

PEWARISAN SIFAT HERMAPRODIT DAN KONTRIBUSINYA TERHADAP DAYA HASIL PADA JARAK PAGAR (*Jatropha curcas* L.)

Inheritance of Hermaphrodite Character and Its Contribution to the Yield of Physic Nut (Jatropha curcas L.)

RR. SRI HARTATI¹⁾ dan SUDARSONO²⁾

¹⁾ Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan Bogor
Jalan Tentara Pelajar No. 1 Bogor, 16111

²⁾ Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB
Jalan Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

email: tatikdjo@yahoo.com

(Diterima Tgl. 13-3-2013 - Disetujui Tgl. 18-8-2013)

ABSTRAK

Kontribusi sifat hermaphrodit terhadap daya hasil tanaman jarak pagar belum banyak diketahui. Tujuan penelitian adalah mengetahui peran bunga hermaphrodit terhadap daya hasil dan mekanisme pewarisannya. Penelitian dilakukan terhadap 60 genotipe jarak pagar di Kebun Percobaan Balitri Sukabumi. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Mei 2007 sampai dengan Juli 2010. Jarak tanam 2 m x 2 m, menggunakan 2,5 kg pupuk kandang + 20 g Urea + 20 g SP 36 + 10 g KCl per tanaman. Penelitian terdiri dari (1) evaluasi tipe bunga jarak pagar dan (2) pewarisan sifat hermaphrodit dan kontribusinya terhadap daya hasil. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa delapan dari 60 genotipe jarak pagar yang dievaluasi merupakan tanaman *tri-monoecious* yang menghasilkan bunga jantan, bunga betina, dan bunga hermaphrodit, 52 lainnya merupakan tanaman *monoecious* yang hanya menghasilkan bunga jantan dan bunga betina. Karakter yang dimiliki oleh delapan genotipe *tri-monoecious* yang dievaluasi adalah lebih lambat berbunga (mulai berbunga pada umur 120-274 hari) dan berdaya hasil rendah sampai sedang (jumlah buah 23-228 per tanaman pada tahun pertama). Kemunculan bunga hermaphrodit tidak terjadi sepanjang tahun, tetapi lebih dominan pada tanaman berumur enam bulan. Persentase bunga hermaphrodit berkisar 6,25-53% dari total bunga yang dihasilkan. Persentase *fruitset* pada tandan bunga hermaphrodit lebih tinggi dibanding tandan bunga non-hermaphrodit, dengan tingkat keberhasilan rata-rata 80% (kisaran 56-100%). Pada tandan bunga yang tidak menghasilkan bunga hermaphrodit, buah jadi rata-rata sebesar 50% (kisaran 11-100%). Daya hasil tanaman jarak pagar ditentukan oleh genetik tetua. Bunga hermaphrodit diwariskan oleh tetua betina maupun tetua jantan. Gen pengendali sifat hermaphrodit diduga adalah gen sederhana yang bersifat dominan.

Kata kunci: *Jatropha curcas*, *monoecious*, *tri-monoecious*, bunga hermaphrodit, *fruit set*

ABSTRACT

Hermaphrodite character has been reported in physic nut, its role and contribution to production process especially to the yield has not been investigated. The objectives of this research were to evaluate hermaphrodite flowers contribution on yield and their mechanism inheritance. The evaluation was conducted at the Experimental Station of Balitri Sukabumi from May 2007 to July 2010. The spacing was 2 m x 2 m with 2,5 kg manure + 20 g Urea + 20 g SP 36 + 10 g KCl/plant. The experiment consisted of (1) evaluation of flower type of physic nut and (2) hermaphrodite inheritance and their contribution on yield. Results of the experiment indicated eight from 60 physic nut genotypes were *tri-monoecious* which were capable on producing male, female, and hermaphrodite flowers while as the rest (52 genotypes) were *monoecious*

which produced only male and female flowers. The *tri-monoecious* were generally late flowering (120-274 days after planting) and low to medium yield (producing 23-228 fruits per plant in the first year). Hermaphrodite flowers generally occurred six months after planting at the amount ranged from 6,25-53% of total flowers. Fruit set of inflorescences having hermaphrodite flowers was higher, average of 80% (ranged from 56-100%) than those with female and male flowers, average of 50% (ranged from 11-100%). Yield of physic nut was affected by the genetic potential of their parents rather than hermaphrodite character. Hermaphrodite flower character was inherited by both female and male parents and might be controlled by simple-dominant gene.

Key words: *Jatropha curcas*, *monoecious*, *tri-monoecious*, hermaphrodite flower, fruit set

PENDAHULUAN

Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) merupakan tanaman *monoecious* (berumah satu), artinya bunga jantan dan bunga betina terdapat pada satu tanaman yang sama (CHARLESWORTH, 2002; DEHGAN dan WEBSTER, 1979 dalam HELLER, 1996). Berdasarkan strukturnya, bunga yang dimiliki tanaman jarak pagar dapat dibedakan dua jenis, yaitu bunga lengkap atau hermaphrodit (pada satu bunga terdapat stamen dan pistil), dan bunga tidak lengkap (stamen dan pistilnya terpisah pada bunga jantan dan betina). Tanaman jarak pagar pada umumnya memiliki bunga jantan dan bunga betina atau *uni-seksual*, sedangkan tanaman yang memiliki bunga hermaphrodit agak jarang ditemukan (HELLER, 1996). CHARLESWORTH (2002) menyatakan bahwa tanaman dengan bunga hermaphrodit biasanya juga menghasilkan rangkaian bunga jantan yang disebut *andro-monoecious*. Sementara itu, tanaman yang menghasilkan bunga hermaphrodit, bunga jantan, dan bunga betina disebut *tri-monoecious* atau *tri-oeicious*.

Tanaman jarak pagar yang memiliki bunga hermaphrodit, baik tipe *andro-monoecious* maupun *tri-monoecious*, lebih berpeluang berkembang menjadi tanaman yang menyerbuk sendiri. Hal ini disebabkan karena pada bunga hermaphrodit, stamen dan pistilnya

terletak sangat berdekatan pada satu bunga yang sama (LLOYD dan YATES, 1982). Sementara itu, tanaman jarak pagar dengan bunga tidak lengkap, yaitu tipe *monoecious*, lebih cenderung menjadi tanaman menyerbuk silang, terlebih bila masa reseptif bunga betina berbeda dengan saat masakunya polen. Tanaman yang menyerbuk sendiri akan lebih homogen karena cenderung membentuk genotipe yang homosigot, sedangkan tanaman menyerbuk silang umumnya lebih heterogen karena cenderung membentuk genotipe yang heterosigot (CHAHAL dan GOSAL, 2006).

Dalam program pemuliaan dan pengembangan varietas, pengelolaan tanaman yang menyerbuk sendiri berbeda dengan tanaman yang menyerbuk silang. Oleh karena itu, langkah pemuliaan yang dipilih juga akan berbeda karena perbedaan populasi yang ditangani. Tanaman jarak pagar *andro-monoecious* atau *tri-monoecious* dapat menjadi alternatif varietas yang menyerbuk sendiri.

Keberadaan bunga hermaphrodit pada sejumlah tanaman dilaporkan berkontribusi cukup besar terhadap buah dan biji yang dihasilkan. Contohnya pada tanaman delima (WETZSTEIN *et al.*, 2011), mangga (ASIF *et al.*, 2002), dan pepaya (KHAN *et al.*, 2002; HSU *et al.*, 2012). Meskipun pada tanaman jarak pagar telah ditemukan tipe tanaman *andro-monoecious* atau *tri-monoecious* yang memiliki bunga hermaphrodit, sampai saat ini belum ada informasi yang berkaitan dengan pewarisan sifat bunga hermaphrodit dan pengaruhnya terhadap daya hasil. Tujuan

penelitian adalah untuk mengetahui peran bunga hermaphrodit jarak pagar terhadap daya hasil dan mekanisme pewarisannya.

BAHAN DAN METODE

Evaluasi Tipe Bunga pada Tanaman Jarak Pagar

Penelitian dilakukan mulai bulan Mei 2007 sampai dengan Juli 2008 di Kebun Induk Jarak Pagar Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Pakuwon Sukabumi. Bahan tanaman yang digunakan adalah 60 genotipe yang merupakan progeni dari 20 genotipe jarak pagar yang berasal dari berbagai wilayah di Indonesia meliputi Jawa Tengah, Lampung, Nusa Tenggara Barat (NTB), Nusa Tenggara Timur (NTT), dan Sulawesi (Tabel 1). Dari masing-masing genotipe diambil sebanyak tiga butir benih jarak pagar yang merupakan keturunan dari setiap genotipe. Sebagai tanaman yang diketahui menyerbuk silang, maka benih jarak pagar yang dihasilkan merupakan genotipe yang tidak sama dengan induknya. Dengan demikian, terdapat 60 genotipe yang berbeda. Setiap butir benih ditanam pada blok yang terpisah sehingga terdapat tiga blok masing-masing terdiri atas 20 progeni atau genotipe. Jarak tanam yang digunakan adalah 2 m x 2 m dan pemeliharaan tanaman sesuai dengan petunjuk teknis budidaya jarak pagar (MAHMUD *et al.*, 2008).

Tabel 1. Genotipe jarak pagar bahan evaluasi tipe bunga
Table 1. List of evaluated physic nut genotypes

No <i>No</i>	Genotipe induk <i>Parent genotypes</i>	Genotipe Progeni <i>Progeny genotypes</i>		Asal <i>Source</i>	
1	2555	2555-1	2555-2	2555-3	NTB
2	3012	3012-1	3012-2	3012-3	NTB
3	3189	3189-1	3189-2	3189-3	NTB
4	554	554-1	554-2	554-3	NTB
5	575	575-1	575-2	575-3	NTB
6	HS 49	HS 49-1	HS 49-2	HS 49-3	NTT
7	IP-1A	IP-1A-1	IP-1A-2	IP-1A-3	NTB
8	IP-1M	IP-1M-1	IP-1M-2	IP-1M-3	Jawa Tengah
9	IP-1P	IP-1P-1	IP-1P-2	IP-1P-3	Lampung
10	MT 7	MT 7-1	MT 7-2	MT 7-3	Jawa Tengah
11	PT 13	PT 13-1	PT 13-2	PT 13-3	Lampung
12	PT 14	PT 14-1	PT 14-2	PT 14-3	Lampung
13	PT 15	PT 15-1	PT 15-2	PT 15-3	Lampung
14	PT 18	PT 18-1	PT 18-2	PT 18-3	Lampung
15	PT 26	PT 26-1	PT 26-2	PT 26-3	Lampung
16	PT 3	PT 3-1	PT 3-2	PT 3-3	Lampung
17	PT 33	PT 33-1	PT 33-2	PT 33-3	Lampung
18	PT 7	PT 7-1	PT 7-2	PT 7-3	Lampung
19	SP 16	SP 16-1	SP 16-2	SP 16-3	Sulawesi Selatan
20	SP 8	SP 8-1	SP 8-2	SP 8-3	Sulawesi Selatan

Karakter yang diamati meliputi umur mulai berbunga, tipe bunga yang muncul, jumlah tandan bunga, jumlah tandan buah, dan jumlah buah per tanaman. Pengamatan dilakukan setiap hari selama satu tahun. Tipe bunga yang muncul pada masing-masing individu tanaman jarak pagar dibedakan atas (1) tanaman *monoecious*, yaitu yang hanya memiliki bunga jantan dan bunga betina, (2) tanaman *andro-monoecious*, yaitu yang memiliki bunga jantan dan bunga hermiprodit, dan (3) tanaman *tri-monoecious*, yaitu yang memiliki bunga jantan, bunga betina, dan bunga hermiprodit. Korelasi antara keberadaan bunga hermiprodit dengan karakter lainnya dianalisis menggunakan perangkat lunak SAS (SAS INSTITUTE, 2006).

Pewarisan Sifat Hermiprodit dan Hubungannya dengan Daya Hasil pada Populasi F1

Penelitian dilakukan mulai bulan April 2008 sampai bulan Juli 2010 di Kebun Induk Jarak Pagar Kebun Percobaan Balittri, Pakuwon Sukabumi. Satu genotipe *tri-monoecious* yang berdaya hasil sedang (200-400 buah per tanaman), yaitu SP 16-2; satu genotipe *monoecious* yang berdaya hasil rendah (kurang dari 200 buah per tanaman),

yaitu 575-3; lima genotipe *monoecious* yang berdaya hasil sedang (200-400 buah per tanaman), yaitu IP 1A-2, PT 13-2, PT 33-2, PT 14-1, dan Sulsel 8; serta tiga genotipe *monoecious* yang berdaya hasil tinggi (lebih dari 400 sampai 600 buah per tanaman), yaitu HS 49-2, 3012-1, dan PT 15-1, digunakan sebagai tetua dalam persilangan resiprok sehingga terdapat 19 kombinasi persilangan. Sembilan hasil persilangan antar tetua *monoecious* digunakan sebagai pembandingan (Tabel 2).

Percobaan menggunakan rancangan lingkungan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Dari setiap persilangan diambil 20 butir benih yang ditanam di lapangan menjadi empat ulangan. Masing-masing unit percobaan lima tanaman yang ditanam dalam satu baris dengan jarak tanam antar baris (unit percobaan) 2 m dan dalam baris 1 m. Pengamatan yang dilakukan meliputi tipe bunga yang muncul, jumlah tandan bunga, jumlah tandan buah, dan jumlah buah per tanaman selama satu tahun. Untuk melihat ada tidaknya keragaman, data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam dengan perangkat SAS (SAS INSTITUTE, 2006).

Tabel 2. Kombinasi persilangan antara tetua *tri-monoecious* dengan *monoecious* dan tetua *monoecious* dengan *monoecious*
 Table 2. Crossing among *tri-monoecious* by *monoecious* parents and *monoecious* by *monoecious* parents

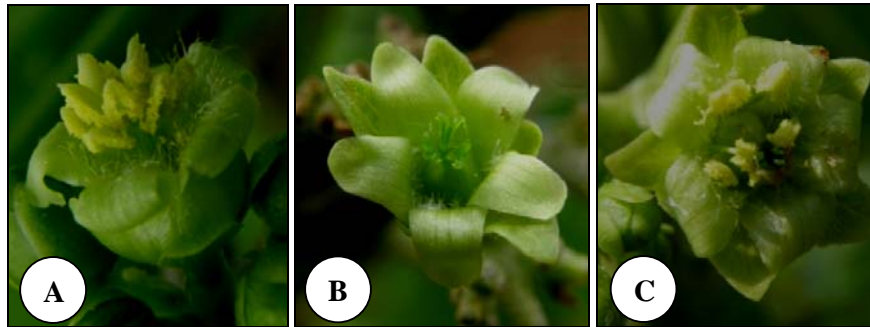
<i>tri-monoecious</i> ♀	X	<i>monoecious</i> ♂	<i>monoecious</i> ♀	X	<i>tri-monoecious</i> ♂	<i>monoecious</i> ♀	X	<i>monoecious</i> ♂
SP 16-2 <i>selfing</i>			575-3	X	SP 16-2	575-3	X	HS 49-2
SP 16-2	X	HS 49-2	HS 49-2	X	SP 16-2	HS 49-2	X	IP 1A-2
SP 16-2	X	IP 1A-2	IP 1A-2	X	SP 16-2	IP 1A-2	X	PT 13-2
SP 16-2	X	PT 13-2	PT 13-2	X	SP 16-2	PT 13-2	X	PT 33-2
SP 16-2	X	PT 33-2	PT 33-2	X	SP 16-2	PT 33-2	X	3012-1
SP 16-2	X	3012-1	3012-1	X	SP 16-2	3012-1	X	PT 15-1
SP 16-2	X	PT 15-1	PT 15-1	X	SP 16-2	PT 15-1	X	PT 14-1
SP 16-2	X	PT 14-1	PT 14-1	X	SP 16-2	PT 14-1	X	Sulsel 8
SP 16-2	X	Sulsel 8	Sulsel 8	X	SP 16-2	Sulsel 8	X	575-3

HASIL DAN PEMBAHASAN

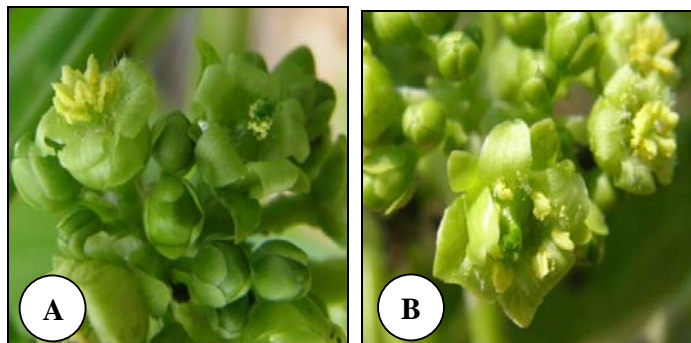
Tipe Bunga pada Tanaman Jarak Pagar

Dari 60 progeni yang dievaluasi, ditemukan delapan progeni yang menghasilkan bunga hermiprodit dan

termasuk kedalam tipe tanaman *tri-monoecious*, sedangkan 52 progeni lainnya merupakan tanaman tipe *monoecious*. Representasi bunga jantan, betina, hermiprodit, *monoecious*, dan *andro-monoecious* yang dievaluasi dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Tipe bunga pada tanaman jarak pagar: (A) bunga jantan, (B) bunga betina, dan (C) bunga hermaphrodit
Figure 1. Flower types in physic nut: (A) male flower, (B) female flower, and (C) hermaphrodite flower

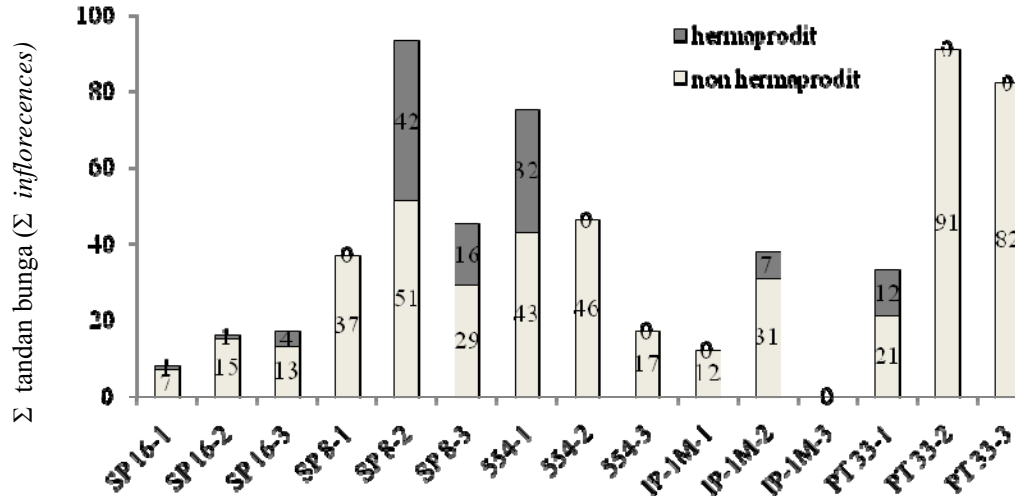


Gambar 2. Tipe tanaman berdasarkan tipe bunga pada jarak pagar: (A) *Monoecious*, bunga jantan dan betina dalam satu tandan bunga pada tanaman yang sama; (B) *Andro-monoecious* - bunga jantan dan hermaphrodit dalam satu tandan bunga pada tanaman yang sama

Figure 2. Plant type based on flower types in physic nut: (A) Monoecious, male and female flowers are in a same inflorescence in a same plant; (B) Andro-monoecious, male and hermaphrodite flowers are in a same inflorescence in a same plant

Delapan progeni *tri-monoecious* yang dievaluasi ternyata berasal dari lima pohon induk yaitu genotipe 554, IP-1M, PT 33, SP 16, dan SP 8. Dari lima genotipe *tri-monoecious* yang menjadi induk atau sumber benih, genotipe SP 16 mewariskan sifat hermaphrodit pada ketiga progeninya, yaitu SP 16-1, SP 16-2, dan SP 16-3, genotipe

SP 8 mewariskan sifat hermaphrodit pada dua dari tiga progeninya, yaitu SP 8-2 dan SP 8-3, sedangkan genotipe 554, IP-1M, dan PT 33 hanya mewariskan sifat hermaphrodit pada satu dari tiga progeninya, yaitu 554-1, IP-1M-2, dan PT 33-1 (Gambar 3).



Gambar 3. Delapan dari 15 progeni jarak pagar yang berasal dari lima tetua *tri-monoecious* menghasilkan tandan bunga dengan bunga hermaphrodit (■)

Figure 3. Eight from fifteen progenies derived from five *tri-monoecious* parents produced inflorescences of physic nut with hermaphrodite flowers (■)

Hasil pengamatan selama periode satu tahun menunjukkan bunga hermaphrodit pada tanaman *tri-monoecious* tidak muncul setiap waktu. Pada periode ketika bunga hermaphrodit tidak dihasilkan, yang muncul adalah bunga betina dan bunga jantan (bunga tidak lengkap) dalam satu tandan bunga. Diduga hal ini terkait dengan faktor lingkungan.

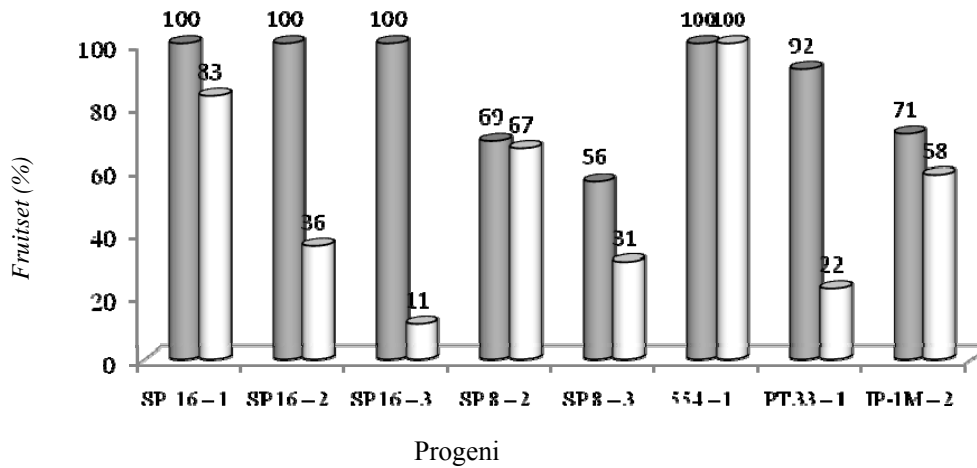
Delapan progeni yang menghasilkan bunga hermaphrodit memiliki beberapa karakter yang hampir sama, yaitu lebih lambat berbunga dan berbuah dibandingkan genotipe *monoecious*. Pada umur 1-6 bulan, semua progeni *tri-monoecious* memiliki pertumbuhan vegetatif yang lebih dominan. Semua individu *tri-monoecious* yang dievaluasi termasuk tanaman jarak pagar yang berumur relatif dalam, dengan umur mulai berbunga lebih dari 120 hari (lebih dari empat bulan) dan kisaran umur mulai berbunga antara 122-274 hari (data tidak disajikan). Pada umur yang sama, genotipe *monoecious* telah berbunga dan berbuah, sedangkan genotipe *tri-monoecious* masih berada pada fase pertumbuhan vegetatif.

Di antara genotipe yang dievaluasi, tidak ditemukan genotipe *tri-monoecious* yang berdaya hasil tinggi. Jumlah tandan bunga pada tanaman *tri-monoecious* yang dievaluasi berkisar antara 7-46, jumlah tandan buah berkisar antara 5-35 dan jumlah buah per tanaman berkisar antara 23-228.

Progeni SP 8-2 dan 554-1 memiliki daya hasil berturut-turut 215 buah dan 228 buah per tanaman (daya hasil sedang), sedangkan enam progeni lainnya, yaitu SP 8-3, SP 16-1, SP 16-2, SP 16-3, PT 33-1, dan IP 1M-2, tergolong sebagai progeni berdaya hasil rendah dengan jumlah buah kurang dari 200 buah per tanaman.

Hasil analisis korelasi sederhana antar karakter terhadap 15 progeni yang berasal dari induk yang mewariskan sifat bunga hermaphrodit menunjukkan adanya nilai korelasi yang tinggi antara keberadaan bunga hermaphrodit dengan jumlah tandan bunga, jumlah tandan buah, dan jumlah buah per tanaman. Nilai korelasi antara keberadaan bunga hermaphrodit dengan jumlah tandan bunga, jumlah tandan buah, dan jumlah buah per tanaman berturut-turut 0,9234; 0,9799; dan 0,9889. Progeni dengan bunga hermaphrodit menghasilkan buah lebih banyak dibandingkan dengan progeni yang berasal dari induk yang sama tetapi tidak menghasilkan bunga hermaphrodit.

Keberhasilan tandan bunga dengan bunga hermaphrodit menghasilkan buah rata-rata sebesar 80% dengan kisaran *fruit set* 56-100%, sedangkan tandan bunga tanpa bunga hermaphrodit hanya 50% dengan kisaran *fruit set* 11-100% (Gambar 4). Hal ini menunjukkan tingkat keberhasilan tandan bunga hermaphrodit berkembang menjadi buah lebih tinggi dibanding tandan bunga betina.



Gambar 4. Fruitset pada tandan bunga hermaphrodit (■) dan tandan bunga non hermaphrodit (□) tanaman jarak pagar
 Figure 4. Fruitset in hermaphrodite (■) and non hermaphrodite (□) inflorescence of physic nut

Adanya tanaman jarak pagar yang menghasilkan bunga hermaphrodit pada 55 dari 60 tandan bunga yang dihasilkannya pernah dilaporkan oleh HARTATI (2009). Semua tandan dengan bunga hermaphrodit tersebut menghasilkan buah yang berkisar 4-26 buah per tandan. ALONSO (2005) melaporkan, keberhasilan polinasi pada tanaman *Daphne laureola* lebih tinggi pada rangkaian bunga hermaphrodit dibanding rangkaian bunga betina. Hasil penelitian yang hampir sama dilaporkan oleh CASTILLO dan ARQUETA (2009) yang menyebutkan produksi benih *Opuntia robusta* (Cactaceae) pada tanaman hermaphrodit lebih tinggi dibanding tanaman betina. Sementara itu, hasil penelitian ECKHART dan CHAPIN (1997) menunjukkan tanaman hermaphrodit lebih peka terhadap kondisi stress rendah nutrisi dibanding tanaman betina pada tanaman *Phacelia linearis*.

Pada penelitian ini, hasil pengamatan menunjukkan munculnya bunga hermaphrodit bervariasi sepanjang waktu. Bunga hermaphrodit lebih banyak dihasilkan pada saat tanaman telah berumur lebih dari enam bulan. Tanaman yang ditanam pada bulan Mei 2007 mulai menghasilkan bunga hermaphrodit dan non-hermaphrodit setelah berumur lebih dari empat bulan, yaitu pada bulan September dan Oktober 2007. Pada awal pertumbuhan, jumlah tandan bunga yang dihasilkan masih relatif sedikit, demikian pula bunga hermaphrodit. Beberapa genotipe telah menghasilkan bunga hermaphrodit sejak berumur tiga bulan (periode Agustus-Oktober 2008), yaitu genotipe SP 16-1, SP 16-2, dan SP 8-3. Semakin besar tanaman, bunga yang dihasilkan semakin banyak, demikian pula bunga hermaphrodit. Bunga hermaphrodit paling banyak dihasilkan pada periode bulan Februari-Juli 2008 yaitu pada saat tanaman telah berumur lebih dari enam bulan dan curah hujan tidak terlalu tinggi yaitu kurang dari 500 mm (Tabel 3 dan Gambar 5).

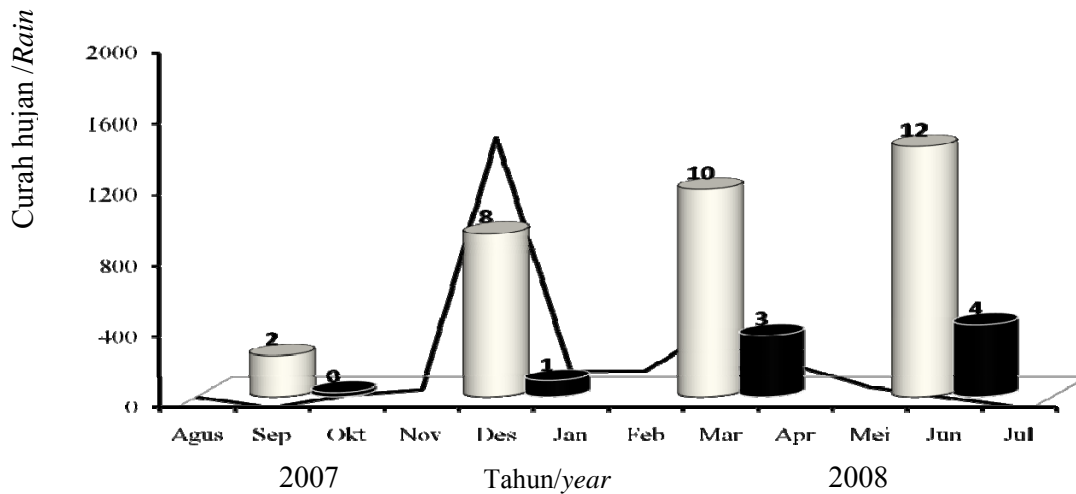
Sementara itu, bunga hermaphrodit pada kultivar mangga ditemukan bervariasi antar kultivar dan antar posisi cabang (ASIF *et al.*, 2002). ROY (2000) mengemukakan

ekspresi gen-gen yang mengendalikan jenis gamet pada tanaman sangat dipengaruhi oleh lingkungan, seperti fotoperiodisitas dan suhu. Gamet yang dihasilkan akan berubah mengikuti perubahan lingkungan. Diduga, hal ini juga terjadi pada tanaman jarak pagar sehingga adakalanya tanaman menghasilkan bunga jantan dan bunga betina, dan adakalanya bunga hermaphrodit. Adanya pengaruh luar terhadap kemunculan bunga hermaphrodit juga telah dilaporkan oleh PAN dan XU (2011) bahwa pemberian zat pengatur tumbuh benzyladenin dapat mempengaruhi pembungaan jarak pagar. Pemberian benzyladenin (160 mg/l BA) meningkatkan jumlah bunga betina dan merangsang munculnya bunga hermaphrodit. Diduga, hal ini disebabkan peran positif dari sitokinin yang mengatur aktivitas meristem tandan bunga. Kemunculan bunga hermaphrodit pada tanaman jarak pagar diduga sebagai akibat terjadinya perubahan baik di dalam maupun di luar tanaman sehingga merangsang ekspresi gen pengendali sifat hermaphrodit. CHARLESWORTH (2002) mengemukakan bahwa ekspresi gen yang mengatur pembentukan gamet dapat berubah sehingga bunga hermaphrodit berubah menjadi jantan atau betina. SANWAL *et al.* (2010) menunjukkan kemunculan bunga hermaphrodit pada tanaman *Momordica cochinchinensis* Spreng dapat dirangsang dengan pemberian perak nitrat ($AgNO_3$). Berdasarkan penelitian tersebut, kemunculan bunga hermaphrodit dapat dirangsang dengan memanipulasi lingkungan melalui pemberian zat perangsang yang sesuai dengan kebutuhan tanaman untuk menghasilkan tanaman hermaphrodit.

Adanya kemampuan menghasilkan buah yang lebih baik pada bunga hermaphrodit dibandingkan bunga betina juga dilaporkan oleh REALE *et al.* (2009) pada tanaman zaitun/olive (*Olea europaea* L.). Mereka menunjukkan adanya perbedaan sebaran kandungan pati antara bagian-bagian bunga hermaphrodit dan bunga betina. Pada bunga hermaphrodit, kandungan pati yang tinggi ditemukan pada

ovary, stile, dan stigma, sedangkan pada pistil dan stamen dari bunga non-hermaphrodit tidak ditemukan. Data ini menjelaskan adanya hubungan yang erat antara perkembangan pistil dengan kandungan pati. Bunga hermaphrodit merupakan *sink* yang lebih kuat dibanding bunga betina sehingga dapat menarik pati lebih banyak dibanding bunga betina. Pada tanaman jarak pagar belum diketahui faktor penyebab bunga hermaphrodit lebih mampu berkembang menjadi buah dibandingkan bunga betina

tetapi dapat dianalogkan terjadi hal yang hampir sama dengan tanaman zaitun tersebut. Sementara itu hasil penelitian LO PEZ-VILLAVICENCIO *et al.* (2005) pada tanaman *Gypsophila repens* menunjukkan pada kondisi polen terbatas, bunga hermaphrodit menghasilkan biji lebih banyak dibanding bunga betina. Penelitian PHILIPP *et al.* (2009) pada tanaman *Silene acaulis* menunjukkan pada kondisi tertentu, tanaman hermaphrodit lebih berpeluang untuk menghasilkan biji dibanding tanaman jantan.



Gambar 5. Keragaan tandan bunga total (□) dan bunga hermaphrodit per tanaman (■) delapan genotipe *tri-monoecious* jarak pagar selama periode pertumbuhan dan kondisi curah hujan (—) tahun 2007-2008
 Figure 5. Performance of total inflorescence (□) and hermaphrodite per plant (■) of eight genotypes *tri-monoecious* of *physic nut* during growth period and rainy season in 2007-2008 (—)

Tabel 3. Keragaan jumlah infloresen hermaphrodit dan non-hermaphrodit pada 15 genotipe jarak pagar yang dievaluasi selama periode Agustus 2007 – Juli 2008 pada umur 3 sampai lebih dari 12 bulan

Table 3. Hermaphrodite and non-hermaphrodite inflorescence number performance of 15 genotypes of jatropha evaluated during August 2007 – July 2008 on 3 up to 12 months old

Genotipe	Periode (Periods) /Umur tanaman (Plant age)								Persentase hermaphrodite dari total bunga
	Agus-Okt (August-Oct) 2007 3-6 bulan (3-6 months)		Nov-Jan (Nov-Jan) 2008 7-9 bulan (7-9 months)		Feb-Apr (Feb-Apr) 2008 10-12 bulan (10-12 months)		Mei-Juli (May-July) 2008 > 12 bulan (>12 months)		
Genotypes	Non-hermaphrodit Non-hermaphrodite	Hermaphrodit Hermaphrodite	Non-hermaphrodit Non-hermaphrodite	Hermaphrodit Hermaphrodite	Non-hermaphrodit Non-hermaphrodite	Hermaphrodit Hermaphrodite	Non-hermaphrodit Non-hermaphrodite	Hermaphrodit Hermaphrodite	Hermaphrodite percentage from total flowers (%)
SP 16-1	4	1	3	0	0	0	0	0	1/8 (12,5%)
SP 16-2	3	1	5	0	4	0	3	0	1/16 (6,25%)
SP 16-3	0	0	0	0	6	4	7	0	4/17 (24,91%)
IP-1M-1	0	0	2	0	2	0	8	0	0/12 (0%)
IP-1M -2	1	0	18	2	6	4	6	1	7/38 (18,42%)
IP-1M -3	0	0	0	0	0	0	0	0	0/0 (0%)
SP 8-1	1	0	0	0	17	0	19	0	0/37 (0%)
SP 8-2	0	0	3	4	17	17	17	21	42/79 (53%)
SP 8-3	4	1	3	2	11	4	11	9	16/45 (35,55%)
554-1	0	0	4	0	18	1	21	21	22/65 (33,85%)
554-2	2	0	17	0	13	0	14	0	0/46 (0%)
554-3	2	0	4	0	3	0	8	0	0/15 (0%)
PT 33-1	0	0	9	4	3	6	9	2	12/33 (36,36%)
PT 33-2	6	0	21	0	22	0	42	0	0/91 (0%)
PT 33-3	8	0	23	0	33	0	18	0	0/82 (0%)

Pewarisan Sifat Hermaphrodit dan Hubungannya dengan Daya Hasil pada Populasi F1

Pengamatan terhadap tanaman F1 menunjukkan bahwa semua kombinasi persilangan dengan jarak pagar *tri-monoecious* SP 16-2 baik sebagai tetua jantan maupun sebagai tetua betina menghasilkan progeni *tri-monoecious* (Tabel 4). Demikian juga tanaman yang berasal dari hasil penyerbukan sendiri *tri-monoecious* menghasilkan progeni *tri-monoecious*. Hal ini menunjukkan bahwa sifat hermaphrodit dipengaruhi oleh faktor genetik yang diwariskan kepada keturunannya oleh kedua tetua, jantan maupun betina. Tidak ada pengaruh maternal pada pewarisan ini. Tanaman F1 yang dihasilkan juga bersifat *tri-monoecious* yang menghasilkan bunga hermaphrodit, bunga jantan, dan bunga betina pada satu tandan bunga yang sama.

Pewarisan bunga hermaphrodit pada tanaman jarak pagar hasil persilangan interspecific antara *J. curcas* X *J. integrima* menghasilkan keturunan *tri-monoecious*, yakni menghasilkan bunga jantan, betina, dan hermaphrodit (ASBANI, 2009). Kemampuan menghasilkan bunga hermaphrodit diturunkan dari sifat jarak pagar.

Meskipun diwariskan kepada progeninya, pengamatan selama dua bulan (Januari-Februari 2010) menunjukkan, bunga hermaphrodit hanya teridentifikasi pada beberapa progeni. Persentase progeni yang teridentifikasi mewarisi sifat hermaphrodit bervariasi antar persilangan. Pada persilangan tetua betina *tri-monoecious* dan tetua jantan *monoecious*, persentase progeni yang hermaphrodit berkisar dari 15-55%, sedangkan pada persilangan tetua betina *monoecious* dengan tetua jantan *tri-monoecious* berkisar 25-75%. Sementara itu, penyerbukan sendiri pada tetua *tri-monoecious* menghasilkan 25% progeni yang mewarisi sifat hermaphrodit (Tabel 4).

Hasil penelitian mengindikasikan beberapa hal yang diduga menjadi penyebabnya. Dugaan pertama adalah sifat hermaphrodit dikendalikan oleh gen sederhana, monogenik, atau oligogenik yang bersifat dominan dan tetua *tri-monoecious* dalam kondisi heterosigot. Secara teoritis, persilangan tetua *tri-monoecious* yang membawa gen hermaphrodit (*Mm*) dengan tetua *monoecious* yang tidak membawa gen hermaphrodit (*mm*) akan menghasilkan progeni *Mm* dan *mm* dengan perbandingan 1 : 1. Individu dengan genotipe *Mm* akan menghasilkan bunga hermaphrodit, sedangkan genotipe *mm* akan menghasilkan bunga betina.

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 4, hasil persilangan antara tetua *tri-monoecious* dengan tetua *monoecious* menghasilkan progeni dengan bunga hermaphrodit (*tri-monoecious*) dan tanpa bunga hermaphrodit (*monoecious*) dengan perbandingan yang pada umumnya hampir mendekati perbandingan 1 : 1. Adanya sejumlah data yang tidak sesuai dengan perbandingan 1:1 yang diperoleh (Tabel 4), dapat disebabkan populasi yang diamati terlalu sedikit atau waktu pengamatan terlalu singkat sehingga kemunculan bunga hermaphrodit tidak

teramati. Pengamatan bunga hermaphrodit pada tanaman F1 hanya dilakukan selama periode lebih kurang empat bulan, sehingga besar kemungkinan kemunculan bunga hermaphrodit tidak terdeteksi. Hasil yang berbeda dilaporkan oleh MING *et al.* (2007) yang menyebutkan tanaman pepaya betina yang disilangkan dengan tanaman hermaphrodit akan menghasilkan tanaman hermaphrodit dan betina dengan rasio 1:1, sedangkan tanaman pepaya hermaphrodit yang menyerbuk sendiri akan menghasilkan tanaman hermaphrodit dan betina dengan rasio 2 : 1.

Dugaan gen pengendali sifat hermaphrodit adalah gen sederhana didukung oleh laporan ROY (2000) yang melaporkan gen yang mengendalikan jenis kelamin atau sex pada sejumlah tanaman adalah gen tunggal dan pada setiap tanaman berbeda-beda. Secara umum, pada tanaman *monoecious*, sel yang sama dapat menghasilkan gamet jantan dan betina sekaligus. Pada tanaman jagung, gen yang mengendalikan kemunculan bunga jantan adalah gen *ts* yang pada kondisi homosigot (*tsts*) akan menghasilkan pistil, sedangkan gen yang mengendalikan kemunculan bunga betina adalah gen *sk* yang pada kondisi homosigot (*sksk*) akan menghasilkan staminat. Gen *ts* bersifat epistasis terhadap gen *sk*.

Pada tanaman pepaya, jenis kelamin dikendalikan oleh satu lokus dengan 3 alel, yaitu *M1*, *M2*, dan *m*. Individu dengan genotipe *M2m* adalah jantan, *mm* adalah betina, dan *M1m* adalah hermaphrodit. *M1M1*, *M2M2*, dan *M1M2* bersifat letal sehingga tidak dijumpai pada progeni (VYSKOT dan HOBZA, 2004). Dilaporkan pula bahwa ekspresi gen pengendali jenis kelamin sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti fotoperiode, suhu, dan lain sebagainya. Sementara itu, penelitian yang lebih maju yang dilakukan oleh MING *et al.* (2007) menyebutkan ada 2 gen yang berbeda yang mengendalikan lintasan jenis gamet pada tanaman. Satu gen mengendalikan stamen yang mengakibatkan stamen gugur sehingga yang dihasilkan adalah bunga betina, dan gen lainnya mengendalikan carpel yang mengakibatkan carpel gugur. Kedua gen ini yang menentukan jenis bunga yang akan dihasilkan tanaman.

Pada tanaman jarak pagar belum diketahui secara pasti gen yang mengendalikan jenis kelamin termasuk hermaphrodit. Meskipun demikian, data yang diperoleh dari hasil evaluasi menunjukkan adanya periode dimana tanaman jarak pagar mengekspresikan jenis kelamin betina dan adakalanya hermaphrodit. Ekspresi ini dipengaruhi oleh umur tanaman dan kondisi lingkungan. Sementara itu, penelitian EHLERS *et al.* (2005) yang mempelajari pewarisan sifat mandul jantan menunjukkan kemunculan bunga betina atau bunga hermaphrodit dipengaruhi oleh banyak lokus dan merupakan karakter kuantitatif.

Persilangan genotipe *tri-monoecious* dengan *monoecious* menghasilkan progeni yang memiliki daya hasil bervariasi tergantung oleh daya hasil tetua yang disilangkan. Persilangan dengan tetua *tri-monoecious* yang berdaya hasil sedang (200-400 buah per tanaman) seperti tetua SP 16-2 ternyata tidak dapat menghasilkan progeni yang berdaya hasil tinggi tetapi menghasilkan progeni yang

memiliki daya hasil yang berada di antara kedua tetuanya atau lebih rendah dari kedua tetuanya. Persilangan tetua *tri-monoecious* berdaya hasil sedang sebagai tetua betina dengan tetua jantan *monoecious* yang berdaya hasil rendah, sedang, ataupun tinggi menghasilkan progeni dengan rata-rata daya hasil rendah dan sedang. Persilangan tetua betina *monoecious* yang berdaya hasil rendah, sedang, ataupun tinggi dengan tetua jantan *tri-monoecious* yang berdaya

hasil sedang menghasilkan progeni dengan rata-rata hasil rendah dan sedang (Tabel 5). Berdasarkan persilangan yang dilakukan terlihat rata-rata daya hasil (jumlah buah per tanaman) populasi F1 yang dihasilkan dari persilangan tanaman *tri-monoecious* x *monoecious* dan *monoecious* x *monoecious* tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Yang lebih menentukan daya hasil populasi F1 adalah daya hasil kedua tetua yang digunakan.

Tabel 4. Jumlah bunga hermaphrodit pada populasi S1 jarak pagar hasil penyerbukan sendiri tetua *tri-monoecious* (SP 16-2) dan F1 hasil penyerbukan silang antara tetua *tri-monoecious* dengan tetua *monoecious*.

Table 4. The number of hermaphrodite flowers of S1 population of physic nut derived from selfing of *tri-monoecious* (SP 16-2) and F1 population derived from crossing between *tri-monoecious* and *monoecious*

Tetua Betina	Tetua Jantan	Populasi yang di evaluasi	Tanaman dengan bunga hermaphrodit	Tanaman tanpa bunga hermaphrodit	Perbandingan tanaman dengan bunga hermaphrodit dan tanpa bunga hermaphrodit
<i>Female parents</i>	<i>Male parent</i>	<i>Evaluated population</i>	<i>Plant with hermaphrodite flowers</i>	<i>Plant without hermaphrodite flowers</i>	<i>Comparison of plant with hermaphrodite and without hermaphrodite flowers</i>
♀	♂		%	%	
<i>Tri-monoecious</i> SP 16-2	(selfing) SP 16-2	20	5 (25)	15 (75)	1 : 3
<i>Tri-monoecious</i> SP 16-2	<i>Monoecious</i> 575-3	20	5 (25)	15 (75)	1 : 3
SP 16-2	HS 49-2	20	8 (40)	12 (60)	2 : 3
SP 16-2	IP 1A-2	20	7 (35)	13 (65)	1 : 2
SP 16-2	PT 13-2	20	9 (45)	11 (55)	1 : 1
SP 16-2	PT 33-2	20	7 (33)	14 (67)	1 : 2
SP 16-2	3012-1	20	5 (25)	15 (75)	1 : 3
SP 16-2	PT 15-1	20	3 (15)	17 (85)	1 : 6
SP 16-2	PT 14-1	20	8 (40)	12 (60)	2 : 3
SP 16-2	Sulsel 8	20	11 (55)	9 (45)	1 : 1
<i>Monoecious</i> 575-3	<i>Tri-monoecious</i> SP 16-2	20	6 (30)	14 (70)	1 : 2
HS 49-2	SP 16-2	20	6 (30)	14 (70)	1 : 2
IP 1A-2	SP 16-2	20	8 (40)	12 (60)	2 : 3
PT 13-2	SP 16-2	20	5 (25)	15 (75)	1 : 3
PT 33-2	SP 16-2	20	7 (35)	13 (65)	1 : 2
3012-1	SP 16-2	20	8 (40)	12 (60)	2 : 3
PT 15-1	SP 16-2	20	7 (35)	13 (65)	1 : 2
PT 14-1	SP 16-2	20	7 (35)	13 (65)	1 : 2
Sulsel 8	SP 16-2	20	15 (75)	5 (25)	3 : 1

Tabel 5. Rataan jumlah tandan bunga, jumlah tandan buah, dan jumlah buah per tanaman pada F1 hasil persilangan antara tetua *tri-monoecious* berdaya hasil sedang (SP 16-2) dengan tetua *monoecious* berdaya hasil rendah (R), sedang (S), dan tinggi (T)Table 5. Average of inflorescences, bunches, and fruits per plants in F1 population derived from crossing between medium yield of *tri-monoecious* (SP 16-2) and low (R), medium (S), and high (T) yield of *monoecious*

Tetua Betina	Tetua Jantan	Jumlah tandan bunga	Jumlah tandan buah	Jumlah buah
<i>Female parent</i> ♀	<i>Male parent</i> ♂	<i>Number of inflorescences</i>	<i>Number of bunches</i>	<i>Number of fruits</i>
<i>Tri-monoecious</i>	<i>(selfing)</i>			
SP 16-2 S	SP 16-2 S	30	26	183 R
<i>Tri-monoecious</i>	<i>Monoecious</i>			
SP 16-2 S	575-3 R	38	7	44 R
SP 16-2 S	HS 49-2 T	55	35	195 R
SP 16-2 S	IP 1A-2 S	87	27	158 R
SP 16-2 S	PT 13-2 S	37	24	147 R
SP 16-2 S	PT 33-2 S	23	18	116 R
SP 16-2 S	3012-1 T	38	26	219 S
SP 16-2 S	PT 15-1 T	29	24	176 R
SP 16-2 S	PT 14-1 S	38	23	184 R
SP 16-2 S	Sulsel 8 S	26	35	231 S
<i>Monoecious</i>	<i>Tri-monoecious</i>			
575-3 R	SP 16-2 S	12	10	66 R
HS 49-2 T	SP 16-2 S	55	43	297 S
IP 1A-2 S	SP 16-2 S	49	35	270 S
PT 13-2 S	SP 16-2 S	37	30	230 S
PT 33-2 S	SP 16-2 S	36	32	228 S
3012-1 T	SP 16-2 S	60	13	321 S
PT 15-1 T	SP 16-2 S	57	19	351 S
PT 14-1 S	SP 16-2 S	40	33	319 S
Sulsel 8 S	SP 16-2 S	51	41	267 S
<i>Monoecious</i>	<i>Monoecious</i>			
575-3 R	HS 49-2 T	26	21	88 R
HS 49-2 T	IP 1A-2 S	52	44	258 S
IP 1A-2 S	PT 13-2 S	46	35	271 S
PT 13-2 S	PT 33-2 S	41	35	288 S
PT 33-2 S	3012-1 T	59	51	322 S
3012-1 T	PT 15-1 T	67	58	338 S
PT 15-1 T	PT 14-1 S	62	50	276 S
PT 14-1 S	Sulsel 8 S	38	24	171 R
Sulsel 8 S	575-3 R	30	18	81 R

Penelitian yang membandingkan antar hasil biji yang dihasilkan oleh bunga betina dengan hasil biji dari bunga hermaphrodit telah dilakukan oleh ASHMAN (1994). Dilaporkan bahwa biji yang dihasilkan oleh bunga betina memiliki mutu yang lebih baik dibanding biji yang dihasilkan oleh bunga hermaphrodit. Hal ini disebabkan bunga hermaphrodit mengalokasikan sebagian besar energinya untuk pembentukan polen dan bunga, sedangkan bunga betina hanya mengalokasikan energinya untuk menghasilkan biji.

Hasil penelitian mengindikasikan bahwa penurunan sifat hermaphrodit pada tanaman jarak pagar dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan tanaman *tri-monoecious* yang potensi produksinya lebih tinggi. Keberhasilan tandan bunga dengan bunga hermaphrodit untuk menghasilkan buah lebih tinggi dibandingkan tandan bunga dengan bunga betina. Di samping itu, tanaman jarak pagar *tri-monoecious* cenderung menghasilkan genotipe homosigot, terutama bila proses penyerbukan terjadi pada saat bunga belum membuka. Genotipe yang homosigot akan menghasilkan populasi yang homogen. Dengan menyilangkan tanaman *tri-monoecious* dengan tanaman yang berpotensi produksi tinggi, diharapkan dapat dihasilkan tanaman-tanaman baru yang mewarisi potensi produksi tinggi sekaligus bersifat hermaphrodit. Informasi ini merupakan tantangan bagi para pemulia tanaman jarak pagar untuk dapat merakit varietas unggul yang memiliki karakter sesuai yang diinginkan.

KESIMPULAN

Sebagian kecil genotipe jarak pagar yang dievaluasi (delapan genotipe) merupakan tanaman *tri-monoecious* yang menghasilkan bunga jantan, bunga betina, dan bunga hermaphrodit, sedangkan sebagian besar lainnya (52 genotipe) adalah tanaman *monoecious* yang hanya menghasilkan bunga jantan dan bunga betina. Karakter yang dimiliki oleh delapan genotipe *tri-monoecious* yang dievaluasi adalah berumur relatif dalam dengan kisaran umur 120-274 hari dan berdaya hasil rendah sampai sedang dengan kisaran jumlah buah 23-228. Kemunculan bunga hermaphrodit pada tanaman jarak pagar dipengaruhi oleh faktor genetik, umur tanaman, dan kondisi lingkungan. Kemunculan bunga hermaphrodit tidak terjadi sepanjang tahun, tetapi lebih sering ditemukan pada tanaman jarak pagar yang telah berumur lebih dari enam bulan. Persentase bunga hermaphrodit tergantung genotipe jarak pagar dengan jumlah berkisar 7-83 % dari total bunga yang dihasilkan.

Fruitset pada tandan bunga dengan bunga hermaphrodit lebih tinggi dibandingkan tandan bunga tanpa bunga hermaphrodit dengan rataan sebesar 80% dengan kisaran 56-100% pada tandan bunga yang memiliki bunga hermaphrodit, dan sebesar 50% dan kisaran 11-100% pada tandan bunga tanpa bunga hermaphrodit. Daya hasil tanaman jarak pagar lebih ditentukan oleh genetik tetua

yang mewariskan sifat potensi hasilnya, dibanding keberadaan bunga hermaphrodit.

Pewarisan sifat hermaphrodit dapat diturunkan melalui tetua betina maupun tetua jantan. Gen pengendali sifat hermaphrodit diduga merupakan gen dominan sederhana (monogenik atau oligogenik) yang ekspresinya tergantung faktor lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- ALONSO, C. 2005. Pollination success across an elevation and sex ratio gradient in gynodioecious *Daphne laureola*. *Am. J. of Bot.* 92(8): 1264–1269.
- ASBANI, N. 2009. Jarak pagar andromonoecious. *Infotek Perkebunan*. 1(6): 23.
- ASHMAN T.L. 1994. Reproductive allocation in hermaphrodite and female plants of *Sidalcea oregano* ssp. *Spicata* (Malvaceae) using four currencies. *Am. J. of Bot.* 81(4): 433-438.
- ASIF, M., M. USMAN, M.J. JASKANI, and M.M. KHAN. 2002. Comparative study of flower sex ratio in different cultivars of mango (*Mangifera indica* L.). *Int. J. Agri. Biol.* 4(2): 220-222.
- CASTILLO, R.F. and S.T. ARQUETA. 2009. Reproductive implications of combined and separate sexes in a trioecious population of *Opuntia robusta* (Cactaceae). *Am. J. of Bot.* 96(6): 1148–1158.
- CHAHAL, G.S. and S.S. GOSAL. 2006. Principles and Procedures of Plant Breeding. Biotechnological and Conventional Approaches. 3rd Ed. Alpha Sci. Harrow, UK. 604 pp.
- CHARLESWORTH, D. 2002. Plant sex determination and sex chromosomes. *Heredity*. 88: 94–101.
- DEHGAN, B. and G.L. WEBSTER. 1979. Morphology and infrageneric relationships of the genus *Jatropha* (Euphorbiaceae). *Botany* 74. Univ of California Pub. 81 p.
- ECKHART, V. and F.S. CHAPIN. 1997. Nutrient sensitivity of the cost of male function in gynodioecious *Phacelia linearis* (Hydrophyllaceae). *Am. J. of Bot.* 84(9): 1092–1098.
- EHLERS, B.K., S. MAURICE, and T. BATAILLON. 2005. Sex inheritance in gynodioecious species: a polygenic view. *Proc. R. Soc.* 272: 1795–1802.
- HARTATI R.S. 2009. Jarak pagar hermaphrodit, interaksi faktor genetik, dan lingkungan. *Info Perkebunan*. 1(1): 2.
- HELLER, J. 1996. Physic Nut, *Jatropha curcas* L. Promoting The Conservation and Use of Under Utilized and Neglected Crops. *Internat. Plant. Gen. Res. Ins.* Rome. 54 p.
- HSU T.H., GWO J. C., and LIN K.H. 2012. Rapid sex identification of papaya (*Carica papaya*) using multiplex loop-mediated isothermal amplification (mLAMP). *Planta* 236(4): 1239-1246.

- KHAN,S., A. P. TYAGI and A. JOKHAN 2002. Sex Ratio in hawaiian papaya (*Carica papaya* L.) variety Solo. S. Pac. J. Nat. Sci. 20: 22-24.
- LLOYD, D.G. and J.M.A. YATES. 1982. Intrasexual selection and the segregation of pollen and stigmas in hermaphrodite plants, exemplified by *Wahlenbergia albomarginata* (*Campanulaceae*). *Evol.* 36: 903-913.
- LO' PEZ-VILLAVICENCIO, M., B.J. GENTON, E. PORCHER, and J.A. SHYKOFF. 2005. The role of pollination level on the reproduction of females and hermaphrodites in the gynodioecious plant *Gypsophila repens* (*Caryophyllaceae*). *Am. J. of Bot.* 92(12): 1995-2002.
- MAHMUD,Z., D. ALLORERUNG, dan A.A. RIVAIE. 2008. Teknik Budidaya Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.). Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. 18 hlm.
- MING, R., Q. YU, and P.H. MOORE. 2007. Sex determination in papaya. *Cell and Develop. Bio.* 18: 401-408.
- PAN B.Z. and Z.F. XU. 2011. Benzyladenine treatment significantly increases the seed yield of the biofuel plant *Jatropha curcas*. *J Plant Growth Regul.* 30: 166-174.
- PHILIPP, M., R.B. JAKOBSEN, and G. NACHMAN. 2009. A comparison of pollen-siring ability and life history between males and hermaphrodites of subdioecious *Silene acaulis*. *Evol. Ecol. Res.* 11: 787-801.
- REALE L., C. SGROMO, L. EDERLI, S. PASQUALINI, F. ORLANDI, M. FORNACIARI, F. FERRANTI, and B. ROMANO. 2009. Morphological and cytological development and starch accumulation in hermaphrodite and staminate flowers of olive (*Olea europaea* L.). *Sex Plant Reprod.* 22: 109-119.
- ROY, D. 2000. *Plant Breeding: Analysis and Exploitation of Variation*. Narosa Pub House. New Delhi. 701 pp.
- SANWAL,S.K., M. KOZAK, S. KUMAR, B. SINGH, and B.C. DEKA. 2010. Yield improvement through female homosexual hybrids and sex genetics of sweet gourd (*Momordica cochinchinensis* Spreng.). *Acta Physiol Plant.* DOI 10.1007/s11738-010-0693-5. www.Springerlink.com.
- SAS INSTITUTE. 2006. *SAS for Mixed Models*. 2nd Ed. NC:USA. 814 p.
- VYSKOT, B. and R. HOBZA. 2004. Gender in plants: sex chromosomes are emerging from the fog. *Trends in Gen.* 20(9): 433-438.
- WETZSTEIN, H.Y., N. RAVID, E. WILKINS, and A.P. MARTINELLI. 2011. A morphological and histological characterization of bisexual and male flower types in pomegranate. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 136(2): 83-92.