

RESPON DAN KERAGAMAN GENETIK GALUR PUTATIF MUTAN M6 GANDUM (*Triticum aestivum* L.) DI DUA AGROEKOSISTEM

Eka Bobby Febrianto
Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Agrobisnis Perkebunan, Medan
Korespondensi: bobby_stipap@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan genotipe gandum yang mampu beradaptasi dengan baik pada elevasi menengah dan mendapatkan informasi nilai keragaman genetik dari populasi mutan M6 di dua ekosistem yang berbeda. Penelitian dilakukan pada bulan Januari hingga April 2013 di dua lokasi dengan elevasi yang berbeda yaitu kebun percobaan Balai Penelitian Tanaman Hias, Cipanas dan Cisarua. Materi genetik yang digunakan pada penelitian ini adalah benih-benih generasi M6 yang terdiri dari 30 genotipe (5 genotipe M5-Dewata, 3 genotipe M5-Selayar, 11 genotipe M5-Oasis, 4 genotipe M5-Rabe, 5 genotipe M5-Kasifbey, 2 genotipe M5-Basribey) dan enam varietas pembanding yaitu Dewata, Selayar, Oasis, Rabe, Kasifbey, dan Basribey. Hasil percobaan menunjukkan bahwa perbedaan agroekosistem berpengaruh untuk budidaya gandum berpengaruh pada beberapa karakter yang diuji. Genotipe yang menunjukkan toleransi suhu tinggi yaitu M6-Dewata-1 dan M6-Oasis-11; genotipe yang medium toleran yaitu M6-Basribey-4, M6-Basribey-5, M6-Dewata-7, M6-Dewata-15, M6-Kasifbey-11, M6-Kasifbey-12, M6-Kasifbey-15, M6-Oasis-9, M6-Oasis-10, M6-Oasis-14, M6-Oasis-16, M6-Oasis-24 dan M6-Rabe-4; genotipe peka suhu tinggi yaitu M6-Dewata-12, M6-Dewata-16, M6-Kasifbey-6, M6-Kasifbey-14, M6-Oasis-4, M6-Oasis-5, M6-Oasis-6, M6-Oasis-8, M6-Oasis-22, M6-Rabe-3, M6-Rabe-16, M6-Rabe-20, M6-Selayar-1, M6-Selayar-2 dan M6-Selayar-3.

Kata kunci: gandum, suhu tinggi, agroekosistem

PENDAHULUAN

Kendala yang dihadapi dalam upaya pengembangan gandum di Indonesia adalah tanaman gandum berasal dari lingkungan subtropika dengan suhu 8–10 °C. Daerah potensial untuk pengembangan gandum di Indonesia sebagian besar di daerah ketinggian di atas 1000 m dpl dengan suhu udara yang rendah yaitu 15–20 °C. pada ketinggian tersebut tanaman gandum bersaing dengan tanaman hortikultura yang memiliki nilai ekonomis jauh lebih tinggi dari gandum. Tujuan pengembangan gandum ke depan adalah merakit varietas gandum yang dapat beradaptasi baik di dataran rendah dan toleran suhu tinggi dengan suhu rata-rata 25–35 °C (Handoko 2007).

Cekaman abiotik merupakan salah satu faktor pembatas baik dalam kegiatan ekstensifikasi maupun intensifikasi tanaman. Secara mendasar lingkungan bercekaman didefinisikan sebagai lingkungan sub optimum untuk pertumbuhan dan produksi tanaman (Wirnas 2007). Upaya perbaikan daya hasil dan adaptasi tanaman terhadap cekaman abiotik dapat dilakukan melalui serangkaian program pemuliaan.

Setiap tanaman memiliki respon spesifik terhadap cekaman suhu tinggi. Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dipublikasi mengenai beberapa respon tanaman terhadap cekaman suhu tinggi. Anon *et al.* (2004) melaporkan suhu tinggi di tanaman menyebabkan terjadinya absisi dan penuaan daun, terhambatnya pertumbuhan akar dan pucuk, kerusakan dan kehilangan warna pada buah. Sementara berkurangnya

ukuran sel, penutupan stomata, meningkatnya kepadatan stomata dan trikoma, pembesaran pembuluh xylem pada akar dan tajuk merupakan respon genotipe terhadap cekaman suhu tinggi. Wahid *et al.* (2007) mengklasifikasikan respon-respon tersebut menjadi beberapa tipe yaitu respon morfologi, anatomis, fenologi, dan fisiologis. Tipe-tipe respon ini dapat diamati pada fase vegetatif maupun generatif pada tanaman.

Luas lahan yang sesuai untuk pengembangan komoditas gandum dataran tinggi mencapai 1 972 000 ha, akan tetapi sebagian besar telah digunakan untuk pengembangan komoditas lainnya seperti sayur-sayuran, namun masih ada peluang pengembangan tanaman gandum di lahan dataran tinggi seluas 706 500 ha. Lahan seluas tersebut tersebar di beberapa pulau, seperti Sumatera, Sulawesi, Kalimantan dan Nusa Tenggara Timur (Andyana *et al.* 2006). Oleh karena perakitan varietas gandum yang dapat beradaptasi baik pada kondisi tropis baik di dataran tinggi maupun dataran rendah perlu diupayakan.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan genotipe gandum yang mampu beradaptasi dengan baik pada elevasi menengah dan mendapatkan informasi nilai keragaman genetik dari populasi mutan M6 di dua ekosistem yang berbeda.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga April 2013 di dua lokasi yaitu kebun percobaan Balai Penelitian Tanaman Hias, Cipanas dengan ketinggian > 1000 m di atas permukaan laut (dpl) dan Cisarua dengan ketinggian > 500 m dpl. Materi genetik yang digunakan pada penelitian ini adalah benih generasi M6 merupakan hasil seleksi dari generasi sebelumnya yang terdiri dari 30 galur putatif mutan (5 genotipe M5-Dewata, 3 genotipe M5-Selayar, 11 genotipe M5-Oasis, 4 genotipe M5-Rabe, 5 genotipe M5-Kasifbey, 2 genotipe M5-Basribey) dan enam varietas pembanding yaitu Dewata, Selayar, Oasis, Rabe, Kasifbey, dan Basribey.

Percobaan disusun dalam bentuk rancangan perbesaran (*Augmented design*) dengan genotipe sebagai perlakuan. Genotipe yang digunakan dalam percobaan ini dikelompokkan menjadi dua (galur putatif mutan generasi M6 dan varietas pembanding) sehingga total genotipe yang digunakan adalah 36 genotipe. M6 ditanam tanpa ulangan, sedangkan keenam varietas pembanding diulang tiga kali. Penanaman dilakukan dengan cara dilarik dengan jarak antar larikan sebesar 30 cm, setiap plot terdiri dari lima larikan. Pemupukan dilakukan dua kali yaitu pemupukan pertama pada umur 10 hari setelah tanam dengan dosis 150 kg ha^{-1} Urea, 200 kg ha^{-1} SP36 dan 100 kg ha^{-1} KCl dan pemupukan kedua pada umur 30 hari setelah tanam dengan dosis Urea 150 kg ha^{-1} .

Pencegahan serangan hama pada waktu tanam dilakukan dengan penyemprotan insektisida yang mengandung bahan aktif Carbofuran dan Deltamethrin pada setiap barisan tanam, sedangkan untuk pencegahan serangan jamur/cendawan dengan melakukan penyemprotan fungisida yang mengandung bahan aktif Difenokonazol.

Pengamatan dilakukan pada 10 tanaman contoh dalam setiap plot dengan peubah-peubah sebagai berikut: tinggi tanaman, jumlah anakan, kehijauan daun bendera, luas daun bendera, umur berbunga, umur panen, panjang malai, jumlah spikelet, kerapatan spikelet, jumlah floret hampa, persentase floret hampa, jumlah biji/malai, bobot biji/malai, jumlah biji/tanaman dan bobot biji/tanaman.

Analisis ragam menggunakan uji F untuk masing-masing lokasi. Nilai heritabilitas (h^2) dihitung menggunakan rumus heritabilitas dalam arti luas berdasarkan Poehlman dan Sleeper (1995).

Pendugaan heritabilitas;

$$\sigma_e^2 = KTe/r; \sigma_g^2 = (KTm - KTe)/r; \sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2; h_{bs}^2 = (\sigma_g^2/\sigma_p^2) \times 100\%;$$

KKG = $(\sqrt{\sigma_g^2/x}) \times 100\%$. Keterangan: h_{bs}^2 = heritabilitas arti luas; σ_e^2 = ragam lingkungan;

σ_p^2 = ragam fenotipe; σ_m^2 = ragam genetik (mutan); x = nilai tengah seluruh genotipe.

PEMBAHASAN

Pada percobaan ini, dua agroekosistem yang digunakan sebagai lokasi pengujian merupakan lingkungan yang sangat berbeda. Rata-rata dan rentang suhu di dataran menengah Cisarua lebih tinggi dibanding rata-rata dan rentang suhu di dataran tinggi Cipanas. Rata-rata suhu selama percobaan di Cipanas yaitu 21.73 °C dengan rentang suhu 17.41–24.42 °C, sementara rata-rata suhu di Cisarua 25.11 °C dengan rentang suhu 22.51–28.89 °C. Menurut Ginkel dan Villareal (1996) tanaman gandum akan tumbuh optimal pada rentang suhu 10–21 °C. Sehingga di dataran tinggi tanaman gandum pun sudah tercekam suhu tinggi. Namun demikian, tingkat cekaman di dataran menengah jauh lebih tinggi dibanding dataran tinggi. Lahan di Cipanas merupakan lahan kering yang selama ini digunakan untuk tanaman sayuran dan hortikultura, sementara lahan di Cisarua merupakan lahan basah yang digunakan untuk tanam padi.

Tabel 1 Analisis ragam karakter agronomis genotipe, mutan dan cek M6 gandum di dua lokasi tanam (Cipanas dan Cisarua)

Karakter	Cipanas			Cisarua		
	KTg	KTm	KTc	KTg	KTm	KTc
Tinggi tanaman	75.6**	52.0**	119.7**	88.6	94.3	71.3
Jumlah anakan	2.4**	2.4**	2.8**	2.4	2.7	1.1
Luas daun bendera	40.1**	35.4**	56.3**	18.2	21.0	5.1
Kehijauan daun bendera	4.8	5.3	3.1	18.0**	16.4**	19.8**
Umur berbunga	10.3**	8.9**	18.4**	21.9*	22.6*	22.5
Umur panen	23.9	20.2	48.1	30.8	23.2	39.7
Panjang malai	0.7	0.6	1.3	1.1	1.1	0.8
Jumlah spikelet/malai	6.1**	4.8*	13.9**	6.0	4.8	14.3*
Kerapatan spikelet	0.046	0.030	0.144*	0.059	0.041	0.158
Jumlah floret hampa	42.6	137.3	137.3	155.1**	101.9*	493.5**
Persentasi floret hampa	181.3**	36.8	66.4	368.2	285.5	916.6**
Jumlah biji/malai	20.5**	19.0**	28.0**	69.2	62.5	121.5
Bobot biji/malai	0.020**	0.019**	0.004	0.048	0.046	0.072
Jumlah biji/tanaman	4501.3	4171.8	5036.9	1262.0*	1401.9*	700.6
Bobot biji/tanaman	4.1	3.8	3.3	0.7	0.8	0.5

Keterangan: KTg = kuadrat tengah genotipe, KTm = kuadrat tengah mutan, KTc = kuadrat tengah cek.

Tabel 2. Tinggi tanaman, jumlah anakan dan luas daun bendera genotipe gandum pada dua agroekosistem (Cipanas dan Cisarua)

Genotipe	Tinggi tanaman (cm)		Jumlah anakan (anakan)		Luas daun bendera (cm ²)	
	Cipanas	Cisarua	Cipanas	Cisarua	Cipanas	Cisarua
M6-Basribey-4	56.0 ^{a-f}	71.4	7.9 ^b	5.3	23.4 ^e	14.7
M6-Basribey-5	58.3 ^{a-f}	70.1	8.9	3.1	38.1 ^{cdf}	19.1
M6-Dewata-1	74.4 ^{aef}	76.0	9.7	7.7	21.8 ^e	27.9
M6-Dewata-12	75.2 ^{aef}	86.8	13.6 ^{a-f}	4.2	30.8 ^c	21.2
M6-Dewata-15	70.3 ^{aef}	67.5	8.5	5.6	19.6 ^{abe}	12.4
M6-Dewata-16	76.6 ^{df}	68.9	8.0 ^b	5.9	36.0 ^{cdf}	17.4
M6-Dewata-7	61.6 ^{a-e}	59.7	9.4	5.1	20.0 ^{be}	12.9
M6-Kasifbey-11	60.0 ^{a-e}	77.1	10.3	5.7	22.2 ^e	17.6
M6-Kasifbey-12	74.9 ^{aef}	72.9	8.0 ^b	5.0	24.4	19.9
M6-Kasifbey-14	48.4 ^{a-f}	62.9	8.6	4.2	16.8 ^{abe}	13.0
M6-Kasifbey-15	74.7 ^{aef}	66.9	8.5	4.1	23.4 ^e	12.4
M6-Kasifbey-6	80.1 ^{bcd}	60.5	9.9	2.4	22.1 ^e	10.5
M6-Oasis-10	68.8 ^{abe}	58.2	9.0	5.1	24.4	13.7
M6-Oasis-11	63.1 ^{a-e}	68.8	7.5 ^b	6.5	30.5	23.6
M6-Oasis-14	60.5 ^{a-e}	70.3	12.5 ^{acf}	9.5	18.7 ^{abe}	16.9
M6-Oasis-16	69.8 ^{aef}	75.5	8.4	7.5	22.2 ^e	20.8
M6-Oasis-22	69.8 ^{aef}	62.5	11.8 ^{acd}	2.6	22.6 ^e	14.9
M6-Oasis-24	73.0 ^{aef}	63.7	9.1	5.2	30.1	13.4
M6-Oasis-4	65.2 ^{a-e}	71.1	10.9	4.3	24.3 ^e	16.1
M6-Oasis-5	53.7 ^{a-f}	56.2	9.8	6.0	16.1 ^{abe}	12.3
M6-Oasis-6	67.4 ^{abce}	66.6	9.4	3.2	23.2 ^e	9.9
M6-Oasis-8	65.7 ^{a-e}	51.4	9.5	2.9	23.9 ^e	11.6
M6-Oasis-9	71.5 ^{aef}	70.4	8.9	4.0	20.6 ^e	12.6
M6-Rabe-18	64.8 ^{abcde}	78.8	10.6	4.5	21.8 ^e	11.3
M6-Rabe-20	66.4 ^{abce}	46.8	7.7 ^b	3.1	23.1 ^e	10.9
M6-Rabe-3	61.8 ^{a-e}	53.5	10.1	6.3	21.6 ^e	9.9
M6-Rabe-4	66.1 ^{a-e}	59.0	8.3	3.0	24.3 ^e	14.1
M6-Selayar-1	69.2 ^{abe}	53.8	10.4	4.4	16.8 ^{abe}	9.2
M6-Selayar-2	77.1 ^{df}	77.4	12.3 ^{acdf}	3.9	40.9 ^{abcd}	20.9
M6-Selayar-3	76.5 ^{df}	87.3	11.8 ^{acd}	4.5	20.9 ^e	11.5
Dewata (a)	80.7	65.7	9.0	4.7	29.0	14.7
Selayar (b)	74.8	76.7	10.8	6.0	29.3	16.9
Oasis (c)	73.4	67.6	8.3	4.5	21.6	15.3
Rabe (d)	71.4	63.2	8.5	4.8	24.3	14.8
Kasifbey (e)	81.2	64.7	10.2	4.4	33.5	14.2
Basribey (f)	64.3	69.8	9.1	4.5	24.7	17.4
Rataan	68.5	67.2	9.6	4.8	24.6	15.2

Keterangan: Huruf merupakan uji dunnet taraf 5% dibaca secara vertikal pada karakter yang sama. a = berbeda nyata dengan Dewata, b = berbeda nyata dengan Selayar, c = berbeda nyata dengan Oasis, d = berbeda nyata dengan Rabe, e = berbeda nyata dengan Kasifbey, f = berbeda nyata dengan Basribey

Hasil analisis ragam di kedua lokasi (Cipanas dan Cisarua) (Tabel 1) menunjukkan adanya perbedaan respon genotipe terhadap lingkungan. Pada lokasi Cipanas; genotipe berpengaruh nyata pada karakter tinggi tanaman, jumlah anakan, luas daun bendera, umur berbunga, jumlah spikelet/malai, persentase floret hampa, jumlah biji/malai dan bobot biji/malai; mutan berpengaruh nyata terhadap karakter tinggi tanaman, jumlah anakan, luas daun bendera, umur berbunga, jumlah spikelet, jumlah biji/malai dan bobot biji/malai; cek berpengaruh nyata pada karakter tinggi tanaman, jumlah anakan, luas daun bendera, umur berbunga, jumlah spikelet, kerapatan spikelet dan jumlah biji/malai. Sementara pada lokasi Cisarua; genotipe dan mutan berpengaruh nyata pada karakter kehijauan daun bendera, umur berbunga jumlah floret hampa dan jumlah biji/tanaman; cek berpengaruh nyata pada karakter kehijauan daun bendera, umur berbunga jumlah floret hampa dan persentase floret hampa.

Tabel 2 menyajikan data tinggi tanaman, umur berbunga dan umur panen. Uji dunnnett memperlihatkan bahwa karakter tinggi tanaman di Cipanas untuk semua galur putatif mutan M6 gandum memiliki tinggi tanaman lebih rendah dibandingkan dengan varietas Dewata dan Kasifbey. Namun ada beberapa galur putatif mutan yang memiliki karakter tinggi tanaman lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa varietas cek selain Dewata dan Kasifbey seperti M6-Kasifbey-6 lebih tinggi dibandingkan dengan varietas Selayar, Oasis, Rabe dan Basribey; M6-Dewata-16, M6-Selayar-2 dan M6-Selayar-3 lebih tinggi dibandingkan dengan varietas Rabe dan Basribey. Sementara karakter tinggi tanaman di Cisarua tidak berbeda nyata dengan keenam varietas pembanding.

Jumlah anakan di Cipanas untuk galur putatif mutan M6-Dewata-12 lebih banyak daripada keenam varietas cek; M6-Oasis-14 lebih banyak dibandingkan dengan varietas Dewata, Oasis dan Basribey; M6-Oasis-22 lebih banyak dibandingkan dengan varietas Dewata, Oasis dan Rabe; M6-Selayar-2 lebih banyak dibandingkan dengan varietas Dewata, Oasis, Rabe dan Basribey; M6-Selayar-3 lebih banyak dibandingkan dengan varietas Dewata, Oasis dan Rabe. Sementara di Cisarua karakter jumlah anakan tidak berbeda nyata. Jumlah anakan sangat dipengaruhi oleh lingkungan terutama suhu dan elevasi lingkungan pertanaman, semakin tinggi suhu dan elevasi semakin rendah maka jumlah anakan yang dihasilkan akan semakin sedikit. Hal ini terlihat pada rata-rata jumlah anakan yang dihasilkan di Cipanas lebih tinggi daripada di Cisarua. Sesuai dengan penelitian Hossain *et al.* (2012) melaporkan bahwa tinggi tanaman dan jumlah anakan pada kondisi suhu tinggi lebih rendah dibandingkan pada kondisi optimum. Handoko (2007) menyatakan bahwa perkembangan jumlah anakan sangat dipengaruhi oleh suhu udara. Pada suhu udara 16.5 °C dengan elevasi 1650 m dpl mampu menghasilkan anakan yang lebih banyak dibandingkan pada suhu udara 24.7 °C dengan elevasi 28 m dpl.

Luas daun bendera di Cipanas putatif mutan M6-Selayar-2 lebih luas dibandingkan dengan varietas Dewata, Selayar, Oasis, Rabe dan Basribey; M6-Basribey-5 dan M6-Dewata-16 lebih luas dibandingkan dengan varietas Oasis, Rabe dan Basribey. Luas daun bendera di Cipanas lebih luas dibandingkan dengan di Cisarua. Hal ini sesuai dengan penelitian Altuhish *et al.* (2014) menyatakan bahwa jumlah anakan dan luas daun di elevasi tinggi lebih besar dibandingkan dengan di elevasi rendah. Luas daun sangat berpengaruh pada proses fotosintesis sehingga mempengaruhi hasil. Pengurangan luas daun ini disebabkan oleh penghambatan pembelahan dan perkembangan sel selama kondisi cekaman suhu tinggi. Wang *et al.* (2011) menyatakan bahwa cekaman suhu tinggi sebelum antesis akan mempengaruhi proses fotosintesis pada daun bendera sampai pasca antesis. Wang *et al.* (2012) menambahkan bahwa sebagian besar laju fotosintesis pada daun bendera akan menahan asupan foto-asimilat biji dan pengisian biji. Hal ini disebabkan

aliran cadangan karbohidrat dari tunas ke pengisian biji terbagi ketika gandum tumbuh dalam kondisi cekaman suhu tinggi. Yang *et al.* (2006) menyatakan bahwa cuaca panas dan kering juga mampu menyebabkan kehilangan air pada daun sehingga berdampak pada penurunan daya hasil gandum.

Tabel 3 menyajikan data kehijauan daun, umur berbunga dan umur panen. Kehijauan daun bendera di Cipanas semua galur putatif mutan M6 memperlihatkan tidak berbeda nyata dengan keenam varietas cek. Sementara di Cisarua kehijauan daun M6-Oasis-11 berbeda nyata lebih besar dibandingkan dengan keenam varietas cek; M6-Basribey-4, M6-Dewata-1, M6-Dewata-15, M6-Kasifbey-11, M6-Oasis-4 dan M6-Oasis-5 berbeda nyata lebih besar dibandingkan dengan varietas Selayar dan Rabe. Rata-rata kehijauan daun dari keseluruhan genotipe gandum di Cisarua lebih rendah dibandingkan dengan di Cipanas, hanya M6-Basribey-4 yang mampu mempertahankan nilai kehijauan daun yang sama di kedua agroekosistem tersebut. Karakter kehijauan daun bendera mengindikasikan kandungan klorofil secara tidak langsung. Haque *et al.* (2014) melaporkan bahwa kehijauan daun pada empat varietas gandum (*spring wheat*) lebih rendah pada suhu 25 °C dibandingkan pada kondisi suhu 15 °C. Balouchi (2010) juga melaporkan hal yang sama bahwa kehijauan daun pada delapan varietas gandum Australia turun ketika terjadi kenaikan suhu dari 28 °C sampai 36 °C selama enam hari.

Umur berbunga di Cipanas maupun Cisarua memperlihatkan perbedaan nyata dengan beberapa varietas cek. M6-Kasifbey-11 dan M6-Oasis-11 di Cipanas memiliki umur berbunga yang lebih genjah dibandingkan dengan varietas Dewata, Selayar, Oasis, Kasifbey dan Basribey; M6-Oasis-5 dan M6-Rabe-18 memiliki umur berbunga lebih genjah dibandingkan dengan varietas Dewata, Oasis, Kasifbey dan Basribey, M6-Dewata-15 memiliki umur berbunga lebih genjah dibandingkan dengan varietas Dewata, Kasifbey dan Basribey. Sementara di Cisarua terdapat tiga galurputatif mutan yang memiliki umur berbunga lebih genjah dibandingkan dengan varietas Dewata, Selayar dan Rabe yaitu galurputatif mutan M6-Kasifbey-11, M6-Oasis-11 dan M6-Oasis-16. Umur panen di Cipanas dan Cisarua untuk semua galur putatif mutan tidak terdapat perbedaan secara nyata antara galurputatif mutan dengan keenam varietas cek. Haque *et al.* (2014) melaporkan umur berbunga gandum pada suhu 25 °C lebih cepat dibandingkan pada suhu 15 °C. Glover (2007) menyatakan bahwa perilaku umur berbunga dan pembungaan tanaman erat kaitannya dengan kondisi fisiologi tanaman dan pengaruh faktor lingkungan yang secara khusus meliputi pengaruh intensitas dan lamanya penyinaran, pengaruh temperature dan ketersediaan air pada kondisi tumbuh tanaman.

Karakter panjang malai, jumlah spikelet dan kerapatan spikelet disajikan pada Tabel 4. Karakter panjang malai dan jumlah spikelet ditentukan oleh pasokan asimilat pada fase vegetatif sebagai sumber *source* untuk membentuk malai pada fase generatif. Jika sumber *source* tidak mencukupi dalam pembentukan *sink* (fase generatif), maka pembentukan spikelet menjadi rendah. Sehingga karakter jumlah spikelet merupakan salah satu karakter pengukur potensi hasil. Kerapatan spikelet merupakan ukuran relatif jumlah spikelet/panjang malai. Genotipe yang memiliki malai yang panjang belum tentu memiliki kerapatan yang tinggi (Natawijaya 2012).

Tabel 3. Kehijauan daun bendera, umur berbunga dan umur panen genotipe gandum pada dua agroekosistem (Cipanas dan Cisarua)

Genotipe	Kehijauan daun bendera		Umur berbunga (hari)		Umur panen (hari)	
	Cipanas	Cisarua	Cipanas	Cisarua	Cipanas	Cisarua
M6-Basribey-4	44.4	44.4 ^{bd}	60.0	59.0	98.0	92.0
M6-Basribey-5	46.1	31.5	63.0 ^b	56.0	100.0	102.0
M6-Dewata-1	45.1	42.6 ^{bd}	60.0	63.0	91.0	96.0
M6-Dewata-12	43.5	40.9	62.0	61.0	91.0	93.0
M6-Dewata-15	48.4	43.7 ^{bd}	56.0 ^{aef}	57.0	92.0	92.0
M6-Dewata-16	45.7	38.1	59.0	57.0	91.0	98.0
M6-Dewata-7	45.6	36.6	61.0	62.0	93.0	90.0
M6-Kasifbey-11	49.7	43.9 ^{bd}	52.0 ^{abcef}	48.0 ^{abd}	91.0	92.0
M6-Kasifbey-12	46.8	39.1	61.0	58.0	98.0	94.0
M6-Kasifbey-14	47.7	39.5	59.0	60.0	98.0	109.0
M6-Kasifbey-15	45.7	39.8	59.0	57.0	90.0	101.0
M6-Kasifbey-6	45.1	36.4	60.0	64.0	88.0	98.0
M6-Oasis-10	43.1	35.9	62.0 ^d	63.0	94.0	96.0
M6-Oasis-11	49.5	39.2	52.0 ^{abcef}	48.0 ^{abd}	85.0	94.0
M6-Oasis-14	50.2	48.4 ^{a-f}	60.0	65.0	90.0	98.0
M6-Oasis-16	47.7	39.7	57.0	47.0 ^{abd}	94.0	92.0
M6-Oasis-22	45.3	37.3	62.0 ^d	63.0	97.0	101.0
M6-Oasis-24	44.2	34.0	64.0 ^b	64.0	85.0	98.0
M6-Oasis-4	45.3	42.8 ^{bd}	60.0	57.0	93.0	96.0
M6-Oasis-5	49.7	41.9 ^{bd}	55.0 ^{aef}	56.0	92.0	87.0
M6-Oasis-6	42.1	32.5	60.0	56.0	99.0	92.0
M6-Oasis-8	47.9	40.1	59.0	63.0	87.0	98.0
M6-Oasis-9	45.1	39.8	60.0	64.0	95.0	98.0
M6-Rabe-18	47.4	40.0	54.0 ^{aef}	56.0	86.0	94.0
M6-Rabe-20	43.9	31.1	63.0 ^b	65.0	100.0	105.0
M6-Rabe-3	47.3	38.0	58.0	61.0	92.0	98.0
M6-Rabe-4	41.8	33.7	59.0	63.0	89.0	92.0
M6-Selayar-1	45.0	40.3	60.0	62.0	92.0	98.0
M6-Selayar-2	42.4	34.8	63.0 ^b	60.0	98.0	98.0
M6-Selayar-3	41.0	35.0	58.0	58.0	99.0	88.0
Dewata (a)	44.2	36.5	62.0	63.0	91.3	103.7
Selayar (b)	46.6	33.3	57.7	60.3	86.3	95.7
Oasis (c)	46.4	38.7	61.0	57.7	96.0	102.7
Rabe (d)	46.6	33.5	56.3	57.7	88.3	96.0
Kasifbey (e)	45.4	39.3	61.7	61.3	95.3	100.3
Basribey (f)	44.9	37.5	62.0	55.7	94.7	103.3
Rataan	45.7	38.3	59.4	59.1	92.8	96.7

Keterangan: Huruf merupakan uji dunnet taraf 5% dibaca secara vertikal pada karakter yang sama. a = berbeda nyata dengan Dewata, b = berbeda nyata dengan Selayar, c = berbeda nyata dengan Oasis, d = berbeda nyata dengan Rabe, e = berbeda nyata dengan Kasifbey, f = berbeda nyata dengan Basribey

Tabel 4. Panjang malai, jumlah spikelet dan kerapatan spikelet genotipe gandum pada dua agroekosistem (Cipanas dan Cisarua)

Genotipe	Panjang malai (cm)		Jumlah spikelet (spikelet)		Kerapatan spikelet (cm/spikelet)	
	Cipanas	Cisarua	Cipanas	Cisarua	Cipanas	Cisarua
M6-Basribey-4	7.4	7.2	17.1	18.3	2.3	2.6
M6-Basribey-5	8.6	10.2	18.6	18.9	2.2	1.9
M6-Dewata-1	6.6	6.9	14.3 ^{ae}	16.7	2.2	2.4
M6-Dewata-12	8.5	10.2	17.6	18.3	2.1	1.8
M6-Dewata-15	7.3	6.6	16.4	14.6	2.3	2.2
M6-Dewata-16	8.4	8.9	20.6 ^d	19.8	2.5	2.2
M6-Dewata-7	7.9	7.8	18.1	19.6	2.3	2.5
M6-Kasifbey-11	5.5	8.0	13.3 ^{aef}	16.9	2.4	2.1
M6-Kasifbey-12	8.3	9.0	20.5 ^d	19.9	2.5	2.2
M6-Kasifbey-14	7.3	6.5	15.0	14.2	2.1	2.2
M6-Kasifbey-15	7.3	6.4	16.2	11.7	2.2	1.8
M6-Kasifbey-6	7.2	6.9	18.0	12.8	2.5	1.9
M6-Oasis-10	7.8	8.5	19.2	18.4	2.5	2.2
M6-Oasis-11	8.2	8.4	15.3	14.8	1.9	1.8
M6-Oasis-14	7.3	7.6	16.8	18.5	2.3	2.4
M6-Oasis-16	7.3	7.8	17.5	17.0	2.4	2.2
M6-Oasis-22	7.7	6.8	18.2	16.5	2.4	2.4
M6-Oasis-24	8.7	6.5	19.8	14.2	2.3	2.2
M6-Oasis-4	7.7	7.2	16.1	15.5	2.1	2.2
M6-Oasis-5	7.9	7.8	17.5	15.4	2.2	2.0
M6-Oasis-6	7.1	7.5	16.8	17.6	2.4	2.3
M6-Oasis-8	6.9	6.3	14.8	14.8	2.1	2.4
M6-Oasis-9	6.8	8.4	12.5 ^{aef}	18.1	1.8	2.2
M6-Rabe-18	7.1	7.4	16.8	16.0	2.4	2.2
M6-Rabe-20	8.3	7.1	19.8	15.4	2.4	2.2
M6-Rabe-3	8.2	7.1	16.3	15.6	2.0	2.2
M6-Rabe-4	7.4	7.6	19.1	16.5	2.6	2.2
M6-Selayar-1	7.1	6.7	15.4	15.4	2.2	2.3
M6-Selayar-2	9.4	8.3	22.4 ^b	18.9	2.4	2.3
M6-Selayar-3	6.8	6.2	17.6	12.6	2.6	2.0
Dewata (a)	8.9	7.6	20.0	16.3	2.2	2.1
Selayar (b)	8.3	8.7	15.4	14.8	1.8	1.7
Oasis (c)	7.3	8.3	17.1	18.1	2.4	2.2
Rabe (d)	7.2	7.3	15.2	13.8	2.1	1.9
Kasifbey (e)	8.1	8.5	19.7	19.4	2.4	2.3
Basribey (f)	8.2	8.1	19.2	18.2	2.3	2.3
Rataan	7.7	7.7	17.3	16.5	2.3	2.2

Keterangan: Huruf merupakan uji dunnet taraf 5% dibaca secara vertikal pada karakter yang sama. a = berbeda nyata dengan Dewata, b = berbeda nyata dengan Selayar, c = berbeda nyata dengan Oasis, d = berbeda nyata dengan Rabe, e = berbeda nyata dengan Kasifbey, f = berbeda nyata dengan Basribey

Tabel 5 menyajikan data jumlah floret hampa, persentase floret hampa dan jumlah biji/malai. Jumlah floret hampa di Cipanas tidak memperlihatkan adanya perbedaan nyata antara galur putatif mutan dengan keenam varietas cek. Namun di Cisarua terlihat ada perbedaan nyata. Jumlah floret hampa pada M6-Basribey-4, M6-Basribey-5, M6-Dewata-16, M6-Oasis-22 dan M6-Selayar-3 berbeda nyata lebih tinggi dibandingkan dengan varietas Selayar dan Rabe; M6-Dewata-1, M6-Kasifbey-11, M6-Oasis-11 berbeda nyata lebih rendah dibandingkan dengan varietas Oasis, Kasifbey dan Basribey; M6-Selayar-3 berbeda nyata lebih rendah dibandingkan dengan varietas Oasis, Kasifbey dan Basribey.

Persentase floret hampa di Cipanas memperlihatkan adanya perbedaan nyata antara galur putatif mutan dengan varietas cek. M6-Kasifbey-6, M6-Oasis-11 dan M6-Rabe-18 persentase floret hampa berbeda nyata lebih rendah dibandingkan dengan keenam varietas cek. M6-Rabe-4 persentase floret hampa berbeda nyata lebih rendah dibandingkan dengan varietas Dewata, Selayar, Oasis, Kasifbey dan Basribey. M6-Basribey-4, M6-Dewata-1, M6-Dewata-12, M6-Kasifbey-11, M6-Kasifbey-12, M6-Oasis-10, M6-Oasis-14, M6-Oasis-4, M6-Oasis-5, M6-Oasis-8, M6-Oasis-9, M6-Rabe-20, M6-Selayar-1 persentase floret hampanya lebih rendah dibandingkan dengan varietas Dewata, Selayar, Kasifbey dan Basribey. M6-Dewata-15 persentase floret hampanya lebih rendah dibandingkan dengan varietas Dewata, Selayar dan Basribey. M6-Dewata-7, M6-Oasis-16, M6-Oasis-24, M6-Oasis-6, M6-Rabe-3 dan M6-Selayar-3 persentase floret hampanya lebih rendah dibandingkan dengan varietas Selayar. Sementara di Cisarua pada M6-Oasis-11 persentase floret hampanya lebih rendah dari pada varietas Oasis, Kasifbey dan Basribey. M6-Dewata-1 berbeda nyata lebih rendah dibandingkan dengan varietas Basribey.

Tabel 6 menyajikan data bobot biji/malai, jumlah biji/tanaman dan bobot biji/tanaman. Pada lokasi Cipanas terlihat bobot biji/malai M6-Basribey-4, M6-Kasifbey-14, M6-Oasis-5, M6-Rabe-18 berbeda nyata lebih berat dibandingkan dengan keenam varietas cek. M6-Oasis-24 berbeda nyata lebih berat dibandingkan dengan varietas Dewata dan Rabe. M6-Selayar-2 berbeda nyata lebih berat dibandingkan dengan varietas Dewata. Sementara di Cisarua bobot biji/malai tidak berbeda nyata dengan varietas cek. Jumlah biji/tanaman di Cipanas tidak berbeda nyata dengan varietas cek. Namun di Cisarua M6-Oasis-14 berbeda nyata lebih banyak dibandingkan dengan keenam varietas, M6-Dewata-1 berbeda nyata lebih banyak dibandingkan dengan varietas Oasis. Bobot biji/tanaman di Cipanas tidak berbeda nyata. Sementara di Cisarua M6-Dewata-1 berbeda nyata lebih berat dibandingkan dengan varietas Rabe, Kasifbey dan Basribey. M6-Oasis-14 berbeda nyata lebih berat dibandingkan dengan varietas Oasis. Xiao *et al.* (2008) melaporkan produksi dan bobot 1000 biji gandum lebih rendah pada elevasi rendah dibandingkan dengan produksi pada elevasi tinggi. Hays *et al.* (2007), Wang *et al.* (2012), Li *et al.* (2013) dan Talukder, *et al.* (2014) juga melaporkan bahwa gandum pada kondisi cekaman suhu tinggi berdampak pada produksi, bobot biji, bobot 1000 biji, jumlah biji dan masa pengisian biji. Hal ini disebabkan produksi ethylene yang meningkat selama masa pembentukan biji sehingga kernel gugur dan proses pematangan semakin cepat.

Tabel 5. Jumlah floret hampa, persentase floret hampa dan jumlah biji/malai genotipe gandum pada dua agroekosistem (Cipanas dan Cisarua)

Genotipe	Jumlah floret hampa (floret)		Persentase floret hampa (%)		Jumlah biji/malai (biji)	
	Cipanas	Cisarua	Cipanas	Cisarua	Cipanas	Cisarua
M6-Basribey-4	17.6	45.8 ^{bd}	34.3 ^{abef}	82.6	33.7	9.1
M6-Basribey-5	24.3	48.9 ^{bd}	43.4	86.3	31.5	7.8
M6-Dewata-1	14.7	22.3 ^{ce}	33.3 ^{abef}	43.8 ^f	28.2	27.8
M6-Dewata-12	17.7	31.4	33.8 ^{abef}	56.5	35.1	23.5
M6-Dewata-15	17.4	30.8	35.6 ^{abf}	70.5	31.8	13.0
M6-Dewata-16	27.5	54.9 ^{bd}	43.2	92.0	34.3	4.5
M6-Dewata-7	19.9	42.1	37.4 ^b	71.3	34.4	16.7
M6-Kasifbey-11	13.2	22.4 ^{ce}	33.1 ^{abef}	44.0	26.7 ^{bf}	28.3
M6-Kasifbey-12	21.7	42.4	34.2 ^{abef}	70.7	39.8 ^d	17.3
M6-Kasifbey-14	8.5	39.7	19.4 ^{a-f}	92.5	37.2 ^d	2.9
M6-Kasifbey-15	21.4	29.7	43.7	84.6	27.2 ^{bf}	5.4
M6-Kasifbey-6	13.4	16.5 ^{cef}	25.0 ^{a-f}	44.2	41.5 ^{ade}	21.0
M6-Oasis-10	18.2	41.2	31.4 ^{abef}	75.2	39.4 ^d	14.0
M6-Oasis-11	10.5	11.4 ^{cef}	22.7 ^{a-f}	25.5 ^{cef}	35.4 ^c	33.0
M6-Oasis-14	15.2	36.8	30.0 ^{abef}	66.0	35.2	18.7
M6-Oasis-16	19.3	39.1	36.7 ^b	76.1	33.2	11.9
M6-Oasis-22	23.1	44.9 ^{bd}	42.6	90.5	31.5	4.6
M6-Oasis-24	23.8	25.5	40.2 ^b	60.4	35.6 ^c	17.0
M6-Oasis-4	15.7	43.5	31.7 ^{abef}	93.7	32.6	3.0
M6-Oasis-5	16.2	36.9	31.3 ^{abef}	79.5	36.3 ^c	9.3
M6-Oasis-6	20.9	36.9	39.2 ^b	69.6	29.5	15.9
M6-Oasis-8	14.6	34.7	33.3 ^{abef}	78.7	29.8	9.7
M6-Oasis-9	12.4	40.6	32.1 ^{abef}	74.5	25.1 ^{abef}	13.7
M6-Rabe-18	13.0	35.1	26.0 ^{a-f}	72.9	40.8 ^{de}	12.9
M6-Rabe-20	18.1	40.3	30.6 ^{abef}	87.1	41.3 ^{ade}	5.9
M6-Rabe-3	20.8	34.9	39.3 ^b	73.9	28.1	11.9
M6-Rabe-4	16.8	27.4	29.3 ^{abcef}	56.0	40.5 ^{de}	22.1
M6-Selayar-1	14.5	35.8	31.8 ^{abef}	77.1	31.7	10.4
M6-Selayar-2	29.3	50.4 ^{bd}	42.9	88.7	37.9 ^d	6.3
M6-Selayar-3	21.4	24.2 ^{cef}	41.0 ^b	63.4	31.4	13.6
Dewata (a)	28.5	34.2	56.6	70.6	33.7	14.6
Selayar (b)	11.6	20.8	62.6	44.3	34.9	23.6
Oasis (c)	22.2	47.2	50.4	86.5	27.9	7.2
Rabe (d)	13.5	21.2	49.8	53.7	29.6	18.8
Kasifbey (e)	26.0	48.8	55.4	83.2	32.7	9.3
Basribey (f)	22.3	45.0	56.7	82.4	35.5	9.7
Rataan	18.5	35.7	37.8	71.4	33.6	13.7

Keterangan: Huruf merupakan uji dunnet taraf 5% dibaca secara vertikal pada karakter yang sama. a = berbeda nyata dengan Dewata, b = berbeda nyata dengan Selayar, c = berbeda nyata dengan Oasis, d = berbeda nyata dengan Rabe, e = berbeda nyata dengan Kasifbey, f = berbeda nyata dengan Basribey

Tabel 6. Bobot biji/malai, jumlah biji/tanaman dan bobot biji/tanaman genotipe gandum pada dua agroekosistem (Cipanas dan Cisarua)

Genotipe	Bobot biji/malai (g)		Jumlah biji/tanaman (biji)		Bobot biji/tanaman (g)	
	Cipanas	Cisarua	Cipanas	Cisarua	Cipanas	Cisarua
M6-Basribey-4	1.1 ^{a-f}	0.3	219.8	46.4	7.1	1.3
M6-Basribey-5	0.8	0.2	244.6	67.3	6.3	1.7
M6-Dewata-1	0.8	0.9	239.4	134.3 ^c	6.7	3.9 ^{def}
M6-Dewata-12	0.9	0.7	437.3	48.9	11.6	1.4
M6-Dewata-15	0.9	0.3	233.2	51.0	6.9	1.2
M6-Dewata-16	0.9	0.1	238.1	35.0	6.2	0.6
M6-Dewata-7	0.8	0.4	301.6	71.0	6.6	1.6
M6-Kasifbey-11	0.8	0.8	241.2	77.7	6.9	2.0
M6-Kasifbey-12	0.8	0.3	269.0	68.4	5.4	1.6
M6-Kasifbey-14	1.1 ^{abcef}	0.1	278.9	23.7	8.3	0.7
M6-Kasifbey-15	0.8	0.2	200.3	35.8	5.8	1.2
M6-Kasifbey-6	0.8	0.5	363.0	43.6	7.5	1.1
M6-Oasis-10	0.8	0.4	329.4	75.5	6.6	1.9
M6-Oasis-11	0.9	0.9	226.2	117.8	6.0	2.7
M6-Oasis-14	0.9	0.5	408.2	174.1 ^{a-f}	10.2	3.4 ^c
M6-Oasis-16	0.9	0.3	237.5	71.4	6.3	1.7
M6-Oasis-22	0.9	0.3	339.1	14.3	9.3	0.6
M6-Oasis-24	1.0 ^{ad}	0.5	280.8	72.2	7.7	1.7
M6-Oasis-4	1.1 ^{a-f}	0.1	317.5	11.2	10.7	0.4
M6-Oasis-5	1.3 ^{abcef}	0.3	324.3	34.0	11.4	1.0
M6-Oasis-6	0.7	0.3	238.8	52.7	5.9	0.6
M6-Oasis-8	0.9	0.3	246.7	32.1	7.3	0.9
M6-Oasis-9	0.8	0.5	196.1	38.6	6.0	1.3
M6-Rabe-18	1.2 ^{abef}	0.4	381.3	33.0	11.0	1.0
M6-Rabe-20	0.8	0.2	275.0	21.2	5.2	0.6
M6-Rabe-3	0.8	0.5	259.7	32.2	7.5	1.0
M6-Rabe-4	0.8	0.6	292.4	54.8	5.7	1.5
M6-Selayar-1	0.9	0.3	294.8	21.4	8.1	0.6
M6-Selayar-2	1.0 ^a	0.2	430.1	16.3	10.9	0.5
M6-Selayar-3	0.6 ^b	0.2	329.9	33.2	6.4	0.8
Dewata (a)	0.7	0.4	257.9	66.9	5.9	1.9
Selayar (b)	0.8	0.6	333.4	78.2	8.5	2.0
Oasis (c)	0.8	0.2	218.1	41.3	6.1	1.2
Rabe (d)	0.7	0.5	229.1	54.9	5.5	1.3
Kasifbey (e)	0.8	0.3	242.1	40.6	6.1	1.2
Basribey (f)	0.8	0.2	263.4	45.4	6.2	1.0
Rataan	0.9	0.4	283.8	53.8	7.4	1.4

Keterangan: Huruf merupakan uji dunnet taraf 5% dibaca secara vertikal pada karakter yang sama. a = berbeda nyata dengan Dewata, b = berbeda nyata dengan Selayar, c = berbeda nyata dengan Oasis, d = berbeda nyata dengan Rabe, e = berbeda nyata dengan Kasifbey, f = berbeda nyata dengan Basribey

Indeks Sensitivitas Terhadap Suhu Tinggi

Indeks sensitivitas suhu tinggi telah umum digunakan pada berbagai jenis tanaman untuk mengetahui tingkat toleransi suatu genotipe. Genotipe dikategorikan sangat toleran jika $S < 0.5$, medium $0.5 < S < 1$ dan peka jika $S > 1$ (Fisher & Maurer 1978).

Hasil dan komponen hasil telah digunakan secara luas sebagai indikator toleransi gandum terhadap cekaman panas pada fase akhir pertumbuhan, namun demikian penggunaan karakter hasil membutuhkan waktu yang lama dan sumber daya yang banyak.

Tabel 7 Indeks sensitivitas 30 galur putatif mutan gandum generasi M6

Genotipe	Bobot		Indeks sensitivitas
	biji/tanaman (g)		
	Cipanas	Cisarua	
M6-Basribey-4	7.1	1.3	1.0
M6-Basribey-5	6.3	1.7	0.7
M6-Dewata-1	6.7	3.9	0.3
M6-Dewata-12	11.6	1.4	1.7
M6-Dewata-15	6.9	1.2	1.0
M6-Dewata-16	6.2	0.6	1.7
M6-Dewata-7	6.6	1.6	0.7
M6-Kasifbey-11	6.9	2.0	0.6
M6-Kasifbey-12	5.4	1.6	0.6
M6-Kasifbey-14	8.3	0.7	2.3
M6-Kasifbey-15	5.8	1.2	0.8
M6-Kasifbey-6	7.5	1.1	1.3
M6-Oasis-10	6.6	1.9	0.6
M6-Oasis-11	6.0	2.7	0.4
M6-Oasis-14	10.2	3.4	0.6
M6-Oasis-16	6.3	1.7	0.7
M6-Oasis-22	9.3	0.6	3.1
M6-Oasis-24	7.7	1.7	0.8
M6-Oasis-4	10.7	0.4	5.7
M6-Oasis-5	11.4	1.0	2.2
M6-Oasis-6	5.9	0.6	1.8
M6-Oasis-8	7.3	0.9	1.4
M6-Oasis-9	6.0	1.3	0.8
M6-Rabe-18	11.0	1.0	2.2
M6-Rabe-20	5.2	0.6	1.6
M6-Rabe-3	7.5	1.0	1.4
M6-Rabe-4	5.7	1.5	0.7
M6-Selayar-1	8.1	0.6	2.3
M6-Selayar-2	10.9	0.5	4.5
M6-Selayar-3	6.4	0.8	1.5

Nilai indeks sensitivitas 30 galur putatif mutan gandum generasi M6 di lingkungan tropis disajikan pada Tabel 7. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa terdapat variasi nilai indeks sensitivitas. Indeks sensitivitas merupakan ukuran yang menggambarkan simpangan nilai genotipe dari lingkungan optimum ke lingkungan sub-optimum

(bercekaman suhu tinggi). Semakin tinggi nilai indeks sensitivitas berarti semakin besar penurunan penampilan fenotipenya. Genotipe toleran merupakan genotipe yang memiliki simpangan penampilan fenotipe yang lebih rendah dibandingkan dengan genotipe lainnya.

Hasil penelitian menunjukkan dua galur putatif mutantoleran berdasarkan kriteria Fisher dan Muarer (1978), Toleran(<0.5) yaitu M6-Dewata-1 dan M6-Oasis-11 merupakan galur putatif mutan toleran terhadap suhu tinggi. Medium (0.5-1.0) yaitu M6-Basribey-4, M6-Basribey-5, M6-Dewata-7, M6-Dewata-15, M6-Kasifbey-11, M6-Kasifbey-12, M6-Kasifbey-15, M6-Oasis-9, M6-Oasis-10, M6-Oasis-14, M6-Oasis-16, M6-Oasis-24 dan M6-Rabe-4 merupakan galur putatif mutan medium terhadap suhu tinggi. Peka (>1.0) yaitu M6-Dewata-12, M6-Dewata-16, M6-Kasifbey-6, M6-Kasifbey-14, M6-Oasis-4, M6-Oasis-5, M6-Oasis-6, M6-Oasis-8, M6-Oasis-22, M6-Rabe-3, M6-Rabe-16, M6-Rabe-20, M6-Selayar-1, M6-Selayar-2 dan M6-Selayar-3.

Keragaman Genetik dan Heritabilitas Karakter Agronomi

Informasi tentang keragaman genetik merupakan awal dari keberhasilan perbaikan daya hasil dan toleransi gandum pada lingkungan tropis di Indonesia. Keragaman genetik galur putatif mutan gandum generasi M6 yang ditanam di dataran rendah secara umum lebih tinggi dibandingkan dengan keragaman genetik galur putatif mutan yang ditanam di dataran tinggi (Tabel 8). Hasil ini bermakna bahwa perbedaan ekspresi antar galur terlihat jelas di lingkungan bercekaman dan seleksi di lingkungan ini dapat memilih galur daya hasil tinggi, galur sensitif daya hasil tinggi, galur toleran dan daya hasil tinggi, galur sensitif daya hasil rendah.

Tabel 8 komponen ragam galur putatif mutan di dataran tinggi dan dataran rendah.

Karakter	Cipanas				Cisarua			
	σ_p^2	σ_g^2	KKG	h_{bs}^2	σ_p^2	σ_g^2	KKG	h_{bs}^2
Tinggi tanaman	17.7	17.3	10.7	97.7	58.6	31.4	14.5	53.7
Jumlah anakan	0.9	0.8	16.1	87.2	1.9	0.9	34.2	47.0
Luas daun bendera	13.1	11.8	24.6	89.9	12.5	7.0	30.4	55.9
Kehijauan daun bendera	3.0	1.8	5.0	58.7	6.5	5.5	10.5	83.4
Umur berbunga	3.4	3.0	5.0	88.0	9.8	7.5	8.0	76.7
Umur panen	12.0	6.7	4.8	56.3	13.7	7.7	5.0	56.5
Panjang malai	0.4	0.2	10.1	45.0	1.0	0.4	14.1	39.0
Jumlah spikelet/malai	2.1	1.6	12.7	78.4	2.6	1.6	13.3	61.6
Kerapatan spikelet	0.011	0.010	38.9	95.1	0.015	0.014	43.3	93.3
Jumlah floret hampa	67.7	45.8	65.0	67.6	42.7	34.0	28.9	79.5
Persentasi floret hampa	19.0	12.3	17.7	64.5	143.2	95.2	24.2	66.5
Jumlah biji/malai	7.2	6.3	12.9	87.8	35.3	20.8	55.1	59.1
Bobot biji/malai	0.007	0.006	15.8	90.0	0.028	0.015	54.9	55.2
Jumlah biji/tanaman	2017.8	1390.6	22.3	68.9	585.7	467.3	93.8	79.8
Bobot biji?tanaman	2.4	1.3	25.9	53.6	0.4	0.3	91.5	73.6

Koefisien keragaman genetik tertinggi di Cipanas terdapat pada karakter jumlah floret hampa sementara di Cisarua tertinggi pada karakter jumlah biji per tanaman, sehingga seleksi dapat dilakukan pada karakter yang memiliki nilai koefisien keragaman genetik tertinggi di dua lokasi. Nilai duga heritabilitas di Cipanas berkisar antara 45.0-97.8%, sedangkan di Cisarua berkisar antara 39.0-93.3%. Nilai duga heritabilitas tinggi di Cipanas terdapat pada hampir semua karakter kecuali panjang malai (45.0%) dengan

kriteria heritabilitas sedang, sedangkan nilai duga heritabilitas tinggi di Cisarua terdapat pada hampir semua karakter kecuali karakter jumlah anakan (47.0%) dan panjang malai (39.0%) dengan kriteria heritabilitas sedang. Pengujian populasi langsung pada lingkungan target bercekaman, khususnya cekaman suhu menyebabkan keragaman genetik dan nilai duga heritabilitas rendah karena adanya pengaruh interaksi genetik dengan lingkungan yang sangat besar sehingga mempengaruhi ekspresi gen dalam bentuk penampilan fenotipe tanaman (Beebe *et al.* 2008; Witcombe *et al.* 2008).

KESIMPULAN

Perbedaan agroekosistem untuk pertanaman gandum berpengaruh terhadap beberapa karakter yang diuji. Namun demikian, genotipe yang diuji memiliki karakteristik yang beragam. Berdasarkan nilai indeks sensitivitas terhadap suhu tinggi diperoleh dua genotipe yang toleran yaitu M6-Dewata-1 dan M6-Oasis-11; genotipe yang medium toleran yaitu M6-Basribey-4, M6-Basribey-5, M6-Dewata-7, M6-Dewata-15, M6-Kasifbey-11, M6-Kasifbey-12, M6-Kasifbey-15, M6-Oasis-9, M6-Oasis-10, M6-Oasis-14, M6-Oasis-16, M6-Oasis-24 dan M6-Rabe-4; genotipe peka suhu tinggi yaitu M6-Dewata-12, M6-Dewata-16, M6-Kasifbey-6, M6-Kasifbey-14, M6-Oasis-4, M6-Oasis-5, M6-Oasis-6, M6-Oasis-8, M6-Oasis-22, M6-Rabe-3, M6-Rabe-16, M6-Rabe-20, M6-Selayar-1, M6-Selayar-2 dan M6-Selayar-3. Nilai duga heritabilitas tinggi di Cipanas terdapat pada hampir semua karakter kecuali panjang malai dengan kriteria heritabilitas sedang, sedangkan nilai duga heritabilitas tinggi di Cisarua terdapat pada hampir semua karakter kecuali karakter jumlah anakan dan panjang malai dengan kriteria heritabilitas sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Altuhaish AAK, Miftahudin, Trikoesoemaningtyas, Yahya S. 2014. Field adaptation of some introduced wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in two altitudes of tropical agroecosystem environment of Indonesia. *Biosci Hayati J.* 21(1):31-38.
- Andyana MO, Subiksa M, Argosubekti N, Hakim L, Pabbage MS. 2006. *Prosperk dan Arah Pengembangan Agribisnis Gandum*. Jakarta (ID): Balitbang Pertanian.
- Anon S, Fernandez JA, Franco JA, Torrecilas A, Alarcon JJ, Sanchez BMJ. 2004. Effect of water stress and night temperature preconditioning on water relations, morphological, and anatomical changes of *Lotus creticus*. *Plants Sci Horti* 101:333-342.
- Balouchi H. 2010. Screening wheat parents of mapping population for heat and drought tolerance, detection of wheat genetic variation. *Int J Biol Life Sci.* 6:56-66.
- Beebe SE, Rao IM, Cajiao C, Grajales M. 2008. Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favorable environment. *Crop Sci.* 48:582-592.
- Fisher RA, Maurer R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivar; I. Grain yield responses. *Aust J Agri. Res.* 29:897-912.
- Ginkel VM, Villareal RL. 1996. *Triticum* L. in Grubben GJH, Soetjipto Partohardjono, editor. Plant resource of South-East Asia (PROSEA). No. 10. Creals. Leiden. Netherland (NL): Backhuys Publishers. p. 137-143.
- Glover B. 2007. *Understanding Flowers and Flowering An Integrated Approach*. New York (US): Oxford University Pr.

- Handoko. 2007. Gandum 2000 "Penelitian dan Pengembangan Gandum di Indonesia". Bogor (ID):Seameo-Biotrop.
- Haque MS, Kjaer KH, Rosenqvist E, Sharma DK, Ottosen C. 2014. Heat stress and recovery of photosystem II efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars acclimated to different growth temperatures. *Env Exp Bot J.* 99:1-8.
- Hays DB, Do JH, Mason RE, Morgan G, Finlayson SA. 2007. Heat stress induced ethylene production in developing wheat grains induces kernel abortion and increased maturation in a susceptible cultivar. *Plant Sci J.* 172:1113-1123.
- Hossain A, Jaime A, Silva TA, Lozovskaya MV, Zvolinsky P. 2012. High temperature combined with drought effect rainfed spring wheat and barley in South-Eastern Rusia: I. Phenology and growth. *Bio Sci Saudi J.* 19:473-487.
- Li YF, Wu Y, Espinosa NH, Pena RJ. 2013. Heat and drought stress on durum wheat: responses of genotypes, yield, and quality parameters. *J Cereal Sci.* 57:398-404.
- Natawijaya A. 2012. Analisis genetik dan seleksi generasi awal segregan gandum (*Triticum aestivum* L.) berdaya hasil tinggi. [Tesis]. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Talukder ASMHM, McDonald GK, Gill GS. 2014. Effect of short-term heat stress prior to flowering and early grain set on the grain yield of wheat. *Field Crop Res.* 160:54-63.
- Wahid A, Gelani S, Ashraf M, Foolad MR. 2007. Heat tolerance in plants: an overview. *Environ Exp Bot* 61:199–223.
- Wang X, Cai J, Jiang D, Liu F, Dai T, Cao W. 2011. Pre-anthesis high-temperature acclimation alleviates damage to the flag leaf caused by post-anthesis heat stress in wheat. *J Plant Physio.* 168:585-593.
- Wang X, Cai J, Liu F, Jin M, Yu H, Jiang D, Wollenweber B, Dai T, Cao W. 2012. Pre-anthesis high temperature acclimation alleviates the negative effect of post-anthesis heat stress on stem stored carbohydrate remobilization and grain starch accumulation in wheat. *J Cereal Sci.* 55:331-336.
- Wimas D. 2007. Pembentukan kriteria seleksi berdasarkan analisis kuantitatif dan molekuler bagi kedelai toleran intensitas cahaya rendah [Disertasi]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Witcombe JR, Hollington PA, Howarth CJ, Reader S, Steele KA. 2007. Breeding for abiotic stresses for sustainable agriculture. *Phil Trans R Soc B.* 363:703-716.
- Xio G, Zhang Q, Yao Y, Zhao H, Wang R, Bai H, Zhang F. 2008. Impact of recent climatic change on the yield of winter wheat at low and high altitudes in semi-arid northwestern China. *Agric Eco Env J.* 127:37-42.
- Yang X, Chen X, Ge X, Li B, Tong Y, Zhang A, Li Z, Kuang T, Lu C. 2006. Tolerance of photosynthesis to photoinhibition, high temperature and drought stress in flag leaves of wheat: A comparison between a hybridization line and its parents grown under field conditions. *Plant Sci.* 171: 389-397.