

Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) terhadap Cekaman Kekeringan di Lahan Pasir Pantai pada Tahun Pertama Siklus Produksi

Growth Responses and Yield of Jatropha (Jatropha curcas L.) to Drought Stress under Coastal Sandy Soil Conditions in The First Year of Production Cycle

I Gusti Made Arya Parwata^{1*}, Didik Indradewa², Prapto Yudono², Bambang Djadmo Kertonegoro², dan Rukmini Kusmarwiyah¹

¹Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram
Jl. Madjapahit, Mataram 83125, Indonesia

²Jurusan Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada
Jl. Sosioyusticia, Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia

Diterima 21 Agustus 2013/Disetujui 21 November 2013

ABSTRACT

Development of Jatropha, an important tropical biofuel crop, to coastal sandy soil is an urgent situation due to more limited of fossil fuel in one side, and high potency of coastal sandy land that has not been utilized yet. Tolerant and sensitive genotypes of Jatropha were treated with drought stress using watering interval, and their responds on the vegetative growth and yield were studied in this reasearch. Drought stress significantly decreased all vegetative growth parameters observed, except the number of branch. Different jatropha genotypes had different number of branch, number of leaf, root surface area, total of root length, root diameter, plant dry weight, shoot root ratio and light absorption. IP-1A genotype had the highest yield, i.e 33.54 g of dry seed plant⁻¹ (equal to 0.15 ton ha⁻¹), in the first year.

Keywords: biofuel, sand, watering

ABSTRAK

Pengembangan tanaman jarak pagar yang merupakan salah satu tanaman tropis penghasil bahan bakar nabati ke lahan pasir pantai merupakan hal yang mendesak karena semakin terbatasnya bahan bakar yang berasal dari fosil, di satu sisi, dan potensi tinggi lahan pasir pantai, di sisi yang lain. Genotipe jarak pagar yang toleran dan peka terhadap kekeringan diperlakukan dengan cekaman kekeringan menggunakan interval penyiraman dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan hasil dipelajari dalam penelitian ini. Cekaman kekeringan menurunkan secara nyata parameter pertumbuhan vegetatif yang diamati, kecuali jumlah cabang. Perbedaan genotipe memberikan perbedaan diameter akar, bobot kering tanaman, ratio akar tajuk dan penyerapan cahaya. Genotipe IP-1A memberikan hasil tertinggi, yaitu 33.54 g biji kering tanaman⁻¹ (setara dengan 0.15 ton ha⁻¹) di tahun pertama.

Kata-kata kunci: bahan bakar nabati, pasir, penyiraman

PENDAHULUAN

Keterbatasan bahan bakar minyak yang berasal dari fosil telah memaksa sebagian besar negara-negara di dunia untuk mencari bahan bakar alternatif. Pengalihan bahan bakar yang berasal dari fosil dengan bahan bakar yang dapat diperbaharui harus difokuskan pada bahan bakar yang diekstraksi dari tumbuhan-tumbuhan yang mampu tumbuh pada lahan-lahan pertanian yang selama ini terabaikan dan marginal, yang tidak menyebabkan masalah karbon (*carbon debt*) pada alih fungsi lahan tersebut (Fargione *et al.*, 2008; Searchinger *et al.*, 2008).

Lahan marginal pasir pantai adalah lahan potensial yang hingga saat ini kurang mendapat perhatian, khususnya di Indonesia. Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki 81,000 km pasir pantai (Badan Riset Kelautan dan Perikanan, 2007). Dengan asumsi bahwa setengah dari pasir pantai tersebut merupakan lahan pasir pantai dengan lebar sekitar 1 km, Indonesia memiliki 4.05 juta ha lahan pasir pantai. Masalah utama pemanfaatannya untuk kegiatan pertanian adalah rendahnya kandungan bahan organik dan unsur hara, struktur tanah yang sangat lepas, rendahnya kapasitas memegang air, dan adanya cekaman salinitas. Di samping itu, intensitas sinar matahari dan suhu yang tinggi, serta angin yang berhembus membawa uap garam menyebabkan kesulitan dalam memilih tanaman yang dibudidayakan. Pada kasus ini, tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.)

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: aryapar@yahoo.com.au

adalah tanaman yang menjanjikan sebagai pilihan yang berkelanjutan. Dengan bijinya yang mengandung minyak dan mudah dikonversi menjadi biodiesel hingga 35%, potensinya dalam reklamasi lahan bermasalah dengan pengaruh positif terhadap lingkungan dan juga pembangunan sosial ekonomi kawasan bersangkutan (Francis *et al.*, 2005; Pandey *et al.*, 2012) tanpa memiliki sifat kompetisi dengan penggunaannya sebagai sumber minyak makanan dan menghabiskan cadangan karbon alami, dan juga terhadap lingkungan (Achten *et al.*, 2010; Romijn *et al.*, 2011; Dyer *et al.*, 2012), serta reputasi toleransinya terhadap cekaman kekeringan dan sifat mudahnya tumbuh pada lahan marginal, telah menyebabkan tanaman ini ditanam secara luas pada lahan-lahan bermasalah di daerah tropis (Fairles, 2007; Achten *et al.*, 2008).

Sebagai salah satu spesies tanaman yang diperkirakan sesuai untuk lahan pasir pantai, tanaman ini dapat tumbuh dengan cepat dan toleran terhadap kekeringan. Tanaman ini mampu beradaptasi baik dengan kondisi semi-arid, walaupun kondisi lingkungan yang lebih basah akan menghasilkan penampilan tanaman yang lebih baik, kebutuhan unsur hara yang relatif rendah, dapat tumbuh pada pH 9, bahkan 11, tetapi pertumbuhan akan terhambat sehingga menurunkan hasil. Tanaman ini membutuhkan pemupukan Ca and Mg pada tanah-tanah yang sangat masam (Behera *et al.*, 2010; Contran *et al.*, 2013). Tanaman ini juga memiliki kemampuan mengelola kekeringan dengan sangat baik dan memungkinkan hidup dengan udara yang sama sekali tidak mengandung uap air. Sifat yang berbeda ditunjukkan terhadap kebutuhannya akan curah hujan yang mencapai 600-800 mm tahun⁻¹ (Kheira dan Atta, 2009; Pandey *et al.*, 2012), tetapi umumnya masih toleran pada kisaran curah hujan yang lebih luas yaitu antara 250 hingga 3.000 mm tahun⁻¹. Tanaman ini toleran terhadap suhu tinggi dan tidak peka terhadap panjang penyinaran (Achten *et al.*, 2008; Contran *et al.*, 2013).

Uji toleransi beberapa genotipe tanaman jarak pagar terhadap cekaman kekeringan selama periode pembibitan yang didasarkan atas laju pertumbuhan vegetatif menunjukkan bahwa genotipe IP-1A dan IP-2M merupakan genotipe yang toleran terhadap cekaman kekeringan, dan Unggul lokal NTB dan Daun kuning merupakan genotipe yang peka (Parwata *et al.*, 2010). Disamping itu, genotipe-genotipe yang toleran dan peka terhadap cekaman kekeringan menunjukkan tanggapan fisiologis yang berbeda pula (Parwata *et al.*, 2012; Fini *et al.*, 2013; Sapeta *et al.*, 2013). Tulisan ini menguraikan respon pertumbuhan dan hasil tanaman jarak pagar terhadap cekaman kekeringan di lahan pasir pantai.

BAHAN DAN METODE

Percobaan ini merupakan satu dari serangkaian percobaan yang dilaksanakan sejak tahun 2009 hingga tahun 2010 di Pusat Penelitian Pasir Pantai Universitas Gadjah Mada di pantai Selatan Purworejo, Jawa Tengah.

Percobaan pertama ditata dengan menggunakan rancangan petak terpisah. Faktor interval penyiraman yang

terdiri atas penyiraman optimum (3 hari sekali) dan interval yang menyebabkan tanaman tercekam (9 hari sekali) yang diperoleh dari percobaan sebelumnya diletakkan pada petak utama, dan faktor genotipe yang terdiri atas 2 genotipe toleran (IP-1A dan IP-2M) dan 2 genotipe peka kekeringan Unggul lokal dan Daun Kuning) diletakkan pada anak petak. Setiap unit percobaan dibuat dalam 3 ulangan.

Percobaan kedua untuk mengetahui potensi hasilnya, ditata dengan menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak dengan empat perlakuan genotipe. Genotipe yang diperoleh dari hasil percobaan sebelumnya, ditanam di awal musim penghujan dan tidak pernah diberikan penyiraman selama percobaan.

Pembibitan dilakukan selama dua bulan dengan menggunakan polibag. Bibit yang telah siap, ditanam pada awal musim penghujan. Pemeliharaan tanaman seperti pemupukan, pengendalian hama, penyakit dan gulma dilakukan sesuai dengan standar pemeliharaan tanaman jarak pagar.

Perlakuan penyiraman pada percobaan I dilakukan sesuai dengan perlakuan interval penyiraman yang dimulai pada awal musim kemarau, yaitu setelah seminggu tidak turun hujan. Penyiraman dilakukan pada sore hari hingga mencapai kondisi kapasitas lapangan, yang ditentukan menggunakan *Time Domain Reflectometry (TDR)*. Perlakuan penyiraman mulai dilaksanakan ketika tanaman telah berumur ± 7 bulan setelah tanam selama 5 bulan. Panen pada percobaan II dilaksanakan setelah buah berwarna kuning hingga kecokelatan. Buah dipetik dengan menggunakan gunting, dikumpulkan dan kemudian dikupas untuk mendapatkan bijinya. Biji yang diperoleh kemudian dijemur di bawah terik matahari hingga kadar airnya mencapai 6-7%.

Data hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan analisis ragam pada taraf nyata 5%. Beda nyata antar perlakuan ditentukan menggunakan uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%, dan hubungan antara komponen yang diamati dengan toleransi tanaman terhadap kekeringan ditentukan dengan Analisis Lintas menurut Singh dan Chaudhary (1979) dan Sastrosupadi (2003).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbedaan genotipe jarak pagar yang ditanam di lahan pasir pantai tampak pada parameter serapan cahaya, jumlah cabang, jumlah daun, luas permukaan akar, total panjang akar, diameter akar, bobot kering tanaman serta ratio tajuk akar. Perlakuan interval penyiraman berpengaruh nyata terhadap semua parameter yang diamati, kecuali jumlah cabang. Ini berarti bahwa hampir seluruh parameter pertumbuhan yang diamati dipengaruhi oleh interval penyiraman. Interaksi genotipe jarak pagar dan interval penyiraman tidak berpengaruh terhadap semua parameter yang diamati (Tabel 1).

Tanaman yang disiram 3 hari sekali menjadi lebih tinggi dan lebih besar batangnya dan berbeda nyata dengan tanaman yang disiram 9 hari sekali. Tanaman yang disiram dengan interval penyiraman yang optimum

Tabel 1. Hasil analisis ragam pertumbuhan dan hasil tanaman jarak pagar yang diamati

Perlakuan	Parameter										
	ILD	SC	TT	JC	DB	JD	LPA	TPA	DA	BKT	RTA
Genotipe	tn	*	tn	*	tn	*	*	*	*	*	*
Interval penyiraman	*	*	*	tn	*	*	*	*	*	*	*
Interaksi	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn

Keterangan: ILD = Indeks luas daun; SC = Serapan cahaya; TT = Tinggi tanaman; JC = Jumlah cabang; DB = Diameter batang; JD = Jumlah daun; LPA = Luas permukaan akar; TPA = Total panjang akar; DA = Diameter akar; BKT = Bobot kering tanaman; RTA = Rasio tajuk akar; * = berpengaruh nyata; tn = tidak berpengaruh nyata

dapat melaksanakan proses fotosintesis dan faktor-faktor pendukungnya berjalan dengan baik, mengingat peran air dalam proses tersebut, sehingga produksi fotosintat (bahan kering) maksimum, akibatnya pertumbuhan menjadi lebih baik, jika dibandingkan dengan tanaman yang disiram 9 hari sekali. Hal ini mengakibatkan tanaman semakin tinggi dan diameter batangnya lebih besar. Penurunan panjang batang akibat adanya cekaman kekeringan ditemukan pada tanaman *Albizia* (Meenakshi *et al.*, 2005), *Erythrina*, bibit *Eucalyptus microteca*, dan kentang (Shao *et al.*, 2008). Kekurangan air juga menyebabkan terjadinya penurunan tinggi tajuk pada spesies tanaman *Populus* (Yin *et al.*, 2005).

Daun tanaman jarak pagar merupakan organ tanaman yang tumbuh berselang-seling melingkar sepanjang batang dan cabang (Hambali *et al.*, 2006; Prana, 2006; Erythrina, 2007; Contran *et al.*, 2013). Interval penyiraman 3 hari sekali memberikan jumlah daun lebih banyak jika dibandingkan dengan interval penyiraman 9 hari sekali. Hal ini dapat dipahami mengingat posisi tumbuhnya daun jarak pagar, sehingga semakin panjang batang (tinggi tanaman), semakin banyak jumlah daun tanaman. Hal ini didukung oleh adanya korelasi positif yang sangat nyata antara jumlah daun dengan tinggi tanaman (panjang batang utama) ($r = 0.63$) dan jumlah cabang ($r = 0.69$). Sapeta *et al.* (2013) melaporkan bahwa cekaman kekeringan menurunkan jumlah dan panjang daun secara sangat signifikan. Kekurangan air juga menyebabkan terjadinya penurunan jumlah, ukuran dan umur daun pada kacang tanah seperti yang dilaporkan oleh Reddy *et al.* (2004).

Tinggi tanaman dan diameter batang tidak berbeda antar genotipe, namun terdapat kecenderungan bahwa

genotipe yang toleran terhadap cekaman kekeringan, tanamannya relatif lebih besar diameter batangnya, jika dibandingkan dengan genotipe jarak yang peka (Tabel 2).

Indeks luas daun (ILD) merupakan perbandingan luas daun total dengan luas tanah yang ditutupi. Interval penyiraman berpengaruh terhadap ILD tanaman (Tabel 1). Tanaman yang disiram 3 hari sekali memiliki ILD yang lebih tinggi (1.92) dan berbeda nyata dengan tanaman yang disiram 9 hari sekali (1.40) (Tabel 3). Cekaman kekeringan menurunkan jumlah daun tanaman yang selanjutnya dapat menurunkan total luas daun tanaman sehingga ILD juga menurun. Terdapat korelasi positif yang nyata antara jumlah daun dengan ILD tanaman ($r = 0.60$), yang bermakna bahwa penurunan jumlah daun akan menurunkan ILD secara sangat nyata. Erice *et al.* (2010) melaporkan bahwa cekaman kekeringan merupakan faktor lingkungan yang mampu merubah rasio luas daun dan luas daun spesifik. Perubahan ini disebabkan oleh adanya kehilangan daun dan penurunan perkembangan daun muda yang disebabkan oleh penurunan luas daun sebagai akibat adanya cekaman (Anyia dan Herzog, 2004). Penurunan total luas daun pada tanaman yang mengalami cekaman kekeringan dapat dilihat sebagai sebuah strategi untuk menunda cekaman kekeringan dengan menurunkan total transpirasi tanaman dengan pengaruh minor terhadap keseimbangan air. Akan tetapi, penurunan total luas daun tanaman dapat juga menurunkan total fotosintesis bersih dan pertumbuhan bagian tanaman di atas permukaan tanah (Cordeiro *et al.*, 2009).

Interval penyiraman berpengaruh terhadap serapan cahaya (Tabel 1). Tanaman yang disiram 3 hari sekali memiliki serapan cahaya yang lebih besar (88.20%) dan berbeda

Tabel 2. Tinggi tanaman, diameter batang, jumlah cabang, jumlah daun, indeks luas daun dan serapan cahaya jarak pagar

Faktor	Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Diameter batang (mm)	Jumlah cabang	Jumlah daun (helai)	Indeks luas daun	Serapan cahaya (%)
Interval penyiraman	3 hari sekali	120.28a	62.08a	8.75a	239.75a	1.92a	88.20a
	9 hari sekali	103.37b	53.00b	7.25a	167.33b	1.40b	80.55b
Genotipe	IP-1A	117.77a	60.52a	7.17b	262.50b	1.58a	87.36a
	IP-2M	111.20a	61.39a	11.17a	294.50a	2.02a	88.78a
	Unggul Lokal	110.33a	56.68a	7.00b	100.00d	1.40a	84.50b
	Daun Kuning	118.00a	51.57a	6.67b	157.17c	1.64a	76.85c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan faktor perlakuan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$

nyata dengan tanaman yang disiram 9 hari sekali (80.55%) (Tabel 3). Perbedaan ini karena terjadinya perbedaan dalam jumlah dan indeks luas daun. Semakin banyak jumlah daun dan semakin besar indeks luas daun, semakin banyak sinar yang diserap sehingga serapan cahayanya semakin besar. Terdapat korelasi positif yang nyata antara serapan cahaya dengan jumlah daun ($r = 0.45$), dan dengan indeks luas daun ($r = 0.51$). Ini berarti bahwa peningkatan jumlah dan indeks luas daun meningkatkan serapan cahaya secara nyata. Hal yang sama juga terjadi pada genotipe jarak pagar. Genotipe yang toleran memiliki serapan cahaya yang lebih besar dan berbeda nyata dengan genotipe yang peka.

Tanaman jarak pagar yang disiram 3 hari sekali memiliki total akar lebih panjang, permukaan akar lebih luas dan diameter akar yang lebih besar dan berbeda nyata dengan tanaman yang disiram 9 hari sekali. Dengan kondisi tercekam, akhirnya menghambat laju fotosintesis sehingga pertumbuhan secara umum menurun akibat berkurangnya fotosintat yang dihasilkan, dan akhirnya pertumbuhan akar juga terganggu. Penurunan panjang akar akibat cekaman kekeringan dilaporkan juga terjadi pada tanaman *Albizia*, bibit tanaman *Erythrina*, kayu putih dan spesies *Populus* (Shao *et al.*, 2008), bahkan pada tanaman jawawut cekaman kekeringan dapat menurunkan bobot biomasa akar serabut (Kusaka *et al.*, 2005).

Rasio akar tajuk merupakan perbandingan bobot kering bagian akar dan bagian tajuk tanaman. Interval penyiraman berpengaruh terhadap rasio akar tajuk (Tabel 1). Tanaman yang disiram 3 hari sekali memiliki rasio akar tajuk (0.49) lebih kecil dari tanaman yang disiram 9 hari sekali (0.60) (Tabel 3). Rasio akar tajuk tanaman yang tercekam menjadi lebih besar karena, disamping disebabkan oleh terhambatnya pertumbuhan tanaman, diduga disebabkan oleh ketidakseimbangan pertumbuhan tanaman di atas dan di bawah tanah. Pertumbuhan tanaman di atas tanah menjadi terhambat akibat adanya kondisi tercekam, tetapi pertumbuhan bagian tanaman di bawah tanah (akar) lebih lambat dipengaruhi dalam rangka untuk mendapatkan air untuk pertumbuhan tanaman. Diaz-Lopez *et al.* (2012) menyatakan bahwa perubahan rasio akar tajuk merupakan suatu mekanisme yang terlibat dalam adaptasi tanaman terhadap kekeringan. Liu dan Stutzel (2004), Nayyar dan Gupta (2006) serta Diaz-Lopez *et al.* (2012) melaporkan bahwa dalam kondisi tercekam kekurangan air, pertumbuhan

tajuk tanaman segera menurun, tetapi pertumbuhan akar relatif kurang terpengaruh. Hal yang sama juga terjadi pada jarak pagar. Genotipe yang toleran memiliki rasio akar tajuk lebih kecil.

Interval penyiraman berpengaruh terhadap bobot kering tanaman (Tabel 1). Tanaman yang disiram 3 hari sekali memiliki bobot kering tanaman (815.38 g) lebih besar dan berbeda nyata dengan tanaman yang disiram sembilan hari sekali (479.66 g) (Tabel 3). Bobot kering tanaman merupakan akumulasi fotosintat hasil proses fotosintesis, dan merupakan muara dari laju pertumbuhan seluruh organ tanaman. Penurunan laju fotosintesis dan pertumbuhan seluruh organ tanaman akibat cekaman kekeringan menyebabkan tanaman yang disiram 3 hari sekali memiliki bobot kering yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan bobot kering tanaman yang disiram 9 hari sekali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif yang nyata hingga sangat nyata antara bobot kering tanaman dengan laju fotosintesis ($r = 0.47$), tinggi tanaman ($r = 0.76$), jumlah cabang ($r = 0.62$), diameter batang ($r = 0.77$) dan jumlah daun tanaman (0.88). Ini memiliki makna bahwa peningkatan laju fotosintesis, tinggi tanaman, jumlah cabang, diameter batang dan jumlah daun tanaman meningkatkan bobot kering tanaman secara nyata. Hal yang sama juga terjadi pada jarak pagar. Genotipe yang toleran memiliki rasio akar tajuk yang lebih kecil dan berbeda nyata dengan genotipe yang peka. Jaleel *et al.* (2008) melaporkan bahwa cekaman kekeringan juga menyebabkan terjadinya penurunan bobot kering pada tanaman *Catharanthus roseus* L. dan tanaman lainnya, hanya intesitasnya yang berbeda-beda tergantung pada genotipenya. Penurunan bobot kering tanaman ini disebabkan oleh penurunan pertumbuhan tanaman, fotosintesis dan struktur kanopi selama cekaman kekeringan berlangsung (Nautiyal *et al.*, 2002; Bhatt dan Rao, 2005; Rodriquez *et al.*, 2005; Sundaravalli *et al.*, 2005).

Untuk mengetahui dukungan parameter pertumbuhan vegetatif tanaman terhadap bobot kering tanaman, dilakukan Analisis Lintas (*Path analysis*) menurut Singh dan Chaudhary (1979) dan Sastrosupadi (2003). Beberapa parameter yang menunjukkan korelasi yang nyata pada taraf 1%, jumlah daun memiliki pengaruh yang paling kuat (0.61), diikuti oleh tinggi tanaman (0.18), dan diameter batang (0.13). Parameter akar (total panjang dan diameter

Tabel 3. Total panjang akar, luas permukaan akar, diameter akar, rasio akar tajuk dan bobot kering tanaman jarak pagar

Faktor	Perlakuan	Total panjang akar (cm)	Luas permukaan akar (cm ²)	Diameter akar (mm)	Rasio akar tajuk	Bobot kering tanaman (g)
Interval penyiraman	3 hari sekali	3,232.08a	84,925.59a	8.38a	0.49b	815.38a
	9 hari sekali	3,000.96b	75,984.72b	8.04b	0.60a	479.66b
Genotipe	IP-1A	3,307.87a	87,721.68a	8.50a	0.52b	742.87a
	IP-2M	3,292.97a	86,826.45a	8.38ab	0.49b	756.69a
	Unggul Lokal	3,111.92b	80,375.93b	8.22b	0.57a	536.94b
	Daun Kuning	2,753.32c	66,896.55c	7.75c	0.60a	553.59b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan faktor perlakuan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$

akar) menunjukkan pengaruh yang tidak kuat (0.03 dan 0.02). Dari semua parameter tersebut, nampak bahwa jumlah daun memiliki daya dukung kuat terhadap akumulasi bobot kering tanaman. Hal ini mungkin terkait erat dengan karakter tanaman jarak pagar dalam menghadapi cekaman air. Di daerah yang sedang mengalami kemarau panjang, tanaman jarak pagar akan meranggas dan menggugurkan daunnya dalam upaya bertahan menghadapi cekaman kekeringan (Syah, 2005; Tim Nasional Pengembang BBN, 2007). Semakin lama dan banyak daun bertahan tidak gugur, fotosintat yang dihasilkan akan semakin banyak sehingga akumulasi bahan kering juga semakin banyak.

Dari uraian di atas, dapat dikatakan bahwa semua parameter pertumbuhan vegetatif tanaman jarak pagar yang diamati menunjukkan penurunan pertumbuhan sebagai akibat adanya cekaman kekeringan di lahan pasir pantai, kecuali rasio akar tajuk. Disamping itu, parameter jumlah daun memberikan dukungan paling kuat terhadap akumulasi bobot kering tanaman. Hal ini berarti, jika ingin memperoleh tanaman jarak pagar dengan pertumbuhan vegetatif yang baik, jumlah daun dapat dijadikan kriteria dalam melakukan seleksi.

Terdapat perbedaan persentase tanaman yang menghasilkan buah, jumlah tandan dan buah per tanaman di antara genotipe. Tanaman yang menghasilkan buah (78.12%), jumlah tandan (6.91) dan jumlah buah per tanaman paling tinggi (23.70) ditunjukkan oleh genotipe IP-1A dan berbeda nyata dengan genotipe tanaman yang peka, serta berbeda nyata juga dengan IP-2M (Tabel 4), yang merupakan salah satu genotipe toleran berdasarkan evaluasi sebelumnya. IP-1A merupakan salah satu genotipe yang direkomendasikan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan untuk dikembangkan di daerah yang beriklim kering. Genotipe ini merupakan hasil seleksi masa populasi tanaman jarak pagar yang berasal dari daerah Nusa Tenggara Barat (Erythrina, 2007), yang terkenal sebagian besar wilayahnya merupakan lahan kering.

Pengecualian terjadi pada genotipe IP-2M. Genotipe ini merupakan salah satu genotipe yang toleran kekeringan di lahan pasir pantai berdasarkan evaluasi sebelumnya (Parwata *et al.*, 2010), justru memberikan pertumbuhan generatif paling rendah. Tanaman yang mampu berbuah hanya 15.62%, atau sekitar 2-3 tanaman dari 16 tanaman

plot¹, dengan tandan dan hasil buah yang paling rendah pula. Rendahnya tanaman yang berbuah dan jumlah buah disebabkan oleh rendahnya jumlah tanaman yang berbunga. Jika dilihat dari performa tanaman, genotipe ini justru menunjukkan pertumbuhan vegetatif yang relatif vigor, tumbuhnya tunas dan daun setelah mengalami kerontokan relatif cepat, dan daun tanaman relatif lebat (Gambar tidak ditampilkan) jika dibandingkan dengan genotipe yang lainnya. Hal ini diduga mungkin karena genotipe ini belum mampu beradaptasi dengan baik dengan kondisi lahan pasir pantai. Berdasarkan deskripsinya, genotipe ini berasal dari hasil seleksi massa populasi yang berasal dari daerah Jawa Timur dan Nusa Tenggara Barat. Hasil seleksi tersebut merupakan populasi IP-1M yang direkomendasikan untuk dikembangkan di daerah dari sedang sampai kering. IP-1M kemudian dilakukan seleksi massa lagi, dan akhirnya diperoleh IP-2M yang direkomendasikan untuk daerah kering (Erythrina, 2007). Disamping itu, rendahnya jumlah buah yang dihasilkan mungkin karena genotipe tersebut masih dalam fase adaptasi dengan kondisi lingkungan pasir pantai sehingga buahnya belum stabil. Tanaman jarak pagar biasanya akan mulai stabil berbuah setelah memasuki tahun ke 4-5 (Syah, 2005; Hambali *et al.*, 2006; Prana, 2006).

Komponen hasil yang diamati pada percobaan ini adalah jumlah dan bobot biji per tanaman, serta rata-rata bobot biji. Terdapat perbedaan komponen hasil diantara genotipe. Pada Tabel 4 nampak bahwa genotipe IP-1A merupakan genotipe yang mampu memberikan hasil paling tinggi, jika dilihat jumlah biji dan bobot biji per tanaman. Terdapat korelasi positif yang sangat nyata antara bobot biji per tanaman dengan persentase tanaman yang menghasilkan buah ($r = 0.77$) dan jumlah buah per tanaman ($r = 0.99$), yang bermakna bahwa semakin banyak tanaman yang berbuah dan jumlah buah per tanaman, semakin tinggi hasil biji. Hasil biji genotipe IP-1A adalah 33.54 g tanaman⁻¹, atau setara dengan 0.15 ton ha⁻¹. Hasil ini sedikit lebih rendah jika dibandingkan dengan potensi hasil yang tercantum dalam deskripsi genotipe tersebut, yaitu berkisar antara 0.23-0.27 ton ha⁻¹ untuk tahun pertama. Hal ini beralasan mengingat lahan tempat penanaman adalah merupakan lahan marginal pasir pantai dengan segala keterbatasan dalam tingkat kesuburan baik fisik, kimia dan biologi serta lingkungannya.

Tabel 4. Rata-rata hasil buah dan biji empat genotipe jarak pagar toleran dan peka terhadap cekaman kekeringan di lahan pasir pantai pada tahun pertama siklus produksi

Genotipe	Parameter					
	1	2	3	4	5	6
IP-1A	78.12a	6.91a	23.70a	64.38a	0.50	33.54a
IP-2M	15.62c	0.61c	1.97c	5.25c	0.54	2.87c
Unggul Lokal	56.25b	3.08b	9.53b	25.60b	0.54	16.40b
Daun Kuning	66.56b	2.50b	8.56b	22.77b	0.59	14.04b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$; 1 = Persen tanaman yang menghasilkan buah; 2 = jumlah tandan buah per tanaman; 3 = jumlah buah per tanaman; 4 = jumlah biji per tanaman; 5 = rata-rata bobot biji (g); 6 = bobot biji per tanaman (g)

Tidak terdapat perbedaan yang nyata rata-rata bobot biji di antara genotipe jarak pagar yang diuji. Bobot biji berkisar antara 0.50-0.59 g. Angka-angka ini sedikit lebih kecil dari potensi bobot biji rata-rata yang tercantum dalam deskripsi masing-masing genotipe, yaitu berkisar antara 0.65-0.80 g. Ini diduga juga berkaitan dengan tingkat kesuburan tanahnya.

KESIMPULAN

Cekaman kekeringan menurunkan laju pertumbuhan vegetatif tanaman jarak pagar di lahan pasir pantai. Tanaman yang tercekam kekeringan memiliki pertumbuhan vegetatif yang lebih terhambat, serta memiliki rasio akar tajuk yang lebih besar, jika dibandingkan dengan tanaman yang tidak tercekam. Genotipe tanaman jarak pagar yang toleran terhadap cekaman kekeringan memiliki pertumbuhan vegetatif lebih cepat, serta rasio akar tajuk yang lebih kecil, jika dibandingkan dengan genotipe yang peka. Genotipe IP-1A merupakan genotipe yang paling toleran dan sesuai untuk dikembangkan di lahan pasir pantai berdasarkan pertumbuhan dan hasil biji yang dicapai. Pada tahun pertama, genotipe IP-1A menghasilkan 33.54 g biji kering tanaman⁻¹ (setara dengan 0.15 ton ha⁻¹).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Universitas Mataram melalui Proyek Hibah Penelitian Fundamental dengan dana DIPA P2T eks. Pembangunan Universitas Mataram Tahun 2009 Nomor 0234.0/023-04/XXI/2009, tanggal 31 Desember 2008. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Supangat sekeluarga di Desa Keburuhan, Ngombol, Purworejo, Jawa Tengah, yang telah membantu peneliti dan memberikan pemondokan selama kegiatan penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Achten, W.M.J., L. Verhot, Y.J. Franken, E. Mathijs, V.P. Singh, R. Aerts, B. Muys. 2008. *Jatropha* bio-diesel production and use (Review). *Biomass Bioenergy* 32:1063-1084.
- Achten, W.M.J., W.H. Maes, R. Aerts, L. Verhot, A. Trabucco, E. Mathijs, V.P. Sing, B. Muys. 2010. *Jatropha* : From global hype to local opportunity (Think Note). *J. Arid Environ.* 74:164-165.
- Anyia, A.O., H. Herzog. 2004. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. *Eur. J. Agron.* 20:327-339.
- Badan Riset Kelautan dan Perikanan. 2007. Departemen kelautan dan perikanan Republik Indonesia (www.brkp.go.id, [27 November 2007]).
- Behera, S.K., P. Srivastava, R. Tripathi, J.P. Sing, N. Sing. 2010. Evaluation of plant performance of *Jatropha curcas* L. under different agro-practices for optimizing biomass-A case study. *Biomass Bioenergy* 34:30-41.
- Bhatt, R.M., N.K. Rao. 2005. Influence of pod load on response of Okra to water stress. *Indian J. Plant Physiol.* 10:54-59.
- Contran, N., L. Chessa, M. Lubino, D. Bellavite, PP. Roggero, G. Enne. 2013. State-of-the-art of *Jatropha curcas* productive chain: from sowing to biodiesel and by-products. *Ind. Crop. Prod.* 42:202-215.
- Cordeiro, Y.E.M., H.A. Pinheiro, B.G.S. Filho. 2009. Physiological and morphological responses of young mahogany (*Swietenia macrophylla* King) plants to drought. *Forest Ecol. Manag.* 258:1449-1455.
- Diaz-Lopez, L., V. Gimeno, L. Simon, V. Martinez, W.M. Rodriguez-Ortega, F. Garcia-Sanchez. 2012. *Jatropha curcas* seedlings show a water conservation strategy under drought conditions based on decreasing leaf growth and stomatal conductance. *Agric. Water Manag.* 105:48-56.
- Dyer, J.C., L.C. Stringer, A.J. Dougill. 2012. *Jatropha curcas*: sowing local seeds od success in Malawi?. *J. Arid Environ.* 79:107-110.
- Erice, G., S. Louahia, J.J. Irigoyen, M. Sanches-Diaz, J.C. Avice. 2010. Biomass partitioning, morphology and water status of four alfalfa genotypes submitted to pregressive drought and subsequent recovery. *J. Plant Physiol.* 167:114-120.
- Erythrina. 2007. Jarak Pagar Tanaman Penghasil Bahan Bakar Minyak. Ar-Rahman, Bogor.
- Fairles, D. 2007. Biofuel: The little shrub that could – maybe. *Nature* 449:652-655.
- Fargione, J., J. Hill, D. Tilman, S. Polasky, P. Hawthorne. 2008. Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science* 319:1235-1238.
- Fini, A., C. Bellasio, S. Pollastri, M. Tattini, F. Ferrini. 2013. Water relations, growth, and leaf gas exchange as affected by water stress in *Jatropha curcas*. *J. Arid Environ.* 89:21-29.
- Francis, G., R. Edinger, K. Becker. 2005. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. *Nat. Resour. Forum* 29:12-24.

- Hambali, E., A. Suryani, Dadang, Hariyadi, H. Hanafie, I.K. Reksowardojo, M. Rivai, M. Ihsanur, P. Suryadarma, S. Tjitrosemito, T.H. Soerawidjaya, T. Prawitasari, T. Prakoso, W. Purnama. 2006. Jarak Pagar-Tanaman Penghasil Biodiesel. Seri Agribisnis. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Jaleel, C.A., R. Gopi, B. Sankar, M. Gomathinayagam, R. Panneerselvam. 2008. Differential responses in water use efficiency in two varieties of *Catharanthus roseus* under drought stress. CR Biol. 331:42-47.
- Kheira, A.A.A., N.M.M. Atta. 2009. Response of *Jatropha curcas* L. to water deficit: yield, water use efficiency and oil characteristics. Biomass Bioenergy 33:1343-1350.
- Kusaka, M., A.G. Lalusin, T. Fujimura. 2005. The maintenance of growth and turgor in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) cultivars with different root structures and osmoregulation under drought stress. Plant Sci. 168:1-14.
- Liu, F., H. Stutzel. 2004. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to water stress. Sci. Hort. 102:15-27.
- Meenakshi, S.V., K. Paliwal, A. Ruckmani. 2005. Effect of water stress on photosynthesis, protein content and nitrate reductase activity of *Albizzia* seedlings. J. Plant Biol. 32:13-17.
- Nautiyal, P.C., V. Ravindra, Y.C. Joshi. 2002. Dry matter partitioning and water use efficiency under water deficit during various growth stages in groundnut. Indian J. Plant Physiol. 7:135-139.
- Nayyar, H., D. Gupta. 2006. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: association with oxidative stress and antioxidants. J. Environ. Exp. Bot. 58:106-113.
- Pandey, V.C., K. Sing, J.S. Sing, A. Kumar. 2012. *Jatropha curcas* : A potential biofuel plant for sustainable environmental development. Renew. Sust. Energ. Rev. 16:2870-2883.
- Parwata, I.G.M.A., D. Indradewa, P. Yudono, B.D. Kertonegoro. 2010. Pengelompokan genotipe jarak pagar berdasarkan atas ketahanannya terhadap kekeringan pada fase pembibitan di lahan pasir pantai. J. Agron. Indonesia 38:156-162.
- Parwata, I.G.M.A., D. Indradewa, P. Yudono, B.D. Kertonegoro, R. Kusmarwiyah. 2012. Physiological responses of *Jatropha* to drought stress in coastal sandy land. Makara J. Sci. 16:115-121.
- Prana, M.S. 2006. Budidaya Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) Sumber Biodiesel Menunjang Ketahanan Energi Nasional. LIPI Press, Jakarta.
- Reddy, A.R., K.V. Chaitanya, M. Vivekanandan. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Plant Physiol. 161:1189-1202.
- Rodriguez, P., A. Torrecillas, M.A. Morales, M.F. Ortuno, M.J.S. Blanco. 2005. Effect of NaCl salinity and water stress on growth and leaf water potential of *Asteriscus maritimus* plants. Environ. Exp. Bot. 53:113-123.
- Romijn, H.A., C.L. Marjolein, Caniels. 2011. The jatropha biofuels sector in Tanzania 2005-2009: Evolution towards sustainability?. Res. Policy 40:618-636.
- Sapeta, H., J.M. Costa, T. Lourenco, J. Maroco, P.van der Linde, M.M. Oliveira. 2013. Drought stress response in *Jatropha curcas*: Growth and physiology. Environ. Exp. Bot. 85:76-84.
- Sastrosupadi, A. 2003. Penggunaan Regresi, Korelasi, Koefisien Lintas dan Analisis Lintas untuk Penelitian Bidang Pertanian. Bayumedia, Malang.
- Searchinger, T., F. Heimlich, R.A. Houghton, F.X. Dong, J. ElobeidFabiosa, S. Tokgoz, D. Hayes, T.H. Yu. 2008. Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. Science 319:1238-1240.
- Shao, H.B., L.Y. Chu, C.A. Jaleel, C.X. Zhao. 2008. Water deficit stress induced anatomical changes in higher plants. CR Biol. 331:215-225.
- Singh, R.K., B.D. Chaudhary. 1979. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Kalyani Publisher, New Delhi.
- Sundaravalli, V., K. Paliwal, A. Ruckmani. 2005. Effect of water stress on photosynthesis, protein content and nitrate reductase activity of *Albizzia* seedling. J. Plant Biol. 32:13-17.
- Syah, A. 2005. Mengenal Lebih Dekat Biodiesel Jarak Pagar. Agromedia Pustaka, Bogor.
- Tim Nasional Pengembang BBN. 2007. Bahan Bakar Nabati. PT. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Yin, C., X. Wang, B. Duan, J. Luo, C. Li, 2005. Early growth, dry matter allocation and water use efficiency of two sympatric *Populus* species as affected by water stress. Environ. Exp. Bot. 53:315-322.