

Keragaan dan Keragaman Genetik Genotipe-genotipe $F_{2,3}$ Gandum (*Triticum aestivum* L.) di Dataran Tinggi Indonesia

*Performance and Genetic Variability of $F_{2,3}$ Wheat Genotypes (*Triticum aestivum* L.) in High Elevation of Indonesia*

Cut Tia Mardi¹, Trikoesoemaningtyas^{2*}, dan Yudiwanti Wahyu²

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

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

Diterima 16 Agustus 2021/Disetujui 10 Maret 2022

ABSTRACT

Efforts to produce tropical wheat varieties having good yield potential and adaptive to Indonesia agroecosystem are continuously being carried out. The purpose of this study was to obtain information about the performance and estimate the value of genetic parameters of wheat genotypes in $F_{2,3}$, as well as to verify the putative of transgressive segregants of wheat in $F_{2,3}$ generation in high elevation. The genetic materials used were the selected $F_{2,3}$ wheat lines as putative transgressive segregants of segregated lines selected in the F_2 generation from four families of G1/Se, G2/Se, G3/Se, and Ja/Se. This study was conducted from June to November 2018 at Ornamental Plant Research Center, Cipanas, Jawa Barat (1,100 asl). The research was arranged in an augmented randomized complete block design. Five parental varieties were used as checks. Observations were made on agronomic characters and yield components. The four families of $F_{2,3}$ showed performances exceeding their best parents on the characters of ear per spike length, number of seed per plant, and number of productive tillers. High values of broad-sense heritability and genotypic coefficient of variation were found in the characters of the number of productive tillers, number of seeds per main ear, the weight of seeds per main ear, the weight of 100 seeds, number of seeds per plant and seed weight per plant. The verification results showed that there were no confirmed lines as transgressive segregants. Selection based on the character of seed weight per plant produced 30 $F_{2,3}$ lines from four populations with a selection differential of 59%.

Keywords: selection differential, $F_{2,3}$ lines, transgressive segregants

ABSTRAK

Upaya untuk menghasilkan varietas gandum tropika dengan potensi hasil baik dan adaptif di agroekosistem Indonesia terus dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah memperoleh informasi tentang keragaan dan mengukur nilai parameter genetik genotipe $F_{2,3}$ gandum, Materi genetik yang digunakan adalah galur-galur segregan transgresif putatif generasi $F_{2,3}$ hasil seleksi pada generasi F_2 dari famili G1/Se, G2/Se, G3/Se, dan Ja/Se. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni hingga November 2018 di Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Hias, Cipanas, Jawa Barat (1,100 m dpl). Penelitian disusun dalam rancangan kelompok lengkap teracak dengan perbesaran. Lima varietas tua digunakan sebagai pembandingan. Pengamatan dilakukan pada karakter agronomi dan komponen hasil. Keempat famili $F_{2,3}$ gandum menunjukkan keragaan yang melebihi tua terbaiknya pada karakter panjang malai, jumlah biji per tanaman, dan jumlah anakan produktif. Nilai duga heritabilitas arti luas dan nilai koefisien keragaman genetik yang tinggi terdapat pada karakter jumlah anakan produktif, jumlah biji malai utama, bobot biji malai utama, bobot 100 butir, jumlah biji per tanaman dan bobot biji per tanaman. Hasil verifikasi menunjukkan tidak terdapat galur-galur yang terkonfirmasi sebagai segregan transgresif. Seleksi berdasarkan karakter bobot biji per tanaman menghasilkan 30 galur $F_{2,3}$ dari empat famili dengan diferensial seleksi mencapai 59%.

Kata kunci: diferensial seleksi, galur-galur $F_{2,3}$, segregan transgresif

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: trikoesoemaningtyas@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Gandum merupakan salah satu tanaman sereal yang paling populer di dunia. Mudahnya pengolahan berbagai produk turunan berbasis gandum dan berkembangnya industri pangan maupun pakan berakibat pada tingginya volume impor gandum. BPS (2021) mencatat volume impor gandum Indonesia sebesar 10.3 juta ton dengan nilai sebesar USD 2.6 miliar. Menurut USDA (2021) pergeseran minat dan pola konsumsi masyarakat berbasis tepung terigu membuat Indonesia menduduki peringkat dua sebagai negara importir gandum terbesar di dunia setelah Mesir. Pengembangan gandum dalam negeri terus dilakukan untuk mengurangi jumlah impor gandum. Salah satu caranya dengan mengembangkan varietas yang sesuai dengan agroklimat di Indonesia.

Ketinggian tempat yang berbeda akan menghasilkan perbedaan komponen iklim secara keseluruhan pada tempat tersebut. Perbedaan suhu, kelembaban, lama penyinaran, dan intensitas penyinaran memberikan kontribusi terhadap variasi hasil gandum. Suhu optimum untuk pertumbuhan gandum berkisar antara 20-25 °C. Nur *et al.* (2014) menyatakan bahwa lokasi berpengaruh terhadap komponen hasil gandum. Percobaan yang dilakukan oleh Altuhaish *et al.* (2014) pada ketinggian 176 m dpl dengan suhu 29.8 °C menunjukkan jumlah spikelet per tanaman, bobot 100 butir dan bobot biji per tanaman yang lebih rendah dibandingkan pada ketinggian 1,100 m dpl dengan suhu 20.6 °C. Ashar *et al.* (2017) melaporkan bahwa terdapat potensi hasil 2.1 ton ha⁻¹ pada ketinggian 600 m dpl dengan suhu 27.7 °C dan pada 1,600 m dpl dengan suhu 20.1 °C potensi hasil mencapai 2.9 ton ha⁻¹. Produksi gandum di daerah tropika perlu didukung dengan kemampuan gandum untuk beradaptasi di lingkungan tropika. Pembentukan famili melalui hibridisasi dapat menggabungkan daya adaptasi dan potensi hasil dari kedua tetua yang terlibat lalu dilanjutkan dengan seleksi.

Segregasi transgresif terjadi pada kelompok individu generasi F₂ atau generasi lanjut dengan kisaran nilai fenotipe melebihi tetuanya (Koide *et al.*, 2019). Nilai fenotipe pada suatu karakter yang disebabkan oleh segregasi transgresif diwariskan secara stabil (Reddyamini *et al.*, 2019). Kegiatan seleksi berbasis segregasi transgresif berdasarkan karakter bobot biji per tanaman pada beberapa famili F₂ gandum telah dilakukan oleh Putri (2021). Sejumlah individu dari famili F₂ dengan nilai fenotipe yang melebihi tetua terbaik dan ragam yang lebih rendah dari tetua telah diidentifikasi sebagai segregasi transgresif putatif yang kemudian diverifikasi pada generasi F_{2,3}. Tujuan penelitian ini adalah memperoleh informasi tentang keragaman famili segregasi transgresif putatif generasi F_{2,3} gandum, mengukur nilai parameter genetik galur-galur segregasi transgresif putatif F_{2,3} gandum dan melakukan verifikasi pada galur-galur segregasi transgresif putatif F_{2,3} gandum di dataran tinggi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Juni-November 2018 di Kebun Percobaan Balai Penelitian

Tanaman Hias (BALITHI) Cipanas dengan ketinggian tempat 1,100 m dpl. Materi genetik yang digunakan adalah galur-galur segregasi transgresif putatif hasil seleksi pada generasi F₂ (Putri, 2021) yaitu Famili F_{2,3} Guri-1/Selayar (G1/Se) sebanyak 23 galur, Guri-2/Selayar (G2/Se) sebanyak 12 galur, Guri-3/Selayar (G3/Se) sebanyak 31 galur, dan Jarissa/Selayar (Ja/Se) sebanyak 60 galur. Selain itu lima varietas tetua Guri-1, Guri-2, Guri-3, Jarissa, dan Selayar digunakan sebagai pembanding (kontrol).

Penelitian menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak dengan perbesaran (*augmented design*). Setiap galur dan varietas pembanding ditanam secara *head to row* sebanyak 20 tanaman per baris. Varietas tetua yang digunakan sebagai kontrol diulang sebanyak empat kali. Galur-galur dan varietas pembanding ditanam secara bersamaan dalam satu plot percobaan dengan jarak tanam 15 cm x 60 cm. Pemupukan pertama menggunakan pupuk kandang, pupuk anorganik (Urea, SP36, KCl) pada umur 10 HST dengan dosis 150 kg urea per hektar, 100 kg SP36 per hektar dan 100 kg KCl per hektar. Pemupukan kedua pada umur 30 HST dengan dosis 150 kg urea per hektar. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, penjarangan, penyiangan gulma, dan pengendalian hama penyakit. Pemanenan dilakukan ketika 95% malai berwarna coklat dan biji sudah mengeras. Pengamatan dilakukan pada karakter jumlah anakan produktif, umur berbunga (HST), umur panen (HST), panjang malai (cm), kerapatan spikelet, persentase floret hampa, bobot biji malai utama (g), jumlah biji malai utama (biji), bobot 100 butir (g), jumlah biji per tanaman (biji), bobot biji per tanaman (g).

Analisis data yang dilakukan berupa: 1) Analisis ragam (uji F) dengan menggunakan model tetap pada taraf nyata $\alpha = 5\%$. Program yang digunakan adalah SAS versi 9.1. 2) Pendugaan komponen ragam sebagai berikut: Ragam genetik (σ_g^2) = (KTg - KTe) / r. Ragam fenotipe (σ_p^2) = $\sigma_g^2 + \sigma_e^2$. Ragam lingkungan (σ_e^2) = KTe / r. Pendugaan heritabilitas arti luas (h_{bs}^2) pada setiap karakter berdasarkan Schmidt *et al.* (2019) sebagai berikut: $h_{bs}^2 = \sigma_g^2 / \sigma_p^2 \times 100\%$. Nilai heritabilitas dikelompokkan menjadi tinggi jika $h^2 > 0.50$, sedang jika $0.20 \leq h^2 \leq 0.50$ dan rendah jika $h^2 < 0.20$ (Singh dan Chaudary, 1985). Ragam antar famili pada suatu karakter dikelompokkan menjadi luas atau sempit berdasarkan standar deviasi ragam antar famili dengan rumus berikut: $\sigma_{G^2} = \frac{\sqrt{2}}{r^2} \left[\left(\frac{KT_g^2}{db_g + 2} \right) + \left(\frac{KT_e^2}{db_e + 2} \right) \right]$;

jika nilai ragam antar famili lebih besar atau sama dengan dua kali standar deviasi ragam antar famili ($\sigma_g^2 \geq 2(\sigma_e^2)$) menunjukkan keragaman genetik yang luas dan jika nilai ragam antar famili lebih kecil atau dua kali standar deviasi ragam antar famili ($\sigma_g^2 < 2(\sigma_e^2)$) menunjukkan keragaman genetik yang sempit (Kuswantoro, 2017). Koefisien keragaman genetik (KKG) dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$KKG = \frac{\sigma_{G^2}}{\sigma_x^2} \times 100\%$$

Nilai KKG dikategorikan rendah apabila $< 10\%$, sedang jika $10-20\%$ dan tinggi jika $> 20\%$ (Singh dan Chaudary, 1985).

3) Verifikasi segregasi transgresif putatif dilakukan dengan mengevaluasi nilai rata-rata dan ragam dalam galur pada

karakter bobot biji per tanaman. Galur-galur dengan nilai rata-rata yang lebih tinggi dari varietas pembandingnya dan ragam dalam galur (σ_{dg}^2) yang lebih kecil dibandingkan ragam varietas pembanding merupakan segregan transgresif. Perhitungan ragam dalam galur (σ_{dg}^2) adalah sebagai berikut:

$$\sigma_{dg}^2 = \frac{(\sum x^2) - [(\sum x)^2/n]}{n-1}; \sigma_{dg}^2 = \text{ragam dalam galur, } \sum x$$

= jumlah nilai individu dari variabel yang diamati, n = banyaknya individu yang diamati. 4) Pendugaan nilai diferensial seleksi (S) dihitung melalui persentase antara selisih nilai rata-rata galur terpilih dengan rata-rata seluruh galur dalam famili (Singh dan Chaudary, 1985).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaan Hasil dan Pendugaan Nilai Parameter Genetik Genotipe-genotipe $F_{2,3}$ Gandum

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa genotipe dan varietas pembanding berpengaruh sangat nyata terhadap perbedaan karakter jumlah anakan produktif, umur berbunga, umur panen, jumlah biji malai utama, jumlah biji per tanaman dan bobot biji per tanaman yang signifikan pada taraf 5%. Famili $F_{2,3}$ gandum memberikan kontribusi terhadap perbedaan karakter jumlah anakan produktif, umur panen, jumlah biji malai utama, jumlah biji per tanaman dan bobot biji per tanaman (Tabel 1). Hal tersebut menunjukkan adanya perbedaan nilai fenotipe pada genotipe, varietas pembanding, dan famili $F_{2,3}$ gandum dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan.

Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan keragaan nilai rata-rata karakter agronomi dari keempat famili $F_{2,3}$ gandum. Famili $F_{2,3}$ gandum G1/Se, G2/Se, G3/Se, dan Ja/Se menunjukkan keragaan nilai rata-rata yang melebihi tetua terbaiknya pada karakter panjang malai, jumlah biji per tanaman, dan jumlah anakan produktif. Famili $F_{2,3}$ Ja/Se menghasilkan jumlah anakan produktif yang berkisar antara 5.36-40.08 anakan produktif. Hal serupa dilaporkan oleh Putri (2021) bahwa

Famili F_2 Ja/Se menghasilkan nilai rata-rata tertinggi sebesar 23.58 anakan produktif. Karakter persentase floret hampa tidak menunjukkan nilai rata-rata yang lebih rendah dari tetuanya pada keempat famili, namun famili $F_{2,3}$ G1/Se menunjukkan nilai persentase floret hampa tertinggi yaitu sebesar 58% (Tabel 3). Wardani et al. (2015) melaporkan jumlah floret hampa yang tinggi pada segregan gandum generasi F_3 di dataran tinggi Cipanas. Famili gandum $F_{2,3}$ G2/Se, G3/Se, dan Ja/Se menunjukkan keragaan nilai rata-rata yang melebihi tetua terbaiknya pada karakter jumlah biji malai utama, bobot biji malai utama, bobot 100 butir, dan bobot biji per tanaman. Hasil tanaman gandum yang baik ditentukan oleh panjang malai, jumlah spikelet per malai dan jumlah biji per malai (Prasojo dan Banjarnahor, 2018).

Famili $F_{2,3}$ gandum Ja/Se memiliki keragaan yang lebih baik pada karakter jumlah anakan produktif, umur berbunga, umur panen, panjang malai, jumlah biji malai utama, bobot biji malai utama, bobot 100 butir, jumlah biji per tanaman, dan bobot biji per tanaman dibandingkan dengan famili $F_{2,3}$ gandum G1/Se, G2/Se, G3/Se (Tabel 2 dan Tabel 3). Jarissa merupakan varietas gandum yang diintroduksi dari Slovakia. Genetik tetua persilangan yang berbeda sangat berperan dalam menentukan tingkat keragaman pada famili hasil persilangan. Putri et al. (2020a) melaporkan bahwa populasi F_2 Jarissa/Selayar menunjukkan nilai rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan tetuanya pada karakter, jumlah biji malai utama, jumlah biji per tanaman, dan bobot biji per tanaman. Altuhaish et al. (2014) melaporkan bahwa genotipe Jarissa dan Selayar menunjukkan jumlah anakan produktif yang lebih tinggi pada ketinggian tempat 1,100 m dpl dibandingkan dengan ketinggian tempat 176 m dpl.

Tabel 2 menunjukkan nilai rata-rata karakter umur panen yang lebih rendah dari tetua untuk keempat kombinasi hasil persilangan. Putri (2021) melaporkan nilai rata-rata umur panen populasi F_2 lebih rendah dari tetuanya pada F_2 G2/Se, G3/Se, dan Ja/Se. Populasi F_2 yang salah satu tetuanya berasal dari introduksi memiliki selang fenotipe umur berbunga dan panen yang lebar. Prasojo dan Banjarnahor (2018) melaporkan hasil gandum yang diuji tergolong dalam

Tabel 1. Analisis ragam karakter agronomi genotipe $F_{2,3}$ gandum di dataran tinggi Cipanas

Karakter	Pr>F			
	Genotipe	Famili $F_{2,3}$ (F)	Pembanding	F vs C
Jumlah anakan produktif	<.0001**	<.0001**	0.0001**	<.0001**
Umur berbunga (hari)	0.0065**	0.0911tn	<.0001**	0.0001**
Umur panen (hari)	0.0005**	0.0168**	<.0001**	<.0001**
Panjang malai (cm)	0.1153tn	0.1981tn	0.0186*	0.0122**
Kerapatan spikelet	0.0816tn	0.0697tn	0.3839tn	0.8882tn
Persentase floret hampa (%)	0.1231tn	0.2232tn	0.6103tn	0.0003tn
Jumlah biji malai utama (butir)	0.0126**	0.0123**	0.1300**	0.0284**
Bobot biji malai utama (g)	<.0001tn	<.0001tn	0.3187tn	0.0122tn
Bobot 100 butir (g)	<.0001tn	<.0001tn	0.0046tn	<.0001tn
Jumlah biji per tanaman (butir)	<.0001**	<.0001**	0.1585**	<.0001**
Bobot biji per tanaman (g)	<.0001**	<.0001**	0.1653tn	<.0001**

Keterangan: * = berpengaruh nyata pada taraf 5%; ** = berpengaruh nyata pada taraf 1%; tn = tidak berpengaruh nyata

Tabel 2. Keragaan nilai rata-rata karakter agronomi genotipe F_{2,3} gandum di dataran tinggi Cipanas

Genotipe	n	Karakter				
		JAP	UB (hari)	UP (hari)	PM (cm)	KS
Tetua						
Nilai rata-rata dan simpangan baku						
Guri-1	12	8.14±0.92	66.50±1.73	110.50±2.38	8.50±0.79	0.50±0.00
Guri-2	9	6.22±1.64	74.33±5.04	118.08±5.72	8.09±1.43	0.49±0.02
Guri-3	4	4.35±1.06	80.42±7.77	118.09±5.35	8.92±0.63	0.51±0.01
Jarissa	6	7.69±0.91	103.34±4.23	153.09±3.74	9.67±1.56	0.52±0.04
Selayar	5	3.29±1.51	71.67±7.70	121.17±6.31	6.59±1.13	0.50±0.00
F _{2,3}						
Nilai rata-rata dan simpangan baku						
G1/Se	7	11.86±5.12	65.77±2.79	107.13±3.09	8.56±0.83	0.47±0.01
G2/Se	6	14.54±6.17	71.03±5.91	113.07±8.02	9.06±0.99	0.51±0.02
G3/Se	23	13.65±7.31	72.12±7.51	110.00±8.89	9.51±1.43	0.50±0.04
Ja/Se	22	14.8±8.51	71.34±10.48	117.44±9.85	9.31±1.67	0.51±0.04
F _{2,3}						
Kisaran nilai rata-rata famili						
G1/Se	7	3.80-18.09	61.92-70.58	104.52-111.45	7.75-9.95	0.45-0.49
G2/Se	6	7.47-24.08	61.58-76.92	102.85-123.52	7.62-10.55	0.50-0.54
G3/Se	23	3.03-31.80	61.25-90.92	95.72-130.19	6.42-11.95	0.37-0.55
Ja/Se	22	5.36-40.08	58.58-101.92	104.45-143.19	6.62-13.42	0.47-0.67

Keterangan: n = jumlah individu pada setiap genotipe; JAP = jumlah anakan produktif; UB = umur berbunga; UP = umur panen; PM = panjang malai; KS = kerapatan spikelet

Tabel 3. Keragaan nilai rata-rata karakter agronomi genotipe F_{2,3} gandum di dataran tinggi Cipanas

Genotipe	n	Karakter					
		PFH (%)	JBMU	BBMU (g)	BB100 (g)	JBT	BBT
Tetua							
Nilai rata-rata dan simpangan baku							
Guri-1	12	0.39±0.02	44.08±6.41	1.44±0.47	2.69±0.42	248.43±78.51	7.16±3.22
Guri-2	9	0.42±0.04	39.38±13.84	1.39±0.46	2.50±0.26	221.46±33.34	6.03±1.35
Guri-3	4	0.43±0.12	36.63±8.52	1.40±0.15	4.13±0.83	214.64±34.01	7.50±1.23
Jarissa	6	0.42±0.12	40.99±15.65	1.41±0.50	2.31±0.41	224.58±28.19	4.89±2.23
Selayar	5	0.48±0.07	31.38±10.03	1.10±0.42	2.51±0.57	175.86±25.74	3.83±3.40
F _{2,3}							
Nilai rata-rata dan simpangan baku							
G1/Se	7	0.58±0.10	38.80±10.51	0.89±0.48	2.28±0.48	260.88±141.37	5.75±3.46
G2/Se	6	0.45±0.07	49.29±5.09	2.15±1.04	3.96±1.39	537.13±270.07	18.47±8.35
G3/Se	23	0.55±0.11	42.61±13.55	1.65±0.51	4.51±1.79	478.86±267.71	16.72±9.13
Ja/Se	22	0.53±0.11	44.46±14.87	1.58±1.18	3.77±2.43	517.61±301.40	17.30±11.23
F _{2,3}							
Kisaran nilai rata-rata famili							
G1/Se	7	0.43-0.69	20.06-50.35	0.19-1.49	1.43-2.98	100.50-533.24	1.42-10.78
G2/Se	6	0.37-0.56	41.56-56.69	1.34-4.21	2.69-6.64	256.83-999.57	8.37-29.69
G3/Se	23	0.33-0.73	18.56-71.69	0.83-2.91	2.90-9.67	38.46-925.83	2.12-28.16
Ja/Se	22	0.36-0.85	19.03-84.36	0.16-6.20	2.40-14.08	188.82-1185.5	5.70-39.64

Keterangan: n = jumlah individu pada setiap genotipe; PFH = persentase floret hampa; JBMU = jumlah biji malai utama; BBMU = bobot biji malai utama; BB100 = bobot 100 butir; JBT = jumlah biji per tanaman; BBT = bobot biji per tanaman

dua kategori yaitu umur panen dalam (101-107 HST) dan umur panen sangat dalam (lebih dari 108 HST). Pada famili $F_{2,3}$ Ja/Se dengan selang umur panen 104-143 HST tergolong pada umur panen sangat dalam.

Nilai duga heritabilitas dalam arti luas pada suatu karakter dapat menggambarkan perbandingan antara keragaman genetik dengan keragaman fenotipe pada suatu populasi. Besaran nilai duga heritabilitas mengukur kemajuan seleksi dan menentukan metode seleksi yang akan digunakan dalam mengembangkan varietas. Nilai duga heritabilitas arti luas pada seluruh karakter berkisar antara 46-99%. Nilai duga heritabilitas yang tinggi terdapat pada karakter jumlah anakan produktif, umur berbunga, umur panen, kerapatan spikelet, jumlah biji malai utama, bobot biji malai utama, bobot 100 butir, jumlah biji per tanaman dan bobot biji per tanaman. Nilai duga heritabilitas yang tertinggi terdapat pada karakter bobot biji per tanaman sebesar 99% dan nilai duga heritabilitas terkecil pada karakter persentase floret hampa sebesar 46% yang termasuk pada kategori sedang (Tabel 4). Sejumlah penelitian juga melaporkan nilai duga heritabilitas tinggi pada karakter bobot biji gandum (Gerema, 2020; Wani et al., 2013).

Koefisien keragaman genetik (KKG) memperlihatkan ukuran variabilitas genetik yang ada pada berbagai karakter dan digunakan untuk membandingkan variabilitas genetik pada berbagai karakter. Nilai KKG pada semua karakter berkisar antara 4.51-70.25%. Nilai KKG yang tinggi berkisar antara 21.87-70.25% ditunjukkan pada karakter jumlah anakan produktif, jumlah biji malai utama, bobot biji malai utama, bobot 100 butir, jumlah biji per tanaman, dan bobot biji per tanaman (Tabel 4). Keragaman genetik yang luas memberikan peluang dalam memilih genotipe-genotipe yang diinginkan sehingga memudahkan proses seleksi. Berdasarkan nilai duga heritabilitas arti luas yang tinggi dan

nilai KKG yang tinggi maka karakter bobot biji per tanaman adalah karakter terpilih untuk melakukan kegiatan seleksi dan metode seleksi yang sesuai untuk digunakan adalah metode seleksi *pedigree*.

Verifikasi Galur-galur Segregan Transgresif Putatif Generasi $F_{2,3}$ Gandum

Segregan transgresif merupakan genotipe dengan nilai rata-rata yang lebih tinggi dari tetua dan tingkat keragaman dalam galur yang lebih rendah atau sama dengan galur murni. Uji BNJ pada taraf 5% dalam penelitian ini dilakukan untuk mencari galur-galur $F_{2,3}$ dengan nilai rata-rata bobot biji per tanaman yang lebih tinggi dari varietas pembanding (Tabel 5 dan Tabel 6). Pada famili G1/Se tidak terdapat galur-galur $F_{2,3}$ dengan nilai rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan tetuanya. Pada famili $F_{2,3}$ G2/Se galur-galur G2/Se 23, G2/Se 26 dan G2/Se 73 memiliki nilai rata-rata bobot biji per tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan tetua terbaiknya yaitu Guri-2. Pada famili $F_{2,3}$ G3/Se galur-galur G3/Se 1, G3/Se 4, G3/Se 10, G3/Se 11, G3/Se 19, G3/Se 24, G3/Se 31, G3/Se 37 dan G3/Se 56 menunjukkan nilai rata-rata bobot biji per tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan tetua terbaiknya yaitu Guri-3. Pada famili $F_{2,3}$ Ja/Se galur-galur Ja/Se 57, Ja/Se 59, Ja/Se 97, Ja/Se 117, Ja/Se 147, Ja/Se 152 dan Ja/Se 165 menunjukkan nilai rata-rata bobot biji per tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan tetua terbaiknya yaitu Jarissa. Galur-galur yang diidentifikasi sebagai segregan transgresif putatif pada generasi $F_{2,3}$ memiliki nilai rata-rata melebihi kedua tetua namun nilai ragam tidak lebih rendah dari kedua tetuanya. Terdapat indikasi bahwa galur-galur yang diduga sebagai segregan transgresif putatif pada generasi F_2 tidak terkonfirmasi sebagai galur-galur segregan transgresif pada generasi $F_{2,3}$.

Tabel 4. Nilai duga komponen ragam, heritabilitas arti luas dan koefisien keragaman genetik genotipe $F_{2,3}$ gandum di dataran tinggi Cipanas

Karakter	σ^2e	σ^2p	σ^2g	$2(\sigma^2G)$	KKG (%)	$h^2_{bs} (\%) \pm \sigma (h^2_{bs})$
JAP	1.00	50.90	49.90S	114.69	59.65T	98%±0.98T
UB (hari)	28.84	112.20	83.36S	724.42	12.45Sd	74%±0.78T
UP (hari)	23.00	153.14	130.14S	1,143.25	9.85R	85%±0.87T
PM (cm)	0.98	1.83	0.85L	0.34	10.3Sd	47%±0.51Sd
KS	0.00	0.00	0.00L	0.00	4.51R	52%±0.26T
PFH (%)	0.01	0.01	0.01L	0.00	14.10Sd	46%±0.50Sd
JBMU (butir)	35.15	117.75	82.60S	862.31	21.87T	70%±0.74T
BBMU (g)	0.05	0.57	0.51L	0.01	48.11T	91%±0.92T
BB100 (g)	0.28	3.26	2.98L	0.48	47.92T	92%±0.93T
JBT (butir)	1,157.11	62,854.77	61,697.66S	174,869,408.91	61.32T	98%±0.98T
BBT (g)	1.18	85.31	84.13S	321.94	70.25T	99%±0.99T

Keterangan: JAP = jumlah anakan produktif; UB = umur berbunga; UP = umur panen; PM = panjang malai; KS = kerapatan spikelet; PFH = persentase floret hampa; JBMU = jumlah biji malai utama; BBMU = bobot biji malai utama; BB100 = bobot 100 butir; JBT = jumlah biji per tanaman; BBT = bobot biji per tanaman σ^2e = ragam lingkungan, σ^2g = ragam genetik, σ^2p = ragam fenotipe, σ^2G = standar deviasi ragam antar famili; h^2_{bs} = heritabilitas arti luas; $\sigma (h^2_{bs})$ = standar deviasi heritabilitas arti luas; KKG = koefisien keragaman genetik; T = tinggi, Sd = sedang; R = rendah; L = luas; S = sempit

Tabel 5. Verifikasi segregasi transgresif putatif famili $F_{2:3}$ gandum berdasarkan karakter bobot biji per tanaman di dataran tinggi Cipanas

No.	<i>n</i>	Galur	Rataan	Ragam	<i>n</i>	Galur	Rataan	Ragam
1	3	G1/Se 49	9.50	21.63	3	G2/Se 22	8.89	75.08
2	3	G1/Se 50	3.82	3.77	4	G2/Se 23	22.36be	98.06
3	12	G1/Se 54	7.17	10.85	11	G2/Se 26	21.99be	372.93
4	3	G1/Se 70	4.05	1.98	6	G2/Se 70	19.54e	56.93
5	3	G1/Se 71	3.48	0.75b	5	G2/Se 73	29.69be	137.44
6	3	G1/Se 75	10.78	20.47	11	G2/Se 77	8.37	242.28
7	13	G1/Se 77	1.42	25.65				
	$F_{2:3}$	G1/Se	5.75	12.16	$F_{2:3}$	G2/Se	18.47	163.79
	Tetua	Guri-1 (a)	7.16	2.54	Tetua	Guri-2 (b)	6.03	8.30
		Selayar (e)	3.83	1.11		Selayar (e)	3.83	1.11

Keterangan: *n* = jumlah individu dalam galur; angka yang diikuti oleh huruf a = lebih tinggi dari Guri-1; b = lebih tinggi dari Guri-2; e = lebih tinggi dari Selayar berdasarkan uji BNJ

Tabel 6. Verifikasi segregasi transgresif putatif famili $F_{2:3}$ gandum berdasarkan karakter bobot biji per tanaman di dataran tinggi Cipanas

No.	<i>n</i>	Galur	Rataan	Ragam	<i>n</i>	Galur	Rataan	Ragam
1	16	G3/Se 1	25.41ce	72.78	12	Ja/Se 3	13.11	35.85
2	5	G3/Se 4	25.78ce	25.53	4	Ja/Se 24	12.99	200.16
3	3	G3/Se 6	10.08	120.69	13	Ja/Se 57	22.72de	449.63
4	17	G3/Se 10	28.16ce	157.25	9	Ja/Se 59	39.64de	293.40
5	16	G3/Se 11	26.54ce	126.05	5	Ja/Se 91	5.70	628.26
6	6	G3/Se 15	2.31	318.12	3	Ja/Se 97	28.29de	736.62
7	15	G3/Se 18	13.84	92.12	6	Ja/Se 109	9.43	55.84
8	16	G3/Se 19	27.10ce	88.17	6	Ja/Se 117	35.00de	281.02
9	9	G3/Se 20	6.29	197.96	8	Ja/Se 126	6.46	18.56
10	15	G3/Se 21	18.11e	107.19	9	Ja/Se 130	11.74	66.90
11	4	G3/Se 24	26.41ce	224.55	4	Ja/Se 132	5.73	112.38
12	18	G3/Se 26	11.06	88.29	5	Ja/Se 140	11.67	197.53
13	7	G3/Se 27	15.79	40.71	9	Ja/Se 142	14.67	53.95
14	3	G3/Se 28	7.43	72.12	5	Ja/Se 146	15.11	58.25
15	10	G3/Se 31	26.95ce	387.85	5	Ja/Se 147	19.65de	286.06
16	4	G3/Se 35	3.78	106.66	10	Ja/Se 148	12.77	40.33
17	17	G3/Se 37	25.30ce	95.17	4	Ja/Se 150	6.22	23.97
18	16	G3/Se 43	13.85	28.57	4	Ja/Se 152	38.45de	537.83
19	16	G3/Se 44	7.90	8.25	8	Ja/Se 155	16.60	283.20
20	16	G3/Se 51	17.04	102.35	10	Ja/Se 156	8.34	13.54
21	6	G3/Se 53	2.12	97.36	4	Ja/Se 162	9.41	204.23
22	10	G3/Se 55	16.00	21.65	3	Ja/Se 165	36.95de	869.38
23	21	G3/Se 56	27.30ce	81.03				
	$F_{2:3}$	G3/Se	16.72	115.67	$F_{2:3}$	Ja/Se	17.30	247.59
	Tetua	Guri-3 (c)	7.50	0.88	Tetua	Jarissa (d)	4.89	1.71
		Selayar (d)	3.83	1.11		Selayar (e)	3.83	1.11

Keterangan: *n* = jumlah individu dalam galur; angka yang diikuti oleh huruf c = lebih tinggi dari Guri-3; d = lebih tinggi dari Jarissa; e = lebih tinggi dari Selayar berdasarkan uji BNJ

Hal tersebut diduga karena aksi gen non aditif lebih banyak mengendalikan karakter bobot biji per tanaman pada famili F_2 gandum. Aksi gen non aditif terlihat pada semua famili F_2 kecuali famili G3/Se yang dikendalikan oleh aksi gen aditif (Putri *et al.*, 2020b; Putri, 2021). Fenomena segregasi transgresif dapat dihasilkan melalui aksi gen komplementasi pada alel-alel aditif ke arah positif dan negatif, interaksi epistasis dari karakter tetua, dan ekspresi alel-alel dari tetua heterozigot (Reyes, 2019).

Seleksi dan Diferensial Seleksi

Nilai duga heritabilitas pada karakter bobot biji per tanaman mencapai 99% (Tabel 4). Seleksi dilakukan berdasarkan karakter bobot biji per tanaman karena karakter tersebut memiliki nilai duga heritabilitas dan nilai KKG yang

tinggi. Karakter tersebut berkaitan erat dengan produksi. Seleksi dilakukan dengan memilih galur-galur $F_{2,3}$ gandum dengan nilai rata-rata bobot biji per tanaman yang lebih tinggi dari kedua tetuanya. Galur-galur $F_{2,3}$ gandum terpilih pada famili G1/Se sebanyak 3 galur, pada famili G2/Se sebanyak 4 galur, pada famili G3/Se sebanyak 13 galur dan 10 galur pada famili Ja/Se (Tabel 7).

Nilai diferensial seleksi memperlihatkan hasil seleksi individu-individu terbaik yang dibandingkan dengan populasi dasarnya. Besaran angka diferensial seleksi menunjukkan tingkat keberhasilan dari kegiatan seleksi. Diferensial seleksi merupakan selisih nilai rata-rata populasi hasil seleksi dengan populasi dasarnya (Ponzi *et al.*, 2018). Seleksi langsung pada famili $F_{2,3}$ gandum dapat meningkatkan bobot biji per tanaman sebesar 26.65% pada $F_{2,3}$ G2/Se hingga 59.29% pada famili $F_{2,3}$ G1/Se (Tabel 7).

Tabel 7. Diferensial seleksi dan jumlah galur $F_{2,3}$ gandum terseleksi berdasarkan karakter bobot biji per tanaman

Famili	Jumlah galur sebelum seleksi	Rata-rata famili awal	Rata-rata galur terseleksi	Diferensial seleksi (S) (%)	Jumlah individu terpilih
G1/Se	7	5.75	9.15	59.29	3
G2/Se	6	18.47	23.40	26.65	4
G3/Se	23	16.72	23.53	40.74	13
Ja/Se	22	17.30	26.71	54.36	10

KESIMPULAN

Famili $F_{2,3}$ gandum Guri-1/Selayar, Guri-2/Selayar, Guri-3/Selayar, dan Jarissa/Selayar menunjukkan keragaman nilai rata-rata yang melebihi tetua terbaiknya pada karakter panjang malai, jumlah biji per tanaman, dan jumlah anakan produktif. Nilai duga heritabilitas arti luas dan nilai koefisien keragaman genetik yang tinggi terdapat pada karakter jumlah anakan produktif, jumlah biji malai utama, bobot biji malai utama, bobot 100 butir, jumlah biji per tanaman dan bobot biji per tanaman. Hasil verifikasi menunjukkan tidak terdapat galur-galur yang terkonfirmasi sebagai segregasi transgresif. Seleksi berdasarkan karakter bobot biji per tanaman menghasilkan 30 galur $F_{2,3}$ dari empat famili dengan diferensial seleksi mencapai 59%. Galur-galur terpilih dilanjutkan pada generasi $F_{2,4}$ dengan metode seleksi *pedigree* untuk menghasilkan galur-galur gandum yang beradaptasi di dataran tinggi Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi-IPB (PDUPT-IPB) Tahun 2018 dengan nomor kontrak: 1801/IT3.11/PN/2018 atas nama Dr. Ir. Yudiwanti Wahyu E.K., M.S.

DAFTAR PUSTAKA

- Altuhaish, A.A.K., Miftahudin, Trikoesoemaningtyas, S. Yahya. 2014. Field adaptation of some introduced wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in two altitudes of tropical agro-ecosystem environment of Indonesia. *Hayati J. Biosci.* 21:31-38. Doi:10.4308/hjb.21.1.31.
- Ashar, J.R., Trikoesoemaningtyas, Y. Wahyu, A. Nur. 2017. Contribution of genotype \times environment interaction on the performance of wheat breeding lines in two tropical agroecosystems. *Int. J. Agron. Agric. Res.* 10:13-21.
- BPS [Badan Pusat Statistik]. 2021. Impor menurut komoditi. <https://www.bps.go.id> [20 Juli 2021].
- Gerema, G. 2020. Evaluation of durum wheat (*Triticum turgidum*) genotypes for genetic variability, heritability, genetic advance and correlation studies. *J. Agric. Nat. Res.* 3:150-159. Doi:10.3126/janr.v3i2.32497.
- Koide, Y., S. Sakaguchi, T. Uchiyama, Y. Ota, A. Tezuka, A.J. Nagano, S. Ishiguro, I. Takamura, Y. Kishima. 2019. Genetic basis of transgressive segregation in rice heading phenotypes. *G3: Genes, Genomes, Genet.* 9:1655-1662. Doi:10.1101/257766.

- Kuswantoro, H. 2017. Genetic variability and heritability of acid-adaptive soybean promising lines. *Biodiv.* 18:378-382. Doi:10.13057/biodiv/d180149.
- Nur, A., M. Azrai, Trikoesoemaningtyas. 2014. Interaksi genetik x lingkungan dan variabilitas genetik galur gandum introduksi (*Triticum aestivum* L.) di agroekosistem tropika. *J. AgroBiog.* 10:93-100. Doi: 10.21082/jbio.v10n3.2014.p93-100.
- Prasojo, E.B., D. Banjarnahor. 2018. Penampilan 19 galur gandum (*Triticum aestivum* L.) di dataran menengah, Desa Sidorejo Kidul, Kecamatan Tingkir, Kota Salatiga. *Agric.* 30:63-74. Doi:10.24246/agric.2018.v30.i2.p63-74.
- Putri, N.E., Y.W.E. Kusumo, S.H. Sutjahjo, Trikoesoemaningtyas, A. Nur. 2020a. Genetic control for agronomic characters of bread wheat. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 484:1-6. Doi:10.1088/1755-1315/484/1/012018.
- Putri, N.E., S.H. Sutjahjo, Trikoesoemaningtyas, A. Nur, W.B. Suwarno, Y. Wahyu. 2020b. Wheat transgressive segregants and their adaptation in the tropical region. *Sabrao J. Breed. Genet.* 52:506-522.
- Putri, N.E. 2021. Analisis segregan transgresif untuk perbaikan potensi hasil gandum (*Triticum aestivum* L.) di dataran tinggi tropika. Disertasi. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ponzi, E., L.F. Keller, T. Bonnet, S. Muff. 2018. Heritability, selection, and the response to selection in the presence of phenotypic measurement error: effects, cures, and the role of repeated measurements. *Int. J. Organic Evol.* 72:1992-2004.
- Reddyamini, B., K.H. Reddy, V.L.N. Reddy, P.R. Babu, P. Sudhakar. 2019. Transgressive Segregation for yield and its component traits in rice (*Oryza sativa* L.) *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 8:2450-2455.
- Reyes, B.G.D. 2019. Genomic and epigenomic bases of transgressive segregation-New breeding paradigm for novel plant phenotypes. *Plant Sci.* 288:1-10.
- Schmidt, P., J. Hartung, J. Bennewitz, H.P. Piepho. 2019. Heritability in plant breeding on a genotype-difference basis. *Genetics* 212:991-1008.
- Singh, R.K., B.D. Chaudhary. 1985. *Biometrical Methods in Quantitative Genetics Analysis*. Kalyani Publ. New Delhi, IN.
- USDA [United States Department of Agriculture]. 2021. Indonesia: grain and feed update. <https://www.fas.usda.gov/data/indonesia-grain-and-feed-update-13> [23 Juli 2021].
- Wani, B.A., M. Ram, B.A. Yasin, M. Ali, A. Pandith, R.A. Mir. 2013. Seedling vigour in wheat (*Triticum aestivum* L.) as a source of genetic variation and study of its correlation with yield and yield components. *African J. Agric. Res.* 8:370-372.
- Wardani, S., D. Wirnas, Y. Wahyu. 2015. Seleksi segregan gandum (*Triticum aestivum* L.) pada dataran tinggi. *J. Agron. Indonesia* 43:45-51.