

## Kendali Genetik *Stay Greenness* dan Hasil serta Identifikasi Segregan Transgresif pada Empat Populasi $F_2$ Sorgum

### *Genetic Control of Stay Greenness and Yield and Identification of Transgressive Segregants in Sorghum $F_2$ Populations*

Munarti<sup>1</sup>, Desta Wirnas<sup>2\*</sup>, Trikoesoemaningtyas<sup>2</sup>, Muhamad Syukur<sup>2</sup>, Sobir<sup>2</sup>, dan Didy Sopandie<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

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

Diterima 21 Desember 2021/Disetujui 10 Maret 2022

#### ABSTRACT

*Stay greenness in sorghum is related to the ability to maintain green leaves and photosynthesis under stress conditions. This study aimed to obtain information on the genetic control of agronomic characters, stay greenness, and the identification of transgressive segregants of four sorghum  $F_2$  populations. The research was carried out from February to May 2020 at the experimental field of IPB University (250 m asl), Bogor, West Java. The genetic materials used were the population of Numbu x Samurai 2, Kawali x Pahat, Kawali x B69, Super 2 x PI-150-20-A with their parents. The results showed that the character of seed weight per plant was controlled by many additive genes only in the Numbu x Samurai 2 and Kawali x Pahat populations, while stay greenness in all populations was controlled by many additive genes. All observed characters had broad-sense heritability values in the medium to high category. There were 18 individuals in the Kawali x B69 and Super 2 x PI-150-20-A crosses suspected to be transgressive segregants based on the character of seed weight per plant and stay greenness. The segregants would be generated through the pedigree method.*

*Keywords: additive, gene action, genetic variation, transgressive index*

#### ABSTRAK

*Karakter stay greenness pada sorgum berkaitan dengan kemampuan mempertahankan kehijauan daun dan laju fotosintesis pada kondisi cekaman. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi kendali genetik karakter agronomi, stay greenness serta identifikasi segregan transgresif empat populasi  $F_2$  sorgum. Penelitian telah dilaksanakan bulan Februari sampai Mei 2020 di Kebun Percobaan IPB University Leuwikopo, Dramaga, Bogor, dengan ketinggian 250 m di atas permukaan laut (dpl). Bahan genetik yang digunakan adalah populasi Numbu x Samurai 2, Kawali x Pahat, Kawali x B69, Super 2 x PI-150-20-A, dan tujuh genotipe tetuanya. Setiap populasi terdiri atas 300 tanaman  $F_2$  dan masing-masing tetua sebanyak 60 tanaman. Pendugaan kendali genetik berdasarkan nilai skewness dan kurtosis. Identifikasi segregan transgresif menggunakan karakter terpilih berdasarkan nilai parameter genetik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakter bobot biji per tanaman dikendalikan banyak gen aditif pada populasi Numbu x Samurai 2 dan Kawali x Pahat, sedangkan karakter stay greenness pada semua populasi dikendalikan banyak gen aditif. Semua karakter yang diamati memiliki nilai heritabilitas arti luas sedang sampai tinggi. Delapan belas individu dari persilangan Kawali x B69 dan Super 2 x PI-150-20-A diduga sebagai segregan transgresif berdasarkan karakter bobot biji per tanaman dan stay greenness. Segregan yang diperoleh digalurkan dengan menerapkan metode pedigree.*

*Kata kunci: aksi gen, aditif, indeks transgresif, keragaman genetik*

#### PENDAHULUAN

Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) merupakan tanaman sereal penting sebagai sumber pangan, pakan dan industri. Tanaman sorgum meskipun toleran terhadap kekeringan, tetapi produksi sangat dipengaruhi perubahan

iklim. perubahan iklim dapat menyebabkan penurunan biomassa sorgum sebesar 27% dan hasil biji sebesar 20% (Maccarthy dan Vlek, 2012; Bosire *et al.*, 2018).

Pengembangan sorgum di Indonesia perlu didukung oleh ketersediaan varietas yang sesuai dengan beragam agroekologi di Indonesia. Sorgum biasanya ditanam pada berbagai kondisi lahan karena secara genetik sorgum memiliki daya adaptasi yang luas (Mundia *et al.*, 2019),

\* Penulis untuk korespondensi. e-mail: [desta@apps.ipb.ac.id](mailto:desta@apps.ipb.ac.id)

seperti toleran terhadap kekeringan, salinitas dan alkalinitas (Marta *et al.*, 2014; Schmer *et al.*, 2014) sehingga peluang untuk meningkatkan produksi dan memperoleh varietas unggul sorgum cukup besar (Subagio dan Aqil, 2014).

Perbaikan potensi hasil dan daya adaptasi memerlukan pemahaman mengenai karakter fisiologis, morfologis, dan agronomis yang berkontribusi terhadap hasil maupun daya adaptasi tanaman. Karakter *stay greenness* adalah salah satu karakter fisiologis yang berkontribusi terhadap hasil dan daya adaptasi tanaman terhadap cekaman biotik dan abiotik (Anami *et al.*, 2015; Danful *et al.*, 2019). *Stay greenness* pada tanaman sorgum berkaitan dengan kemampuan mempertahankan kehijauan daun dan aktivitas fotosintesis sehingga berperan dalam adaptasi terhadap cekaman kekeringan (Abebe *et al.*, 2021). Sampai saat ini informasi mengenai pewarisan karakter *stay greenness* masih terbatas (Belicuaeset *et al.*, 2014), termasuk pada tanaman sorgum.

Informasi tentang pewarisan sifat sangat diperlukan untuk mengembangkan strategi seleksi dalam program pemuliaan tanaman (Rajarajan *et al.*, 2017). Selain itu, nilai parameter genetik dapat digunakan untuk memprediksi frekuensi segregan transgresif yang akan muncul pada generasi  $F_2$ . Segregan transgresif merupakan segregan yang mempunyai keragaan lebih baik dari kedua tetuanya atau bahkan lebih dari varietas-varietas unggul yang ada (Guindon *et al.*, 2018; Putri *et al.*, 2020). Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi kendali genetik pada karakter agronomi dan *stay greenness* serta mengidentifikasi segregan transgresif pada empat populasi  $F_2$  sorgum. Informasi ini akan digunakan dalam pemuliaan tanaman dengan melibatkan karakter fisiologis untuk perbaikan potensi hasil.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Februari sampai Mei 2020 di Kebun Percobaan IPB Leuwikopo, Dramaga, Bogor. Lokasi penelitian berada pada ketinggian 250 m dpl.

Materi genetik yang digunakan adalah empat populasi  $F_2$  hasil persilangan, yaitu populasi Numbu x Samurai 2, Kawali x Pahat, Kawali x B69, Super 2 x PI-150-20-A, serta tetua-tetuanya. Setiap populasi terdiri atas 300 tanaman generasi  $F_2$  dan masing-masing tetua sebanyak 60 tanaman.

Penanaman benih sorgum menggunakan sistem tugal sebanyak 5 benih per lubang dengan jarak tanam 80 cm x 15 cm. Populasi kedua tetua dan populasi  $F_2$  ditanam dalam plot terpisah dengan tanpa pengulangan. Penjarangan dilakukan pada umur 2 minggu setelah tanam (MST) dengan menyisakan satu tanaman per lubang tanam. Dosis pupuk yang digunakan sesuai anjuran pemupukan pada sorgum, yaitu urea 150 kg ha<sup>-1</sup>, KCl 100 kg ha<sup>-1</sup>, dan SP-36 100 kg ha<sup>-1</sup>. Pupuk urea diberikan 2/3 bagian saat tanam dan 1/3 bagian lagi diberikan pada saat tanaman berumur 3 MST. Pemupukan dilakukan dengan cara alur dengan jarak dari lubang tanam ± 10 cm. Penyiangian, pembumbunan, dan pengendalian hama dan penyakit dilakukan sesuai dengan kondisi tanaman di lahan.

Pengamatan dilakukan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, bobot biji per tanaman, dan *stay greenness*. Karakter *stay greenness* diukur pada daun ketiga dari daun bendera menggunakan SPAD-502 dengan mengambil tiga titik yaitu pangkal, tengah, dan ujung daun pada saat umur tanaman 90 hari setelah tanam (HST).

Analisis data dilakukan dengan menghitung nilai tengah untuk masing-masing populasi  $F_2$  lalu dilanjutkan dengan pendugaan aksi dan jumlah gen pengendali berdasarkan nilai *skewness* dan *kurtosis* (Roy, 2000), nilai komponen ragam, dan heritabilitas. Pendugaan nilai komponen ragam yang terdiri dari ragam lingkungan, ragam fenotipe, dan ragam genetik berdasarkan rumus:

$$\sigma_e^2 = (\sigma_{P1}^2 + \sigma_{P2}^2)/2$$

Ragam fenotipe ( $\sigma_p^2$ ) diduga dari ragam populasi  $F_2$ , dan ragam genetik dengan rumus:  $\sigma_g^2 = (\sigma_p^2) - (\sigma_e^2)$ , heritabilitas arti luas dengan rumus:  $h_{bs}^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2} \times 100\%$ . Pengelompokan nilai heritabilitas: rendah ( $h_{bs}^2 \leq 20\%$ ); sedang ( $20\% < h_{bs}^2 < 50\%$ ); tinggi ( $h_{bs}^2 \geq 50\%$ ) (Stanfield, 1983). Pendugaan segregan transgresif pada generasi  $F_2$  dapat dilakukan dengan menggunakan indeks transgresif. Indeks transgresif dihitung berdasarkan Koide *et al.*, (2019) yaitu:

$$IT = \frac{F_2 \text{max} - F_2 \text{min}}{P_1 - P_2}$$

Keterangan: IT = indeks transgresif,  $F_2$  maks = nilai karakter *stay greenness* atau bobot biji per tanaman  $F_2$  tertinggi,  $F_2$  min = Nilai karakter *stay greenness* dan bobot biji per tanaman  $F_2$  terendah,  $P_1 - P_2$  = selisih untuk karakter *stay greenness*, dan bobot biji per tanaman kedua tetua. Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui keeratan hubungan antar karakter. Analisis korelasi, *skewness* dan *kurtosis* menggunakan *software* R versi 4.0.4.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Keragaan Karakter Agronomi dan Stay Greenness*

Keragaan karakter agronomi dan *stay greenness* tetua serta generasi  $F_2$  ditampilkan pada Tabel 1. Populasi Numbu x Samurai 2, Kawali x Pahat, dan Super 2 x PI-150-20-A memiliki nilai tengah semua karakter yang diamati berada di antara kedua tetuanya, kecuali karakter tinggi tanaman pada persilangan Kawali x Pahat. Populasi hasil persilangan Kawali x Pahat memiliki nilai tengah lebih rendah dan bobot biji per tanaman lebih tinggi dibandingkan kedua tetuanya. Trikoesoemaningtyas *et al.* (2017) melaporkan bahwa karakter bobot 100 butir pada populasi hasil persilangan PI-150-20-A x Kawali memiliki nilai tengah yang lebih tinggi dibandingkan kedua tetuanya. Peningkatan nilai tengah bobot biji memberikan peluang untuk mendapatkan galur sorgum berdaya hasil tinggi (Insan *et al.*, 2016; Maryono *et al.*, 2019). Karakter *stay greenness* pada empat populasi  $F_2$  memiliki nilai tengah berada diantara tetuanya, kecuali populasi Kawali x B69 memiliki nilai tengah lebih rendah dibandingkan tetuanya.

Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa karakter *stay greenness* tidak berkorelasi nyata dengan karakter

Tabel 1. Nilai tengah dan kisaran karakter *stay greenness* dan hasil pada populasi F<sub>2</sub> sorgum

Karakter	Nilai tengah			Kisaran F <sub>2</sub>
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	
Numbu x Samurai 2				
Tinggi tanaman (cm)	274.1	221.9	259.5	204.1-289.5
Jumlah daun (helai)	10.0	10.5	10.2	7.0-12.0
Diameter batang (mm)	18.9	20.4	21.0	15.0-27.8
Bobot biji per tanaman (g)	15.9	25.1	24.1	0.78-54.7
<i>Stay greenness</i> (CCI unit)	46.0	22.5	35.5	18.3-52.1
Kawali x Pahat				
Tinggi tanaman (cm)	184.6	245.5	182.4	144.5-204.1
Jumlah daun (helai)	11.3	9.3	11.2	8.0-13.0
Diameter batang (cm)	20.4	14.3	18.6	11.5-30.9
Bobot biji per tanaman (g)	22.5	11.7	26.6	5.9-53.3
<i>Stay greenness</i> (CCI unit)	45.5	46.6	45.6	27.3-64.3
Kawali x B69				
Tinggi tanaman (cm)	184.6	180.2	178.1	134.9-196.4
Jumlah daun (helai)	11.3	8.4	12.4	8.0-14.0
Diameter batang (cm)	20.4	22.5	18.6	14.3-31.1
Bobot biji per tanaman (g)	22.5	35.2	11.7	1.5-37.0
<i>Stay greenness</i> (CCI unit)	45.5	38.3	31.3	13.9-44.1
Super2 x PI-150-20-A				
Tinggi tanaman (cm)	353.1	162.0	274.6	126.2-397.8
Jumlah daun (helai)	11.3	9.7	10.2	7.0-14.0
Diameter batang (cm)	20.5	20.0	20.4	10.6-30.6
Bobot biji per tanaman (g)	50.1	32.6	48.8	8.28-113.3
<i>Stay greenness</i> (CCI unit)	49.2	47.3	46.5	22.6-64.6

Keterangan: P<sub>1</sub> = tetua 1; P<sub>2</sub> = tetua 2; F<sub>2</sub> = populasi F<sub>2</sub> hasil persilangan

bobot biji per tanaman (Tabel 2). Penelitian yang serupa pada tanaman sorgum (Reddy *et al.*, 2007) dan tanaman gandum (Naruoka *et al.*, 2011) menunjukkan bahwa karakter *stay greenness* tidak berkorelasi nyata dengan hasil biji. Beberapa peneliti lain menyimpulkan bahwa *stay greenness* berhubungan dengan kemampuan tanaman untuk beradaptasi terhadap stress. Karakter *stay greenness* meningkatkan daya adaptasi sorgum terhadap kekeringan yang terjadi pada fase

Tabel 2. Korelasi karakter agronomi dan *stay greenness* populasi F<sub>2</sub> sorgum

	JD	DB	TT	SG
DB	0.59tn			
TT	0.04tn	-0.04tn		
SG	-0.14tn	-0.38tn	0.27tn	
BBJ	-0.12tn	0.25tn	0.42tn	0.32tn

Keterangan: <sup>tn</sup> tidak berkorelasi nyata pada taraf  $\alpha = 5\%$ ; DB = diameter batang; TT = tinggi tanaman; SG = *Stay greenness*; BBJ = bobot biji per tanaman

setelah berbunga (Kamal *et al.*, 2018). Cook *et al.* (2020) melaporkan bahwa *stay greenness* berkorelasi positif dengan hasil biji pada kondisi keterbatasan air.

#### Pendugaan Komponen Ragam dan Heritabilitas

Nilai heritabilitas arti luas berkisar dari 13.4% (diameter batang) pada populasi persilangan Kawali x B69 hingga 100% (jumlah daun) pada populasi Numbu x Samurai 2. Karakter bobot biji per tanaman keempat populasi yang diamati memiliki nilai heritabilitas arti luas yang tinggi, kecuali pada populasi hasil persilangan Kawali x B69 dengan nilai heritabilitas sedang, yaitu 39.9% (Tabel 3). Beberapa peneliti melaporkan bahwa karakter bobot biji per tanaman pada sorgum memiliki nilai heritabilitas arti luas yang tinggi (Insan *et al.*, 2016; Gebregergs dan Mekbib, 2020). Karakter-karakter yang memiliki nilai heritabilitas arti luas yang tinggi dapat dijadikan pertimbangan dalam menentukan kriteria seleksi karena faktor genetik lebih berpengaruh daripada faktor lingkungan (Birhan *et al.*, 2020).

Tabel 3. Nilai komponen ragam dan heritabilitas arti luas karakter *stay greenness* dan hasil populasi F<sub>2</sub> sorgum

Karakter	$\sigma_p^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_g^2$	$h_{bs}^2$ (%)	Kriteria
Numbu x Samurai 2					
Tinggi tanaman (cm)	192.2	61.9	130.4	67.8	Tinggi
Jumlah daun (helai)	0.9	0.0	0.9	100.0	Tinggi
Diameter batang (mm)	7.8	2.6	5.2	66.7	Tinggi
Bobot biji per tanaman (g)	100.3	16.8	83.5	83.3	Tinggi
<i>Stay greenness</i> (CCI unit)	37.9	23.2	14.7	38.7	Sedang
Kawali x Pahat					
Tinggi tanaman (cm)	86.0	50.5	35.6	41.3	Sedang
Jumlah daun (helai)	0.9	0.3	0.6	66.7	Tinggi
Diameter batang (mm)	13.4	6.5	6.9	51.8	Tinggi
Bobot biji per tanaman (g)	99.0	46.7	52.3	52.8	Tinggi
<i>Stay greenness</i> (CCI unit)	41.0	3.6	37.4	91.2	Tinggi
Kawali x B69					
Tinggi tanaman (cm)	85.1	32.8	52.3	61.5	Tinggi
Jumlah daun (helai)	0.9	0.3	0.6	67.6	Tinggi
Diameter batang (mm)	12.2	10.6	1.6	13.4	Rendah
Bobot biji per tanaman (g)	36.1	21.7	14.4	39.9	Sedang
<i>Stay greenness</i> (CCI unit)	34.2	4.3	30	87.6	Tinggi
Super 2 x PI-150-20-A					
Tinggi tanaman (cm)	3,644.6	231	3,413.7	93.7	Tinggi
Jumlah daun (helai)	1.8	0.3	1.5	83.3	Tinggi
Diameter batang (mm)	17.4	0.8	16.6	95.4	Tinggi
Bobot biji per tanaman (g)	517	25.8	491.3	95.0	Tinggi
<i>Stay greenness</i> (CCI unit)	55.3	28.0	27.3	49.4	Sedang

Keterangan: Keterangan:  $\sigma_p^2$  = ragam fenotipe;  $\sigma_e^2$  = ragam lingkungan;  $\sigma_g^2$  = ragam genetik;  $h_{bs}^2$  = heritabilitas arti luas

Karakter *stay greenness* pada populasi hasil persilangan Kawali x Pahat dan Kawali x B69 memiliki nilai heritabilitas termasuk kategori tinggi, yaitu 91.2 % dan 87.6%. Karakter-karakter dengan nilai heritabilitas arti luas yang tinggi dan berkontribusi positif terhadap peningkatan hasil dapat dijadikan sebagai karakter seleksi untuk menghasilkan tanaman tipe ideal (Wirnas *et al.*, 2021). Populasi hasil persilangan Numbu x Samurai 2 dan Super 2 x PI-150-20-A untuk karakter *stay greenness* masing-masing memiliki nilai heritabilitas arti luas kategori sedang yaitu 38.7% dan 49.4%.

Aksi dan jumlah gen yang terlibat dalam pengendalian suatu karakter dapat diduga melalui pola sebaran suatu populasi, yaitu berdasarkan nilai kemenjuluran kurva (*skewness*) untuk aksi gen dan keruncingan kurva untuk jumlah gen (*kurtosis*) (Roy, 2000). Analisis pola sebaran menunjukkan bahwa karakter yang diamati memiliki sebaran yang kontinu seperti pada karakter bobot biji per tanaman pada empat populasi F<sub>2</sub> (Gambar 1).

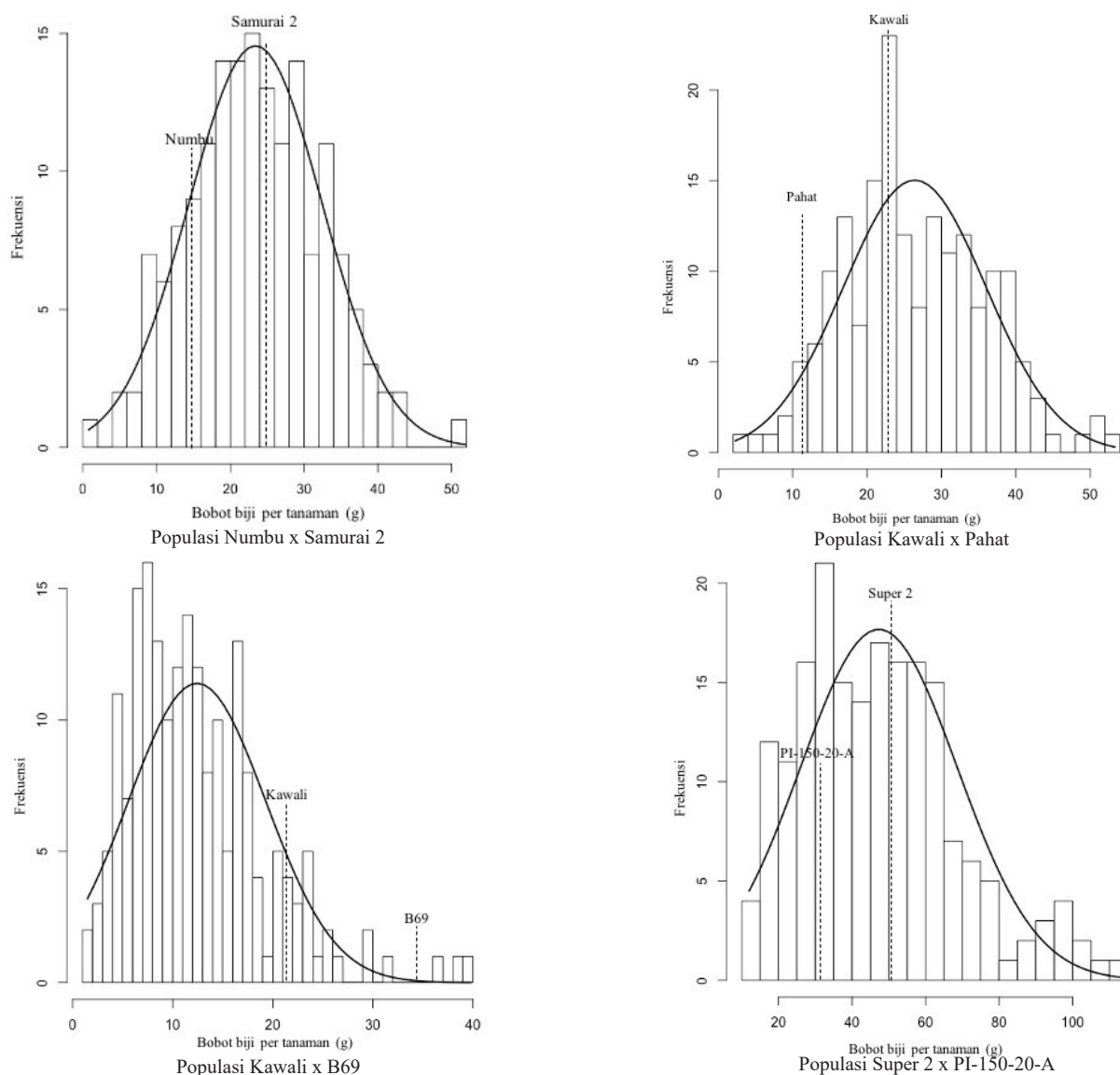
Hasil uji *Z skewness* karakter diameter batang, *stay greenness*, dan karakter bobot biji per tanaman pada populasi Numbu x Samurai 2 dan populasi Kawali x Pahat tidak

berbeda nyata dengan 0 (Tabel 4). Hal ini menunjukkan ketiga karakter ini dikendalikan oleh aksi gen aditif. Hal yang serupa dilaporkan oleh Jimmy *et al.* (2017) bahwa karakter jumlah anakan produktif, bobot 100 biji, diameter malai dan hasil biji dikendalikan oleh aksi gen aditif.

Pendugaan jumlah gen yang mengendalikan suatu karakter dapat diketahui dari nilai kurtosis. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat tiga karakter yang memiliki nilai kurtosis yang berbeda nyata dengan 0, yaitu diameter batang pada populasi Kawali x Pahat, serta tinggi tanaman pada populasi F<sub>2</sub> Kawali x B69 dan Super 2 x PI-150-20-A. Nilai kurtosis berbeda nyata dengan 0 berarti karakter dikendalikan sedikit gen, sedangkan nilai kurtosis tidak berbeda nyata dengan 0 mengindikasikan karakter dikendalikan oleh banyak gen.

#### Identifikasi Segregan Transgresif

Identifikasi segregan transgresif pada tanaman menyerbuk sendiri merupakan salah satu strategi seleksi untuk mendapatkan varietas unggul. Segregan transgresif merupakan segregan yang memiliki keragaan fenotipe



Gambar 1. Pola sebaran karakter bobot biji per tanaman empat populasi F<sub>2</sub>

yang melebihi kisaran tetuanya (Koide *et al.*, 2019). Seleksi segregan transgresif pada generasi awal untuk karakter yang dikendalikan banyak gen dan bersifat aditif memberikan keuntungan bagi pemulia tanaman karena material pemuliaan tidak terlalu banyak yang ditangani pada generasi berikutnya. Selain itu dapat juga meningkatkan efisiensi seleksi dalam kegiatan pemuliaan tanaman (Roy *et al.*, 2019; Maryono *et al.*, 2019).

Jumlah segregan transgresif dapat diduga pada populasi F<sub>2</sub> melalui pendekatan indeks transgresif. Indeks transgresif keempat populasi F<sub>2</sub> yang diamati untuk karakter *stay greenness* kisarannya dari 1.4-33.1, untuk karakter bobot biji per tanaman kisarannya dari 2.8-6.0 (Tabel 5). Indeks transgresif dikategorikan rendah apabila ( $0.0 < IT < 5.0$ ); sedang ( $5.0 \leq IT \leq 10.0$ ); dan tinggi ( $IT > 10.0$ ) (Cazzola *et al.*, 2020). Indeks transgresif untuk karakter bobot biji per tanaman pada populasi Kawali x Pahat dan Kawali x B69 termasuk kategori rendah, sedangkan pada populasi

Numbu x Samurai 2 termasuk kategori sedang. Indeks transgresif tertinggi pada penelitian ini, yaitu populasi Kawali x Pahat (33.1) untuk karakter *stay greenness*. Nilai indeks transgresif yang tinggi disebabkan selisih nilai *stay greenness* dari kedua tetua kecil (1.1). Semakin besar nilai indeks transgresif pada populasi F<sub>2</sub>, maka semakin besar peluang mendapatkan segregan transgresif (Koide *et al.*, 2019). Pada penelitian ini indeks transgresif sejalan dengan persentase segregan transgresif amatan untuk karakter *stay greenness* pada populasi Super 2 x PI-150-20-A (Tabel 5).

Jumlah genotipe F<sub>2</sub> yang tergolong segregan transgresif untuk keempat populasi F<sub>2</sub> hasil persilangan disajikan pada Tabel 6. Segregan transgresif yang teridentifikasi paling banyak pada populasi Kawali x B69 dan Super 2 x PI-150-20-A yaitu masing-masing 18 individu untuk karakter bobot biji per tanaman dan *stay greenness* dengan kisaran presentase yang melebihi tetua tertinggi hanya sebanyak 9.2-9.3%. Hal ini diduga disebabkan tetua yang digunakan pada



Tabel 4. Aksi gen dan jumlah gen pengendali pada populasi F<sub>2</sub> sorgum

Karakter	S	Aksi gen	K	Jumlah gen
Numbu x Samurai 2				
Tinggi tanaman (cm)	-2.27*	Dominan	1.06	Banyak
Jumlah daun (helai)	-3.12*	Dominan	0.18	Banyak
Diameter batang (mm)	0.20	Aditif	-1.59	Banyak
Bobot biji per tanaman (g)	0.41	Aditif	-0.42	Banyak
Stay greenness (CCI unit)	0.33	Aditif	-0.25	Banyak
Kawali x Pahat				
Tinggi tanaman (cm)	-0.95	Aditif	-0.73	Banyak
Jumlah daun (helai)	-1.99*	Dominan	-0.87	Banyak
Diameter batang (mm)	-0.66	Epistasis duplikatif	-2.16*	Sedikit
Bobot biji per tanaman (g)	1.37	Aditif	-1.11	Banyak
Stay greenness (CCI unit)	-0.18	Aditif	0.95	Banyak
Kawali x B69				
Tinggi tanaman (cm)	-0.37	Epistasis duplikatif	-6.65*	Sedikit
Jumlah daun (helai)	-2.70*	Dominan	0.43	Banyak
Diameter batang (mm)	-0.19	Aditif	-0.37	Banyak
Bobot biji per tanaman (g)	2.86*	Dominan	-1.00	Banyak
Stay greenness (CCI unit)	-1.40	Aditif	-0.52	Banyak
Super 2 x PI-150-20-A				
Tinggi tanaman (cm)	-2.28*	Epistasis duplikatif	-2.70*	Sedikit
Jumlah daun (helai)	1.94*	Dominan	1.42	Banyak
Diameter batang (mm)	1.13	Aditif	-1.08	Banyak
Bobot biji per tanaman (g)	3.48*	Dominan	0.57	Banyak
Stay greenness (CCI unit)	-0.73	Aditif	0.25	Banyak

Keterangan: S = skewness; K = kurtosis; \* = nyata pada taraf 0.05

Tabel 5. Indeks transgresif karakter bobot biji per tanaman dan stay greenness pada empat populasi F<sub>2</sub> sorgum

Populasi F <sub>2</sub>	Lebar sebaran F <sub>2</sub>	Selisih	Indeks transgresif
<i>Stay greenness</i> tetua (CCI)			
Numbu x Samurai 2	33.8	23.5	1.4
Kawali x Pahat	37.0	1.1	33.1
Kawali x B69	30.2	7.2	4.2
Super 2 x PI-150-20-A	42.0	2.0	21.4
Bobot biji per tanaman (g)			
Numbu x Samurai 2	53.9	9.5	5.8
Kawali x Pahat	47.5	10.8	4.4
Kawali x B69	35.5	12.7	2.8
Super 2 x PI-150-20-A	105.1	17.5	6.0

persilangan kedua populasi memiliki kemiripan dan adanya keterlibatan aksi gen non aditif yaitu dominan sehingga diperoleh segregan transgresif lebih banyak dibanding populasi lain. Guindon *et al.* (2018) melaporkan bahwa aksi gen over dominan dan parsial dominan bertanggung jawab terhadap segregan transgresif. Analisis segregan transgresif

pada populasi F<sub>2</sub> dapat membantu menentukan populasi yang potensial diseleksi pada generasi awal (Bharathi dan Reddy, 2019). Selanjutnya segregan terpilih dapat ditanam membentuk generasi F<sub>3</sub> dengan menerapkan seleksi silsilah.

Tabel 6. Segregan transgresif karakter bobot biji per tanaman dan stay greenness empat populasi F<sub>2</sub> sorgum

Populasi F <sub>2</sub>	N	Stay greenness tetua (CCI Unit)		Jumlah segregan transgresif		Total	Lebih tetua tertinggi (%)
		Terendah	Tertinggi	<Tetua terendah	>Tetua tertinggi		
Numbu x Samurai 2	172	18.3	52.1	0	15	15	8.7
Kawali x Pahat	186	27.3	64.3	0	17	17	9.1
Kawali x B69	194	13.9	44.1	0	18	18	9.3
Super2 x PI-150-20A	196	22.6	64.6	0	18	18	9.2

Populasi F <sub>2</sub>	N	Bobot biji per tanaman (g) tetua		Jumlah segregan transgresif		Total	Lebih tetua tertinggi (%)
		Terendah	Tertinggi	<Tetua terendah	>Tetua tertinggi		
Numbu x Samurai 2	172	0.8	54.7	0	15	15	8.7
Kawali x Pahat	186	5.9	53.3	0	17	17	9.1
Kawali x B69	194	1.5	37.0	0	18	18	9.3
Super2 x PI-150-20-A	196	8.3	113.3	0	18	18	9.2

Keterangan: N = Jumlah individu yang dipanen

## KESIMPULAN

Karakter bobot biji per tanaman dikendalikan oleh gen-gen aditif dan dominan, sedangkan karakter *stay greenness* pada keempat populasi dikendalikan oleh banyak gen dengan aksi gen aditif. Karakter hasil dan *stay greenness* memiliki nilai heritabilitas arti luas tergolong sedang sampai tinggi. Indeks transgresif sejalan dengan segregan transgresif amatan untuk karakter *stay greenness* pada populasi Super 2 x PI-150-20-A. Jumlah segregan transgresif putatif paling banyak teridentifikasi yaitu 18 individu untuk karakter bobot biji per tanaman dan *stay greenness* pada populasi Kawali x B69 dan Super 2 x PI-150-20-A.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi RI atas biaya penelitian melalui skema Beasiswa Program Pasca Sarjana Dalam Negeri (BPPDN) dan Penelitian Disertasi Doktor (PDD) Tahun 2020.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abebe, T., G. Belay, T. Tadesse, G. Keneni. 2021. Stay-green genes contributed for drought adaptation and performance under post-flowering moisture stress on sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). J. Plant Breed. Crop Sci. 13:190-202.
- Anami, S.E., L.M. Zhang, Y. Xia, Y.M. Zhang, Z.Q. Liu, H.C. Jing. 2015. Sweet sorghum ideotypes: genetic improvement of stress tolerance. Food Energy Secur. 4:3-24.
- Belicuset, P.R., A.M. Aguiar, D.A.V. Bento, T.M.M. Câmara, C.L. de Souza Junior. 2014. Inheritance of the stay-green trait in tropical maize. Euphytica 198:163-173.
- Bharathi, Y., K.H. Reddy. 2019. Variability, heritability and transgressive segregation on yield and its components in F<sub>2</sub> progenies of sesame (*Sesamum indicum* L.). Electron. J. Plant Breed. 10:312-317.
- Birhan, T., K. Bantte, A. Paterson, M. Getenet, A. Gabizew. 2020. Evaluation and genetic analysis of a segregating sorghum population under moisture stress conditions. J. Crop Sci. Biotechnol. 23:29-38.
- Bosire, E., F. Karanja, G. Ouma, W. Gitau. 2018. Assessment of climate change impact on sorghum production in machakos County. Sustain. Food Prod. 3:25-45.
- Cazzola, F., C.J. Bermejo, E. Cointry. 2020. Transgressive segregations in two pea F<sub>2</sub> populations and their respective F<sub>2</sub>:3 families. Pesqui. Agropecu. Bras. 55:1-8.
- Cook, J.P., R.K. Acharya, J.M. Martin, N.K. Blake, I.J. Khan, H.Y. Heo, K.D. Kephart, J. Eckhoff, L.E. Talbert, J.D. Sherman. 2020. Genetic analysis of stay-green, yield, and agronomic traits in spring wheat. Crop Sci. 61:383-395.
- Danful, R., Y.B. Kassim, D.K. Puzoaa, R. Oteng-Frimpong, M.A. Rasheed, A.W. Kena, R. Akroma. 2019. Genetics of stay-greenness trait and its association with leaf spot tolerance and pod yield in groundnut. Int. J. Agron. 2019:1-11.

- Gebregergs, G., F. Mekbib. 2020. Estimation of genetic variability, heritability, and genetic advance in advanced lines for grain yield and yield components of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] at Humera, Western Tigray, Ethiopia. *Cogent Food Agric.* 6:1-9.
- Guindon, M.F., E. Martin, V. Cravero, E. Cointry. 2018. Transgressive segregation, heterosis and heritability for yield-related traits in a segregating population of *Pisum Sativum* L. *Exp. Agric.* 55:610-620.
- 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. Agri. Agri. R.* 8:95-103.
- Jimmy, M.L., F. Nzube, O. Florence, E. Manyasa, J. Muthomi. 2017. Genetic variability, heritability, genetic advance and trait correlations in selected sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) varieties. *Int. J. Agron. Agric. Res.* 11:47-56.
- Kamal, N.M., Y.S.A. Gorafi, H. Tsujimoto, A.M.A. Ghanim. 2018. Stay-green QTLs response in adaptation to post-flowering drought depends on the drought severity. *Biomed Res. Int.* 2018:1-15.
- Koide, Y., S. Sakaguchi, T. Uchiyama, Y. Ota, A. Tezuka, A.J. Nagano, S. Ishiguro, I. Takamura, Y. Kishima. 2019. Genetic properties responsible for the transgressive segregation of days to heading in rice. *G3 Genes, Genomes, Genet.* 9:1655-1662.
- Maccarthy, D.S., P.L.G. Vlek. 2012. Impact of climate change on sorghum production under different nutrient and crop residue management in semi-arid region of Ghana: A modeling perspectiveafrican. *Crop Sci. J.* 20:243-259.
- Maryono, M.Y., Trikoesoemaningtyas, D. Wirnas, S. Human. 2019. Analisis genetik dan seleksi segrekan transgresif pada populasi F2 sorgum hasil persilangan B69 × Numbu dan B69 × Kawali. *J. Agron. Indonesia* 47:163-170.
- Marta, D.A., M. Mancini, F. Orlando, F. Natali, L. Capocchi, S. Orlandini. 2014. Sweet sorghum for bioethanol production: Crop responses to different water stress levels. *Biomass and Bioenergy* 64:211-219.
- Mundia, C.W., S. Secchi, K. Akamani, G. Wang. 2019. A Regional comparison of factors affecting global sorghum production: the case of North America, Asia and Africa's Sahel. *Sustainability* 11:1-18.
- Naruoka, Y., L.E. Talbert, S.P. Lanning, N.K. Blake, J.M. Martin, J. D. Sherman. 2011. Identification of quantitative trait loci for productive tiller number and its relationship to agronomic traits in spring wheat. *Theor. Appl. Genet.* 123:1043-1053.
- Putri, N.E., S.H. Sutjahjo, Trikoesoemaningtyas, A. Nur, W.B. Suwarno, Y.Wahyu. 2020. Wheat transgressive segregants and their adaptation. *Sabrao J. Breed. Genet.* 52:506-522.
- Rajarajan, K., K. Ganesamurthy, A. Yuvaraja, B. Selvi. 2017. Stay-greenness and other physiological traits as efficient selection criteria for grain yield under drought stress condition in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Electron. J. Plant Breed.* 8:586-590.
- Reddy, B.V.S., B. Ramaiah, A. Kumar, P.S. Reddy. 2007. Evaluation of sorghum genotypes for the stay-green trait and grain yield. *SAT eJournal* 3:1-4.
- Roy, D. 2000. *Plant Breeding, Analysis and Exploitation of Variation.* Narosa Publishing House, New Delhi, IN.
- Roy, U., M. C. Paloti, A. Tigga, R. S. Patil. 2019. Genetic variability studies in the F2 populations of interspecific cotton (*G.hirsutum* L. x *G.barbadense* L.) hybrids. *Inter. J. Gene.* 11:660-663.
- Schmer, M.R., K.P. Vogel, G.E. Varvel, R.F. Follett, R.B. Mitchell, L.J. Virginia. 2014. Energy potential and greenhouse gas emissions from bioenergy cropping systems on marginally productive cropland. *PLoS ONE* 9:1-8.
- Stanfield, W.D. 1983. *Theory and Problem of Genetics.* 2nd ed. Mc. Graw Hill. Inc., New York, US.
- Subagio, H, M. Aqil. 2014. Assembly and development of sorghum superior varieties. *Food Crop Sci. and Tech.* 9:39-50.
- Trikoesoemaningtyas., D. Wirnas, E.L. Saragih, E.P. Rini, M. 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.
- Wirnas, D., N. Oktanti, H.N.U.R. Rahmi, D. Andriani. 2021. Genetic analysis for designing an ideotype of high-yielding sorghum based on existing lines performance. *Biodiversitas* 22:5286-5292.