

PERTANIAN

**PENGARUH CEKAMAN KEKERINGAN TERHADAP PERTUMBUHAN DAN KARAKTER
PROTEIN PADA HASIL PRODUKSI TANAMAN
SORGUM (*Sorghum bicolor* L. Moench)**

*Drought Stress Effect on Growth and Protein Character in Plant Production of
Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench)*

Rony Setiawan, Raden Soedradjad dan Tri Agus Siswoyo*

¹Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember (UNEJ)

Jln. Kalimantan 37, Kampus Tegal Boto, Jember 68121

*E-mail : triagus.faperta@unej.ac.id

ABSTRACT

Drought stress is environmental condition that plant could not access sufficient water supply, so it cannot perform optimal growth, development, and production. Drought stress is a major problem of most crop production worldwide. It stimulate oxidative stress that was the improving of Reactive Oxygen Species (ROS) in environment due to an over-reduction of photosynthetic process. The increasing ROS free radicals caused imbalance between ROS and antioxidant status of plant. Tolerant crops such sorghum adapted by producing antioxidants compounds. This study aimed to determine drought stress effect on protein content and proteins antioxidant activity of sorghum in every growth phase. This study used Complete Randomized Design (CRD) with 4 variations of treatment that were PEG 0% (control), 10% PEG at vegetative phase, 10% PEG at reproductive phase I, and 10% PEG reproductive phase II. Observed variables were measured plant growth, total of soluble proteins content, protein patterns, and proteins antioxidant activity. The results showed that there was the increasing of proteins content and proteins antioxidant activity in addition of 10% PEG at different growth phases. The highest protein content that was 12.90 mg/g obtained in addition of 10% PEG at vegetative phase, and the highest proteins antioxidant activity that was 52.63% showed by control.

Keywords: *Sorghum, Drought stress, Protein character, Antioxidant.*

ABSTRAK

Cekaman kekeringan merupakan kondisi lingkungan dimana tanaman tidak menerima asupan air yang cukup, sehingga tanaman tidak dapat melakukan proses pertumbuhan dan perkembangan secara optimal serta produksi menurun. Cekaman kekeringan adalah masalah utama pada hasil produksi tanaman di seluruh dunia. Hal tersebut juga dapat memicu terjadinya cekaman oksidatif yakni suatu keadaan lingkungan yang mengalami peningkatan *Reactive Oxygen Spesies* (ROS) akibat adanya suatu *over* reduksi dari proses fotosintesis. Peningkatan ROS yang bersifat radikal bebas dapat menyebabkan ketidakseimbangan antara ROS tersebut dan status antioksidan yang ada di dalam tanaman. Tanaman yang toleran terhadap cekaman seperti tanaman sorgum beradaptasi dengan cara memproduksi senyawa-senyawa yang bersifat antioksidan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh cekaman kekeringan terhadap kandungan protein dan aktivitas protein antioksidan tanaman sorgum pada setiap fase pertumbuhan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 variasi perlakuan yaitu pemberian PEG 0% (kontrol), fase vegetatif PEG 10%, fase reproduktif I PEG 10%, dan fase reproduktif II PEG 10%. Parameter yang diamati adalah pertumbuhan tanaman, kandungan total protein terlarut, pola protein dan aktivitas protein antioksidan. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan kandungan protein dan aktivitas protein antioksidan pada fase pertumbuhan yang berbeda dengan konsentrasi PEG 10%. Fase vegetatif menunjukkan kandungan protein tertinggi yaitu 12,90 mg/g dan aktivitas protein antioksidan yaitu pada perlakuan kontrol 52,63 %.

Kata kunci: *Sorghum, Cekaman kekeringan, karakter protein, Antioksidan.*

How to cite: Setiawan, R., Siswoyo, T. A., Soedradjad, R. 2015. Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan dan Karakter Protein pada Hasil Produksi Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Berkala Ilmiah Pertanian* 1(1): xx-xx

PENDAHULUAN

Tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan salah satu tanaman pangan yang telah lama dibudidayakan di negara Afrika dan India, karena pada negara tersebut memiliki iklim sedang. Sekitar 80% area lahan yang menanam sorgum berada di wilayah Afrika dan di Benua Asia, tetapi Amerika Serikat merupakan produsen sorgum yang

masih mendominasi. Di negara Afrika, sorgum merupakan 90% kebutuhan masyarakat sebagai bahan pangan (Soeranto, 2012).

Tanaman sorgum juga dapat dibudidayakan di Indonesia, karena Indonesia memiliki lahan yang cocok untuk menanam sorgum tersebut dan tanaman sorgum dapat beradaptasi di daerah yang luas mulai 45°LU - 40°LS, serta di daerah beriklim tropis-kering sampai beriklim basah. Tanaman sorgum dapat berproduksi meskipun ditanam pada lahan marginal. Budidaya tanaman ini sangat mudah, biaya murah dan dapat

ditanam secara monokultur ataupun tumpangsari serta dapat tumbuh kembali setelah dilakukannya pemangkasan pada batang tanaman sorgum. Selain itu tanaman sorgum memiliki resistensi terhadap serangan hama dan penyakit dengan tingkat kegagalan panen relatif kecil (Sumarno dan Karsono, 1995).

Tanaman sorgum memiliki toleransi terhadap cekaman kekeringan, tetapi tingkat ketahanan cekaman kekeringan dipengaruhi oleh fase pertumbuhannya. Pada fase perkecambahan hingga reproduktif merupakan fase kritis bagi tanaman sorgum (Filho *et al.*, 2000). Sehingga perlakuan cekaman kekeringan diberikan pada setiap fase pertumbuhan, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap tanaman sorgum serta produksi yang dihasilkan. Cekaman kekeringan merupakan kondisi lingkungan tanaman tidak menerima asupan air yang cukup, sehingga tanaman tidak dapat melakukan proses pertumbuhan dan perkembangan secara optimal serta produksi menurun. Cekaman kekeringan adalah masalah utama pada hasil produksi tanaman di seluruh dunia (Farooq *et al.*, 2009). Dampak kekeringan juga mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan dan produksi tanaman, terutama pada tahap pengisian biji dan pengaruh perkembangannya.

Cekaman kekeringan identik dengan kekurangan air, jadi apabila tanaman mengalami kekurangan air maka stomata yang berada pada daun akan menutup dan akan mengakibatkan CO_2 terhambat untuk masuk serta menurunkan aktivitas fotosintesis pada tanaman tersebut. Selain itu tanaman juga akan mengalami keterhambatan dalam mensintesis protein dan dinding sel (Salisbury dan Ross, 1992). Salah satu senyawa model cekaman kekeringan yang digunakan untuk mengetahui tingkat ketahanan tanaman terhadap kondisi cekaman kekeringan yaitu menggunakan *polyethylene glycol* (PEG).

Senyawa PEG merupakan senyawa yang dapat menurunkan potensial osmotik melalui aktivitas matriks sub unit etilena oksida yang mampu mengikat molekul air dengan ikatan hidrogen (Rahayu, 2005). Penyiraman larutan PEG ke dalam media tanam diharapkan dapat menciptakan kondisi cekaman karena ketersediaan air bagi tanaman menjadi berkurang. PEG digunakan sebagai bahan untuk menstimulasi cekaman kekeringan pada tanaman sorghum. Ukuran molekul dan konsentrasi PEG dalam larutan menentukan besarnya potensial osmotik larutan yang terjadi pada larutan yang mengandung senyawa tersebut.

Kekeringan yang terjadi pada tanaman dapat mempengaruhi proses morfologi, anatomi, fisiologi dan biokimia (Salisbury dan Ross, 1992). Ketika hal ini terjadi sebagian stomata daun menutup sehingga CO_2 yang akan masuk terhambat dan terjadi penurunan aktivitas fotosintesis. Cekaman ini juga dapat memicu terjadinya cekaman oksidatif yakni suatu keadaan lingkungan yang mengalami peningkatan *Reactive Oxygen Species* (ROS) akibat adanya suatu over reduksi dari proses fotosintesis. Hal ini terjadi dikarenakan senyawa reduktan yang tidak termanfaatkan akibat CO_2 yang terhambat selama terjadinya proses cekaman kekeringan. Peningkatan ROS yang bersifat radikal bebas dapat menyebabkan ketidakseimbangan antara ROS tersebut dan status antioksidan yang ada di dalam tanaman. Namun pada tanaman yang toleran terhadap cekaman seperti tanaman sorgum akan melakukan suatu adaptasi dengan cara memproduksi senyawa-senyawa yang bersifat antioksidan.

Hasil produksi dari tanaman sorgum ini memiliki kandungan protein yang lebih tinggi diantara tanaman sereal lainnya. Pada biji sorgum kandungan protein mencapai 11 mg/g. Sehingga tanaman sorgum ini dapat dijadikan sebagai pengganti bahan pangan fungsional (Sirappa, 2003). Biji sorgum mempunyai potensi penting sebagai sumber karbohidrat dan bahan pangan, pakan dan komoditi ekspor. Keunggulan sorgum kaya akan bermacam-macam fitokimia, termasuk asam phenolat, anthocyanin, phitosterol dan policosanol. Fitokimia ini sangat bermanfaat bagi kesehatan manusia karena mempunyai aktivitas antioksidan yang tinggi dibanding sereal lainnya, bahkan setara dengan buah-buahan (Awika and Rooney, 2004).

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di *Green house* Agroteknopark dan Laboratorium Analisis Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jember pada bulan Juli 2014 sampai februari 2015. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 4 taraf perlakuan yaitu Kontrol PEG 0%, fase vegetatif PEG 10%, fase reproduktif I PEG 10% dan fase reproduktif II PEG 10%. Data yang diperoleh dianalisis dengan ANOVA dan apabila berbeda nyata maka dilanjutkan dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) $\alpha = 5\%$.

Pelaksanaan percobaan dilakukan dengan beberapa tahap meliputi :

Pembuatan Media dan pembibitan. Media tanam yang digunakan untuk penanaman benih sorgum yaitu menggunakan tanah : pasir : kompos dengan perbandingan 2 : 1 : 1, kemudian benih sorgum varietas numbu dikecambahkan menggunakan *pottry*. Pembibitan dilakukan sampai daun tanaman muncul 3 helai secara penuh (± 7 hari).

Penanaman. Bibit sorgum yang telah berdaun 3 helai (± 7 hari) dipindahkan ke dalam *polybag* dengan media yang sama. *Polybag* yang digunakan untuk penanaman benih yaitu ukuran 40 x 50 cm. Media pada *polybag* diisi masing-masing dengan berat 12 kg per *polybag*.

Perlakuan. Perlakuan cekaman kekeringan dilakukan dengan cara mengaplikasikan PEG dengan konsentrasi 10% (w/v) pada saat fase vegetatif, fase reproduktif I dan fase reproduktif II sedangkan untuk perlakuan kontrol, penyiraman tetap dilakukan dengan air tanpa menggunakan PEG.

Pemupukan. Pemupukan pada tanaman sorgum menggunakan Urea (N), SP-36 (P) dan KCl (K) per *polybag*. Untuk total pemupukan yang digunakan adalah 3,75 gram Urea, 1,87 gram SP-36 dan 0,94 gram KCl (Pacific Seeds Yearbook. 2008/2009). Pemberian pupuk urea dibagi menjadi dua tahap yaitu pada 1/3 dosis sebelum tanam dan 2/3 saat tanaman berumur 1 bulan. Pemberian pupuk awal 1/3 Urea, SP-36 dan KCl diberikan 1 – 2 hari setelah pemindahan bibit dari *pottry* ke *polybag* sedangkan 2/3 Urea diberikan pada saat tanaman berumur 1 bulan. Pemupukan ini diberikan masing-masing per tanaman.

Panen. Pemanenan dilakukan dengan melihat umur tanaman, biasanya sorgum dipanen apabila biji sudah dapat dikatakan masak optimal atau masak fisiologis dengan melihat warna, bentuk dan ukuran biji. Umur biji dapat dipanen pada umur 120 mulai awal tanam. Panen dilakukan dengan cara memangkas tangkai mulai 7,5-15 cm dibawah bagian biji dengan menggunakan sabit.

Ekstraksi Sampel. Pengambilan sampel untuk ekstraksi yaitu biji yang telah dipanen dengan perlakuan cekaman pada fase yang berbeda. Sampel diperoleh dengan cara menghaluskan biji kemudian diambil tepungnya. Untuk preparasi sampel yaitu mengambil tepung dari biji tersebut sebesar 0,3 gram dengan menambahkan buffer fosfat (buffer fosfat dengan konsentrasi 0,1 M pH 7) tiga kali berat sampel dan pasir kuarsa untuk mempermudah pengestrakan, kemudian sampel yang telah halus ke dalam tube untuk disentrifuse selama 15 menit dengan kecepatan 10.000 rpm. Hasil sentrifuse diambil supernatannya dan diukur volume supernatan yang diperoleh kemudian digunakan untuk analisa kandungan protein dan pola protein.

Penentuan Kandungan Total Protein Terlarut. Penentuan kandungan total protein terlarut pada sampel menggunakan metode Bradford (1976) dengan beberapa modifikasi. Sampel sebanyak 5 μL ditambah dengan 45 μL methanol dan 950 μL Bradford, kemudian diinkubasi selama 15 menit. Nilai absorbansi diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 595 nm. *Bovine serum albumin* (BSA) digunakan sebagai standar untuk penentuan konsentrasi total protein terlarut dengan satuan mg BSA/ g sampel.

Pola Protein. Supernatan yang didapat kemudian ditentukan berat molekulnya menggunakan elektroforesis sesuai dengan metode Laemmli (1970), dengan konsentrasi gel 15%. Sebelum proses elektroforesis dibuat terlebih dahulu gel poliakrilamid yang terdiri dari *lower gel* dan *upper gel*. *Lower gel* terdiri dari 1.65 mL aquadest, 1.75 mL Tris HCL pH 8.8, 70 μL 10% SDS, 35 μL 10% Ammonium Persulfat (APS) dan

3.5 μL *tetramethylethylenediamine* (TEMED). *Upper gel* terdiri dari 1.83 mL aquadest, 0.75 mL Tris HCL pH 6.8, 30 μL 10% SDS, 15 μL 10% APS dan 3 μL TEMED. Setelah terbentuk gel lalu dibuat kolom-kolom untuk meletakkan sampel. Sebelum proses elektroforesis dijalankan, sampel dilarutkan dalam buffer *loading* dan β -mercaptoetanol (perbandingan 95 : 5/ (v/v)) kemudian didenaturasi terlebih dahulu pada suhu 100°C selama \pm 5 menit. Setelah gel poliakrilamid terbentuk maka sampel yang telah didenaturasi dimasukkan kedalam kolom-kolom gel poliakrilamid. Proses elektroforesis dilakukan selama \pm 5 jam dengan menggunakan tegangan awal 20-25 V untuk 60 menit pertama serta tegangan sebesar 40-50 V sampai dengan elektroforesis selesai. Kemudian dilakukan pewarnaan dengan *Coomassie Brilliant Blue R-250*. Pencucian gel menggunakan larutan 40% *methanol* dan 10% asam asetat.

Penentuan Retention factor (Rf). adalah hasil pembagian antara jarak perpindahan bercak dengan jarak pengembangan pelarut atau perbandingan jarak yang ditempuh komponen terhadap jarak yang ditempuh pelarut (Fase gerak), dan dituliskan dalam bentuk nilai decimal (Cairns, 2009). Faktor Retardasi (Rf) merupakan parameter kromatografi kromotogon kertas dan kromatografi lapis tipis. Rf merupakan ukuran kecepatan migrasi suatu komponen pada kromatografi dan pada kondisi tetap merupakan peranan karakteristik dan produksibel (Sastrohamidjojo, 1985).

HASIL

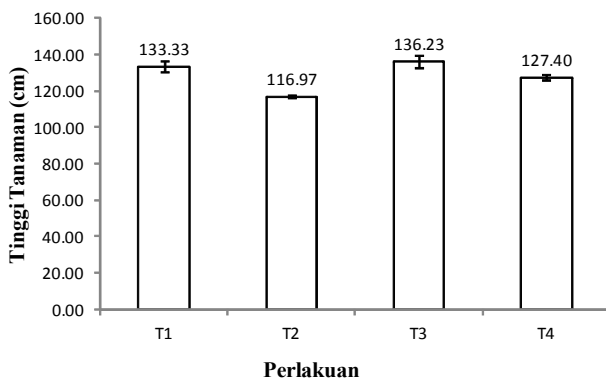
Hasil sidik ragam pengaruh cekaman kekeringan pada setiap fase pertumbuhan tanaman sorgum terhadap seluruh parameter percobaan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil F-hitung seluruh variabel yang diamati

No	Variabel	F-hitung	F-tabel		Notasi
			0,05	0,01	
1	Tinggi tanaman (cm)	8.21	7.59	4.43	**
2	Panjang akar (cm)	9.77	7.59	4.43	**
3	Berat 100 biji (g)	44.76	7.59	4.43	**
4	Kandungan klorofil (μmol^{-2})	182.83	7.59	4.43	**
5	Kandungan Protein (mg/g)	191.10	4.07	7.59	**

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata

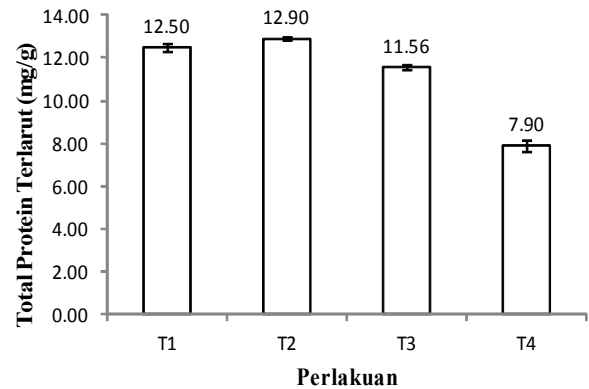
Hasil ANOVA (Tabel 1) menunjukkan perlakuan cekaman kekeringan pada setiap fase pertumbuhan tanaman berbeda sangat nyata terhadap parameter tinggi tanaman, panjang akar, berat 100 biji, kandungan klorofil dan kandungan protein.



Gambar 1. Tinggi tanaman sorgum pada setiap fase pertumbuhan yang berbeda dengan cekaman kekeringan menggunakan PEG 10%.

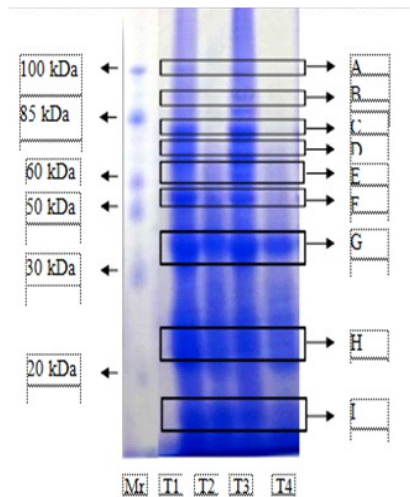
Pertumbuhan tinggi tanaman (Gambar 1) mengalami perbedaan pada setiap fase pertumbuhan yang diberi cekaman kekeringan. Pertumbuhan tinggi tanaman (Gambar 1) mengalami perbedaan pada setiap fase pertumbuhan yang diberi cekaman kekeringan, yaitu pada perlakuan fase vegetatif (T2) lebih rendah yaitu 116,97 cm dibandingkan dengan tinggi

tanaman kontrol (T1) 133,33 cm, fase reproduktif I (T3) 136,23 cm dan fase reproduktif II (T4) 127,40 cm.



Gambar 2. Perubahan kandungan total protein biji sorgum pada berbagai fase pertumbuhan dengan cekaman kekeringan.

Cekaman kekeringan pada setiap fase pertumbuhan tanaman berpengaruh terhadap perubahan kandungan protein pada biji sorgum. Kandungan total protein (Gambar 2) mengalami peningkatan pada fase vegetatif (T2) yaitu 12,90 mg/g dan mengalami penurunan sejalan dengan fase pertumbuhannya yaitu pada fase reproduktif I (T3) yaitu 11,56 mg/g dan fase reproduktif II (T4) yaitu 7,90 mg/g.



Gambar 3. Pola protein biji sorgum pada berbagai fase pertumbuhan dengan cekaman kekeringan.

Cekaman kekeringan pada setiap fase pertumbuhan tanaman berpengaruh terhadap hasil SDS PAGE pada biji sorgum. Dari hasil SDS PAGE menunjukkan adanya perbedaan berat molekul antar fase pertumbuhan dimana pada kontrol (T1) dan fase reproduktif I memiliki berat molekul \pm 90 kDa, pada fase vegetatif \pm 40 kDa dan fase reproduktif II \pm 30 kDa.

PEMBAHASAN

Perubahan-perubahan morfologi pada tanaman yang mengalami cekaman kekeringan antara lain terhambatnya pertumbuhan akar, tinggi tanaman, diameter batang, luas daun dan jumlah daun (Sinaga, 2007). Lebih lanjut, cekaman kekeringan dapat menurunkan tingkat produktivitas (biomassa) tanaman, karena menurunnya metabolisme primer, penyusutan luas daun dan aktivitas fotosintesis (Solichatun *et al.*, 2005). Hasil analisis ragam (Tabel 1) menunjukkan adanya pengaruh berbeda nyata pada parameter tinggi tanaman, volume akar, konduktansi stomata dan kandungan total klorofil, namun berbeda tidak nyata pada parameter panjang akar, rasio tajuk akar dan luas daun tanaman sorgum.

Tinggi tanaman merupakan salah satu indikator pertumbuhan maupun parameter yang digunakan untuk mengukur pertumbuhan oleh pengaruh lingkungan karena mudah dilihat serta pengukuran tidak merusak tanaman. Bray (1997) dalam Setiawan (2012) juga menyatakan bahwa kekeringan merupakan salah satu cekaman lingkungan yang dapat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan, serta produktivitas tanaman. Pertumbuhan tinggi tanaman juga dipengaruhi oleh kadar lengas tanah. Hal itu dikarenakan tinggi tanaman yang diawali dengan proses pembentukan tunas merupakan proses pembelahan dan pembesaran sel. Kedua proses ini dipengaruhi oleh turgor sel. Proses pembelahan dan pembesaran sel akan terjadi apabila sel mengalami turgiditas yang unsur utamanya adalah ketersediaan air (Samanhudi, 2010). Tanaman yang mengalami kekurangan air atau ketersediaan air terbatas (cekaman kekeringan) maka pertumbuhan tinggi tanaman akan mengalami keterhambatan.

Protein merupakan suatu senyawa organik kompleks berbobot molekul tinggi yang merupakan polimer dari monomer-monomer asam amino yang dihubungkan satu sama lain dengan ikatan peptida. Tumbuhan menyerap unsur-unsur hara kemudian disalurkan ke seluruh bagian tanaman sampai ke daun sehingga tumbuhan membentuk protein dan melakukan perombakan (proses katabolisme). Verslues *et al.* (2006) tanaman yang mengalami cekaman kekeringan akan meningkatkan kandungan prolin yang berperan terhadap toleransi dehidrasi dengan cara melindungi protein dan struktur membran. Pada mekanisme ini, terjadi sintesis dan akumulasi senyawa organik yang dapat menurunkan potensial osmotik sehingga menurunkan potensial air dalam sel tanpa membatasi fungsi enzim serta menjaga turgor sel. Beberapa senyawa yang berperan dalam penyesuaian osmotikal sel antara lain gula osmotik, prolin dan betain, protein dehidrin (Setiawan, 2012).

Pola pita protein merupakan pola yang jumlah pita protein pada sampel yang dianalisis. Terdapat nilai pada setiap pita protein yang muncul dengan melihat marker yang digunakan sebagai penentuan nilai dari hasil elektroforesis tersebut. Menurut Vaseva *et al.* (2012), menyatakan bahwa tanaman yang mengalami suatu cekaman abiotik salah satunya cekaman kekeringan, maka tanaman akan merespon kekeringan tersebut dengan cara mensintesis protein pelindung, seperti dehidrin. Hal ini juga didukung oleh penelitian sahebat *et al.* (1998), yang dimana menyatakan bahwa ditemukan adanya akumulasi protein dengan berat molekul yang rendah apabila tanaman mengalami cekaman kekeringan.

KESIMPULAN

Cekaman kekeringan pada setiap fase pertumbuhan tanaman dapat merubah kandungan protein tanaman sorgum, yaitu pada fase vegetatif meningkat yaitu 12,90 mg/g. Pada hasil SDS PAGE menunjukkan adanya perbedaan berat molekul pada fase pertumbuhan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Awika JM, Rooney, L.W. 2004. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry*. 65: 1199-1221.
- Bradford MM. 1976. A Rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of dye binding. *Anal. Biochem.*, 72: 248-254.
- Caims D. 2009. *Intisari Kimia Farmasi Edisi Kedua*. Penerjemah: Puspita Rini. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC. Terjemahan dari : *Essentials of Pharmaceutical Chemistry Second Edition*.
- Farooq M, A Wahid, N Kobayashi, D Fujita SMA. Basra, 2009. Plantdrought stress: effects, mechanisms and management. *Agron.Sustain. Dev.*, 29 : 185-212.
- Filho MS, LF Carvalho, EM Teófilo, AG Rossetti. 2000. Effect of osmoconditioning on the vigour of sorghum seeds. *Ciência agrônoma*. 31 : 33-42.
- Laemmli UK. 1970. Cleavage of Structural Protein During the Assembly of The Head of Bacteriophage T4. *Nature*, 227 : 680-685.
- Rahayu ES, G Edi, I Satriyas, Sudarsono. 2005. Polietilena Glikol (PEG) dalam media in vitro menyebabkan kondisi cekaman yang menghambat tunas kacang tanah (*Arachis hypogaea L.*). *Berk. Penel. Hayati* 11 : 39-48.
- Sabehat A, D Weiss, S Lurie. 1998. Heatshock proteins and cross-tolerance in plants. *Physiol Plant*. 103: 437-441.
- Salisbury FB, CW Ross. 1992. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing Company. California.
- Samanhudi. 2010. Pengujian cepat ketahanan tanaman sorgum manis terhadap cekaman kekeringan. *Agrosains*, 12 (1) : 9-13.
- Sastrohamidjojo H. 1985. Kromotografi. Yogyakarta : Liberty.
- Setiawan, Tohari, D. Shiddiq. 2012. Pengaruh cekaman kekeringan terhadap akumulasi prolin tanaman nilam (*Pogostemon cablin Benth.*). 15 (2) : 85-99.
- Sirappa MP. 2003. Prospek pengembangan sorgum di Indonesia sebagai komoditas alternatif untuk pangan, pakan dan industri. *Libang Pertanian*, 22 (4): 133-140.
- Sinaga R. 2007. Analisis model ketahanan rumput gajah dan rumput raja akibat cekaman kekeringan berdasarkan respon anatomi akar dan daun. *Biologi Sumatera*, 2 (1): 17-20.
- Solichatun, E Anggarwulan, W Mudyantini. 2005. Pengaruh ketersediaan air terhadap pertumbuhan dan kandungan bahan aktif saponin tanaman ginseng jawa (*Talinum paniculatum Gaertn.*). *Biofarmasi*, 3 (2): 47-51.
- Soeranto H. 2012. *Prospek dan potensi sorgum sebagai bahan baku bioetanol*. Jakarta Selatan : Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR) dan Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN).
- Sumamo, S Karsono. 1995. Perkembangan produksi sorgum di dunia dan penggunaannya. 4: 13 – 24.
- Vaseva I, Y Akiscan., LS Stoilova, A Kostadinova, R Nenkova, I Anders, U Feller, K. Demirevska. 2012. Antioxidant response to drought in red and white clover. *Acta Physiol Plant*. 34(1): 1689-1699.
- Verslues PE, M Agarwal, S Katiyar-Agarwal, J Zhu, J Kang Zhu. 2006. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *The Plant Journal*, 45 : 523-539.