

Respon Fisiologis Tanaman Pakan *Indigofera zollingeriana* pada berbagai Tingkat Cekaman Kekeringan dan Interval Pemangkasan

Herdiawan I¹, Abdullah L², Sopandie D³, Karti PDMH², Hidayati N⁴

¹Balai Penelitian Ternak PO Box 221 Bogor 16002

E-mail: herdiawanmaliq@gmail.com

²Fakultas Peternakan- Institut Pertanian Bogor, Bogor

³Fakultas Pertanian - Institut Pertanian Bogor, Bogor

⁴Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

(Diterima 20 September 2012; disetujui 6 Maret 2013)

ABSTRACT

Herdiawan I, Abdullah L, Sopandie D, Karti PDMH, Hidayati N. 2013. Physiological responses of *Indigofera zollingeriana*, a feed plant at different levels of drought stress and trimming interval. JITV 18(1): 54-62.

The objectives of this experiment were to evaluate the effect of drought stress and trimming intervals on physiological responses of *Indigofera zollingeriana*. The experiment was arranged in a completely randomized design (CRD), 3x3 factorial and each treatment had four replications. The first factor consisted of 3 level of drought stress i.e: 100% field capacity (FC) (as a control), 50% FC, and 25% FC. The second factor was comprised of 3 trimming intervals, those were at 60, 90 and 120 days. The observed variables were leaf water potential, relative water content, proline, and water soluble carbohydrate (WSC) concentrations. Data were analyzed by ANOVA and differences between treatments were tested by LSD. The results showed that there were no interaction ($P < 0,05$) between drought stress and trimming interval on all observed variables. Drought stress treatment significantly ($P < 0,05$) decreased leaf water potential and relative water content, whereas proline, and water soluble carbohydrate (WSC) contents increased. Trimming interval significantly ($P < 0,05$) on leaf water potential, and water soluble carbohydrate, whereas the relative water content and proline content were not significantly.

Key Words: *Indigofera zollingeriana*, Drought stress, Trimming interval, Physiological response

ABSTRAK

Herdiawan I, Abdullah L, Sopandie D, Karti PDMH, Hidayati N. 2013. Respon fisiologis tanaman pakan *Indigofera zollingeriana* pada berbagai tingkat cekaman kekeringan dan interval pemangkasan. JITV 18(1): 54-62.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui bagaimana respon fisiologis tanaman pakan *Indigofera zollingeriana* terhadap cekaman kekeringan dan interval pemangkasan. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial 3 x 3, dan setiap perlakuan mendapat 4 ulangan. Faktor pertama adalah 3 taraf cekaman terdiri atas tanpa cekaman (100% kapasitas lapang), cekaman sedang (50% KL), dan berat (25% KL). Faktor kedua adalah 3 taraf interval pemangkasan terdiri atas interval pemangkasan 60, 90, dan 120 hari. Peubah yang diamati adalah potensial air daun, kadar air relative daun, kandungan prolin, dan karbohidrat terlarut (WSC). Data dianalisis dengan analisis kovarian (ANOVA) dan perbedaan antara perlakuan diuji dengan uji LSD. Hasil penelitian menunjukkan tidak terdapat interaksi ($P < 0,05$) antara cekaman kekeringan dan interval pemangkasan terhadap semua peubah yang diamati. Cekaman kekeringan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) menurunkan potensial air daun dan kadar air relatif, sedangkan kandungan prolin, dan karbohidrat terlarut (WSC) meningkat. Interval pemangkasan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap potensial air dan karbohidrat terlarut (WSC), sedangkan terhadap kadar air relatif dan prolin tidak berpengaruh.

Key Words: *Indigofera zollingeriana*, Stres kekeringan, Interval pemangkasan, Respon fisiologi

PENDAHULUAN

Kebijakan pengembangan industri peternakan khususnya ternak besar diarahkan ke daerah lahan kering seperti Wilayah Timur Indonesia yang memiliki agroekosistem lahan kering beriklim kering. Permasalahan utama dari sistem pertanian lahan kering

adalah terbatasnya sumber daya air, baik yang terikat dalam partikel tanah maupun yang terdapat dalam lingkungan *rhizosphere*, sehingga produktivitas tanaman pakan ternak di daerah tersebut secara kualitas, kuantitas maupun kontinuitasnya masih sangat rendah. Seperti dikatakan Bamualim (2009), bahwa rendahnya laju produksi ternak potong di Wilayah Timur

Indonesia disebabkan karena rendahnya status nutrisi dan suplay hijauan sepanjang tahun, terutama pada musim kemarau. Selanjutnya Hassen et al. (2007), bahwa tingkat produktivitas ternak secara umum sangat bergantung pada kualitas, kuantitas, dan kontinuitas tanaman pakan ternak sepanjang tahun, dan semua ini berhubungan erat dengan curah hujan, temperatur, jenis tanah dan pemupukan. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dicari tanaman pakan ternak alternatif yang memiliki performan produksi dan kandungan nutrisinya tinggi serta toleran terhadap cekaman kekeringan. Tingkat toleransi tanaman sangat bergantung pada bagaimana tanaman beradaptasi, dan merespon berbagai jenis cekaman khususnya kekeringan secara fisiologis maupun morfologis. Kekeringan merupakan faktor utama yang membatasi pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan tingkat tinggi. Karena kekeringan adalah kejadian umum di banyak lingkungan, dan banyak spesies tanaman tahunan telah mengembangkan mekanisme untuk mengatasi ketersediaan air yang terbatas (Zhang et al. 2010). Menurut Prasad et al. (2008), kekeringan dan tingginya temperatur tanah merupakan dua faktor lingkungan yang paling utama penyebab kegagalan pertumbuhan dan hasil panen pada tanaman. Selanjutnya dikatakan bahwa kedua faktor tersebut akan menyebabkan perubahan pada tanaman secara fisiologi, biokimia dan molekuler yang berimbas pada produksi dan kualitas tanaman. Sedangkan menurut Makbul et al. (2011), respon tanaman terhadap kekeringan sangatlah kompleks, diantaranya adalah meliputi beberapa perubahan sebagai langkah adaptasi. Selanjutnya dinyatakan, cekaman kekeringan merupakan status air pada tanaman yang dapat diketahui dengan mengukur potensial air daun (LWP) dan kadar air relatif daun (RWC) sebagai indikator fisiologis. Status air pada daun, biasanya merupakan interaksi antara potensial air daun dan konduktansi stomata, dimana kekeringan akan menginduksi signal akar ke tajuk untuk mengurangi laju transpirasi, sehingga stomata menutup pada saat suplai air menurun. Kadar air relatif daun merupakan ukuran dari status air pada tanaman sebagai konsekuensi fisiologis terhadap kadar air tanah, sedangkan potensial air sebagai tolok ukur untuk memperkirakan status air pada tanaman berguna bagi kelangsungan transport air dari tanah (Moaveni 2011). Menurut Clearly et al. (1998), potensial air daun merupakan indikator terjadinya kekurangan air. Potential air daun menurun dengan semakin rendahnya kandungan air tanah. Sejalan dengan Riadiz et al. (2008), respon fisiologis terpenting dari adaptasi tanaman terhadap cekaman kekeringan adalah mempertahankan turgor, dimana mekanisme tersebut dapat terjadi melalui penurunan potensial osmotik daun dan akumulasi zat-zat terlarut seperti gula, asam amino, asam organik, prolin, dan glisin betain. Penurunan konsentrasi karbohidrat terlarut

(WSC) dipengaruhi oleh ketersediaan air (kekeringan), cekaman panas, dan faktor biotik (penyakit). Selanjutnya dikatakan pula bahwa penyimpanan karbohidrat terlarut (WSC) umumnya pada bagian daun, batang, dan akar sebagai kontribusi atas aktivitas fotosintesis (Palta et al., 1994; Blum, 1998).

MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan di rumah kaca Agrostologi, Balai Penelitian Ternak, Ciawi dengan materi penelitian tanaman *Indigofera zollingeriana* Kegiatan penelitian meliputi pengecambahan, persemaian, pemindahan tanaman dari persemaian ke polibag, pemindahan tanaman dari polibag ke pot plastik.

Penanaman *Indigofera zollingeriana* diawali dengan proses perendaman biji dalam air panas bersuhu 70°C, selama 2 jam, kemudian biji ditiriskan dan ditempatkan pada beberapa cawan petri beralas kertas merang yang diberi aquadest. Cawan-cawan tersebut dimasukkan kedalam inkubator selama 1 minggu dan setelah biji-biji berkecambah, dipindahkan ke nampan persemaian (*seeding tray*) yang berisi tanah dan kompos dengan perbandingan 1 : 1 sampai umur 4 minggu, selanjutnya tanaman dipindahkan ke polibag kecil masing-masing diisi satu tanam *Indigofera zollingeriana* sampai umur 8 minggu. Selanjutnya tanaman dipindahkan pada pot plastik berdiameter 50 cm dan tinggi 50 cm, yang telah diisi media tanam sebanyak 40 kg, berupa 2 bagian tanah podzolik merah kuning (PMK) dan 1 bagian kompos. Masing-masing pot diisi satu tanaman *Indigofera zollingeriana* yang dipelihara sampai umur 2 bulan masa periode adaptasi.

Perlakuan cekaman kekeringan dilakukan setelah periode adaptasi selesai dilakukan. Perlakuan pertama terdiri atas 3 taraf cekaman yaitu: tanpa cekaman kekeringan (100% kapasitas lapang), cekaman kekeringan sedang (50% kapasitas lapang), dan cekaman kekeringan berat (25% kapasitas lapang). Perlakuan kedua adalah 3 taraf interval pemangkasan yaitu interval pemangkasan 60, 90, dan 120 hari. Pemangkasan dilakukan mulai dari bagian bawah tanaman, kemudian pemangkasan berikutnya dilakukan pada bagian atas tanaman, dan berikutnya kembali lagi posisi semula sebanyak 50% dari total percabangan. Pengambilan data mikroklimat dilakukan melalui pengukuran suhu dan kelembaban rumah kaca setiap hari dengan menggunakan thermohigrometer.

Penentuan kapasitas lapang (KL) dilakukan untuk mengetahui volume penyiraman yaitu dengan cara menimbang 2 bagian tanah podzolik merah kuning (PMK) dan 1 bagian kompos dicampur sampai homogen. Sebanyak 5 buah pot/polibag ukuran 1 kg disiapkan di atas rak, masing-masing diisi media tanam sebanyak 500 g, kemudian disiram sampai keadaan

jenuh dan dibiarkan selama 3 x 24 jam, sampai air tidak menetes lagi, timbang sebagai berat basah (Tb). Selanjutnya tanah dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam pada suhu 100°C, didinginkan dalam desikator dan ditimbang sebagai berat kering (Tk). Untuk mendapatkan rata-rata hasil yang sempurna, percobaan diulang sebanyak 10 kali, kemudian dihitung kapasitas lapang tanah menggunakan rumus sebagai berikut: (Hendriyani dan Setiari, 2009)

$$KL = \frac{(Tb - Tk)}{Tk} \times 100\%$$

Tabel 1. Pengamatan kapasitas lapang (KL) di Rumah Kaca

No. Pot	Tb	Tk	Tb-Tk	KL (%)
1	775	500	275	55,0
2	760	515	245	47,6
3	760	521	239	45,9
4	780	525	255	48,6
5	770	509	261	51,3
6	720	490	230	46,9
7	745	490	255	52,0
Rataan	759	507	251,43	49,577

$$KL \approx \frac{Tb-Tk}{Tk} \times 100\%$$

KL = 49,577% ≈ 50 ml,

KL = 50 ml dalam 500 g media tanam PMK+kompos, jadi untuk 40 kg media tanam dibutuhkan volume air sebanyak 4000 ml. ≈ 4 liter, sehingga untuk perlakuan tanpa cekaman (100% KL), cekaman sedang (50% KL), dan cekaman berat (25% KL), diperlukan volume penyiraman berturut-turut sebanyak 4, 2, dan 1 liter.

Penentuan kadar air tanah

Penentuan kadar air tanah dilakukan dengan metode gravimetri, pengambilan sampel tanah dari setiap pot/polibag sebelum tanah disiram kembali, sampel tanah diambil dari kedalaman pot 40 cm, sebanyak 5 g sebagai berat turgid (Bt), selanjutnya sampel tanah dimasukkan oven pada suhu 105°C selama 24 jam. Sampel tanah kering oven ditimbang sebagai berat kering (Bk), percobaan dilakukan secara berulang untuk mendapatkan rata-rata, kemudian dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$KA \approx \frac{(Bt - Bk)}{Bt} \times 100\%$$

Dari hasil perhitungan tersebut dapat diperoleh kadar air tanah pada masing-masing pot/polibag

percobaan. Berdasarkan hasil pengamatan kadar air tanah pada perlakuan tanpa cekaman kekeringan (100% KL) sebesar 87,82%, cekaman kekeringan sedang (50% KL) sebesar 45,69%, dan cekaman kekeringan berat sebesar 25,72%.

Metode pengukuran potensial osmotik daun

Potensial osmotik daun pada kondisi stress dan non-stress diuji menggunakan alat WP-4 di Lab. Fisiologi Stress LIPI, Cibinong. Angka potensial osmotik di daun tertera pada display WP4, dengan satuan-Mpa. Pengukuran potensial air daun dilakukan pagi hari sekitar pukul 04.30 WIB, karena potensial osmotik di daun mendekati potensial air tanah.

Metode pengukuran kandungan air relatif daun (RWC)

Pengamatan ini merupakan kelanjutan dari rangkaian kegiatan penentuan potensial air daun. Nilai kadar air relatif daun (RWC) dapat dihitung dengan rumus:

$$KAR (\text{Kadar air relatif}) \approx \frac{BB-BK}{BT-BK} \times 100\%$$

Keterangan :

BB = Bobot basah

BK = Bobot kering

BT = Bobot turgid

Metode pengukuran kadar prolin

Kadar Prolin diukur menggunakan metode Bates (1973) yang dimodifikasi oleh LIPI. Contoh digerus dengan nitrogen cair, diekstrak dengan asam 5-sulfosalisilat, dan supernatan direaksikan dengan pewarna ninhidrin dan asam asetat konsentrat. Reaksi terjadi setelah inkubasi pada 100°C selama 1 jam, didinginkan sampai suhu ruang dan ditambahkan toluen. Reaksi dapat diencerkan dengan toluen. Absorben diukur dengan spektrometer pada panjang gelombang 520 nm, setelah divorteks. Konsentrasi prolin (µmol/g) ditentukan dari kurva standar prolin dan dihitung terhadap bobot segar (Bates *et al.* 1973).

Pengukuran kadar karbohidrat terlarut (WSC)

Daun kering atau akar kering sebanyak 20 – 30 mg di ekstrak 4 kali selama 15 menit dalam 10 mL pada air mendidih. Setelah itu disentrifus pada 3500 rpm selama 10 menit, supernatant dikoleksi dan dikumpulkan dan volume akhir diukur sampai 50 mL. Supernatan sebanyak 1 mL diletakkan pada tabung dan 1 mL 18 % larutan fenol dan ditambahkan 5 mL asam sulfat konsentrat. Campuran tersebut dikocok dan absorban dibaca pada 490 nm dengan spektrofotometer.

Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yaitu 3 taraf cekaman kekeringan dan 3 taraf interval pemangkasan, setiap perlakuan mendapat ulangan sebanyak 4 kali. Data dianalisis dengan metode analisis sidik ragam (ANOVA), apabila berbeda nyata maka akan dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil LSD (Steel *et al.*, 1995). Pengolahan dan analisis data akan menggunakan program Excel dan SPSS pada masing-masing peubah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh cekaman kekeringan dan interval pemangkasan terhadap potensial air daun

Pada Tabel 2. terlihat bahwa rata-rata potensial air pada taraf perlakuan tanpa cekaman kekeringan menunjukkan hasil paling tinggi sebesar -0,96 Mpa, kemudian diikuti oleh taraf perlakuan cekaman kekeringan sedang (50% KL) dan berat (25% KL), berturut-turut sebesar -3,29 dan -4,65 Mpa. Selanjutnya pada taraf perlakuan interval pemangkasan 60 hari memberikan hasil rata-rata potensial air paling tinggi sebesar -2,68 Mpa, kemudian diikuti taraf perlakuan interval pemangkasan 90 dan 120 hari, berturut-turut sebesar -2,92 dan -3,30 Mpa. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (ANOVA) menunjukkan, bahwa perlakuan stres kekeringan dan interval pemangkasan memberikan pengaruh yang nyata ($P < 0,05$) terhadap potensial air daun, tetapi tidak terdapat interaksi antara stress kekeringan dan interval pemangkasan terhadap potensial air daun tanaman *Indigofera zollingeriana*.

Hasil uji beda nyata terkecil (LSD) menunjukkan, potensial air daun *Indigofera zollingeriana* pada taraf perlakuan tanpa cekaman kekeringan (100% KL) paling tinggi, bila dibandingkan dengan tanaman yang mendapat cekaman kekeringan sedang (50% KL) dan berat. (25% KL). Selanjutnya pada taraf perlakuan interval pemangkasan, potensial air daun tertinggi dicapai pada interval pemangkasan 60 hari yang tidak

berbeda nyata dengan interval pemangkasan 90 hari, dan nyata terendah dicapai pada perlakuan interval pemangkasan 120 hari. Potensial air daun tertinggi dicapai pada kombinasi perlakuan tanpa stres kekeringan (100% KL) dan interval pemangkasan 60 hari, yaitu sebesar -0.89 Mpa dan terendah dicapai pada kombinasi perlakuan stress kekeringan berat (25% KL) dan interval pemangkasan 120 hari yaitu sebesar -5,33 Mpa. Hal ini disebabkan karena tingginya cekaman dan lamanya interval pemangkasan menjadikan besarnya tekanan yang dialami tanaman tersebut, tetap masih dapat bertahan dan berproduksi. Seperti dikatakan Ludlow (1980), bahwa tanaman pakan ternak jenis rumput-rumputan dan legum yang berasal dari daerah tropis umumnya memiliki daya adaptasi yang luas terhadap temperatur dan stress air berat, hal ini ditunjukkan dengan nilai rata-rata potensial air daun untuk tanaman pakan tropis (rumput dan legum), umumnya sangat rendah berkisar antara -2,3 sampai dengan -13 Mpa. Hal ini disebabkan karena tanaman pakan tropis memiliki daya aklimasi yang tinggi terhadap cekaman kekeringan berat yaitu dengan cara meningkatkan alokasi karbon pada pertumbuhan akar untuk menjaga penyerapan air selama cekaman berlangsung. Potensial air daun mengalami penurunan pada saat cekaman kekeringan, nisbah akar/tajuk meningkat, karena pertumbuhan akar tanaman hanya sedikit terganggu bila dibandingkan pertumbuhan tajuk, pada saat potensial air rendah (Siddique *et al.* 2000). Selanjutnya dikatakan oleh beberapa peneliti bahwa potensial air daun mengalami penurunan pada saat cekaman kekeringan, sedangkan nisbah akar/tajuk meningkat. Peningkatan terjadi karena pertumbuhan akar tanaman lebih tinggi, dibandingkan pertumbuhan tajuk.

Pengaruh cekaman kekeringan dan interval pemangkasan terhadap kadar air relatif

Rataan kadar air relatif daun *Indigofera zollingeriana* (Tabel 3.) pada taraf perlakuan tanpa cekaman kekeringan (100% KL), nyata paling tinggi yaitu sebesar 79,15%, diikuti taraf perlakuan cekaman

Tabel 2. Rataan potensial air daun tanaman *Indigofera zollingeriana* pada berbagai cekaman kekeringan dan interval pemangkasan (Mpa)

Interval pemangkasan	Cekaman kekeringan			Rataan
	100% KL	50% KL	25% KL	
60 hari	-0,89 ^a	-3,07 ^b	-4,07 ^c	-2,68 ^b
90 hari	-0,92 ^{ab}	-3,29 ^b	-4,56 ^{ab}	-2,92 ^b
120 hari	-1,07 ^c	-3,51 ^b	-5,33 ^a	-3,30 ^a
Rataan	-0,96 ^a	-3,29 ^b	-4,65 ^c	

Huruf yang tidak sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$)

sedang (50% KL) dan berat (100% KL), berturut-turut sebesar 64,24 dan 37,54%. Sementara itu, berdasarkan taraf perlakuan interval pemangkasan, nilai kadar air relatif tertinggi dicapai pada perlakuan interval pemangkasan 60 hari sebesar 63,95%, kemudian diikuti perlakuan interval pemangkasan 90 dan 120 hari, berturut-turut sebesar 59,87 dan 57,11%.

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (ANOVA), menunjukkan bahwa taraf perlakuan stres kekeringan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar air relatif, sedangkan perlakuan interval pemangkasan tidak berpengaruh nyata. Tidak terdapat interaksi antara stres kekeringan dan interval pemangkasan, terhadap kadar air relatif tanaman *Indigofera zollingeriana*.

Hasil uji beda terkecil (LSD), menunjukkan bahwa kadar air relatif pada taraf perlakuan tanpa stres kekeringan (100% KL) tertinggi, dibandingkan dengan perlakuan stres kekeringan sedang (50% KL) dan berat (25% KL). Selanjutnya pada taraf perlakuan interval pemangkasan 60 hari, memberikan nilai kadar air relatif paling tinggi dibandingkan dengan interval pemangkasan 90 dan 120 hari. Kadar air relatif tertinggi dicapai pada kombinasi perlakuan tanpa stres kekeringan (100% KL) dan interval pemangkasan 60 hari yaitu sebesar 81,73%, dan terendah dicapai pada kombinasi perlakuan stres kekeringan berat (25% KL) dan interval pemangkasan 120 hari yaitu sebesar 32,51%. Hal ini disebabkan karena nilai kadar air relatif berbanding terbalik dengan potensial air daun, dimana pada tanaman yang mendapatkan perlakuan cekaman kekeringan berat (25% KL) dan tanpa interval pemangkasan akan mengalami stres yang lebih berat disebabkan jumlah air yang dipergunakan tanaman untuk mempertahankan tekanan osmotik dan transpirasi lebih besar, sehingga potensial air menurun. Sejalan dengan itu Makbul et al. (2011), melaporkan bahwa respons tanaman terhadap kekeringan sangatlah kompleks, diantaranya adalah meliputi beberapa perubahan sebagai langkah adaptasi. Selanjutnya dinyatakan, cekaman kekeringan merupakan status air

pada tanaman yang dapat diketahui dengan mengukur potensial air daun dan kadar air relatif sebagai indikator fisiologis. Status air pada daun, biasanya merupakan interaksi antara potensial air daun dan konduktansi stomata, dimana kekeringan akan menginduksi sinyal akar ke tajuk untuk mengurangi laju transpirasi sehingga stomata menutup pada saat suplai air menurun. Seiring dengan itu Ritchie et al. (1990) melaporkan bahwa kadar air relatif yang tinggi merupakan suatu mekanisme resistensi tanaman terhadap kekeringan, dan tingginya kadar air relatif ini adalah hasil dari pengaturan osmotik berlebih atau pengurangan elastisitas dari jaringan dinding sel. Khalili et al. (2011), melaporkan hasil penelitiannya bahwa kadar air relatif dipengaruhi oleh musim panen, dan pengairan, sehingga cekaman kekeringan dapat menurunkan nilai kadar air relatif secara signifikan. Selanjutnya dikatakan bahwa perbedaan kadar air relatif dari kisaran antara 18,6 dan 21,8% untuk genotipe tanaman yang paling tahan terhadap cekaman kekeringan. Begitu pula Siddique et al. (2000), melaporkan hasil penelitian lain yang menunjukkan bahwa pada 4 kultivar gandum, nilai kadar air relatif berkurang menjadi 43% (dari 88 menjadi 45%) disebabkan oleh stres kekeringan.

Pengaruh cekaman kekeringan dan interval pemangkasan terhadap kandungan prolin

Rataan kandungan prolin daun *Indigofera zollingeriana* (Tabel 4.) pada taraf perlakuan stres kekeringan berat (25% KL) memberikan nilai tertinggi yaitu sebesar 25,70 Mm, dibandingkan dengan perlakuan stres kekeringan sedang (50% KL) dan tanpa stres kekeringan (100% KL), berturut turut sebesar 5,59 dan 3,60 Mm. Selanjutnya kandungan prolin berdasarkan taraf perlakuan interval pemangkasan 120 dan 90 hari, tidak menunjukkan perbedaan, yang berturut-turut sebesar 12,23 dan 12,21 mM, dan kandungan prolin terendah dicapai perlakuan interval pemangkasan 60 hari yaitu sebesar 10,82 mM.

Tabel 3. Rataan kadar air relatif tanaman *Indigofera zollingeriana* pada berbagai cekaman kekeringan dan interval pemangkasan (%)

Interval pemangkasan	Cekaman kekeringan			Rataan
	100% KL	50% KL	25% KL	
60 hari	81,73 ^a	67,24 ^a	42,88 ^a	63,95 ^a
90 hari	79,29 ^{ab}	63,08 ^b	37,22 ^b	59,87 ^b
120 hari	76,43 ^b	62,38 ^b	32,51 ^c	57,11 ^b
Rataan	79,15 ^a	64,24 ^b	37,54 ^c	

Huruf yang tidak sama kearah kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (ANOVA), menunjukkan bahwa stres kekeringan berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap kandungan proline daun, sedangkan pada taraf perlakuan interval pemangkasan tidak berpengaruh nyata. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan tidak terdapat interaksi yang nyata antara cekaman kekeringan dan interval pemangkasan terhadap kandungan proline daun *Indigofera zollingeriana*.

Hasil uji beda terkecil (LSD), menunjukkan bahwa kandungan prolin daun *Indigofera zollingeriana* pada taraf perlakuan stres kekeringan berat (25%KL) mencapai nilai tertinggi, bila dibandingkan dengan perlakuan tanpa stres kekeringan (100%KL) dan stres kekeringan sedang (50% KL). Sedangkan kandungan prolin daun *Indigofera zollingeriana* pada taraf perlakuan interval pemangkasan 90 dan 120 hari tidak berbeda, dan terendah pada interval pemangkasan 60 hari. Kandungan proline daun *Indigofera zollingeriana* tertinggi dicapai pada kombinasi perlakuan cekaman kekeringan berat (25% KL) dan tanpa pemangkasan, yaitu sebesar 26,73 mM dan terendah pada kombinasi perlakuan tanpa cekaman kekeringan (100% KL) dan interval pemangkasan 60 hari sebesar 2,89 mM. Hal ini terjadi karena perlakuan kombinasi antara cekaman kekeringan berat (25% KL) dan interval pemangkasan 120 hari, mengakibatkan cekaman yang sangat berat bagi tanaman sehingga secara fisiologis memaksa tanaman untuk mengeluarkan enzim prolin lebih banyak untuk menstimulir membuka/menutupnya stomata, sehingga potenaial air dalam sel tanaman dapat dipertahankan (*Osmotic Adjustment*). Sedangkan dengan adanya perlakuan pemangkasan 60 atau 90 hari akan memberikan dampak terhadap berkurangnya cekaman kekeringan terhadap tanaman, sehingga kandungan prolinnya lebih rendah bila dibandingkan dengan yang tidak dipangkas.

Menurut Grote et al. (2007), kandungan senyawa prolin merupakan indikator pada tanaman yang mengalami cekaman abiotik seperti cekaman asam, logam dan kekeringan, disamping cekaman biotik seperti serangan hama dan penyakit. Senada dengan itu Konstantinova et al. (2002) menyebutkan bahwa

tanaman memiliki mekanisme untuk mengatasi cekaman kekeringan dengan mengakumulasi senyawa osmoprotektan dan larutan yang sesuai seperti prolin. Selanjutnya dikatakan bahwa prolin dapat berinteraksi dengan sistem membran, mengatur keseimbangan keasaman sitosol dengan perbandingan NADH/NAD⁺, berfungsi sebagai sumber energi dan membantu sel untuk menghadapi cekaman oksidatif. Oleh karena hal tersebut di atas, prolin disebut sebagai osmoprotektan. Tingginya kandungan prolin pada umumnya berbanding lurus dengan tingkat cekaman kekeringan yang ditunjukkan oleh penurunan potensial air (Iannucci et al. 2002). Sejalan dengan pernyataan tersebut Hamim (2008), melaporkan bahwa besarnya kandungan prolin pada daun tanaman diduga merupakan indikator yang menunjukkan bahwa tanaman telah mengalami cekaman berat akibat menurunnya nilai kadar relatif air di daun. Senada dengan itu Majorie et al. (2002), melaporkan bahwa produksi senyawa prolin secara berlebihan dapat menghasilkan peningkatan toleransi terhadap cekaman kekeringan pada tanaman karena prolin memiliki peranan yang sangat penting sebagai osmoregulator.

Pengaruh cekaman kekeringan dan interval pemangkasan terhadap kandungan karbohidrat terlarut (WSC)

Rataan kandungan karbohidrat terlarut *Indigofera zollingeriana* (Tabel 5.) pada taraf perlakuan stres kekeringan berat (25% KL) memberikan nilai tertinggi sebesar 22,43% dibandingkan dengan perlakuan stres kekeringan sedang (50% KL) dan tanpa stres kekeringan (100% KL), berturut turut sebesar 14,56 dan 7,40%. Selanjutnya kandungan karbohidrat terlarut berdasarkan taraf perlakuan interval pemangkasan 120 hari tertinggi sebesar 18,28%, kemudian diikuti interval pemangkasan 90 dan 60 hari, berturut-turut sebesar 14,44 dan 11,67%.

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (ANOVA), menunjukkan bahwa stres kekeringan dan interval pemangkasan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kandungan karbohidrat terlarut. Antara taraf perlakuan stres kekeringan dan interval pemangkasan tidak

Tabel 4. Rataan kandungan prolin tanaman *Indigofera zollingeriana* pada berbagai cekaman kekeringan dan interval pemangkasan

Interval pemangkasan	Cekaman kekeringan			Rataan
	100% KL	50% KL	25% KL	
60 hari	2,89 ^b	5,66 ^b	23,89 ^c	10,82 ^a
90 hari	3,87 ^b	6,01 ^b	26,73 ^a	12,21 ^b
120 hari	4,04 ^a	6,18 ^b	26,47 ^{ab}	12,23 ^b
Rataan	3,60 ^c	5,95 ^b	25,70 ^a	

Huruf yang tidak sama kearah kolom menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$)

terdapat interaksi nyata terhadap kandungan karbohidrat terlarut *Indigofera zollingeriana*. Hasil uji beda terkecil, menunjukkan bahwa kandungan karbohidrat terlarut *Indigofera zollingeriana* pada taraf perlakuan stres kekeringan berat (25% KL) mencapai nilai tertinggi, bila dibandingkan dengan perlakuan tanpa stres kekeringan (100% KL) dan stres kekeringan sedang (50% KL). Sementara itu, karbohidrat terlarut *Indigofera zollingeriana* pada taraf perlakuan interval pemangkasan 60 hari paling rendah dibandingkan dengan interval pemangkasan 90 dan 120 hari. Kandungan karbohidrat terlarut tertinggi dicapai pada kombinasi perlakuan stres kekeringan berat (25% KL) dan interval pemangkasan 120 hari yaitu sebesar 27,77%, sedangkan konsentrasi karbohidrat terendah dicapai kombinasi perlakuan tanpa stres kekeringan (100% KL) dan interval pemangkasan 60 hari yaitu sebesar 4,94%.

Selama periode stres kekeringan, laju fotosintesis mengalami penurunan dan ketika produksi fotosintesis tidak lagi mencukupi, maka pemecahan karbohidrat terlarut dapat dipergunakan untuk mempertahankan metabolisme. Secara teori, semua spesies tanaman memiliki mekanisme menghindari dari kekeringan dan kemampuan untuk menyesuaikan diri dengan osmoregulasi, karena adanya peningkatan fleksibilitas sebagai respons terhadap perubahan kondisi lingkungan (Zhang et al. 2010). Sejalan dengan itu Mafakheri et al. (2010), menyatakan bahwa cekaman kekeringan meningkatkan konsentrasi karbohidrat terlarut pada semua varietas tanaman percobaan. Tanaman biasanya memiliki kadar karbohidrat terlarut yang tinggi ketika tumbuh di bawah kekeringan selama kedua fase vegetatif dan selama bunga mekar. Karena kelarutannya karbohidrat dapat membantu tanaman untuk bertahan hidup menghadapi stres dan menjaga tekanan osmotik

sel yang disebabkan oleh kekeringan. selanjutnya menurut McKersie and Leshem (1994), selama cekaman kekeringan menekan, maka penimbunan larutan aktif zat terlarut yang kompatibel seperti karbohidrat semakin besar dan mekanisme tanaman untuk toleran terhadap stres lebih efektif lagi. Senada dengan itu Praxedes et al. (2005), menyatakan bahwa perubahan konsentrasi karbohidrat, di samping tergantung pada tingkat dan lamanya stres kekeringan, dan juga menggambarkan perbedaan genotifik dalam regulasi metabolisme karbon dan partisi lain pada tingkat seluruh tanaman. Sementara itu, menurut Fulkerson and Donaghy, (2001), terlalu pendeknya interval pemangkasan menyebabkan terkurasnya cadangan karbohidrat terlarut dan penundaan pertumbuhan tajuk dan akar. Rendahnya pemulihan pertumbuhan tajuk dan akar pada padang penggembalaan disebabkan penggembalaan berat, karena tidak memberikan kesempatan pada tanaman untuk menyerap dan menyimpan nutrisi yang diperlukan oleh tanaman untuk tumbuh kembali. Menurut Flexas et al. (2004), kesempatan tumbuh dengan interval pemangkasan yang lebih lama memberikan kesempatan tanaman dapat menyerap hara lebih banyak sehingga kandungan karbohidrat terlarut sebagai cadangan energi dapat bertahan, sebaliknya pada interval pemangkasan pendek akan banyak menguras energi untuk pertumbuhan kembali (regrowth), sehingga cadangan karbohidrat terlarut menjadi berkurang. Dikatakan pula bahwa kekeringan dapat menyebabkan terhambatnya regulasi fotosintesis secara normal sebagai akibat adanya penutupan stomata dan penurunan laju CO₂ kedalam jaringan mesofil yang secara langsung akan menurunkan aktivitas metabolisme.

Tabel 5. Rataan kandungan karbohidrat terlarut pada berbagai cekaman kekeringan dan interval pemangkasan (%)

Interval pemangkasan	Cekaman kekeringan			Rataan
	100% KL	50% KL	25% KL	
60 hari	4,94 ^c	11,91 ^c	18,16 ^b	11,67 ^c
90 hari	7,96 ^b	13,46 ^b	21,90 ^b	14,44 ^b
120 hari	9,31 ^a	18,31 ^a	27,22 ^a	18,28 ^a
Rataan	7,40 ^c	14,56 ^b	22,43 ^a	

Huruf yang tidak sama kearah kolom menunjukkan perbedaan nyata (P < 0,05)

KESIMPULAN

Tanaman *Indigofera zollingeriana* merupakan tanaman pakan ternak yang toleran terhadap cekaman kekeringan, terbukti dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa tanaman tersebut mampu merespon semua taraf perlakuan secara alami, sehingga tanaman dapat tumbuh dan memproduksi secara normal pada kondisi dibawah cekaman. Perlakuan cekaman kekeringan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap penurunan potensial air daun dan kadar air relatif, sedangkan kadar prolin dan karbohidrat terlarut meningkat. Selanjutnya perlakuan interval pemangkasan berpengaruh nyata terhadap potensial air daun dan karbohidrat terlarut. Tidak terdapat interaksi antara cekaman kekeringan dan interval pemangkasan terhadap respon fisiologis tanaman *Indigofera zollingeriana*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bamualim A. 2009. The dynamic of native grass resources in dry-land are of Indonesia to support beef cattle production: Case study of Nusa Tenggara. In: International Seminar on Forage-Best Feed Resources Lembang, Bandung (Indones) on August 3-7, 2009. pp. 142-148.
- Bates LS. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil*. 39:205-207.
- Blum A. 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilisation. *Uphytica* 100:77-83.
- Clearly B, Zaerr J, Hamel J. 1998. Guidelines for measuring plant moisture stress with a pressure chamber. Oregon. (USA): PMS Instrument Company.
- Flexas J, Bota J, Loreta F, Cornic G, Sharkey TD. 2004. Diffusive and metabolic limitation to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. *Plant Biol*. 6:269-279.
- Fulkerson WJ, Donaghy DJ. 2001. Plant soluble carbohydrate reserves and senescence-key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: A review. *Aust J Exp Agric*. 41:261-275.
- Grote D, Schmidt R, Claussen W. 2007. Water uptake and proline index as indicators of predisposition in tomato plants to *Phytophthora nicotianae* infection as influenced by abiotic stresses. *Physiol Mol Plant Pathol*. 69:121-130.
- Hamim, Khairull A, Miftahudin, Triadiati. 2008. Analisis status air, prolin dan aktivitas enzim antioksidan beberapa kedelai toleran dan peka kekeringan serta kedelai liar. *Agrivita* 30(3): 1-10.
- Hassen A, Rethman NFG, van Niekerk WA, Tjelele TJ. 2007. Influence of season/year and species on chemical composition and *in vitro* digestibility of five *Indigofera* accessions. *Anim Feed Sci Tech*. 136:312-322.
- Hendriyani IS, Setiari N. 2009. Kandungan klorofil dan pertumbuhan kacang panjang (*Vigna sinensis*) pada tingkat penyediaan air yang berbeda. *J Sains Mat*. 17:145-150.
- Iannucci A, Russo M, Arena L, Di Fonzo N, Martiniello P. 2002. Water deficit effects on osmotic adjustment and solute accumulation in leaves of annual clovers. *Eur J Agron*. 16:111-122.
- Khalili MH, Heidaro SA, Nourmohammadi, Darvish GF, Islam MH, Valizadegan E. 2011. Effect of superabsorbent polymer (Tarawat A200) on forage yield and qualitative characters in corn under deficit irrigation condition in Khoy Zone (Northwest of Iran). *J Adv Environ Biol*. 5:2579-2587.
- Konstantinova T., Parvanova D, Atanassov A, Djilianov D. 2002. Freezing tolerant tobacco, transformed to accumulate osmoprotectants. *Plant Sci*. 163:157-164.
- Ludlow MM. 1980. Stress physiology of tropical pasture plants. *Tropical grasslands* 14:136-145.
- Mafakeri A, Siosemardeh A, Bahramnejad B, Struik PC, Sohrabi Y. 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. *Aust J Crop Sci*. 4:580-585.
- Majorie J, Raymond MJ, Smoiron N. 2002. Proline metabolism and transport in maize seedlings at low water potential. *Ann Bot*. 89:813-823.
- Makbul SN, Saruhan Guler N, Durmus N, Güven S. 2011. Changes in anatomical and physiological parameters of soybean under drought stress *Turk J Bot*. 35:369-377.
- McKersie BD, Leshem YY. 1994. Stress and stress coping in cultivated plants. London: Kluwer Academic Publishers.
- Moaveni P. 2011. Effect of water deficit stress on some physiological traits of wheat (*Triticum aestivum*). *Agric Sci Res J*. 1:64-68.
- Palta JA, Kobata T, Turner NC, Fillery IR. 1994. Remobilization carbon and nitrogen in wheat as influenced by postanthesis water deficits. *Crop Sci*. 34:118-124.
- Prasad PVV, Staggenborg SA, Ristic Z. 2008. Impacts of drought and/or heat stress on physiological, developmental, growth, and yield processes of crop plants. *J Agron Crop Sci*. 11:301-354.
- Praxedes SC, Damatta FM, Loureiro MEG, Ferraro MA, Cordeiro AT. 2006. Effects of long-term soil drought on photosynthesis and carbohydrate metabolism in mature robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre var. *kouillou*) leaves. *Environ Exp Bot*. 56:263-273.

- Riadiz M, Soetopo L, Basuki N, Kasno A. 2008. Tingkat potensial air tanah sebagai lingkungan seleksi ketahanan kacang tanah terhadap cekaman kekeringan. *J Agrivigor* 7:254-262.
- Ritchie SW, Nguyen HT, Scott Holaday A. 1990. Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Sci.* 30:105-111.
- Siddique MR, Hamid A, Islam M. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. *Bot Bull Acad.* 41:35-39.
- Steel ST, Torrie JH, Dickey DA. 1995. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. 3rd ed. New York: McGraw Hill. p. 665.
- Zhang J, Yao Y, John GS, David CF. 2010. Influence of soil drought stress on photosynthesis, carbohydrates and the nitrogen and phosphorus absorb in different section of leaves and stem of Fuji/M.9EML, a young apple seedling. *Afr J Biotechnol.* 9:5320-5325.