

## Peluang Heterosis Hasil Persilangan Terkendali pada Bobot Umbi dan Kadar Kalium Ubi Jalar

*Heterotic Probability of Controlled Cross-pollination on Tuber Weight and Potassium Content of Sweetpotato.*

**Febria Cahya Indriani\* dan Joko Restuono**

<sup>1</sup>Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi  
Jl. Raya Kendalpayak. KM 8. PO Box 66 Malang 65101

\*e-mail: febria\_cahaya@yahoo.co.id

NASKAH DITERIMA 25 APRIL 2018; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 26 SEPTEMBER 2018

### ABSTRAK

Persilangan terkendali pada tanaman ubi jalar berpeluang untuk meningkatkan heterozigositas dibandingkan persilangan terbuka (*open pollination*). Penelitian bertujuan untuk mempelajari pola heterosis karakter bobot umbi per tanaman dan kadar kalium pada ubi jalar. Penelitian dilaksanakan di Poncokusumo, Malang, dan analisis kadar kalium di Laboratorium Kimia Tanah, Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi pada bulan Maret sampai Desember 2015. Bahan penelitian yang digunakan adalah benih F<sub>1</sub> hasil persilangan terkendali dari enam kombinasi persilangan. Nilai heterosis diduga dengan membandingkan antara selisih F<sub>1</sub> dengan rata-rata kedua tetua, sedangkan heterobeltiosis diduga dengan membandingkan antara F<sub>1</sub> dengan tetua terbaik. Hasil penelitian menunjukkan adanya fenomena heterosis pada karakter bobot umbi per tanaman dan kadar kalium pada ubi jalar. Peluang heterosis untuk karakter bobot umbi per tanaman sebesar 16% dan heterobeltiosis 11%, sedangkan peluang heterosis kadar kalium sebesar 47% dan heterobeltiosis 21%. Varietas Beta 2 sangat potensial digunakan sebagai tetua untuk meningkatkan peluang heterosis bobot umbi per tanaman dan kadar kalium pada ubi jalar.

Kata kunci: heterosis, hasil tinggi, kalium, persilangan terkendali, ubi jalar

### ABSTRACT

Controlled cross-pollination in sweetpotato has a higher probability in increasing heterozygosity compared to open pollination. This research activity aimed to study the heterotic pattern of tuber weight per plant and potassium content in sweetpotato derived from controlled cross-pollination. The experiment was conducted in Poncokusumo Malang from March until July 2015, while the analysis of potassium was carried out at the Soil Chemistry Laboratory, Indonesian Legume and Tuber Crops Research Institute (ILETRI). The planting materials were F<sub>1</sub> plants of six crossing combinations. The trial was arranged using a Randomized Block Design with three replicates. The heterotic values were estimated using the differences between the means of parents and their offspring. The results showed the heterotic phenomenon on tuber weight per plant and potassium content

characters. The heterotic and heterobeltiosis probabilities for tuber weight per plant were 16% and 11%, respectively, while they were 47% and 21%, respectively for potassium content. Beta-2 variety is promising as a parent in terms of increasing the heterotic probability of weight per plant and potassium content characters in sweetpotato.

Keywords: heterotic, high yield, potassium content, controlled cross-pollination, sweetpotato

### PENDAHULUAN

Fenomena heterosis (*hybrid vigor*) dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan hasil, ukuran dan karakter lainnya. Heterosis didefinisikan sebagai keunggulan *hybrid* (F<sub>1</sub>) yang melebihi kisaran kedua tetuanya (Syukur 2012). Ubi jalar mempunyai heterozigositas yang tinggi pada hibridanya (Gruneberg *et al.* 2015). Salah satu penyebabnya adalah struktur kromosomnya autopolioid bertipe hexaploid (6n) dan jumlah kromosomnya 90 (Martin 1981). Frekuensi heterozigositas pada tanaman autopolioid lebih tinggi dibandingkan tanaman diploid, sehingga heterosis tanaman autopolioid lebih tinggi daripada tanaman diploid (Gallais 2003). Kompleksitas rasio segregasi pada autopolioid karena adanya reduksi ganda (*double reduction*) (Jones 1967). Hasil analisis molekuler menggunakan penanda SSR menunjukkan tingkat heterozigositas yang tinggi, sehingga ubi jalar mempunyai kecenderungan sebagai tanaman heterozigot (Hidayatun *et al.* 2011).

Pada tanaman yang diperbanyak secara vegetatif, untuk memperoleh klon hasil persilangan (*clone hybrid*) dapat dilakukan dengan seleksi klon-klon terbaik dari suatu populasi persilangan (Gruneberg 2014). Ubi jalar diperbanyak secara vegetatif, oleh karena itu heterozigositas hasil persilangan pada ubi jalar mempunyai peluang untuk digunakan sebagai bahan skrining, evaluasi, dan dirilis sebagai varietas (Gurmu *et al.* 2018). Banyaknya jumlah tetua pada persilangan terkendali dan resiprokalnya akan meningkatkan

heterozigositas populasi  $F_1$ . Selain itu jauhnya hubungan kekerabatan antartetua akan meningkatkan peluang untuk memperoleh hibrida baru yang lebih baik dari tetuanya. Klon-klon yang mempunyai sifat melebihi rata-rata tetuanya merupakan klon yang potensial untuk dikembangkan lebih lanjut. Persilangan pada ubi jalar dapat dilakukan dengan persilangan bebas (*random polycross/open pollination*) dan persilangan terkendali (*controlled cross-pollination/hand pollination*) (Gruneberg *et al.* 2009). Persilangan bebas dilakukan dengan menanam klon-klon terpilih pada areal yang sama dan persilangan terjadi secara alami dengan bantuan angin atau serangga. Selain sumber polen tidak diketahui, keragaman genetik populasi hasil persilangan bebas pada ubi jalar menunjukkan hasil umbi dan komponen hasil yang rendah, dan mempunyai keragaman genetik yang sempit (Mulualem dan Mohammed 2012; Wera *et al.* 2014). Rendahnya peluang memperoleh vigor hibrida pada persilangan terbuka disebabkan beberapa hal, antara lain waktu berbunga yang tidak serentak dan penyebaran polen terbatas di sekitar tanaman (Nduwumuremyi *et al.* 2013).

Banyaknya jumlah tetua pada persilangan terkendali dan resiprokalnya akan meningkatkan heterozigositas populasi  $F_1$ . Selain itu jauhnya hubungan kekerabatan antartetua akan meningkatkan peluang untuk memperoleh hibrida baru yang lebih baik dari tetuanya. Klon-klon yang mempunyai sifat melebihi rata-rata tetuanya merupakan klon yang potensial untuk dikembangkan lebih lanjut. Persilangan pada ubi jalar dapat dilakukan dengan persilangan bebas dan persilangan terkendali (Gruneberg *et al.* 2009).

Pemanfaatan vigor hibrida untuk tujuan pemuliaan tanaman telah nyata meningkatkan nilai ekonomis komoditas ubi jalar. Karakter-karakter yang potensial untuk dikembangkan pada ubi jalar antara lain nilai nutrisi, bentuk umbi dan hasil. Selain betakaroten dan antosianin, ubi jalar juga kaya mineral terutama kalium (K) yang baik untuk kesehatan. Kalium merupakan salah satu mineral utama yang merupakan bagian integral sel untuk pertumbuhan (setiap penambahan

0,5 kg berat badan memerlukan sekitar 1050 mg kalium) dan berfungsi sebagai katalis reaksi pelepasan energi atau sintesis protein (Muchtadi 2009). Kalium juga merupakan elektrolit yang penting bagi tubuh, kekurangan kalium diketahui akan memicu penyakit hipertensi dan jantung. Selain itu, ternyata kalium juga dapat mencegah atau mengobati penyakit diabetes mellitus tipe-2 (Marentek 2006). Oleh karena itu, pemuliaan ubi jalar yang mempunyai potensi hasil tinggi dan kadar kalium tinggi sangat dibutuhkan oleh masyarakat sebagai sumber kalium alami yang harganya murah.

Fenomena heterosis dan vigor hibrida diharapkan dapat diperoleh melalui persilangan terkendali khususnya klon-klon berpotensi hasil tinggi dan kaya kalium. Belum ada informasi sebelumnya khususnya untuk heterosis kadar kalium pada ubi jalar. Oleh karena itu, informasi mengenai seberapa besar peluang heterosis dan heterobeltiosis untuk karakter hasil dan kadar kalium pada kombinasi persilangan yang dilakukan sangat penting artinya bagi program pemuliaan ubi jalar. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pola heterosis karakter hasil umbi dan kadar kalium pada ubi jalar.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Poncosumo, Kabupaten Malang pada bulan Maret – Desember 2015. Analisis kadar kalium hasil seleksi pertanaman  $F_1$  dilaksanakan di Laboratorium Kimia Tanah, Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi).

Bahan yang digunakan adalah lima klon ubi jalar, yaitu: K141 (MSU 07015-54), K11 (Beta 2), K65 (MSU 10048-09), K127 (RIS 10068-02), K26 (Cilembu 1), yang digunakan sebagai bahan persilangan enam kombinasi: K26 × K127 (22 klon), K127 × K26 (20 klon), K141 × K11 (21 klon), K11 × K141 (10 klon), K65 × K11 (5 klon), K11 × K65 (11 klon). Karakteristik morfologi tetua yang digunakan sebagai bahan persilangan disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Karakteristik morfologi utama tetua-tetua bahan persilangan ubi jalar. Malang, MT Maret-Desember 2015**

No.Klon	Nama	Bentuk umbi	Warna kulit umbi	Warna daging umbi	Tipe tanaman	Kemampuan berbunga
K 141	MSU 07015-54	Elip membulat	M4	P	Sangat menyebar	Sangat banyak
K 11	Beta 2	Elip membulat	M6	O3	Semi kompak	Banyak
K 65	MSU 10048-09	Bulat telur (ovate)	K2	P	Kompak	Banyak
K 127	RIS 10068-02	Membulat	K5	K3O3	Semi kompak	Banyak
K 26	Cilembu 1	Oblong	K4	K3O3	Kompak	Sedang

Keterangan:Warna kulit dan daging umbi: M=merah, P=putih, K=kuning, O=orange; Intensitas warna: 1=sangat pucat, 2=agak pucat, 3=pucat, 4=cerah, 5=agak gelap, 6=gelap dan 7=sangat gelap.

Klon masing-masing kombinasi persilangan ditanam dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan tiga ulangan, pada guludan-guludan berukuran 1 m × 5 m dan jarak tanam antar tanaman 25 cm. Karakter-karakter yang diamati adalah bobot umbi per tanaman dan kadar kalium umbi. Selanjutnya data tersebut dianalisis heterosis. Nilai heterosis dapat diduga dengan membandingkan antara selisih F<sub>1</sub> dan rata-rata kedua tetua, menurut Syukur (2012) sebagai berikut:

$$H = \frac{F_1 - (P_1 + P_2)/2}{(P_1 + P_2)/2} \times 100\%$$

Nilai heterobeltiosis yang diduga dengan membandingkan F<sub>1</sub> dengan rata-rata penampilan tetua terbaik (HP) seperti berikut ini:

$$H = \frac{F_1 - HP}{HP} \times 100\%$$

Keterangan:

H : heterosis/heterobeltiosis

F<sub>1</sub> : tanaman/klon hasil persilangan

P<sub>1</sub> : Tetua 1

P<sub>2</sub> : Tetua 2

HP : Tetua terbaik

Pupuk diberikan sesuai dosis rekomendasi yaitu 200 kg Urea, 100 kg SP36, dan 100 kg KCl/ha yang diaplikasikan dua tahap. Aplikasi pertama dilakukan pada umur dua minggu setelah tanam menggunakan 2/3 dosis Urea ditambah pupuk SP36 dan KCl seluruh dosis, sedangkan aplikasi kedua 1/3 dosis Urea diberikan saat tanaman berumur 1,5 bulan setelah tanam. Pembalikan batang dilakukan saat tanaman berumur satu bulan, dua bulan dan tiga bulan. Panen dilakukan setelah tanaman berumur 5 bulan setelah tanam. Tanaman F<sub>1</sub> selanjutnya ditimbang bobot umbinya dan dianalisis kadar kaliumnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Persilangan Terkendali

Hasil persilangan terkendali dari enam kombinasi persilangan menunjukkan kompatibel berdasarkan persentase kecambah normal seperti dicantumkan pada Tabel 2. Tingkat inkompatibilitas pada ubi jalar hasil persilangan berdasarkan persentase kecambah normal tergolong kompatibel apabila >20%, kompatibel sebagian (10 – 20%), sangat inkompatibel <10% dan inkompatibel penuh bila sama sekali tidak dihasilkan kecambah normal (Indriani *et al.* 2017). Lestari (2010) menyatakan inkompatibilitas dan sterilitas

berpengaruh terhadap pembentukan kapsul pada ubi jalar. Dalam penentuan tetua persilangan kemampuan berbunga merupakan karakter penting, karena pada ubi jalar terdapat klon-klon yang berbunga sedikit bahkan tidak berbunga sehingga menghambat persilangan.

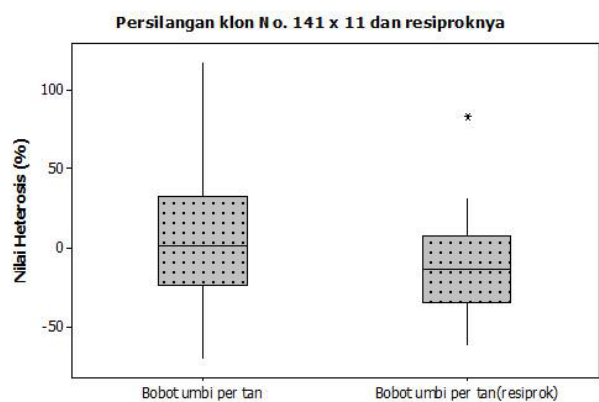
### Pola Heterosis Bobot Umbi per Tanaman

Pola heterosis karakter bobot umbi per tanaman beberapa kombinasi persilangan dan resiproknya diuraikan sebagai berikut:

#### Kombinasi persilangan (K141 × K11) dan resiproknya

Hasil persilangan klon K141 × K11 menunjukkan fenomena heterosis rata-rata sebesar 42,23% dan heterobeltiosis dengan rata-rata 38,56% (Tabel 3). K141 sebagai tetua betina dan K11 sebagai tetua jantan dapat menghasilkan klon-klon baru yang lebih baik daripada tetuanya. Kedua tetua menunjukkan tingginya perbedaan genetik dan jauhnya jarak genetik sehingga meningkatkan peluang heterosis pada F<sub>1</sub>. Di samping itu, tanaman hexaploid seperti ubi jalar mempunyai heterozigositas yang lebih tinggi dibandingkan tanaman diploid (Gruneberg *et al.* 2015). Hal ini akan meningkatkan peluang turunannya mempunyai heterosis tinggi.

Pada persilangan resiprok K11 × K141 terdapat dua klon (No. 4 dan 12) yang bersifat heterobeltiosis dengan rata-rata sebesar 27,30%. Kedua klon tersebut mempunyai rata-rata heterosis sebesar 57,62% (Tabel 4). Hal ini menunjukkan peluang terdapat peningkatan bobot umbi per tanaman lebih besar apabila menggunakan K141 sebagai tetua betina (Gambar 1). Fenomena heterosis yang berbeda pada kombinasi persilangan (K141 × K11) dan resiproknya menunjukkan adanya perbedaan genetik pada kedua



**Gambar 1. Nilai heterosis bobot umbi per tanaman hasil persilangan klon ubi jalar K141 × K11 dan resiproknya.**

**Tabel 2. Tingkat inkompatibilitas beberapa kombinasi persilangan ubi jalar secara resiprokal. Malang, MT Maret-Desember 2015**

Tetua Betina	Jantan	Jumlah persilangan	Jumlah buah	Rata-rata biji/buah	Jumlah biji	Jumlah biji isi	Jumlah kec.normal	Kecambah normal (%)	Tingkat inkompatibilitas
K 141	K 11	145	53	1,4	84	55	32	58,2	Kompatibel
K 11	K 141	37	17	1,7	29	17	13	76,5	Kompatibel
K 65	K 11	51	17	1,7	28	13	5	38,5	Kompatibel
K 11	K 65	28	14	1,5	21	17	11	64,7	Kompatibel
K 26	K 127	92	30	1,3	40	35	22	62,9	Kompatibel
K 127	K 26	67	23	1,6	44	38	27	71,1	Kompatibel

Keterangan: >20% kecambah normal= kompatibel, 10 – 20% kecambah normal= kompatibel sebagian, <10%= sangat inkompatibel dan 0% kecambah normal = inkompatibel penuh (Indriani *et al.* 2017).

**Tabel 3. Heterosis bobot umbi per tanaman hasil persilangan antara klon ubi jalar K141 × K11. Malang, MT Maret-Desember 2015**

Klon	Rata-rata bobot umbi/tan (g)	Selisih rata-rata tetua	Heterosis (%)	Selisih tetua lebih tinggi	Heterobeltiosis (%)
K141/K11-1	303,3	-111,2	-	-	-
K141/K11-2	431,7	17,2	4,15	-	-
K141/K11-3	348,3	-66,2	-	-	-
K141/K11-5	415,0	0,5	0,12	-	-
K141/K11-6	903,3	488,8	117,90	390,3	76,08
K141/K11-8	426,7	12,2	2,90	-	-
K141/K11-10	405,0	-9,5	-	-	-
K141/K11-12	166,7	-247,8	-	-	-
K141/K11-13	560,0	145,5	35,10	47,0	9,20
K141/K11-14	771,7	357,2	86,18	258,7	50,43
K141/K11-18	240,0	-174,5	-	-	-
K141/K11-19	233,3	-181,2	-	-	-
K141/K11-22	871,7	457,2	110,30	358,7	69,92
K141/K11-23	525,0	110,5	26,66	12,0	2,30
K141/K11-24	366,7	-47,8	-	-	-
K141/K11-25	500,0	85,5	20,62	-	-
K141/K11-27	346,7	-67,8	-	-	-
K141/K11-29	446,7	32,2	7,77	-	-
K141/K11-31	633,3	218,8	52,78	120,3	23,45
K141/K11-32	121,7	-292,8	-	-	-
Rata-rata	450,8		42,23		38,56

klon tersebut. Oleh karena itu, kombinasi persilangan yang sama namun berbeda tetua jantan dan betinanya akan menghasilkan perbedaan nilai heterosisnya. Hasil penelitian Pudjiono dan Na'iem (2005) yang menyatakan bahwa persilangan tetua betina dan jantan yang berbeda menghasilkan heterosis yang berbeda dan tidak seluruhnya dapat menghasilkan F<sub>1</sub> yang heterosis.

#### **Pola heterosis kadar kalium ubi jalar pada kombinasi persilangan K141 × K11 dan resiproknnya.**

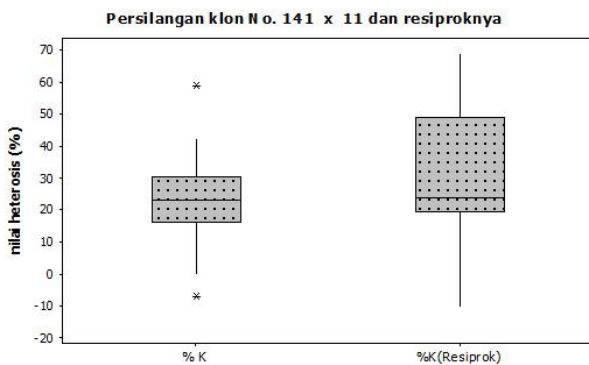
Heterosis kadar kalium pada beberapa kombinasi persilangan menunjukkan adanya pola yang berbeda.

Hasil persilangan antara klon K141 dengan klon K11 menghasilkan 8 klon yang menunjukkan gejala heterobeltiosis. Nilai heterobeltiosis terendah dicapai oleh klon No. 25 dan tertinggi klon No. 30, masing-masing sebesar 0,32 dan 30,38% (rata-rata 10,01%) (Tabel 5). Jumlah F<sub>1</sub> hasil persilangan yang menunjukkan fenomena heterosis berdasarkan rata-rata tetua terdapat 24 klon. Nilai terendah klon No. 5 sebesar 6,96% dan tertinggi klon No. 30 sebesar 58,86% atau rata-rata 22,57% (Tabel 5).

Pada persilangan resiproknnya (K11 × K141) terdapat empat klon yang menunjukkan adanya heterobeltiosis dengan nilai rata-rata sebesar 24,68% bk (Tabel 6). Sementara itu sepuluh klon menunjukkan

**Tabel 4. Heterosis bobot umbi per tanaman hasil persilangan ubi jakar klon K11 × K141. Malang, MT Maret-Desember 2015**

Klon	Rata-rata bobot umbi per tanaman(g)	Selisih rata-rata tetua	Heterosis (%)	Selisih tetua lebih tinggi	Heterobeltiosis (%)
K11×K141-1	403,3	-11,2	-	-	-
K11×K141-2	250,0	-164,5	-	-	-
K11×K141-4	760,0	345,5	83,35	247,0	48,00
K11×K141-5	276,7	-137,8	-	-	-
K11×K141-7	413,3	-1,2	-	-	-
K11×K141-9	160,0	-254,5	-	-	-
K11×K141-10	323,3	-91,2	-	-	-
K11×K141-11	343,3	-71,2	-	-	-
K11×K141-12	546,7	132,2	31,89	33,7	6,60
K11×K141-13	376,7	-37,8	-	-	-
Rata-rata	385,3		57,62		27,3



**Gambar 2. Sebaran nilai heterosis hasil persilangan klon ubi jalar K141 × K11 dan resiproknya**

fenomena heterosis berdasarkan rata-rata kedua tetua dengan nilai rata-rata 12,34% bk. Klon K11 lebih sesuai digunakan sebagai tetua betina untuk meningkatkan kadar kaliumnya. Kadar kalium klon K11 sebesar 2,03% bk dapat menghasilkan keturunan yang mempunyai kadar kalium lebih tinggi, sebesar 2,11% bk. Hal ini menunjukkan klon K11 berpotensi tinggi tidak hanya karena tingkat inkompatibilitasnya rendah, sehingga sangat sesuai digunakan sebagai tetua pada persilangan. Namun juga peluang diperolehnya klon-klon yang mempunyai heterosis dan heterobeltiosis pada F<sub>1</sub> sebagai tetua betina, khususnya untuk karakter kadar kalium. Dari sebaran nilai heterosis hasil persilangan K141 × K11 dan resiproknya, diperoleh bahwa klon K11 sebagai tetua betina memiliki peluang heterosis lebih tinggi (Gambar 2).

Heterosis menunjukkan bahwa suatu persilangan menghasilkan F<sub>1</sub> yang memiliki karakter melebihi kedua tetuanya. Hal ini dapat dijelaskan berdasar hipotesis dominan dan dominan lebih (*over dominance*). Menurut

hipotesis dominan, akumulasi gen-gen dominan yang lebih baik dalam satu genotipe memicu munculnya fenomena heterosis, sedangkan penampilan gen-gen resesif akan tertutup atau hilang. Hipotesis dominan lebih menjelaskan bahwa heterosis merupakan penampilan superioritas heterosigositas terhadap homosigositas. Hal ini disebabkan, suatu genotipe memiliki pasangan alel dalam bentuk heterozigot terbanyak sehingga memiliki karakter melebihi kedua tetua (Takdir *et al.* 2010). Reif *et al.* (2005) menyatakan, heterosis pada tanaman dapat dijelaskan berdasarkan hipotesis dominan, dominan lebih (atau epistasi). Hipotesis epistasi menjelaskan bahwa heterosis terjadi akibat interaksi gen-gen antarlokus.

Pada penelitian ini peran gen pada karakter kadar kalium hasil persilangan antara klon K11 × K141 menunjukkan dari 11 klon, empat klon dikendalikan oleh peran gen dominan lebih (Tabel 6). Adanya akumulasi gen-gen dominan yang lebih baik dalam satu genotipe yang memacu munculnya sifat heterosis dan heterobeltiosis. Hal ini membuktikan bahwa kedua kombinasi tetua tersebut, klon K11 sebagai tetua betina dan klon K141 sebagai tetua jantan berpeluang untuk memperoleh genotipe yang mempunyai gabungan sifat-sifat dari kedua tetuanya yang merupakan akumulasi gen-gen dominan kedua tetuanya. Hal yang sama juga disampaikan bahwa adanya turunan (F<sub>1</sub>) yang lebih baik dari tetuanya disebabkan adanya *transgressive segregation* atau *over dominance* (Sleper dan Poehlman 2006 *in* Musembi *et al.* 2014).

Nilai heterosis dan heterobeltiosis untuk karakter bobot umbi per tanaman pada tiga kombinasi persilangan dan resiproknya dicantumkan pada Tabel 7. Hasil penelitian menunjukkan dari 108 klon dapat diperoleh klon-klon dengan bobot umbi per tanaman yang mempunyai sifat heterosis sejumlah 17 klon (16%) dan heterobeltiosis sejumlah 12 klon (11%). Hal ini

**Tabel 5. Heterosis kadar kalium hasil persilangan antara klon ubi jalar K141 × K11. Malang, MT Maret-Desember 2015**

Klon	Rata-rata K (%)	Selisih rata-rata tetua	Heterosis (%)	Selisih tetua lebih tinggi	Heterobeltiliosis (%)
K141 × K11-1	1,49	-0,09	-	-	-
K141 × K11-2	1,44	-0,14	-	-	-
K141 × K11-3	1,83	0,25	15,51	-	-
K141 × K11-5	1,69	0,11	6,96	-	-
K141 × K11-6	1,94	0,36	22,47	-	-
K141 × K11-8	1,95	0,37	23,10	-	-
K141 × K11-9	2,00	0,42	26,27	-	-
K141 × K11-10	1,79	0,21	13,29	-	-
K141 × K11-11	1,85	0,27	16,77	-	-
K141 × K11-12	2,06	0,48	30,38	0,03	1,90
K141 × K11-13	1,97	0,39	24,37	-	-
K141 × K11-14	2,20	0,62	39,24	0,17	10,76
K141 × K11-15	1,95	0,37	23,10	-	-
K141 × K11-16	2,06	0,48	30,38	0,03	1,58
K141 × K11-18	1,96	0,38	23,73	-	-
K141 × K11-19	2,02	0,44	27,53	-	-
K141 × K11-22	2,20	0,62	39,24	0,17	10,76
K141 × K11-23	1,84	0,26	16,14	-	-
K141 × K11-24	2,20	0,62	39,24	0,17	10,76
K141 × K11-25	2,04	0,46	29,11	0,01	0,32
K141 × K11-26	2,25	0,67	42,40	0,22	13,61
K141 × K11-27	1,94	0,36	22,47	-	-
K141 × K11-28	1,84	0,26	16,14	-	-
K141 × K11-29	1,97	0,39	24,37	-	-
K141 × K11-30	2,51	0,93	58,86	0,48	30,38
K141 × K11-31	1,91	0,33	20,89	-	-
K141 × K11-32	1,47	-0,11	-	-	-
Rata-rata	1,94	0,32	22,57	0,16	10,01

menunjukkan peluang yang cukup tinggi diperolehnya klon-klon baru dengan karakter-karakter yang lebih baik dari tetuanya.

Karakter kadar kalium, dari tiga pasang kombinasi persilangan dan resiproknnya dengan jumlah total klon sebanyak 108, diperoleh 51 klon (47%) bersifat heterosis dan 23 klon (21%) bersifat heterobeltiliosis (Tabel 8). Kombinasi persilangan yang terbanyak menghasilkan turunan yang bersifat heterosis adalah K141 sebagai tetua betina dan K11 sebagai tetua jantan untuk karakter bobot umbi per tanaman. Selain itu, daya gabung yang baik juga merupakan faktor penting untuk mengidentifikasi kombinasi persilangan yang terbaik untuk memperoleh sifat heterosis (Amiruzzaman *et al.* 2010; Esposito *et al.* 2013). Kombinasi persilangan yang mempunyai daya gabung khusus yang tinggi pada umumnya akan diikuti oleh tingginya nilai heterosis dan heterobeltiliosis (Ganefianti dan Fahrurrozi 2018).

Besarnya nilai heterosis yang terjadi pada kadar kalium dan bobot umbi per tanaman bervariasi antar-

kombinasi persilangan. Hal yang sama juga disampaikan oleh Gurmu (2018) mengenai adanya variasi nilai heterosis antarkombinasi persilangan ubi jalar orange. Terdapat variasi alel menyebabkan terjadi ekspresi gen yang bervariasi pula sehingga terjadi perubahan fenotipik yang berbeda (Li *et al.* 2009). Hal ini didukung oleh pendapat Kaeppler (2012), bahwa nilai heterosis bervariasi antarindividu dalam spesies, populasi terisolasi atau populasi hasil seleksi dalam satu spesies. Mekanisme terjadinya heterosis sangat kompleks, sehingga menyebabkan terjadinya heterosis pada berbagai karakter dengan nilai yang berbeda-beda. Tingginya heterosigositas pada ubi jalar sudah dibuktikan secara molekuler. Analisis terhadap 88 aksesi ubi jalar menggunakan 8 SSR mendapatkan 135 alel dengan rata-rata 17 alel per lokus SSR dengan tingkat heterozigositas antara 8-90% (Hidayatun 2011).

Efek heterosis dan heterobeltiliosis bobot umbi per tanaman terdapat pada kombinasi K141 × K11 dan resiproknnya, selain itu pada kombinasi persilangan

**Tabel 6. Peran gen kadar kalium hasil persilangan antara klon ubi jalar K11 × K141. Malang, MT Maret-Desember 2015**

Klon	Rata-rata (% K)	Selisih rata-rata tetua	% Heterosis rata-rata tetua	Selisih tetua lebih tinggi	Heterobeltiosis (%)	Peran gen
K11 × K141-1	1,81	0,23	14,24	-	-	Parsial dominan
K11 × K141-2	1,89	0,31	19,30	-	-	Parsial dominan
K11 × K141-4	1,42	-0,16	-	-	-	Sebagian besar aditif, sebagian homosigot resesif
K11 × K141-5	1,97	0,39	24,68	-	-	Parsial dominan
K11 × K141-7	2,56	0,98	62,02	0,53	33,54	Dominan lebih ( <i>over dominance</i> )
K11 × K141-8	2,35	0,77	48,73	0,32	19,94	Dominan lebih ( <i>over dominance</i> )
K11 × K141-9	2,11	0,53	33,54	0,08	5,06	Dominan lebih ( <i>over dominance</i> )
K11 × K141-10	1,93	0,35	21,84	-	-	Parsial dominan
K11 × K141-11	1,89	0,31	19,62	-	-	Parsial dominan
K11 × K141-12	1,96	0,38	23,73	-	-	Parsial dominan
K11 × K141-13	2,67	1,09	68,98	0,64	40,19	Over dominan
Rata-rata	2,05	0,47	12,34	0,39	24,68	

**Tabel 7. Heterosis bobot umbi per tanaman ubi jalar pada hibrida (F<sub>1</sub>). Malang, MT Maret-Desember 2015**

Tetua	Rata-rata bobot umbi (g)	Bobot umbi tetua tertinggi (g)	Rata-rata F <sub>1</sub> (g)	Total klon	Jumlah klon	
					Heterosis	Heterobeltiosis
K141 × K11	414,5	513,0	450,8	32	11	6
K11 × K141	414,5	513,0	385,3	13	2	2
K26 × K127	696,0	960,0	414,0	22	1	1
K127 × K 26	696,0	960,0	361,5	26	-	-
K65 × K11	653,3	793,3	329,0	5	-	-
K11 × K65	653,3	793,3	488,2	10	3	3
Jumlah				108	17	12
Persentase					15,7	11,1

**Tabel 8. Heterosis kadar kalium umbi pada hasil persilangan ubi jalar (F<sub>1</sub>). Malang, MT Maret-Desember 2015**

Tetua	Rata-rata tetua	Tetua tertinggi	Rata-rata F <sub>1</sub>	Jumlah klon		
				Klon total	Heterosis	Heterobeltiosis
K141 × K11	1,58	2,03	1,94	32	24	8
K11 × K141	1,58	2,03	2,05	13	10	5
K26 × K127	1,55	1,73	1,47	22	5	3
K127 × K26	1,55	1,73	1,34	26	7	3
K65 × K11	1,95	2,03	1,69	5	1	1
K11 × K65	1,95	2,03	2,06	10	4	3
Jumlah				108	51	23
Persentase					47,2	21,3

K26 × K127 dan K65 × K11. Klon 141 sebagai tetua betina dan klon K11 sebagai tetua jantan dapat menghasilkan klon-klon baru dengan sifat heterosis dan heterobeltiosis paling banyak dibandingkan kombinasi persilangan lainnya. Demikian pula untuk karakter kadar kalium kombinasi persilangan antara K141 sebagai tetua betina dan K11 sebagai tetua jantan dapat menghasilkan klon-klon baru dengan

sifat heterosis dan heterobeltiosis yang lebih tinggi dibandingkan kombinasi tetua lainnya. Peluang heterosis dan heterobeltiosis pada seluruh kombinasi persilangan menunjukkan peluang sebesar 16% dan heterobeltiosis 11% untuk karakter bobot umbi per tanaman. Pada karakter kadar kalium, seluruh kombinasi persilangan berpotensi mendapatkan klon-klon heterosis dan heterobeltiosis masing-masing

sebesar 47% dan 21%. Hal ini menunjukkan persilangan terkendali pada ubi jalar yang kompatibel berpeluang untuk memperoleh klon-klon baru dengan sifat heterosis maupun heterobeltiosis.

### KESIMPULAN

Rata-rata heterosis dan heterobeltiosis karakter bobot umbi per tanaman ubi jalar pada persilangan terkendali yang kompatibel sebesar 16% dan 11%. Peluang heterosis dan heterobeltiosis karakter kadar kalium sebesar 47%, dan 21%. Kombinasi persilangan ubi jalar antara klon K141 × K11 memiliki peluang heterosis dan heterobeltiosis lebih tinggi dibandingkan kombinasi persilangan lainnya untuk karakter bobot umbi per tanaman dan kadar kalium pada ubi jalar.

### DAFTAR PUSTAKA

- Amiruzzaman M, Islam MA, Hassan L Rohman MM. 2010. Combining ability and heterosis for yield and component characters in maize. *Academic Journal of Plant Sciences* 3(2): 79-84.
- Eposito MA, Gatti I, Cravero VP, Anido FSL, Cointy EL. 2013. Combining abilities and heterotic groups in *Pisum sativum* L. *Australian Journal of Crop Science* 7(11): 1634-1641.
- Gallais A. 2003. *Quantitative Genetics and Breeding Methods in Autopolyploid Plants*. INRA, Paris.
- Ganefianti and Fahrurrozi. 2018. Heterosis and combining ability in complete diallel cross of seven chili pepper genotypes grown in ultisol. *Agrivita* 40(2): 360-370.
- Gurmu F, Hussein S Laing M. 2018. Combining ability, heterosis, and heritability of storage root dry matter, betacarotene and yield-related Traits in Sweetpotato. *Hortscience* 53(2):167-175.
- Grüneberg W, Mwangi R, Andrade M, Espinoza J. 2009. Selection methods. Part 5: Breeding clonally propagated crops. Pp. 275-322. In: Ceccarelli S, Guimarães EP, Weltzien E (eds). *Plant Breeding and Farmer Participation*. FAO, Rome.
- Grüneberg W. 2014. Heterosis exploiting breeding schemes for rapid yield enhancement. [http://www.sweetpotatoknowledge.org/files/2014\\_find06\\_heterosisexploiting](http://www.sweetpotatoknowledge.org/files/2014_find06_heterosisexploiting) (Diakses 26 April 2018)
- Grüneberg WJ, Ma D, Mwangi ROM, Carey EE, Huamani K, Diaz F, Eyzaguirre R, Guaf E, Jusuf M, Karuniawan A, Tjintokohadi K... Yencho GC. 2015. *Advances in Sweet Potato Breeding from 1992 to 2012*. African Potato Association Conference in 2013. CAB International.
- Hidayatun N, Chaerani, Utami DW. 2011. Sidik jari DNA 88 plasma nutfah ubijalar di Indonesia berdasarkan delapan penanda SSR. *Jurnal Agrobiogen* 7(2):119-127.
- Indriani FC, Ashari S, Basuki N, Jusuf M. 2017. Normal seedlings as a new parameter for predicting cross-incompatibility level on sweetpotato. *Agrivita* 39(1):56-65.
- Jones A. 1967. Theoretical segregation ratios of qualitatively inherited characters for hexaploid sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.). *Technical Bulletin* 1368. United States Department of Agriculture (USDA), Georgia Agricultural Experiment Station, Washington, DC.
- Kaeppler S. 2012. Heterosis: Many genes, many mechanisms— end the search for an undiscovered unifying theory. *ISRN Botany* 2012: 1-13.
- Lestari SU. 2010. Pengaruh inkompatibilitas dan sterilitas terhadap pembentukan kapsul dan biji ubijalar. *Agrivita* 32(1): 19-28.
- Li B, Zhang DF, Jia GQ, Dai JR dan Wang SC. 2009. Genome wide comparisons of gene expression for yield heterosis in maize. *Plant Mol Biol Rep* 27:162 – 176.
- Martin FW. 1981. Analysis of the incompatibility and sterility of sweetpotato. pp 275-311. In: Villareal RL, Griggs TD (eds). *Sweetpotato (AVRDC). Proceedings of the First International Symposium, Taiwan*.
- Marentek E. 2006. Resistensi insulin pada diabetes melitus tipe-2. *Cermin Dunia Kedokteran* 150: 38 – 41.
- Mulualem T, Mohammed H. 2012. Genetic variability and association among yield and yield related traits in Aerial Yam (*Dioscorea bulbifera* (L.) Accessions at South-western Ethiopia. *Journal of Natural Sciences Research* 2(9): 22-30.
- Muchtadi D. 2009. *Pengantar Ilmu Gizi*. ALFABETA, Bandung.
- Musembi KB, Githiri SM, Yencho GC dan Sibiyi J. 2014. Combining ability and heterosis for yield and drought tolerance traits under managed drought stress in sweetpotato. *Euphytica* 201(3): 423-440. DOI 10.1007/s10681-014-1230-1.
- Nduwumuremyi A, Tongoona P, Habimana S. 2013. Mating designs: Helpful tool for quantitative plant breeding analysis. *Journal of Plant Breeding and Genetics* 1(3):117-129.
- Pudjiono S, Na'iem M. 2005. Heterosis pada beberapa jenis murbei hibrid hasil persilangan terkendali. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman* 2(1):33 – 41.
- Reif JC, Hallauer AR, Melchinger AE. 2005. Heterosis and heterotic pattern in maize. *Maydica* 50: 215-223.



- Syukur M, Sujiprihati S, Yuniarti R. 2012. Teknik Pemuliaan Tanaman. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Takdir AM, Sunarti S, Mejaya MJ. 2010. Pembentukan varietas jagung hibrida. Dalam: Jagung: Teknik Produksi dan Pengembangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. Indonesia.
- Wera B, Yalu A, Ramakrishna A, Deros M. 2014. Genotypic variability estimates of agronomic traits for selection in a sweetpotato (*Ipomoea batatas*) polycross population in Papua New Guinea. *Journal of Plant Breeding and Genetics* 2(3):131-136.
-