yang luas yaitu varietas nasional, galur hasil pemuliaan IPB dan galur introduksi. Informasi ini akan digunakan untuk meningkatkan efektivitas seleksi berbagai karakter penting dalam program pemuliaan sorgum.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahapan, yaitu pembentukan populasi populasi F1 melalui persilangan serta evaluasi karakter morfologi dan agronomi pada populasi bersegregasi (F2). Penelitian dilaksanakan pada Bulan Februari 2013-Juli 2015 di Kebun Percobaan IPB, Leuwikopo, Bogor.

Persilangan dilaksanakan pada bulan Februari sampai Juni 2013. Sebagai tetua betina dipilih 7 genotipe yang terdiri atas galur lanjut IPB, galur introduksi, dan galur mutan B69 serta dua varietas unggul nasional Numbu dan Kawali sebagai tetua jantan. Populasi F1 ditanam untuk menghasilkan benih F2. Di antara 14 populasi F2 digunakan 3 populasi F2, yaitu PI 10-90-A × Numbu, PI 150-20-A × Kawali, dan PI 150-20-A × Numbu. Setiap populasi terdiri atas 400 tanaman dan 100 tanaman untuk masing-masing tetua.

Benih ditanam dengan jarak tanam 70 cm x 20 cm. Budidaya dilakukan sesuai teknik budidaya anjuran untuk sorgum. Pelaksanaan panen dilakukan secara bertahap sesuai dengan kemasakan masing-masing tanaman. Pemanenan dilakukan jika 80% biji telah masak. Biji yang sudah masak bila ditekan keras dan terdapat bintik hitam.

Pengamatan karakter kualitatif dilaksanakan berpedoman pada International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV), yaitu warna biji, bentuk malai, eksersi malai, dan warna tulang daun. Karakter kuantitatif yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, panjang malai, diameter malai, bobot biji per malai, dan bobot 100 butir.

Karakter kualitatif dianalisis menggunakan pola segregasi Mendel dengan menguji kesesuaian nilai pengamatan dan harapan dengan metode uji khi-kuadrat (Crowder, 1993). Pendugaan jumlah gen dan aksi gen yang mengendalikan karakter kualitatif didasarkan pada nisbah segregasi fenotipe.

Pendugaan kendali genetik karakter agronomi dilakukan berdasarkan nilai skewness dan kurtosis. Analisis skewness dan kurtosis menggunakan *software* statistik SPSS 16.0. Interpretasi kemungkinan jumlah gen dan aksi gen dilakukan berdasarkan Jayaramachandran *et al.* (2010).

Pendugaan komponen ragam terdiri dari ragam lingkungan, ragam fenotipe, dan ragam genetik. Ragam dihitung dengan rumus $(\sigma) = \frac{(\sum x^2) - \frac{[\sum x]^2}{n}}{n-1}$, ragam lingkungan diduga dari ragam kedua tetua dengan rumus sebagai berikut: $(\sigma_e^2) = (\sigma_{P_1}^2 + \sigma_{P_2}^2)/2$, ragam fenotipe (σ_p^2) diduga dari ragam populasi F2, dan ragam genetik $(\sigma_g^2) = (\sigma_p^2) - (\sigma_e^2)$. Pendugaan heritabilitas arti luas dihitung sebagai berikut:

$$h_{bs}^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persilangan pada tanaman sorgum tidak mudah dilakukan karena terkendala oleh bentuk bunganya yang

kecil dan tanaman yang tinggi. Keberhasilan persilangan berkisar antara 6% pada persilangan B69 x Numbu sampai 54% pada persilangan PI-10-90A X Kawali. Benih F1 dari semua persilangan ditanam untuk memperoleh benih F2. Keragaan pertumbuhan dan hasil dari generasi F1 dan F2 ditampilkan pada Tabel 1. Keragaan genotipe F1 berada di antara kedua tetua, kecuali untuk komponen hasil dari persilangan PI-150-20-A x Numbu dan PI-150-20-A x Kawali yang lebih tinggi dibandingkan kedua tetua. Keragaan tanaman generasi F2 juga masih berada di antara kedua tetua, tetapi dengan sebaran yang lebih luas.

Kendali Genetik Karakter Kualitatif Sorgum

Karakter warna biji tidak mempengaruhi kualitas biji sorgum, tetapi dapat bernilai ekonomis karena menentukan penerimaan konsumen terhadap suatu varietas sorgum. Warna biji sorgum beragam mulai dari putih, putih keabuan, putih kekuningan, kuning, jingga, jingga kemerahan, coklat, merah kecoklatan, dan coklat gelap (UPOV, 2015; Elangovan *et al.*, 2014). Warna biji dari varietas Numbu adalah kuning, galur PI-150-20-A mempunyai biji berwarna putih, sedangkan varietas Kawali mempunyai biji berwarna kuning terang dan galur PI-90-10-A mempunyai biji

berwarna coklat terang. Hasil persilangan dari galur-galur tetua menghasilkan warna biji yang beragam.

Sebagian besar tanaman F2 hasil persilangan PI-10-90-A x Numbu mempunyai biji coklat terang seperti tetua betinanya, tetapi juga teramati biji berwarna coklat gelap, coklat kemerahan dan kuning. Persilangan PI-150-20-A dengan varietas Numbu dan Kawali menghasilkan tanaman dengan warna biji yang tidak menyerupai tetuanya. Persilangan PI-150-20-A yang berbiji putih dengan varietas Numbu yang berbiji kuning menghasilkan segregan F2 sebagian besar dengan warna biji coklat kemerahan disamping kuning, coklat terang, dan putih. Persilangan antara PI-150-20-A yang berbiji putih dengan Kawali yang berbiji kuning terang, menghasilkan segregan F2 yang sebagian besar berwarna coklat terang, disamping kuning terang dan putih seperti tetuanya. Munculnya warna yang berbeda menunjukkan bahwa warna biji sorgum mempunyai kendali genetik yang kompleks.

Warna biji sorgum ditentukan oleh warna kulit ari yaitu lapisan terluar dari biji. Gen-gen yang mengendalikan warna biji sebagian besar terekspresi pada pericarp. Hasil analisis segregasi warna biji pada tiga persilangan sorgum menunjukkan bahwa pada persilangan PI-10-90-A x Numbu, warna biji bersegregasi dengan ratio 9:3:3:1

Tabel 1. Nilai tengah dan simpangan baku karakter agronomi galur tetua, generasi F1 dan F2

Karakter	Nilai tengah dan simpangan baku			
	P1	P2	F1	F2
PI 10-90-A x Numbu				
Tinggi tanaman (cm)	284 ±0.8	255 ±2.4	281±20.4	274 ±46.1
Diameter batang (mm)	16.7±0.3	16.7±0.1	19.0±1.0	16.9±3.4
Panjang malai (cm)	19.9±0.8	19.9±0.2	22.9±0.3	22.2±2.7
Diameter malai (cm)	47.7±0.6	64.3±3.2	61.4±3.0	38.1±10.5
Bobot biji per malai (g)	46.6±1.7	87.1±0.8	83.9±3.2	35.6±29.0
Bobot 100 butir (g)	22.1±0.6	41.8±4.0	32.8±1.4	23.5±12.5
PI 150-20-A x Numbu				
Tinggi tanaman (cm)	122.0±2.0	255.0±2.0	192±12.0	170.0±22.0
Diameter batang (mm)	10.6±0.5	16.7±0.1	19.3±2.4	18.0±0.4
Panjang malai (cm)	16.4±0.2	19.9±0.2	24.2±1.9	22.5±2.9
Diameter malai (cm)	34.7±30.0	64.3±3.2	67.1±3.0	39.5±12.3
Bobot biji per malai (g)	19.4±0.5	87.1±0.8	86.9±13.2	43.4±33.2
Bobot 100 butir (g)	21.7±0.4	41.8±0.4	30.5±2.7	30.1±1.0
PI 150-20-A x Kawali				
Tinggi tanaman (cm)	122.0±2.0	181.0±6.1	160.0±19.0	162.0±34.0
Diameter batang (mm)	10.6±0.5	18.7±0.2	17.5±0.6	15.9±3.9
Panjang malai (cm)	16.4±0.2	25.0±0.8	26.2±1.2	23.7±3.4
Diameter malai (cm)	34.7±3.0	56.1±4.4	63.5±5.9	41.5±10.8
Bobot biji per malai (g)	19.4±0.5	69.2±6.7	70.9±8.7	47.2±33.2
Bobot 100 butir (g)	21.7±0.4	25.5±0.9	26.0±3.2	27.3±6.1

Keterangan: P1 = tetua betina; P2 = tetua jantan; tanaman generasi F1 dan F2 ditanam pada musim yang berbeda

yang menunjukkan bahwa warna biji pada persilangan ini dikendalikan oleh dua pasang gen dengan aksi dominan penuh (Tabel 2). Warna biji pada progeni hasil persilangan PI-150-20-A x Kawali juga dikendalikan dua pasang gen, tetapi dengan aksi gen epistatis sehingga menghasilkan nisbah 9:3:4. Kendali genetik warna biji pada populasi hasil persilangan PI-150-20-A x Numbu lebih kompleks dibandingkan pada kedua populasi lainnya. Warna biji pada populasi hasil persilangan ini dikendalikan oleh tiga pasang gen dengan aksi epistatis kompleks sehingga menghasilkan segregasi warna yang lebih beragam. Valencia dan Rooney (2009) menyatakan bahwa warna biji sorgum dikendalikan oleh gen-gen yang terekspresi pada pericarp yaitu gen *R_Y_I_S_B1_B2*. Gen R- dan Y- bersifat epistatis dan mengendalikan warna lapisan terluar dari pericarp. Gen I mengendalikan intensitas warna merah dan kuning dan bersifat epistatis terhadap R dan Y, gen B mengendalikan pigmen pada testa, dan gen S mengendalikan penyebaran tanin. Kendali genetik yang kompleks untuk warna biji juga dilaporkan pada tanaman gandum (Guo *et al.*, 2011).

Eksersi malai merupakan karakter yang penting karena menentukan keberhasilan pengisian biji sorgum. Tipe eksersi malai sorgum mulai dari tidak keluar, agak keluar, keluar dan keluar dengan baik. Sebagian besar tanaman generasi F2 hasil persilangan PI-10-90-A x Numbu mempunyai karakter eksersi malai keluar dengan baik, sedangkan untuk kedua populasi lainnya sebagian besar mempunyai eksersi malai dengan kategori keluar. Hasil analisis segregasi fenotipe menunjukkan bahwa karakter eksersi malai dikendalikan secara sederhana oleh satu atau dua gen dengan aksi dominan penuh dan dominan parsial (Tabel 2). Eksersi malai pada persilangan PI-10-90-A x Numbu dikendalikan oleh aksi gen epistatis yang menyebabkan pada generasi F2 muncul fenotipe yang melebihi tetuanya. Kendali genetik

eksersi malai sorgum belum dilaporkan sebelumnya, tetapi Mohammad *et al.* (2015) melaporkan bahwa eksersi malai gandum juga dikendalikan oleh aksi gen epistatis.

Bentuk malai merupakan karakter yang menjadi pembeda utama dari genotipe sorgum. Menurut UPOV (2015) bentuk malai sorgum dibedakan berdasarkan posisi bagian terlebarnya, menjadi sangat rendah (piramida), rendah, menengah, tinggi, dan sangat tinggi (piramida terbalik). Semua galur tetua yang digunakan mempunyai bentuk malai dengan bagian lebar di posisi tinggi (melebar di bagian atas), kecuali PI-150-20-A yang mempunyai bentuk malai melebar di bagian tengah. Tanaman F2 hasil persilangan PI-150-20-A x Numbu dan PI-150-20-A x Kawali sebagian besar mempunyai bentuk malai dengan bagian tengah melebar, sedangkan tanaman F2 hasil persilangan PI-10-90-A x Numbu sebagian besar mempunyai bentuk malai dengan bagian terlebar sangat tinggi (piramida terbalik). Hasil analisis segregasi bentuk malai pada populasi F2 menunjukkan bahwa bentuk malai dikendalikan oleh dua pasang gen dengan aksi dominan penuh pada populasi hasil persilangan PI-10-90-A x Numbu, tetapi mempunyai aksi gen resesif epistatis pada dua populasi lainnya (Tabel 2).

Warna tulang daun (*midrib*) dari tanaman sorgum dapat sangat beragam mulai dari putih, putih kekuningan, kuning terang, sampai coklat. Galur tetua yang digunakan dalam persilangan mempunyai warna tulang daun putih atau putih kekuningan. Tanaman F2 dari hasil persilangan, umumnya mempunyai warna tulang daun putih dan putih kekuningan seperti tetuanya, tetapi ditemukan juga tanaman dengan warna tulang daun kuning muda dan kuning terang. Menurut Durrishahwar *et al.* (2012), warna tulang daun putih dan putih kekuningan merupakan warna yang paling umum. Daun sorgum dengan tulang daun berwarna coklat (*brown midrib*) sangat sesuai untuk pakan karena

Tabel 2. Hasil uji khi-kuadrat pada nisbah fenotipe karakter morfologi generasi F2

Karakter	Nisbah segregasi	χ^2_{hitung}	Jumlah gen	Aksi gen
PI 10-90-A x Numbu				
Warna biji	9:3:3:1	0.78tn	Dua pasang	Dominan penuh
Eksersi malai	9:06:01	1.50tn	Dua pasang	Semi epistatis
Bentuk malai	9:3:3:1	0.52tn	Dua pasang	Dominan penuh
Warna tulang daun	9:06:01	0.52tn	Dua pasang	Semi epistatis
PI 150-20-A x Numbu				
Warna biji	27:9:9:19	0.10tn	Tiga pasang	Epistatis kompleks
Eksersi malai	9:3:3:1	2.18tn	Dua pasang	Dominan penuh
Bentuk malai	9:03:04	1.15tn	Dua pasang	Resesif epistatis
Warna tulang daun	9:06:01	0.79tn	Dua pasang	Semi epistatis
PI 150-20-A x Kawali				
Warna biji	9:03:04	0.19tn	Dua pasang	Resesif epistatis
Eksersi malai	1:02:01	0.12tn	Satu pasang	Dominan parsial
Bentuk malai	9:03:04	0.91tn	Dua pasang	Resesif epistatis
Warna tulang daun	9:3:3:1	1.16tn	Dua pasang	Dominan penuh

Keterangan: tn = tidak berbeda nyata pada taraf 5%

berkorelasi dengan kandungan lignin yang rendah sehingga meningkatkan kualitas pakan (Kumari *et al.*, 2017). Hasil analisis segregasi menunjukkan bahwa karakter warna tulang daun dikendalikan oleh dua pasang gen dengan aksi dominan penuh pada persilangan PI-150-20-A x Kawali, tetapi pada persilangan lainnya menunjukkan adanya aksi gen epistasis. Hasil ini berbeda dengan hasil yang dilaporkan oleh Reddy *et al.* (2008) bahwa warna tulang daun dikendalikan oleh satu pasang gen dengan aksi dominan penuh, dimana warna putih dominan terhadap warna coklat. Tidak ditemukan genotipe dengan warna tulang daun coklat (*brown midrib*) pada kedua populasi.

Kendali Genetik Karakter Agronomi Sorgum

Hasil analisis segregasi karakter agronomi pada tiga populasi F2 menunjukkan bahwa beberapa karakter agronomi dikendalikan secara poligenik dengan aksi gen aditif atau epistasis komplementer. Aksi gen aditif mengendalikan karakter tinggi tanaman, panjang malai, dan diameter malai persilangan pada populasi hasil persilangan PI-150-20-A x Numbu dan PI-150-20-A x Kawali, sedangkan pada persilangan PI-10-90-A x Numbu, aksi gen aditif mengendalikan karakter diameter malai dan bobot 1,000 biji. Cittapur dan Biradar (2015) juga melaporkan bahwa

karakter panjang malai, bobot malai dan jumlah cabang per malai dikendalikan oleh aksi gen aditif. Karakter yang dikendalikan oleh aksi gen aditif dapat dijadikan sebagai karakter seleksi karena akan memberikan kemajuan seleksi yang tinggi.

Karakter agronomi yang penting, yaitu bobot biji per malai dikendalikan oleh aksi gen epistasis pada ketiga populasi sorgum yang diteliti (Tabel 3). Hasil yang sama dilaporkan oleh Showemimo *et al.* (2006) bahwa karakter komponen hasil sorgum seperti panjang malai, bobot malai, bobot 1,000 biji dan jumlah biji per malai pada sorgum dikendalikan oleh aksi gen non-aditif. Peran aksi gen non-aditif pada karakter agronomi, juga dilaporkan pada 90 persilangan sorgum di India, terutama untuk karakter tinggi tanaman, bobot biji per tanaman, dan umur panen (Mohammad *et al.*, 2015). Aksi gen non-aditif akan menyebabkan nilai tengah fenotipe yang lebih tinggi pada generasi F2, tetapi sebagian tidak akan diwariskan.

Sebagian besar karakter agronomi sorgum dari ketiga populasi mempunyai nilai heritabilitas arti luas yang sedang. Karakter tinggi tanaman, diameter malai dan bobot 1,000 butir pada populasi hasil persilangan PI-10-90-A x Numbu, karakter bobot 1,000 butir pada populasi hasil persilangan PI-150-20-A x Numbu, dan karakter tinggi tanaman pada populasi hasil persilangan PI-150-20-A x Numbu yang

Tabel 3. Aksi gen pengendali karakter agronomi tiga populasi sorgum

Karakter	S	SES	ZS	K	SEK	ZK	Aksi gen
PI 10-90-A x Numbu							
Tinggi tanaman	-0.47	0.2	-2.37*	0.82	0.39	2.08*	Epistasis duplikat
Diameter batang	0.83	0.2	4.20**	2.43	0.39	6.16**	Epistasis komp.
Panjang malai	-0.01	0.2	-0.04tn	1.41	0.39	3.58**	Epistasis komp.
Diameter malai	-0.02	0.2	-0.08tn	-0.37	0.39	-0.95tn	Aditif
Bobot biji per malai	0.70	0.2	3.51**	0.65	0.39	1.65tn	Epistasis komp.
Bobot 1,000 biji	-0.83	0.2	-4.19**	-0.68	0.39	-1.73tn	Aditif
PI 150-20-A x Numbu							
Tinggi tanaman	0.07	0.2	0.35tn	-0.28	0.39	-0.72tn	Aditif
Diameter batang	0.47	0.2	2.37*	-0.61	0.39	-1.54tn	Epistasis komp.
Panjang malai	-0.11	0.2	-0.57tn	-0.61	0.39	-1.55tn	Aditif
Diameter malai	-0.09	0.2	-0.44tn	-0.16	0.39	-0.41tn	Aditif
Bobot biji per malai	0.40	0.2	2.02*	0.58	0.39	1.47tn	Epistasis komp.
Bobot 1,000 biji	-1.44	0.2	-7.29**	2.38	0.39	6.05**	Epistasis duplikat
PI 150-20-A x Kawali							
Tinggi tanaman	0.13	0.2	0.68tn	0.09	0.39	0.22tn	Aditif
Diameter batang	1.37	0.2	6.89**	0.86	0.39	2.18*	Epistasis komp.
Panjang malai	-0.22	0.2	-1.12tn	-0.54	0.39	-1.36tn	Aditif
Diameter malai	-0.07	0.2	-0.34tn	-0.39	0.39	-0.99tn	Aditif
Bobot biji per malai	0.84	0.2	4.26**	0.74	0.39	1.89tn	Epistasis komp.
Bobot 1,000 biji	-0.12	0.2	-0.63tn	-0.48	0.39	-1.23tn	Aditif

Keterangan: S (*skewness*); SE_s = standard error *skewness*; Z_s = statistik uji *skewness*; K = *kurtosis*; SE_k = standard error *kurtosis*; Z_k = statistik uji *kurtosis*; ** = statistik uji sangat nyata pada taraf nyata 0.01; * = statistik uji nyata pada taraf nyata 0.05); tn = statistik uji tidak nyata

mempunyai nilai heritabilitas arti luas yang tinggi (Tabel 4). Nilai heritabilitas arti luas untuk karakter agronomi pada tiga populasi hasil persilangan sorgum ini lebih rendah dari yang dilaporkan oleh Mohammad *et al.* (2015) dan Amare *et al.* (2015), namun lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai heritabilitas pada populasi F1 (Rini *et al.*, 2017).

Hasil penelitian ini memberikan informasi tentang segregasi karakter-karakter morfologi dan agronomi pada tiga populasi yang membantu dalam seleksi dalam pemuliaan varietas sorgum. Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh informasi bahwa aksi gen epistasis memegang peran penting dalam banyak karakter morfologi dan agronomi.

Aksi gen epistasis pada warna biji akan menyulitkan dalam seleksi karena dapat munculnya fenotipe warna biji yang tidak diduga pada generasi lanjut. Karakter agronomi yang dikendalikan oleh aksi gen epistasis akan menghasilkan zuriat yang melebihi tetuanya, tetapi tidak akan diwariskan pada generasi lanjut. Hal ini menyebabkan seleksi terhadap karakter bobot biji per malai pada ketiga populasi tidak akan memberikan kemajuan seleksi yang tinggi. Oleh sebab itu untuk seleksi terhadap potensi hasil, disarankan untuk menggunakan karakter sekunder seperti diameter malai yang dikendalikan oleh aksi gen aditif.

Tabel 4. Nilai komponen ragam dan heritabilitas arti luas karakter agronomi F2

Karakter	$\sigma^2 p$	$\sigma^2 e$	$\sigma^2 g$	h^2_{bs} (%)
PI 10-90-A x Numbu				
Tinggi tanaman (cm)	2,125,75	164.36	1,961,38	92.27
Diameter batang (cm)	0.11	0.04	0.07	61.06
Panjang malai (cm)	7.10	2.93	4.16	58.65
Diameter malai (cm)	1.09	0.20	0.89	81.79
Bobot biji per malai (g)	843.28	345.55	497.73	59.02
Bobot 1,000 butir (g)	1.57	0.18	1.40	88.70
PI 150-20-A x Numbu				
Tinggi tanaman (cm)	494.58	148.90	345.69	69.89
Diameter batang (cm)	0.18	0.10	0.08	44.86
Panjang malai (cm)	8.27	3.47	4.81	58.11
Diameter malai (cm)	1.52	0.67	0.85	55.95
Bobot biji per malai (g)	1,102.30	478.56	623.74	56.59
Bobot 1,000 butir (g)	1.00	0.17	0.83	83.08
PI 150-20-A x Kawali				
Tinggi tanaman (cm)	1,173,42	210.01	963.40	82.10
Diameter batang (cm)	0.15	0.15	0.00	1.89
Panjang malai (cm)	11.47	7.08	4.38	38.25
Diameter malai (cm)	1.18	0.73	0.44	37.56
Bobot biji per malai (g)	1,102,20	496.84	605.36	54.92
Bobot 1,000 butir (g)	0.36	0.14	0.22	60.76

Keterangan: $\sigma^2 p$ = ragam fenotipe; $\sigma^2 e$ = ragam lingkungan; $\sigma^2 g$ = ragam genetik, h^2_{bs} : heritabilitas arti luas

KESIMPULAN

Hasil analisis segregasi pada tiga populasi F2 sorgum menunjukkan bahwa karakter morfologi diantaranya warna biji sorgum dikendalikan selain oleh gen-gen aditif dan dominan, juga oleh tiga pasang gen dengan aksi epistasis komplek. Karakter agronomi pada ketiga populasi sorgum dikendalikan oleh banyak gen dengan aksi gen aditif dan epistasis kompleks. Karakter bobot biji per malai dikendalikan oleh gen-gen epistasis. Karakter agronomi diwariskan dengan nilai heritabilitas sedang sampai tinggi. Berdasarkan kendali genetik dan nilai heritabilitas, maka

metode pemuliaan untuk perbaikan daya hasil sorgum adalah metode *bulk* atau *single seed descent*. Karakter bobot biji per malai dapat dijadikan karakter seleksi untuk perbaikan daya hasil.

DAFTAR PUSTAKA

- Amare, K., H. Zeleke, G. Bultosa. 2015. Variability for yield, yield related traits and association among traits of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) varieties in Wollo, Ethiopia. J. Plant Breeding Crop Sci. 7: 125-133.

- Borrell, A.K., J.E. Mullet, B. George-Jaeggli, E.J. van Osterom, G.L. Hammer, P.E. Klein, D.R. Jordan. 2014. Drought adaptation of stay-green sorghum is associated with canopy development, leaf anatomy, root growth, and water uptake. *J. Exp. Bot.* 65:6251-6263.
- Chittapur, R., B.D. Biradar. 2015. Association studies between quantitative and qualitative traits in rabi sorghum. *Indian J. Agric. Res.* 49:468-471.
- Crowder, L.V. 1993. *Genetika Tumbuhan*. Cetakan ke-4. Lilik K, Soetarso, penerjemah. Yogyakarta (ID): UGM Pr. Terjemahan dari: *Plant Genetics*.
- Dahlberg, J., J. Berenji, V. Sikora, D. Latcovic. 2011. Assessing sorghum germplasm for new traits: food, fuels and unique uses. *Maydica* 56:85-92.
- Durrishahwar, M. Noor, H. Rahman, Ihteramullah, I.A. Shah, F. Ali, S.M.A. Shah, N. Mehmood. 2012. Characterization of sorghum germplasm for various morphological and fodder yield parameters. *Afr. J. Biotechnol.* 11:11952-11959.
- 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 2015].
- Guo, Z., P. Xu, Z. Zhang, D. Wang, M. Jin, A. Teng. 2011. Segregation ratios of colored grain in crossed wheat. *Aust. J. Crop Sci.* 5:589-594.
- House, L.R. 1985. *A guide to sorghum breeding*. ICRISAT. Andra Pradesh, India.
- Human, S., Trikoesoemaningtyas, Sihono, Sungkono. 2011. Development of sorghum tolerant to acid soil using induced mutation with gamma irradiation. *Atom Indonesia* 36:11-15.
- Jayaramachandran, M., N. Kumaravadivel, S. Eapen, G. Kandasamy. 2010. Gene action for yield attributing characters in segregating generation (M2) of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Electronic J. Plant Breed.* 1:802-805.
- Kumar, A.A., B.V.S. Reddy, R.P. Thakur, B. Ramaiah. 2008. Improved sorghum hybrids with grain mold resistance. *J. SAT Agric. Res.* (ejournal.icrisat.org) 6:1-4.
- Kumari, P., S.K. Pahuja, R. Panchta, S. Arya, Satpal, J. Tokas, C. Aruna. 2017. Evaluation of forage sorghum brown midrib lines for quality biomass production. *Global Journal of Bio-science and Biotechnology* 6:234-239.
- Mohammed, R., A.K. Are, R. Bhavanasi, R.S. Munghate, P.B.K. Kishor, H.C. Sharma HC. 2015. Quantitative genetic analysis of agronomic and morphological traits in sorghum, *Sorghum bicolor*. *Front. Plant Sci.* 6:945.
- Mulyani, A., S. Ritung, I. Las. 2011. Potensi dan ketersediaan sumber daya lahan untuk mendukung ketahanan pangan. *Jurnal Litbang Pertanian* 30:73-80.
- Puspitasari, W., S. Human, D. Wirnas, Trikoesoemaningtyas. 2012. Evaluating genetic variability of sorghum mutant lines tolerant to acid soil. *Atom Indonesia* 38:83-88.
- Reddy, R.N., S.M. Mohan, R. Madhusudhana, A.V. Umakanth, K. Satish, G. Srinivas. 2008. Inheritance of morphological characters in sorghum. *Journal of SAT Agricultural Research* 6.
- Rini, E. P., D. Wirnas, Trikoesoemaningtyas, D. Sopandie. 2017. Genetic analysis on agronomic and quality traits of sorghum hybrids in Indonesia. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics* 49 (2): 192-200.
- Showemimo, F.A., J.N. Buah, A.A. Addo-Quaye, E. Asare-Bediako. 2006. Nature of inheritance and genetic components of some agronomic traits in sorghum. *Int. J. Agricultural Research* 1:503-508.
- Soebagio, H., M. Aqil. 2014. Perakitan dan pengembangan varietas unggul sorghum untuk pangan, pakan, dan bioenergi. *IPTEK Tanaman Pangan* 9:39-50.
- Suarni. 2012. Potensi sorgum sebagai bahan pangan fungsional. *J. Iptek Tanaman Pangan* 7:58-66.
- Sulistiyowati, Y., Trikoesoemaningtyas, D. Sopandie, S.W. Ardie, S. Nugroho. 2016. Estimation of genetic parameters and gene actions of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench] tolerance to low P condition. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)* 7:38-46.
- Sungkono, Trikoesoemaningtyas, D. Wirnas, D. Sopandie, S. Human, M.A. Yudianto. 2009. Pendugaan parameter genetik dan seleksi galur mutan sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) di tanah masam. *J. Agron. Indonesia* 37:220-225.
- [UPOV] 2015. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. International Union for the Protection of New Varieties of Plants. Geneva.
- Valencia, R.C., W.L. Rooney. 2009. Genetic Control of Sorghum Grain Color. *INSORMIL Presentation* 10. <http://digitalcommons.unl.edu/insormilpresent/10>.