

Toleransi Klon Unggul Jarak Pagar Terhadap Cekaman Kelembapan Tanah

(Tolerance of Physic Nut Superior Clones to Soil Moisture Stress)

Lestari*, Djumali

(Diterima April 2016/Disetujui Juli 2017)

ABSTRAK

Klon-klon unggul jarak pagar yang akan dilepas menjadi varietas unggul untuk lahan kering seharusnya diketahui tingkat toleransinya terhadap cekaman kekurangan air. Penelitian bertujuan untuk mengetahui tingkat toleransi klon-klon unggul jarak pagar dilakukan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang, Jawa Timur pada Juli–November 2015. Perlakuan disusun dalam rancangan petak terbagi dengan tiga ulangan. Petak utama berupa empat taraf kelembapan tanah (40, 60, 80, dan 100% dari kapasitas lapang) dan anak petak berupa lima klon unggul (HS-49/NTT, PT-7/Lampung, HS-49 x SP-88, SP-88 x IP-1A, dan PT-7 x SP-117) dan satu klon pembanding (IP-3A). Hasil penelitian menunjukkan bahwa klon PT-7 x SP-117 tergolong klon moderat, klon IP-3A tergolong sangat rentan dan klon-klon SP-88 x IP-1A, HS-49 x SP-88, PT-7/Lampung, dan HS-49/NTT tergolong rentan terhadap cekaman kelembapan tanah.

Kata kunci: cekaman, jarak pagar, kelembapan tanah, klon

ABSTRACT

Jatropha superior clones which will be released as varieties suitable for dryland should have been tested for their level of tolerance to stress of water. The study aimed to determine the level of tolerance of physic nut superior clones. Greenhouse research was carried out in The Research Institute of Sweeteners and Fiber Crops, Malang, East Java in July–November 2015. The treatments were arranged in the split-plot design with three replications. The main plot consists of four levels of soil moisture (40, 60, 80, and 100% of field capacity) and the subplot consists of five clones (HS-49/NTT, PT-7/Lampung, HS-49 x SP-88, SP-88 x IP-1A, and PT-7 x SP-117) and one control clone (IP-3A). The results showed that PT-7 x SP-117 classified as a moderate clone, IP-3A was a very resistant clone and SP-88 x IP-1A, HS-49 x SP-88, PT-7/ Lampung, and HS-49/NTT were resistant clones to soil moisture stress.

Keywords: clones, *jatropha*, soil moisture, stress

PENDAHULUAN

Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) merupakan tanaman perdu yang multiguna dan berasal dari wilayah tropis Amerika (Kumar & Sharma 2008). Tanaman tersebut menyebar ke wilayah-wilayah tropis dan subtropis di Afrika dan Asia (Openshaw 2000) dan tumbuh di lahan marginal (Kumar *et al.* 2011) dengan curah hujan yang rendah dan beriklim panas (Arcoverde *et al.* 2011; Jingura 2011).

Sebagai tanaman semi liar, pertumbuhan tanaman jarak pagar bervariasi dengan hasil biji berkisar 0,2–2,0 kg/tanaman (Francis *et al.* 2005). Di Indonesia, tanaman ini baru dikembangkan sebagai tanaman budi daya di lahan kering pada tahun 2005 dengan produktivitas biji tahun 2007–2009 sekitar 115 kg/ha (Syakir 2010). Padahal potensi hasil biji jarak pagar umur satu tahun di lahan kering sebesar 880 kg/ha (Santoso *et al.* 2008). Di sisi lain, usaha tani tanaman jarak pagar dinyatakan layak jika produktivitas biji mencapai 7

ton/ha (Syakir 2010). Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya peningkatan produktivitas tanaman jarak pagar di lahan kering.

Lahan kering mempunyai keterbatasan dalam penyediaan air dan kesuburan tanah rendah sehingga pertumbuhan tanaman jarak pagar mengalami hambatan (Santoso *et al.* 2008; Gedoan *et al.* 2011). Di sisi lain, bahan tanam yang tersedia seperti IP-1, IP-2, dan IP-3 dihasilkan dari seleksi dalam kondisi air tercukupi. Ketidaksihesuaian bahan tanam dengan kondisi lahan kering tersebut menyebabkan produktivitas tanaman menjadi rendah. Sampai saat ini belum pernah dilakukan pelepasan varietas jarak pagar sebagai bahan tanam unggul. Oleh karena itu, perlu dicari bahan tanam yang sesuai untuk kondisi lahan kering sehingga diperoleh produktivitas tanaman yang tinggi.

Perbaikan genetik tanaman jarak pagar telah dilakukan baik melalui seleksi provenan, persilangan, mutasi gen, maupun transgenik. Hasil seleksi provenan unggul pada tahun 2007–2009 di lahan kering diperoleh tiga klon berproduktivitas tinggi, yakni HS-49/NTT, PT-7/Lampung, dan NTB-3189 (Sudarmo *et al.* 2009). Di sisi lain, telah dilakukan persilangan antar genotipe pada tahun 2007 dan 2008 dengan diperoleh

lima klon baru yang berproduktivitas tinggi, yakni HS-49 x SP-88, SP-88 x IP-1A, PT-7/Lampung x SP-117, HS-49 x SM-100, dan IP-2A x SP-60 (Sudarmo *et al.* 2009). Uji multi lokasi terhadap klon-klon baru tersebut dihasilkan lima klon yang mempunyai produktivitas tinggi, yakni HS-49/NTT, PT-7/Lampung, S-49 x SP-88, SP-88 x IP-1A, dan PT-7/Lampung x SP-117 (Sudarmo & Purwati 2014). Program pelepasan varietas memerlukan pengetahuan tentang tingkat toleransi masing-masing klon. Sampai saat ini belum diketahui tingkat toleransi masing-masing klon sehingga diperlukan uji toleransi klon-klon unggul terhadap cekamaan air. Oleh karena itu, dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui tingkat toleransi klon-klon unggul jarak pagar.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang, Jawa Timur pada Juli–November 2015. Tanaman jarak pagar yang digunakan berumur empat bulan setelah tanam, ditanam dalam polibag dengan benih berasal dari kebanyakan stek batang. Polibag yang digunakan berisi 20 kg tanah kering angin dengan jenis tanah inceptisol bertekstur sedang. Alat yang digunakan meliputi gelas ukur, *gypsum* meter, *gypsum block*, timbangan, oven, dan penggaris.

Perlakuan disusun dalam rancangan petak terbagi dengan tiga ulangan. Petak utama berupa empat taraf kelembapan tanah (40, 60, 80, dan 100% dari kapasitas lapang) dan anak petak berupa enam klon jarak pagar (HS-49/NTT, PT-7/Lampung, HS-49 x SP-88, SP-88 x IP-1A, PT-7 x SP-117, dan IP-3A). Setiap perlakuan dalam satu ulangan terdiri atas satu tanaman dan disusun dengan jarak 100 x 100 cm.

Pada awal penelitian, semua perlakuan dikondisikan dalam kelembapan tanah 100% (kapasitas lapang) dan ditimbang untuk mengetahui bobot basah tanah polibag (BBP). Tanah dalam polibag dibiarkan mengering hingga kelembapan mencapai 80%, kecuali perlakuan kelembapan tanah 100% yang dipertahankan. Selanjutnya, kondisi polibag dibiarkan mengering hingga kelembapan mencapai 60%, kecuali perlakuan 80 dan 100% yang dipertahankan sesuai perlakuan. Penurunan kelembapan dilakukan kembali hingga mencapai tanah 40% kecuali perlakuan 60, 80, dan 100% yang dipertahankan sesuai perlakuan. Pada saat perlakuan kelembapan tanah 40% telah tercapai dinyatakan sebagai awal dari perlakuan cekaman kelembapan tanah.

Perlakuan cekaman kelembapan tanah dilakukan selama dua bulan dengan cara mempertahankan kelembapan tanah sesuai perlakuan. Untuk mempertahankan kelembapan tanah tersebut setiap polibag perlu ditambah air. Volume air yang ditambahkan disesuaikan dengan penurunan kelembapan masing-masing polibag. Kelembapan masing-masing polibag diukur menggunakan *gypsum* meter dengan memasang *gypsum block* di setiap polibag pada kedalaman

tanah 20 cm. Pengukuran kelembapan tanah dilakukan setiap dua hari. Untuk mengetahui jumlah air yang harus ditambahkan agar kelembapan tanah meningkat sebesar 1% maka dilakukan pengambilan contoh tanah pada setiap polibag pada kondisi kelembapan tanah 100%. Contoh tanah ditimbang bobot basahnya (BAC) dan di oven pada temperatur 80 °C selama 72 jam untuk diketahui bobot keringnya (BKC). Jumlah air yang terkandung dalam contoh tanah berkelembapan 100% (JAC) dihitung dengan rumus:

$$JAC = BAC - BKC \dots\dots\dots \text{ml}$$

Jumlah air yang terkandung dalam setiap polibag (JAP) dihitung dengan rumus:

$$JAP = (BBP/BAC) \times JAC \dots\dots\dots \text{ml}$$

Untuk meningkatkan kelembapan tanah sebesar 1% dibutuhkan penambahan air (TA) sebanyak:

$$TA = JAP/100 \dots\dots\dots \text{ml/polibag}$$

Pengamatan dilakukan setelah tanaman mengalami perlakuan selama dua bulan dengan peubah pengamatan meliputi jumlah daun gugur, jumlah daun terbentuk, dan pertambahan volume batang. Jumlah daun gugur dihitung dari akumulasi jumlah daun gugur setiap harinya. Jumlah daun terbentuk dihitung dari akumulasi jumlah daun yang terbentuk setiap 15 hari. Pertambahan volume batang dihitung dari selisih volume batang pada saat dua bulan setelah aplikasi dengan pada saat awal aplikasi perlakuan. Volume batang diukur dari panjang dan diameter setiap ruas batang dalam satu tanaman.

Kemampuan tanaman untuk pulih kembali setelah mengalami cekaman air diukur setelah kelembapan tanah seluruh perlakuan dipulihkan kembali dalam posisi kapasitas lapang selama sebulan. Peubah pengamatan yang diukur meliputi jumlah daun terbentuk, pertambahan volume batang, dan jumlah buah terbentuk.

Analisis sidik ragam dan uji jarak berganda Duncan taraf 5% dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap peubah yang diukur. Sampai saat ini belum ada varietas jarak pagar yang dinyatakan sebagai varietas yang toleran atau rentan terhadap cekaman air. Oleh karena itu, tingkat toleransi klon-klon jarak pagar ditentukan melalui perhitungan indeks sensitivitas cekaman (*stress sensitivity index* (SSI)) pada setiap peubah pengamatan menurut Fisher dan Maurer (1978) yang dimodifikasi.

$$1 - (\text{klon tercekam} / \text{klon normal})$$

$$SSI = \frac{\dots\dots\dots}{1 - (\text{rerata klon tercekam} / \text{rerata klon normal})}$$

Nilai SSI hanya dapat menggambarkan suatu klon lebih toleran dibanding klon lainnya. Modifikasi dengan membuat rangking kategori perlu dilakukan agar nilai SSI masing-masing klon dapat dikelompokkan dalam kategori. Pada peubah jumlah daun gugur, jumlah daun terbentuk, dan penambahan volume batang selama tanaman mengalami cekaman serta jumlah buah terbentuk selama tanaman mengalami pemulihan, klon yang menghasilkan nilai SSI tertinggi dikategorikan klon sangat rentan dan yang terendah dikategorikan klon sangat toleran. Hal sebaliknya diperlakukan untuk

peubah jumlah daun terbentuk dan pertambahan volume batang selama masa pemulihan. Nilai SSI antar peubah pengamatan sangat beragam sehingga perlu ditentukan nilai penentu batas kategori (NPB). Kategori toleransi tanaman terhadap cekaman kelembapan tanah yang digunakan sebanyak lima kategori sehingga nilai NPB pada setiap peubah dihitung dari nilai SSI maksimum dibagi lima. Klon-klon dikategorikan menjadi lima kategori berdasar pada peubah jumlah daun gugur, jumlah daun terbentuk, dan penambahan volume batang selama tanaman mengalami cekaman serta jumlah buah terbentuk selama tanaman mengalami pemulihan, sebagai berikut:

1. Sangat rentan bila nilai $SSI \geq (SSI_{max} - NPB)$ dan diberi indeks 1
2. Rentan bila $(SSI_{max} - 2 NPB) < SSI < (SSI_{max} - NPB)$ dan diberi indeks 2
3. Moderat bila $(SSI_{max} - 3 NPB) < SSI < (SSI_{max} - 2 NPB)$ dan diberi indeks 3
4. Toleran bila $(SSI_{max} - 4 NPB) < SSI < (SSI_{max} - 3 NPB)$ dan diberi indeks 4
5. Sangat toleran bila nilai $SSI \leq (SSI_{max} - 4 NPB)$ dan diberi indeks 5

Sampai saat ini belum diketahui peubah pertumbuhan tanaman jarak pagar yang dominan dalam menentukan pengaruh cekaman air. Rerata indeks dari

keenam peubah pengamatan digunakan untuk menentukan tingkat ketahanan klon jarak pagar yang diuji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan dan Komponen Produksi

Jumlah daun gugur, jumlah daun terbentuk, dan pertambahan volume batang tanaman jarak pagar selama dua bulan masa pertumbuhannya dipengaruhi oleh interaksi antara klon dengan kelembapan tanah (Tabel 1, 2, dan 3). Secara umum setiap klon jarak pagar menanggapi penurunan kelembapan tanah dengan meningkatkan jumlah daun gugur, menurunkan pembentukan daun baru, dan menurunkan pertambahan volume batang. Peningkatan jumlah daun gugur dan penurunan pembentukan daun baru dimaksudkan untuk mengurangi evapotranspirasi sehingga menurunkan pengaruh buruk dari cekaman kelembapan tanah. Penurunan ketersediaan air dalam daun akibat cekaman kelembapan tanah menyebabkan penurunan laju fotosintesis sehingga pertambahan volume batang menurun. Hasil yang sama diperoleh Parwata *et al.* (2010), Fini *et al.* (2013), dan Sapeta *et al.* (2013).

Tabel 1 Jumlah daun gugur klon-klon jarak pagar pada berbagai tingkat kelembapan tanah selama dua bulan

Klon	Jumlah daun gugur (helai/tanaman) pada kelembapan tanah			
	40%	60%	80%	100%
HS-49/NTT	38,33 b	31,00 c	21,33 f-i	20,33 f-i
PT-7/Lampung	38,67 b	26,67 c-f	18,67 g-i	18,33 hi
HS-49 x SP-88	41,67 b	31,00 c	21,67 e-i	21,00 f-i
SP-88 x IP-1A	48,33 a	39,00 b	23,00 d-i	18,00 i
PT-7 x SP-117	39,00 b	27,67 c-e	25,00 d-g	24,67 d-h
IP-3A	47,67 a	42,67 b	22,67 d-i	19,33 g-i

Keterangan: Angka-angka yang didampingi huruf sama berarti tidak berbeda nyata pada Uji Jarak Berganda Duncan 5%.

Tabel 2 Jumlah daun terbentuk per tanaman klon-klon jarak pagar pada berbagai tingkat kelembapan tanah selama dua bulan

Klon	Jumlah daun terbentuk (helai/tanaman) pada kelembapan tanah			
	40%	60%	80%	100%
HS-49/NTT	4,00 l	18,33 gh	29,67 bc	31,33 bc
PT-7/Lampung	3,00 lm	17,00 hi	27,33 cd	35,00 b
HS-49 x SP-88	1,00 n	18,33 f-h	35,00 b	43,00 a
SP-88 x IP-1A	1,00 n	8,67 k	14,00 ij	18,00 gh
PT-7 x SP-117	1,67 mn	21,00 e-h	22,67 d-f	24,33 de
IP-3A	1,00 n	12,33 j	16,33 hi	22,67 e-g

Keterangan: Angka-angka yang didampingi huruf sama berarti tidak berbeda nyata pada Uji Jarak Berganda Duncan 5%.

Tabel 3 Pertambahan volume batang per tanaman klon-klon jarak pagar pada berbagai tingkat kelembapan tanah selama dua bulan

Klon	Pertambahan volume batang (cm ³ /tanaman) pada kelembapan			
	40%	60%	80%	100%
HS-49/NTT	14,42 i	19,73 hi	54,70 c-e	56,14 c-e
PT-7/Lampung	22,67 hi	53,59 de	67,39 c	112,88 a
HS-49 x SP-88	31,55 gh	53,71 de	110,79 a	112,92 a
SP-88 x IP-1A	27,32 g-i	37,45 fg	46,23 ef	80,71 b
PT-7 x SP-117	24,46 hi	44,34 ef	64,50 cd	65,63 cd
IP-3A	20,32 hi	28,22 gh	53,76 de	105,99 a

Keterangan: Angka-angka yang didampingi huruf sama berarti tidak berbeda nyata pada Uji Jarak Berganda Duncan 5%.

Jumlah daun gugur paling sedikit dijumpai pada klon SP-88 x IP-1A, sedangkan paling banyak dijumpai pada klon PT-7 x SP-117 pada kondisi tanah kapasitas lapang (100%) (Tabel 1). Namun pada kondisi tanah mengalami penurunan kelembapan menjadi 60–40%, klon SP-88 x IP-1A, dan IP-3A justru yang paling banyak menggugurkan daunnya dan klon PT-7/Lampung yang paling sedikit. Klon PT-7/Lampung mempunyai sistem perakaran yang dalam (Sudarmo & Purwati 2014) sehingga diduga menjadi penyebab klon tersebut mampu menekan jumlah daun gugur yang lebih besar. Secara umum tanaman-tanaman yang mengalami keguguran daun sedikit pada kondisi tercekam air lebih toleran dibanding yang mengalami keguguran daun banyak (Anjum *et al.* 2011 & Silva *et al.* 2012). Dengan demikian diduga bahwa klon PT-7/Lampung lebih toleran dibanding klon-klon lainnya dan klon SP-88 x IP-1A maupun IP-3A lebih rentan dibanding klon lainnya yang diuji.

Daun baru yang terbentuk paling banyak dijumpai pada HS-49 x SP-88 dan SP-88 x IP-1A yang paling sedikit pada kondisi kapasitas lapang (Tabel 2). Penurunan kelembapan tanah hingga menjadi 40% selama dua bulan menyebabkan HS-49 x SP-88, SP-88 x IP-1A, dan IP-3A hanya mampu membentuk daun baru yang paling sedikit, sedangkan HS-49/NTT yang paling banyak. Tanaman yang mampu membentuk daun baru dalam jumlah banyak selama fase cekaman kelembapan tanah mengindikasikan tanaman tersebut tidak mengalami kekurangan air dalam tubuhnya. Oleh karena itu, dalam kondisi tercekam air, tanaman-tanaman yang menghasilkan daun banyak lebih toleran dibanding dengan yang menghasilkan daun sedikit (Sundaravalli *et al.* 2005; Maes *et al.* 2009). Diduga klon HS-49/NTT lebih toleran dibanding klon-klon HS-49 x SP-88, SP-88 x IP-1A, dan IP-3A.

Klon PT-7/Lampung, HS-49 x SP-88, dan IP-3A menghasilkan pertambahan volume batang per tanaman yang paling banyak dan klon HS-49/NTT yang paling sedikit bila kondisi air tanah kapasitas lapang selama dua bulan (Tabel 3). Penurunan kelembapan hingga menjadi 40% menyebabkan hanya klon HS-49 x SP-88 saja yang masih menghasilkan pertambahan volume batang yang paling banyak dan klon HS-49/NTT masih tetap yang paling sedikit. Pembentukan organ batang memerlukan jumlah karbohidrat yang cukup banyak sehingga tanaman tersebut harus

mampu berfotosintesis yang lebih tinggi. Tanaman yang mampu berfotosintesis lebih tinggi mengindikasikan tanaman tersebut tidak mengalami kekurangan air dalam tubuhnya. Oleh karena itu, tanaman yang menghasilkan pertambahan volume batang banyak selama dalam kondisi tercekam kelembapan tanah lebih toleran dibanding dengan tanaman yang menghasilkan pertambahan volume batang sedikit (Niu *et al.* 2008 & Parida *et al.* 2004). Diduga klon HS-49 x SP-88 lebih toleran terhadap cekaman kelembapan tanah dibanding dengan klon lainnya yang diuji, sedangkan klon HS-49/NTT lebih rentan.

Setelah tanaman mengalami cekaman kelembapan tanah selama dua bulan, pertanaman dipulihkan kembali selama satu bulan dalam kondisi air tanah kapasitas lapang. Selama masa pemulihan kembali tersebut, pada per tanaman yang tidak mengalami cekaman kekurangan air (100%), klon IP-3A mampu membentuk daun baru yang paling banyak sedangkan klon PT-7/Lampung dan SP-88 x IP-1A yang paling sedikit (Tabel 4). Pada per tanaman yang mengalami cekaman kelembapan tanah hingga menjadi 40%, klon HS-49 x SP-88, dan PT-7 x SP-117 menghasilkan daun baru yang paling banyak, sedangkan klon SP-88 x IP-1A dan IP-3A yang paling sedikit. Klon HS-49 x SP-88 dan PT-7 x SP-117 mampu menekan jumlah daun gugur yang lebih besar sehingga jumlah daun yang masih berfotosintesis masih banyak. Kondisi yang demikian menyebabkan kedua klon mampu menghasilkan karbohidrat simpanan yang lebih banyak untuk membentuk daun-daun baru pada fase pemulihan kembali. Secara umum tanaman yang menghasilkan banyak daun baru setelah mengalami cekaman kelembapan tanah selama proses pemulihan kembali lebih toleran dibanding dengan yang menghasilkan sedikit daun (Azza *et al.* 2006 & Erice *et al.* 2010). Diduga klon HS-49 x SP-88 dan PT-7 x SP-117 lebih toleran, sedangkan klon SP-88 x IP-1A dan IP-3A lebih rentan dibanding klon-klon lainnya.

Selama fase pemulihan kembali, klon HS-49 x SP-88 yang sebelumnya ditumbuhkan pada kondisi air tanah kapasitas lapang menghasilkan pertambahan volume batang per tanaman terbanyak, sedangkan klon SP-88 x IP-1A yang paling sedikit (Tabel 5). Namun dalam kondisi air tanah 40%, klon PT-7 x SP-117 selama fase pemulihan kembali menghasilkan pertambahan volume batang per tanaman terbanyak,

Tabel 4 Jumlah daun terbentuk per tanaman klon-klon jarak pagar pada berbagai tingkat kelembapan tanah selama satu bulan mengalami pemulihan kembali

Klon	Jumlah daun terbentuk (helai/tanaman) pada kelembapan tanah			
	40%	60%	80%	100%
HS-49/NTT	49,33 bc	40,00 e–g	36,33 gh	30,00 i–k
PT-7/Lampung	51,67 b	42,00 d–f	30,33 i–k	27,33 k
HS-49 x SP-88	60,00 a	49,67 bc	43,00 d–f	29,00 jk
SP-88 x IP-1A	46,33 b–d	38,00 f–h	34,00 h–j	26,67 k
PT-7 x SP-117	62,67 a	44,33 c–e	36,00 gh	34,67 g–i
IP-3A	47,00 b–d	44,33 c–e	39,33 e–h	38,33 f–h

Keterangan: Angka-angka yang didampingi huruf sama berarti tidak berbeda nyata pada Uji Jarak Berganda Duncan 5%.

sedangkan klon HS-49/NTT menghasilkan yang paling sedikit. Secara umum tanaman yang ditumbuhkan dalam kondisi keterbatasan air menghasilkan pertambahan volume batang yang banyak selama fase pemulihan kembali lebih toleran terhadap cekaman kelembapan tanah dibanding dengan tanaman yang menghasilkan pertambahan volume batang sedikit. Klon PT-7 x SP-117 diduga lebih toleran, sedangkan klon HS-49/NTT lebih rentan dibanding klon-klon lainnya.

Dalam kondisi air yang cukup selama dua bulan, klon HS-49 x SP-88 selama fase pemulihan kembali mampu membentuk buah terbanyak, sedangkan klon HS-49/NTT yang paling sedikit (Tabel 6). Penurunan kelembapan tanah menjadi 40% selama dua bulan menyebabkan klon HS-49/NTT selama fase pemulihan kembali mampu membentuk buah, sedangkan klon-klon lainnya tidak mampu. Klon HS-49/NTT menghasilkan daun terbanyak dan jumlah daun gugur yang tersedikit sehingga berfotosintesis lebih besar dan menghasilkan karbohidrat simpanan yang lebih banyak selama dalam fase cekaman kelembapan tanah. Selama fase pemulihan kembali karbohidrat simpanan digunakan untuk membentuk buah sehingga

klon HS-49/NTT mampu membentuk buah yang paling banyak. Secara umum tanaman yang ditumbuhkan dalam kondisi cekaman kelembapan tanah mampu membentuk buah banyak selama fase pemulihan kembali lebih toleran dibanding dengan tanaman yang membentuk buah sedikit maupun yang tidak mampu membentuk buah (Silva *et al.* 2010 & Meng *et al.* 2013). Klon HS-49/NTT diduga lebih toleran terhadap cekaman kelembapan tanah dibanding dengan klon lainnya.

Indeks Sensitivitas Cekaman

Klon yang diuji menghasilkan indeks sensitivitas cekaman dan tingkat toleransi terhadap cekaman kelembapan tanah yang berbeda-beda (Tabel 7). Ditinjau dari jumlah daun gugur selama masa cekaman terlihat bahwa klon yang diuji tergolong dalam kategori sangat rentan - toleran, di mana klon PT-7 x SP-117 terkategori toleran, sedangkan klon SP-88 x IP-1A dan IP-3A terkategori sangat rentan. Hasil tersebut terutama klon yang terkategori toleran tidak sesuai dengan hasil dugaan semula bahwa klon PT-7/Lampung mempunyai tingkat toleransi lebih tinggi dibanding klon lainnya. Hal ini terjadi sebagai akibat

Tabel 5 Pertambahan volume batang per tanaman klon-klon jarak pagar pada berbagai tingkat kelembapan tanah selama satu bulan mengalami pemulihan kembali

Klon	Pertambahan volume batang (cm ³ /tanaman) pada kelembapan tanah			
	40%	60%	80%	100%
HS-49/NTT	27,15 d	26,76 d	25,30 d-f	17,88 i
PT-7/Lampung	33,33 a-c	31,28 bc	27,77 d	23,13 fg
HS-49 x SP-88	34,07 ab	33,53 a-c	26,85 d	26,13 de
SP-88 x IP-1A	30,97 c	26,27 de	21,58 gh	14,70 j
PT-7 x SP-117	36,09 a	35,39 a	31,78 bc	19,73 hi
IP-3A	33,16 a-c	33,20 a-c	27,03 d	23,56 e-g

Keterangan: Angka-angka yang didampingi huruf sama berarti tidak berbeda nyata pada Uji Jarak Berganda Duncan 5%.

Tabel 6 Jumlah buah terbentuk per tanaman klon-klon jarak pagar pada berbagai kelembapan tanah selama satu bulan mengalami pemulihan kembali

Klon	Jumlah buah terbentuk (buah/tanaman) pada kelembapan tanah			
	40%	60%	80%	100%
HS-49/NTT	1,00 j	2,00 hi	2,33 gh	3,67 d-f
PT-7/Lampung	0,00 k	1,33 ij	3,00 fg	8,00 b
HS-49 x SP-88	0,00 k	2,00 hi	4,33 de	9,67 a
SP-88 x IP-1A	0,00 k	0,00 k	4,00 d-f	6,67 bc
PT-7 x SP-117	0,00 k	4,67 d	6,00 c	7,33 bc
IP-3A	0,00 k	1,33 ij	3,33 ef	4,33 de

Keterangan: Angka-angka yang didampingi huruf sama berarti tidak berbeda nyata pada Uji Jarak Berganda Duncan 5%.

Tabel 7 Indeks sensitivitas dan tingkat toleransi terhadap cekaman kekurangan air klon-klon jarak pagar berdasarkan keenam peubah pengamatan beserta reratanya

Klon	Dua bulan setelah perlakuan			Satu bulan selama <i>recovery</i>			Rerata
	∑ daun gugur	∑ daun terbentuk	Volume batang	∑ daun terbentuk	∑ buah	Volume batang	
HS-49/NTT	0,81 (3)	0,93 (1)	1,01 (1)	0,92 (4)	0,75 (2)	0,93 (3)	(2,3)
PT-7/Lampung	1,03 (2)	0,98 (1)	1,08 (1)	1,26 (5)	1,03 (1)	0,79 (2)	(2,0)
HS-49 x SP-88	0,92 (3)	1,05 (1)	0,98 (1)	1,52 (5)	1,03 (1)	0,55 (2)	(2,2)
SP-88 x IP-1A	1,58 (1)	1,01 (1)	0,90 (2)	1,05 (4)	1,03 (1)	1,99 (5)	(2,3)
PT-7 x SP-117	0,52 (4)	1,00 (1)	0,85 (2)	1,15 (4)	1,03 (1)	1,49 (4)	(2,7)
IP-3A	1,32 (1)	1,02 (1)	1,10 (1)	0,32 (2)	1,03 (1)	0,73 (2)	(1,3)

Keterangan: Angka dalam kurung menunjukkan tingkat toleransi klon terhadap cekaman kekurangan air. (1) = sangat rentan, (2) = rentan, (3) = moderat, (4) = toleran, dan (5) = sangat toleran.

kedua klon tersebut menghasilkan jumlah daun gugur pada kondisi tercekam air yang tidak berbeda sedangkan dalam kondisi tidak tercekam PT-7 x SP-117 menghasilkan yang terbanyak.

Ditinjau dari jumlah daun yang terbentuk selama masa cekaman kelembapan tanah terlihat bahwa semua klon yang diuji tergolong sangat rentan (Tabel 7). Namun demikian klon HS-49/NTT menghasilkan nilai indeks sensitivitas yang lebih rendah (lebih toleran) dibanding dengan klon-klon lainnya. Hasil ini sesuai dengan dugaan semula bahwa klon HS-49/NTT mempunyai tingkat toleransi yang lebih tinggi dibanding dengan klon lainnya.

Ditinjau dari penambahan volume batang selama masa cekaman kelembapan tanah terlihat klon yang diuji tergolong sangat rentan - rentan. Klon PT-7 x SP-117 dan SP-88 x IP-1A tergolong sangat rentan, sedangkan yang lainnya tergolong rentan (Tabel 7). Hasil ini tidak sesuai dengan hasil dugaan bahwa klon HS-49 x SP-88 mempunyai tingkat toleransi yang paling baik. Ketidakesesuaian tersebut terjadi sebagai akibat klon HS-49 x SP-88 dalam kondisi tidak mengalami cekaman menghasilkan penambahan volume batang yang paling tinggi, sedangkan klon PT-7 x SP-117 dan SP-88 x IP-1A dalam kondisi tidak mengalami cekaman maupun mengalami cekaman menghasilkan penambahan volume batang yang sedang.

Ditinjau dari jumlah daun terbentuk selama fase pemulihan kembali terlihat klon yang diuji tergolong rentan - sangat toleran. Klon yang sangat toleran mencakup PT-7/Lampung dan HS-49 x SP-88 sedangkan yang rentan adalah IP-3A (Tabel 7). Selama fase pemulihan kembali, klon PT-7/Lampung dalam kondisi tidak mengalami cekaman kelembapan tanah menghasilkan jumlah daun terbentuk yang lebih rendah dibanding klon lainnya, namun dalam kondisi tercekam menghasilkan jumlah daun yang agak banyak. Adapun klon PT-7 x SP-117 dalam kondisi tidak mengalami cekaman maupun mengalami cekaman kelembapan tanah selama fase pemulihan kembali menghasilkan jumlah daun terbentuk yang lebih banyak dibanding klon lainnya. Kondisi yang demikian menyebabkan klon PT-7/Lampung tergolong sangat toleran sedangkan klon PT-7 x SP-117 tergolong toleran.

Ditinjau dari jumlah buah terbentuk selama fase pemulihan kembali terlihat bahwa klon yang diuji tergolong sangat rentan - rentan. Klon HS-49/NTT termasuk rentan, sedangkan klon lainnya tergolong sangat rentan (Tabel 7). Namun ditinjau dari penambahan volume batang selama fase pemulihan kembali terlihat bahwa klon yang diuji tergolong rentan - sangat toleran, di mana klon HS-49 x SP-88, PT-7/Lampung, dan IP-3A tergolong rentan serta klon SP-88 x IP-1A tergolong sangat toleran.

Perbedaan peubah yang digunakan untuk menentukan tingkat toleransi klon menyebabkan perbedaan hasil yang diperoleh. Penentuan tingkat toleransi klon dilakukan dengan merata-rata tingkat toleransi dari masing-masing peubah pengamatan. Hasil yang diperoleh memperlihatkan bahwa klon yang diuji tergolong rentan - moderat (Tabel 7). Klon IP-3A

tergolong sangat rentan, klon PT-7 x SP-117 tergolong moderat, dan klon lainnya tergolong rentan.

Klon IP-3A tergolong sangat rentan sebagai akibat klon tersebut sangat rentan selama periode cekaman maupun selama fase pemulihan kembali. Klon PT-7 x SP-117 tergolong moderat karena selama periode cekaman mampu menekan keguguran daun dan selama fase pemulihan mampu mempercepat pertumbuhan tanaman. Klon SP-88 x IP-1A tidak mampu tumbuh dengan baik selama periode cekaman dan tumbuh dengan baik selama fase pemulihan kembali sehingga klon tersebut tergolong rentan. Klon HS-49 x SP-88 dan PT-7/Lampung mengalami penghambatan pertumbuhan selama periode cekaman kekurangan air, namun mampu meningkatkan jumlah daun terbentuk selama fase pemulihan kembali sehingga klon-klon tersebut tergolong klon rentan. Klon HS-49/NTT sedikit menghambat laju keguguran daun selama periode cekaman kekurangan air namun sedikit meningkatkan pertumbuhan tanaman selama fase pemulihan kembali sehingga klon tersebut tergolong klon rentan.

KESIMPULAN

Klon yang diuji tergolong sangat rentan - moderat terhadap cekaman kelembapan tanah. Klon PT-7 x SP-117 tergolong moderat, klon IP-3A tergolong sangat rentan, dan klon SP-88 x IP-1A, HS-49 x SP-88, PT-7/Lampung, serta HS-49/NTT tergolong rentan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anjum SA, Xie X, Wang LC, Saleem MF, Man C, Lei W. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*. 6(9): 2026–2032.
- Azza AM, Saher M, Zaghlouli M. 2006. Increasing water deficiency tolerance of *Melia azedarach* seedlings through application of iron. *World Journal of Agricultural Sciences*. 2(3): 346–351.
- Arcoverde GB, Rodrigues BM, Pompelli MF, Santos MG. 2011. Water relations and some aspects of leaf metabolism of *Jatropha curcas* young plants under two water deficit levels and recovery. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 23(2): 123–133. <http://doi.org/dwcdvs>
- Erice G, Louahlia S, Irigoven JJ, Sanches-Diaz M, Avice JC. 2010. Biomass partitioning, morphology and water status of four alfalfa genotypes submitted to progressive drought and subsequent recovery. *Journal of Plant Physiology*. 167(2): 114–120. <http://doi.org/b29pgv>
- Fini A, Bellasio C, Pollastri S, Tattini M, Ferrini F. 2013. Water relations, growth, and leaf gas exchange as affected by water stress in *Jatropha curcas*. *Journal*

- of *Arid Environments*. 89: 21–29. <http://doi.org/f4hsrx>
- Fisher RA, Maurer R. 1978. Drought stress in spring wheat cultivars: 1. grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*. 29(5): 897–912. <http://doi.org/fwk6dg>
- Francis G, Edinger R, Becker K. 2005. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production and socioeconomic development in degraded areas in India: need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. *Natural Resources Forum*. 29(1): 12–14. <http://doi.org/dxb39n>
- Gedean SP, Hartana A, Hamim, Widyastuti U, Sukarno N. 2011. Pertumbuhan tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) pada lahan pascatambang timah di Bangka yang diberi pupuk organik. *Jurnal Ilmiah Sains*. 11(2): 181–190.
- Jingura RM. 2011. Technical Options for Optimization of Production of *Jatropha* as Biofuel Feedstock in Arid and Semi-arid Areas of Zimbabwe. *Biomass and Bioenergy*. 35(5): 2127–2132. <http://doi.org/brk4gz>
- Kumar A, Sharma S. 2008. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): a review. *Industrial Crops and Products*. 28(1): 1–10. <http://doi.org/cv7qb4>
- Kumar D, Singh S, Sharma R, Kumar V, Chandra H, Malhotra K. 2011. Above-Ground Morphological Predictors of Rooting Success in Rooting Cuttings of *Jatropha curcas* L. *Biomass and Bioenergy*. 35(9): 3891–3895. <http://doi.org/cjjcr5>
- Maes WH, Achten WMJ, Reubens B, Raes D, Samson R, Muys B. 2009. Plants-water relationships and growth strategies of *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress. *Journal of Arid Environments*. 73(10): 877–884. <http://doi.org/bm99nv>
- Meng GT, Li GX, He LP, Chai Y, Kong JJ, Lei YB. 2013. Combined effects of CO₂ enrichment and drought stress of a potential bioenergy crop *Jatropha curcas*. *Journal of Plant Growth Regulation*. 32(3): 542–550. <http://doi.org/f46xbx>
- Niu G, Rodriguez DS, Mackay W. 2008. Growth and physiological responses to drought stress in four oleander clones. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 133(2): 188–196.
- Openshaw K. 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy*. 19(1): 1–15. <http://doi.org/c6w7x5>
- Parida AK, Das AB, Mohanty P. 2004. Defense potentials to NaCl in a mangrove *Bruguiera parviflora*: differential changes of isoforms of some anti-oxidative enzymes. *Journal of Plant Physiology*. 161: 531–542. <http://doi.org/cfnssf>
- Parwata IGMA, Indradewa D, Yudono P, Kertonegoro BD. 2010. Pengelompokan genotipe jarak pagar berdasarkan atas ketahanannya terhadap kekeringan pada fase pembibitan di lahan pasir pantai. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 38: 156–162.
- Parwata IGMA, Indradewa D, Yudono P, Kertonegoro BD, Kusmarwiyah R. 2014. Respon pertumbuhan dan hasil tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) terhadap cekaman kekeringan di lahan pasir pantai pada tahun pertama siklus produksi. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 42(1): 59–65.
- Santoso BB, Hasnam, Hariyadi, Susanto S, Purwoko BS. 2008. Potensi hasil jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) pada satu tahun budi daya di lahan kering Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. *Buletin Agronomi*. 36(2): 161–167.
- Sapeta H, Costa JM, Lourenco T, Maroco J, van der Linde P, Oliveira MM. 2013. Drought stress response in *Jatropha curcas*: Growth and physiology. *Environmental and Experimental Botany*. 85: 76–84. <http://doi.org/b9bg>
- Silva EN, Silva SLF, Fontenele AV, Ribeiro RV, Viegas RA, Silveira JAG. 2010. Photosynthetic change and protective mechanisms against oxidative damage subjected to isolated and combined drought and heat stresses in *Jatropha curcas* plants. *Journal of Plant Physiology*. 167(14): 1157–1164. <http://doi.org/cpg4jb>
- Silva EN, Vieira SA, Ribeiro RV, Ponte LFA, Silva SLF, Silveira JAG. 2012. Contrasting physiological responses of *Jatropha curcas* plants to single and combined stresses of salinity and heat. *Journal of Plant Growth Regulation*. 32(1): 159–169. <http://doi.org/f4mv4b>
- Sudarmo H, Heliyanto B, Hasnam, Asbani N, Yulianti T, Purlani E. 2009. Laporan Kebun Induk dan Benih Jarak Pagar KP. Asebagus Tahun 2008. *Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat*, Malang (ID).
- Sudarmo H, Purwati RD. 2014. Keragaan beberapa genotipe harapan jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) di Gunung Kidul. Dalam: *Prosiding Semiloka Nasional Tanaman Pemanis, Serat, Tembakau dan Minyak Industri, Malang 10 Oktober 2012*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor. p. 251–257.
- Sundaravalli MV, Paliwal K, Ruckmani A. 2005. Effect of water stress on photosynthesis, protein content and nitrat reductase activity of *Albizia* seedling. *Plant Biology*. 32: 13–17.
- Syakir M. 2010. Prospek dan Kendala Pengembangan Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) Sebagai Bahan Bakar Nabati di Indonesia. *Perspektif*. 9(2): 55–65.