

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 4, Nomor 1, Maret 2017

**PENGARUH TETUA JANTAN TERHADAP KOMPONEN BUAH DAN BIJI HASIL
PERSILANGAN ENAM GENOTIPE KAKAO MULIA**

*EFFECTS OF MALE PARENTS ON POD AND BEAN COMPONENTS
OF SIX FINE COCOA SIBLINGS*

* Cici Tresniawati, Dani, dan Edi Wardiana

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia
* tresniawatic@gmail.com

(Tanggal diterima: 18 Januari 2017, direvisi: 14 Februari 2017, disetujui terbit: 30 Maret 2017)

ABSTRAK

Pada proses persilangan, gejala genetik berupa pengaruh langsung tetua jantan sebagai sumber tepung sari terhadap penampilan buah dan biji hasil persilangan disebut sebagai gejala xenia. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh tetua jantan terhadap karakter komponen buah dan biji hasil persilangan beberapa genotipe kakao mulia. Penelitian dilakukan di Afdeling Kalikempit PTPN XII, Desa Tulungrejo, Kecamatan Glenmore, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur, pada ketinggian tempat 340 m dpl dengan jenis tanah Latosol dan tipe iklim C, mulai bulan Mei sampai Desember 2014. Enam perlakuan kombinasi persilangan yang diuji adalah (1) DR 38 x DR 1, (2) DR 38 x DR 38, (3) DR 2 x DR 1, (4) DR 2 x DR 2, (5) DRC 16 x DR 38, dan (6) DRC 16 x DRC 16. Pengamatan dilakukan terhadap karakter kuantitatif dan kualitatif komponen buah dan biji. Hasil penelitian menunjukkan tetua jantan DR 1 yang disilangkan dengan tetua betina DR 2 berkontribusi terhadap peningkatan bobot buah segar (34,70%), bobot biji segar/buah (44,32%), dan bobot satu biji segar (31,00%), serta terhadap bentuk ujung buah dan keberadaan leher botol. Tetua jantan DR 38 yang disilangkan dengan tetua betina DRC 16 berkontribusi terhadap peningkatan bobot buah segar (47,01%) dan biji (31,22%), serta terhadap warna buah matang dan keberadaan leher botol. Seluruh kombinasi persilangan menghasilkan warna biji putih di atas 85% sehingga termasuk kualitas baik. DR 2 dan DR 38 dapat digunakan sebagai tetua jantan untuk meningkatkan jumlah biji dengan warna putih.

Kata kunci: Biji, buah, kakao mulia, tetua jantan, xenia

ABSTRACT

In cacao crossing process, the genetic symptoms of direct effect of male parent as a pollen source on pod and beans performances generated from their crossing are called as the xenia effect. The aim of this study was to investigate the effect of male parents on characters of pod and bean components generated from the crossing of several genotypes of fine cacao. The research was conducted at Kalikempit Afdeling of PTPN XII, Tulungrejo Village, Glenmore District, Banyuwangi Regency, East Java Province, at an altitude of 340 m asl, Latosol type of soil, and C type of climate, from May until December 2014. Crossing combinations were (1) DR 38 x DR 1, (2) DR 38 x DR 38, (3) DR 2 x DR 1, (4) DR 2 x DR 2, (5) DRC 16 x DR 38, and (6) DRC 16 x DRC 16. Variables observed were the quantitative and qualitative characters of pod and bean component. The results showed that male parent DR 1 crossed with female parent DR 2 contributed in increasing fresh bean weight (34.70%), fresh bean/pod weight (44.32%), fresh single bean weight (31.00%), pod apex and base constriction shapes. Meanwhile DR 38 crossed with DRC 16 showed xenia effect on fresh bean weight (47.01%), bean (31.22%), and qualitative characters i.e. the colour of mature pod and the availability of bottle neck. All of crossing combinations produced white colour beans above 85% thus qualified as good. DR 2 and DR 38 are potential male parents to enhance the number of white bean.

Keywords: Bean, pod, fine cacao, male parent, xenia

PENDAHULUAN

Pada industri olahan cokelat dikenal dua tipe kakao, yaitu kakao mulia (*fine cacao*) dan kakao lindak (*bulk cacao*). Kakao mulia atau dikenal juga dengan sebutan kakao edel memiliki kotiledon berwarna putih, sedangkan kakao lindak berwarna ungu. Biji kakao mulia menghasilkan aroma cokelat yang lembut, citarasa enak, dan sering digunakan sebagai bahan pencampur yang dapat memberikan warna cerah pada produk olahannya. Kemampuan memberi warna yang cerah menyebabkan kakao mulia dari daerah Jawa dikenal dengan nama *java a light breaking*. Karena mutunya yang baik, menjadikan harga kakao mulia lebih tinggi dibandingkan dengan kakao lindak. Namun demikian, pada kakao mulia apabila jumlah biji yang berwarna ungu lebih dari 15% dapat menurunkan harga jualnya (Anita-Sari, Susilo, & Yusianto, 2012).

Pemuliaan kakao di Indonesia telah diinisiasi pada tahun 1912 dan menghasilkan beberapa klon unggul kakao mulia yang diberi nama DR 1, DR 2, dan DR 38. Hasil pengujian selanjutnya menghasilkan klon unggul baru, yaitu GC 7 dan DRC 16. Tiga klon kakao mulia generasi awal hanya dikembangkan di perkebunan-perkebunan besar di Jawa, sedangkan dua klon generasi kedua selain di perkebunan besar, juga ditanam di perkebunan-perkebunan rakyat (Winarno, 2008). Walaupun kakao jenis ini memiliki keunggulan dalam kualitas biji, perkembangannya di Indonesia masih relatif terbatas. Bahkan populasinya semakin lama semakin berkurang akibat kelemahan yang dimilikinya, yaitu kurang tahan terhadap perubahan iklim dan serangan penyakit. Oleh karena itu, kegiatan penelitian dan pengembangan kakao jenis ini perlu mendapat perhatian tersendiri.

Kakao termasuk tanaman menyerbuk silang sehingga penanamannya dalam suatu hamparan umumnya dilakukan secara poliklonal, apalagi jika dikaitkan dengan adanya fenomena *self-incompatible* seperti pada kakao mulia klon DR 1. Pada kakao mulia, penanaman poliklonal dengan tetua-tetua penghasil biji putih yang terpilih ditujukan untuk meningkatkan hasil dengan persentase biji putih yang tinggi dengan memanfaatkan adanya pengaruh xenia pada hasil persilangan.

Xenia merupakan gejala genetik berupa pengaruh langsung tepung sari terhadap fenotipe biji dan buah yang dihasilkan tetua betina. Xenia terjadi karena pengaruh tepung sari pada jaringan yang berisi sedikitnya satu set gen dari tetua jantan, yakni embrio dan endosperma sehingga dapat memengaruhi perubahan pada ukuran fisik maupun bentuk, warna, atau karakteristik lainnya pada biji. Metaxenia merupakan kejadian khusus yang pengaruhnya terjadi

pada jaringan buah tetua betina (Denney, 1992). Metaxenia dapat digunakan untuk mengidentifikasi tetua jantan yang baik dalam upaya mempercepat periode perkembangan atau pematangan buah (Olfati *et al.*, 2010; Maryam, Jaskani, Ahmad, & Awan, 2015), meningkatkan produksi tanaman pada sistem pertanaman campuran (poliklonal) (Olfati *et al.*, 2010), serta dapat digunakan sebagai marka (penanda) untuk mengidentifikasi hibrida (Tsuda, Konagaya, Okuzaki, Kaneko, & Tabei, 2011). Terjadinya pengaruh xenia dan metaxenia sangat tergantung pada tetua jantan sebagai donor tepung sari dan tetua betina sebagai tempat terjadinya proses persilangan serta perkembangan buah hasil persilangannya (Mizrahi, Mouyal, Nerd, & Sitrit, 2004; Rahaii, Asil, Samizadeh, & Onsejad, 2016). Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh tetua jantan sebagai sumber tepung sari terhadap fenotipe komponen buah dan biji hasil persilangan beberapa genotipe kakao mulia.

BAHAN DAN METODE

Penelitian persilangan buatan antar klon kakao mulia DR 1, DR 2, DR 38, dan DRC 16 dilaksanakan bulan Mei sampai Desember 2014, di Afdeling Kalikempit PTPN XII, Desa Tulungrejo, Kecamatan Glenmore, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur, pada ketinggian tempat 340 m dpl dengan jenis tanah Latosol dan tipe iklim C (Schmidt & Ferguson, 1951). Susunan perlakuan terdiri atas 6 perlakuan persilangan, yaitu (1) DR 38 x DR 1, (2) DR 38 x DR 38 (DR 38 serbuk sendiri), (3) DR 2 x DR 1, (4) DR 2 x DR 2 (DR 2 serbuk sendiri), (5) DRC 16 x DR 38, dan (6) DRC 16 x DRC 16 (DRC 16 serbuk sendiri). Setiap perlakuan kombinasi persilangan dilakukan pada 3 tanaman tetua betina, masing-masing melalui penyerbukan buatan (*hand pollination*) pada 10 bunga yang telah dikastrasi (dihilangkan benang sarinya).

Persilangan dan Panen Buah

Sehari sebelum persilangan, dipilih bunga-bunga dalam kondisi menjelang *anthesis* yang akan mekar esok harinya. Bunga tersebut dikerodong dengan tabung plastik yang bagian pangkalnya dilubangi dan ditutup dengan kain kassa. Kerodong diikat pada batang/cabang pohon. Celah-celah pada bagian pangkal kerodong yang menempel pada batang ditutup dengan lelehan parafin. Persilangan dilakukan sesaat setelah bunga mekar mulai jam 06.00–09.00 WIB pada esok harinya di saat putik dalam kondisi reseptif. Benang sari dikumpulkan pada cawan petri. Kotak sari berwarna putih diambil secara hati-hati dari bunga tetua jantan agar kotak sari (*anther*) yang terletak di bagian ujungnya tidak rusak. Sebelum



Gambar 1. Warna kotiledon (nib) kakao
Figure 1. Colour of cacao cotyledon (nib)

diserbuki, *staminodia* bunga pada tetua betina perlu dipotong menggunakan pinset yang ujungnya runcing agar mudah melakukan persilangan. Penyerbukan dilakukan dengan cara mengoleskan kotak sari pada kepala putik dan sepanjang tangkai putik.

Bunga dikerodong kembali untuk memastikan tidak ada kontaminasi serbuk sari dari bunga lain yang dibawa serangga. Bunga yang telah diserbuki kemudian diberi label yang memuat informasi kombinasi tetua dan tanggal persilangan dilakukan.

Panen buah dilakukan pada umur \pm 6 bulan setelah persilangan karena buah kakao mencapai matang fisiologis dalam periode waktu 150–180 hari (sekitar 5–6 bulan) setelah terjadinya proses pembuahan (Niemenak *et al.*, 2010; Colombo, Pinorini-Goldy, & Conti, 2014). Buah diambil dengan cara dipotong tangkainya menggunakan gunting setek. Jumlah buah panen bervariasi antar kombinasi persilangan (3–6 buah) sehingga pengamatan fenomena *xenia* dilakukan pada jumlah ulangan yang tidak sama antar perlakuan.

Pengamatan dan Analisis Data

Peubah yang diukur terdiri atas karakter kuantitatif dan kualitatif komponen buah dan biji, yaitu (1) bobot buah segar, (2) panjang buah, (3) lilit buah, (4) bobot segar kulit buah/buah, (5) bobot segar pulpa/buah, (6) warna buah matang, (7) bentuk buah, (8) bentuk ujung buah, (9) keberadaan leher botol, (10) bobot segar biji/buah, (11) jumlah biji/buah, (12) bobot biji segar, (13) persentase biji normal/buah, dan (14) persentase biji berwarna putih, keunguan, dan ungu. Persentase warna biji dilakukan dengan mengikuti pedoman yang disusun oleh Anita-Sari, Susilo, & Yusianto (2013) (Gambar 1).

Analisis data dilakukan dengan uji-t yang tidak berpasangan (*unpaired observation*) antar perlakuan

serbuk silang dengan serbuk sendiri setelah terlebih dahulu diuji nilai kesamaan ragamnya. Besarnya peningkatan atau penurunan karena pengaruh tetua jantan dihitung berdasarkan persentase relatif mengikuti pola yang telah dilakukan oleh Pahlavani & Abolhasani (2006) pada tanaman kapas, sebagai berikut:

$$RX = ((Pc - Psf) / Psf) \times 100\%$$

Keterangan:

RX = relativitas pengaruh xenia (%)

Pc = rata-rata hasil serbuk silang

Psf = rata-rata hasil serbuk sendiri

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Tetua Jantan terhadap Karakter Komponen Buah

Hasil analisis menunjukkan tetua jantan yang digunakan pada penelitian ini tidak berpengaruh nyata terhadap sebagian besar karakter komponen buah yang diamati, kecuali pada karakter bobot buah segar untuk tetua jantan DR 1 yang disilangkan dengan DR 2 dan DR 38 yang disilangkan dengan DRC 16. Relativitas besarnya peningkatan bobot buah karena pengaruh tetua jantan DR 1 dan DR 38 sebagai sumber tepung sari masing-masing adalah sebesar 34,70% dan 47,01% (Tabel 1).

Hasil penelitian lain yang menunjukkan hal berbeda dengan penelitian ini terjadi pada hasil persilangan beberapa genotipe kakao lindak. Pada penelitian tersebut terjadi pengaruh metaxenia pada karakter bobot buah, panjang buah, dan lilit buah (Anita-Sari & Susilo, 2011). Efek metaxenia terjadi pada jaringan buah tetua betina (Denney, 1992).

Tabel 1. Pengaruh tetua jantan terhadap karakter kuantitatif buah kakao
Table 1. Effect of male parent on quantitative characters of cacao pod

Perlakuan persilangan (♀ × ♂)	Bobot segar buah (g)	Panjang buah (cm)	Lilit buah (cm)	Bobot segar kulit/buah (g)	Bobot segar pulpa/buah (g)
DR 38 x DR 1	532,67 ^{tn}	18,67 ^{tn}	27,00 ^{tn}	371,44 ^{tn}	50,47 ^{tn}
DR 38 x DR 38	443,48	15,67	26,67	312,60	42,53
RX (%)	-	-	-	-	-
DR 2 x DR 1	517,71 *	18,24 ^{tn}	26,14 ^{tn}	395,02 ^{tn}	32,10 ^{tn}
DR 2 x DR 2	384,35	16,90	24,50	307,71	52,72
RX (%)	34,70	-	-	-	-
DRC 16 x DR 38	504,15 *	20,06 ^{tn}	25,22 ^{tn}	384,00 ^{tn}	27,07 ^{tn}
DRC 16 x DR 16	342,93	16,10	23,30	252,30	18,15
RX (%)	47,01	-	-	-	-

Keterangan: * nyata pada taraf 5%; tn = tidak nyata; RX = relativitas pengaruh xenia

Notes : * significant at 5% level; tn = not significant; RX = relativity of xenia effect

Adanya perbedaan dengan hasil penelitian Anita-Sari & Susilo (2011) seperti yang telah dikemukakan di atas merupakan sesuatu hal yang sangat mungkin, mengingat terjadinya efek xenia sangat tergantung pada genotipe tetua jantan dan tetua betina yang digunakan. Pada penelitian ini, tetua jantan DR 1 berperan dalam meningkatkan bobot segar buah bila disilangkan dengan DR 38 dan atau DR 2 dibandingkan dengan masing-masing DR 38 dan DR 2 yang menyerbuk sendiri. Namun demikian, apabila tetua jantan DR 1 tersebut disilangkan dengan tetua betina yang berbeda (masing-masing DR 38 dan DR 2) ternyata menghasilkan bobot segar buah yang tidak jauh berbeda, yaitu masing-masing 532,67 g dan 517,71 g (Tabel 1). Dalam hal ini, tetua betina memiliki peran yang cukup berarti dalam penampilan buah hasil persilangannya.

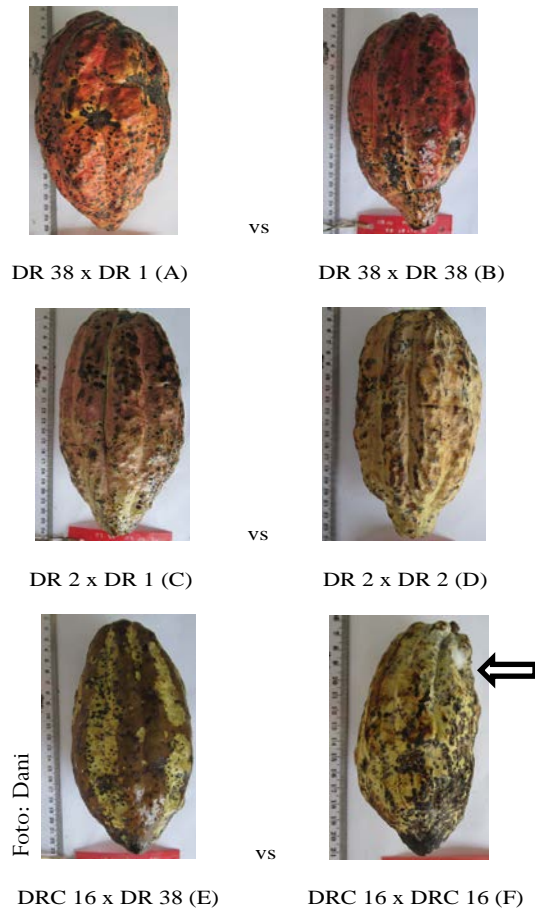
Adanya peran tetua betina terhadap penampilan buah dan biji hasil persilangan terjadi juga pada persilangan *Hylocereus polyrhizus* serta *Selenicereus* spp. (Mizrahi *et al.*, 2004), mentimun (Olfati *et al.*, 2010), durian (Indriyani *et al.*, 2012), *Arabidopsis thaliana* (Andriotis *et al.*, 2012), apel (Militaru, Butac, Sumedrea, & Chi, 2015), *Brassica napus* (Li *et al.*, 2015),

dan tomat (Piotto, Batagin-Piotto, de Almeida, & Oliveira, 2013; Rahaii *et al.*, 2016). Pada persilangan lobak liar (*Raphanus sativus*), tetua betina berpengaruh terhadap perkembangan embrio, namun pengaruh tersebut sangatlah bergantung pada peran tetua jantan sebagai donor tepung sari dan peran tetua jantan tersebut dapat berubah-ubah setiap saat (Diggle *et al.*, 2010). Kondisi tetua betina karena adanya cekaman faktor lingkungan, seperti terjadinya kekurangan air, berpengaruh terhadap proses perkembangan buah dan biji karena menurunnya sumber-sumber energi yang diperlukan bagi proses perkembangan buah dan biji (Gehring & Delph, 2006).

Karakter kualitatif komponen buah menunjukkan adanya pengaruh metaxenia, yaitu pada warna buah matang, bentuk ujung buah, dan keberadaan leher botol (Tabel 2, Gambar 2). Tetua jantan DR 38 yang disilangkan dengan tetua betina DRC 16 menghasilkan buah yang berwarna hijau kekuningan dan memiliki leher botol. Sementara itu, hasil penyerbukan sendiri DR 38 menghasilkan buah berwarna oranye dan tidak memiliki leher botol. Hasil penyerbukan sendiri DR 16 menghasilkan buah berwarna kuning dan memiliki leher botol.

Tabel 2. Pengaruh tetua jantan terhadap karakter kualitatif buah kakao
Table 2. Effect of male parent on qualitative characters of cacao pod

Perlakuan persilangan (♀ × ♂)	Warna buah matang	Bentuk buah	Bentuk ujung buah	Leher botol
DR 38 x DR 1	Oranye	Elips	Runcing	Tidak ada
DR 38 x DR 38	Oranye	Elips	Runcing	Tidak ada
DR 2 x DR 1	Kuning kemerahan	Elips	Meruncing	Ada
DR 2 x DR 2	Kuning kemerahan	Elips	Runcing	Tidak ada
DRC 16 x DR 38	Hijau kekuningan	Elips	Runcing	Tidak ada
DRC 16 x DR 16	Kuning	Elips	Runcing	Ada



Gambar 2. Keragaan buah hasil persilangan enam genotipe kakao mulia (insert: tanda panah menunjukkan leher botol)
Figure 2. The pod performances of the crossings of six genotypes of fine cacao (insert: arrow showed bottle neck)

Pengaruh metaxenia lainnya terjadi juga pada persilangan DR 2 x DR 1 pada karakter bentuk ujung buah dan keberadaan leher botol. Persilangan DR 2 x DR 1 menghasilkan bentuk ujung buah yang meruncing dan memiliki leher botol, sementara DR 2 yang diserbuki sendiri menghasilkan bentuk ujung buah yang runcing dan tidak memiliki leher botol. Perbedaan karakter terlihat juga pada persilangan DR 38 x DR 1 dan DR 2 x DR1 dengan tetua jantan yang sama, tetapi berbeda tetua betina (Gambar 2).

Pengaruh Tetua Jantan terhadap Karakter Komponen Biji

Tetua jantan DR 1 yang disilangkan dengan tetua betina DR 2 menghasilkan bobot segar biji/buah dan bobot segar biji yang lebih tinggi dibandingkan dengan tetua DR 2 yang diserbuki sendiri. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh xenia yang disebabkan oleh tetua jantan DR 1 sebagai sumber tepung sari. Relativitas besarnya peningkatan karena pengaruh xenia pada kedua karakter tersebut masing-masing adalah 44,32% dan 31,00%. Di samping itu, pengaruh xenia terjadi juga pada karakter bobot segar biji pada

persilangan DRC 16 x DR 38, dan relativitas besarnya peningkatan karena pengaruh dari tetua jantan DR 38 sebagai sumber tepung sari adalah 31,22% (Tabel 3).

Dilihat dari segi komponen kualitas biji, seperti persentase biji normal dan biji yang berwarna putih, ternyata semua kombinasi persilangan tidak memperlihatkan pengaruh yang nyata. Biji yang dihasilkan dapat memenuhi kriteria kualitas yang baik karena persentase biji normal lebih dari 95% dan persentase biji berwarna putih lebih dari 85% (Tabel 3). Salah satu kriteria penilaian kualitas biji kakao mulia adalah persentase biji yang berwarna putih. Apabila biji yang tidak berwarna putih melebihi dari 15% maka akan dapat menurunkan harga jualnya (Anita-Sari *et al.*, 2012). Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa walaupun tidak dilakukan perbandingan, ternyata jumlah biji putih pada persilangan yang menggunakan tetua jantan DR 38 cenderung lebih banyak dibandingkan dengan yang menggunakan tetua jantan DR 1. Iswanto & Winarno (1997) mengemukakan bahwa DR 38 dan DR 2 secara genetik dapat menghasilkan biji putih lebih tinggi dibandingkan dengan DR 1.

Tabel 3. Pengaruh tetua jantan terhadap karakter kuantitatif dan kualitatif biji kakao
Table 3. Effect of male parent on quantitative and qualitative characters of cacao beans

Perlakuan persilangan (♀ × ♂)	Bobot segar biji/buah (g)	Jumlah biji/buah	Bobot segar biji (g)	Biji normal (%)	Warna biji		
					Putih (%)	Keunguan (%)	Ungu (%)
DR 38 x DR 1	92,68 ^{tn}	36,00 ^{tn}	2,58 ^{tn}	95,29 ^{tn}	87,10 ^{tn}	12,90 ^{tn}	0,00 ^{tn}
DR 38 x DR 38	80,63	31,67	2,55	97,66	100,00	0,00	0,00
RX (%)	-	-	-	-	-	-	-
DR 2 x DR 1	86,77 *	39,40 ^{tn}	2,19 **	100,00 ^{tn}	89,14 ^{tn}	10,86 ^{tn}	0,00 ^{tn}
DR 2 x DR 2	60,12	36,00	1,67	95,24	95,72	4,28	0,00
RX (%)	44,32	-	31,00	-	-	-	-
DRC 16 x DR 38	79,63 ^{tn}	32,00 ^{tn}	2,48 *	95,42 ^{tn}	100,00 ^{tn}	0,00 ^{tn}	0,00 ^{tn}
DRC 16 x DR 16	63,60	33,25	1,90	96,18	97,06	2,94	0,00
RX (%)	-	-	31,22	-	-	-	-

Keterangan : * dan ** masing-masing nyata pada taraf 5 dan 1%; tn = tidak nyata; RX = relativitas pengaruh xenia
Notes : * and ** significant at 5 and 1% level respectively; tn = not significant; RX = relativity of xenia effect

KESIMPULAN

Penggunaan tetua jantan yang tepat pada persilangan kakao mulia dapat meningkatkan hasil dan memengaruhi penampilan buah. DR 1 sebagai tetua jantan yang disilangkan dengan DR 2 dapat memberikan kontribusi dalam peningkatan bobot segar buah, bobot segar biji/buah, dan bobot segar biji masing-masing sebesar 34,70%, 44,32%, dan 31,00%, serta memengaruhi bentuk ujung buah dan keberadaan leher botol. Sementara itu, DR 38 sebagai tetua jantan yang disilangkan dengan DRC 16 dapat berkontribusi dalam peningkatan bobot segar buah dan biji masing-masing sebesar 47,01% dan 31,22%, serta memengaruhi warna buah matang dan keberadaan leher botol. Klon DR2 dan DR38 sebagai tetua jantan mampu meningkatkan persentase biji putih klon DR1.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direksi PTPN XII, Afdeling Kalikempit, Banyuwangi, Jawa Timur, yang telah memberikan izin serta fasilitas penelitian, khususnya kepada Budi Ramdani, S.P. sebagai Manajer Lapang Afdeling Kalikempit. Terima kasih juga disampaikan kepada Januar Firmansyah, S.P. dan Tri Buana Dewi yang telah membantu dalam pelaksanaan persilangan kakao serta pengamatan datanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriotis, V. M. E., Pike, M. J., Schwarz, S. L., Rawsthorne, S., Wang, T. L., & Smith, A. M. (2012). Altered starch turnover in the maternal plant has major effects on Arabidopsis fruit growth and seed composition. *Plant Physiology*, 160(3), 1175–86. <https://doi.org/10.1104/pp.112.205062>.
- Anita-Sari, I., & Susilo, A. W. (2011). Indikasi pengaruh xenia pada tanaman kakao. *Pelita Perkebunan*, 27(273), 181–190.
- Anita-Sari, I., Susilo, A. W., & Yusianto. (2012). Pengkayaan materi genetik “A” java light breaking cocoa melalui kegiatan seleksi dan eksplorasi pada populasi kakao Edel di wilayah Jawa Timur. In A. Karmiadi, D.W., Notosudjono, D., Nurzal, E.R., Syafarudin, Djarot, I., Wicaksono, H., & Saufi (Ed.) (pp. 12–16). *Prosiding Seminar Insentif Riset SINas (INSINas 2012)*, Bandung, 29-30 November 2012. Asdep Relevansi Program Riptek, Deputi Bidang Relevansi dan Produktivitas Iptek, Kementerian Riset dan Teknologi.
- Anita-Sari, I., Susilo, A. W., & Yusianto. (2013). Metode penentuan warna biji dalam seleksi klon unggul kakao mulia. *WARTA Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia* 25(2), 6–10.
- Colombo, M.L., Pinorini-Goldy, M.T., & Conti, A. (2014). Botany and pharmacognosy of the cacao tree. In Paoletti et. al. (Eds.), *Chocolate and health* (pp. 41–62). Milan, Italy: Springer-Verlag Italia S.r.l., Via Decembrio 28, I-20137 Milan. <https://doi.org/DOI.10.1007/978-88-470-038-2>.

- Denney, J. O. (1992). Xenia includes metaxenia. *HortScience*, 27(1976), 722–728.
- Diggle, P. K., Abrahamson, N. J., Baker, R. L., Barnes, M. G., Koontz, T. L., Lay, C. R., ... Marshall, D. L. (2010). Dynamics of maternal and paternal effects on embryo and seed development in wild radish (*Raphanus sativus*). *Annals of Botany*, 106(2), 309–319. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq110>.
- Gehring, J. L., & Delph, L. F. (2006). Effects of reduced source-sink ratio on the cost of reproduction in females of *Silene latifolia*. *International Journal of Plant Sciences*, 167(4), 843–851. <https://doi.org/10.1086/503784>.
- Indriyani, N. L. P., Hadiati, S., Nasution, F., Sudjijo, Edison, & Irawati, Y. (2012). Maternal and paternal effect on the characters of durian (*Durio zibethinus* Murr.) fruit from cross-pollination. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 20(2), 23–33. <https://doi.org/10.2478/v10290-012-0012-x>.
- Iswanto, A., & Winarno, H. (1997). Potential fine flavored cocoa clones to produce purple and necrotic beans. *Pelita Perkebunan*, 13, 1–7.
- Li, N., Peng, W., Shi, J., Wang, X., Liu, G., & Wang, H. (2015). The natural variation of seed weight is mainly controlled by maternal genotype in rapeseed (*Brassica napus* L.). *PLoS ONE*, 10(4), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125360>.
- Maryam, Jaskani, M. J., Ahmad, S., & Awan, F. S. (2015). Metaxenial effects on morphological attributes in date palm cvs. Hillawi and khadrawy. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 52(2), 387–393.
- Militaru, M., Butac, M., Sumedrea, D., & Chi, E. (2015). Effect of metaxenia on the fruit quality of scab resistant apple varieties. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 6, 151–156. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.052>.
- Mizrahi, Y., Mouyal, J., Nerd, A., & Sitrit, Y. (2004). Metaxenia in the vine cacti *Hylocereus polyrhizus* and *Selenicereus* spp. *Annals of Botany*, 93(4), 469–472. <https://doi.org/10.1093/aob/mch055>.
- Niemenak, N., Cilas, C., Rohsius, C., Bleiholder, H., Meier, U., & Lieberei, R. (2010). Phenological growth stages of cacao plants (*Theobroma* sp.): codification and description according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 156(1), 13–24. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00356.x>.
- Olfati, J. A., Sheykhtahera, Z., Qamgosara, R., Khasmakhi-Sabetb, A., Peyvasta, G., Samizadehc, H., & Rabiee, B. (2010). Xenia and metaxenia on cucumber fruit and seed characteristics. *International Journal of Vegetable Science*, 16, 252–2010. <https://doi.org/10.1080/19315260903584167>.
- Pahlavani, M. H., & Abolhasani, K. (2006). Xenia effect on seed and embryo size in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Journal of Applied Genetics*, 47(4), 331–335. <https://doi.org/10.1007/BF03194642>.
- Piotto, F. A., Batagin-Piotto, K.D., de Almeida, M., & Oliveira, G. C. X. (2013). Interspecific xenia and metaxenia in seeds and fruits of tomato. *Sci. Agric.*, 70(2), 102–107.
- Rahaii, J., Asil, M. H., Samizadeh, H. A., & Onsinejad, R. (2016). Investigation the heterosis, pollen, and maternal tissue effects in qualitative characteristics of fruit in tomato. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)*, 8(5), 16–29.
- Schmidt, F., & Ferguson, J. H. (1951). *Rainfall types based on wet and dry period ratios for Indonesia with western new Guinee: Verhandelingen No.42*. Jakarta: Jawatan Meteorologi dan Geofisika, Kementerian Perhubungan RI.
- Tsuda, M., Konagaya, K., Okuzaki, A., Kaneko, Y., & Tabei, Y. (2011). Occurrence of metaxenia and false hybrids in *Brassica juncea* L. cv. Kikarashina x *B. napus*. *Breeding Science*, 61(4), 358–365. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.61.358>.
- Winarno, H. (2008). Bahan tanam. In T. Wahyudi, T. R. Panggabean, & Pujiyanto (Eds.), *Panduan lengkap kakao – Manajemen agribisnis dari hulu hingga hilir* (pp. 68–73). Depok: Penebar Swadaya.

