



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

SKRIPSI

Oleh

**Rony Setiawan
NIM 101510501157**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



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

SKRIPSI

Diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan
Program Sarjana pada Program Studi Agroteknologi (S1)
Fakultas Pertanian Universitas Jember

oleh

Rony Setiawan
NIM 101510501157

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda H. Achmad Murtado dan Ibunda Hj. Siti Djuharyah, terima kasih atas segala pengorbanan, kasih sayang, serta do'a yang selalu dipanjatkan yang mungkin tidak dapat terbalas dengan apapun;
2. Kakak dan adik tercinta, atas motivasi serta dukungan yang telah diberikan selama ini;
3. Semua guru-guru sejak Sekolah Dasar hingga Perguruan Tinggi yang telah mendidik dan memberikan ilmunya;
4. Almamater Fakultas Pertanian Universitas Jember.

MOTTO

Berusahalah sebisa mungkin dan jangan pernah menyerah
Sebelum apa yang kita tercapai seutuhnya

Berdo'alah kepada Allah SWT agar usaha yang kita
Lakukan menjadi berkah, mudah dan lancar
(Penulis)



PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Rony Setiawan

NIM : 101510501157

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul **“Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan dan Karakter Protein pada Hasil Produksi Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench)”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 Juni 2015

Yang menyatakan,

Rony Setiawan
NIM 101510501157

SKRIPSI

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

Oleh

Rony Setiawan
NIM 10510501157

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Tri Agus Siswoyo, SP., M.Agr., Ph.D.
NIP. 19700810 199803 1 001

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Raden Soedradjad, M.T.
NIP. 19570718 198403 1 001

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan dan Karakter Protein pada Hasil Produksi Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench)**” telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 15 Juni 2015

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Prof. Tri Agus Siswoyo, SP., M.Agr., Ph.D
NIP. 19700810 199803 1 001

Ir. Raden Soedradjad, M.T.
NIP. 19570718 198403 1 001

Dosen Penguji,

Ir. Niken Sulistyaningsih, MS.
NIP. 19560822 198403 2 001

Mengesahkan
Dekan,

Dr. Ir. Jani Januar, M.T.
NIP. 19590102 198803 1 002

RINGKASAN

Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan dan Karakter Protein pada Hasil Produksi Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench); Rony Setiawan, 101510501157; 2015: 47 halaman; Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

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 (Farooq, *et.al.*, 2009). 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 akan melakukan suatu adaptasi 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, karakter protein pada biji sorgum menunjukkan adanya perbedaan dan aktivitas protein antioksidan yaitu pada perlakuan kontrol 52,63 % dengan nilai IC_{50} 67,14 μ g/mL.

SUMMARY

Drought Stress Effect on Growth and Protein Character in Plant Production of Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench); Rony Setiawan, 101510501157; 2015: 47 pages; Department of Agrotechnology Faculty of Agriculture, University of Jember.

Drought stress is the environment condition which the plant couldn't take sufficient water supply, so that plant cannot perform optimal growth, development, and also production decrease. Drought stress is a major problem in worldwide crop production (Farooq, et.al., 2009). Drought stress being trigger of oxidative stress, it is an environmental condition experience is increase Reactive Oxygen Species (ROS) due to an over-reduction of photosynthetic process. Increased ROS free radicals caused imbalance between ROS and antioxidant status of plant. Stress tolerant on crops such as sorghum will performed an adaptation by producing antioxidants compounds.

This study aimed to determine drought stress effect on protein content and antioxidant activity of sorghum protein in every growth phase. This study used complete randomized design (CRD) with 4 variations of treatment that is giving PEG 0% (control), 10% PEG vegetative phase, reproductive phase I PEG 10%, and the reproductive phase II PEG 10%. Parameters measured were plant growth, content of soluble protein total, protein patterns, and proteins antioxidant activity.

The results showed that is an increase protein content and proteins antioxidant activity in different growth phases of 10% PEG concentration. Vegetative phase showed the highest protein content 12.90 mg/g, characters on grain sorghum protein showed a difference and control treatment have the highest proteins antioxidant activity 52.63% with IC_{50} value 67,14 $\mu\text{g/mL}$

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah yang berjudul "Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan dan Karakter Protein pada Hasil Produksi Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench)" dengan sebaik-baiknya. Karya Tulis ilmiah ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini tidak terlepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Jani Januar, M.T. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Jember;
2. Ir. Hari Purnomo, M.Si., Ph.D., DIC selaku Ketua Program Studi Agroteknologi;
3. Prof. Tri Agus Siswoyo, SP., M.Agr., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama, Ir. Raden Soedradjad, M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota, dan Ir. Niken Sulistyaningsih, MP. selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
4. Halimatus Sadiyah, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
5. Orang tuaku tercinta Ayahanda H. Achmad Murtado dan Ibunda Hj. Siti Djuharyah yang telah memberikan restu, kasih sayang serta doa-doanya hingga sekarang;
6. Kakak tercinta Dany Setiawan dan Nita Murdiana serta adikku Sony Kurniawan dan Arif Kurniawan atas motivasi serta dukungan yang telah diberikan selama ini;
7. Lailatul Hikmah yang sudah memberi semangat dan mendukung selama penyusunan skripsi.
8. Teman-teman seperjuanganku Laboratorium Analisis Tanaman Dede, Adi, Nuriyah, Ria, Laras, Bayu, Robhita, Biby, Aji dan Rio;

9. Teman-teman D-Acid Arini, Angga, Bayu, Nely, Fitri, Vina, yoki, gufron dan teman-teman D-Acid lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu;
10. Semua pihak telah memberikan dukungan dan semangat serta pengalaman hidup yang tidak terlupakan. Hanya doa yang dapat penulis panjatkan semoga segala kebaikan dan dukungan yang telah diberikan mendapatkan balasan dari Tuhan Yang Maha Esa;

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa kesempurnaan hanyalah milik Tuhan Yang Maha Esa, oleh karena itu penulis senantiasa mengharapkan kritik dan saran konstruktif dari pembaca. Semoga karya tulis ilmiah ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang pertanian.

Jember, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Karakteristik Tanaman Sorgum	5
2.2 Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan Tanaman	6
2.3 <i>Polyethylene Glycol</i> (PEG)	8
2.4 Protein	9
2.5 Aktivitas antioksidan	10
2.5 Hipotesis	11
BAB 3. METODE PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat	12
3.2 Alat dan Bahan	12

3.3 Rancangan Percobaan	12
3.4 <i>Lay out</i> Tanam	13
3.5 Pelaksanaan Percobaan	14
3.5.1 Pembuatan Media dan Pembibitan	14
3.5.2 Penanaman	14
3.5.3 Perlakuan Cekaman	14
3.5.4 Pemupukan	15
3.5.5 Pemanenan	15
3.6 Metode Analisis Protein	15
3.6.1 Ekstraksi Sampel	15
3.6.2 Penentuan Kandungan Total Protein Terlarut	16
3.6.3 Penentuan Aktivitas Antioksidan Dengan Pemberian 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazole-6-sulfonicacid) (ABTS)	16
3.6.4 Pola Protein dengan <i>Sodium Dodecyl Sulfate</i> <i>Polyacrylamide Gel Elektroforesis</i> (SDS-PAGE)	17
3.6.5 <i>Retention factor</i> (Rf)	17
3.7 Parameter Percobaan	18
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Kondisi Lahan Percobaan	19
4.2 Respon Pertumbuhan Tanaman Sorgum pada Kondisi Cekaman Kekeringan	20
4.3 Kandungan Total Protein Terlarut dan Pola Protein	24
4.4 Aktivitas Protein Antioksidan	27
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	37

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Kandungan nutrisi sorgum dalam 100 g bahan dibanding bahan pangan lainnya	9
Tabel 4.1	Hasil rangkuman Anova pada setiap parameter pertumbuhan tanaman sorgum	20
Tabel 4.2	Perbedaan band protein biji sorgum dan nilai Rf (Faktor Retensi) dari hasil SDS PAGE pada berbagai fase pertumbuhan dan perlakuan PEG 10%	26
Tabel 4.3	Nilai IC ₅₀ (µg/mL) aktivitas peredaman biji sorgum dari masing-masing perlakuan cekaman kekeringan menggunakan PEG dengan fase pertumbuhan yang berbeda	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Struktur umum protein	8
Gambar 3.1	Denah tanaman sorgum saat melakukan penanaman	12
Gambar 3.2	Pemberian perlakuan cekaman kekeringan menggunakan PEG dengan konsentrasi 10% pada setiap fase pertumbuhan	13
Gambar 4.1	Rata-rata suhu harian pada lahan percobaan	19
Gambar 4.2	Pengaruh cekaman Kekeringan terhadap pertumbuhan tanaman sorgum. A = Tinggi tanaman dan B = Panjang akar	21
Gambar 4.3	Pengaruh cekaman Kekeringan terhadap pertumbuhan tanaman sorgum. C = Berat 100 biji dan D = Kandungan klorofil	22
Gambar 4.4	Pengaruh cekaman kekeringan dengan senyawa PEG terhadap berat biji tanaman sorgum	22
Gambar 4.5	Perubahan kandungan total protein biji sorgum pada berbagai fase dengan cekaman kekeringan menggunakan senyawa <i>Polyethylene Glycol</i> (PEG)	24
Gambar 4.6	Pola Protein Biji Sorgum pada berbagai fase dengan cekaman kekeringan menggunakan senyawa <i>Polyethylene Glycol</i> (PEG) menggunakan 15% SDS PAGE	25
Gambar 4.7	Aktivitas peredaman ABTS (%) pada biji sorgum dengan berbagai fase pertumbuhan dan perlakuan cekaman kekeringan menggunakan PEG	28

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
1.	Aktivitas protein antioksidan biji sorgum pada setiap fase pertumbuhan dengan PEG 10%	37
2.	Kandungan protein biji sorgum pada setiap fase pertumbuhan dengan PEG 10%	38
3.	Tinggi tanaman sorgum pada setiap fase pertumbuhan yang berbeda dengan cekaman kekeringan menggunakan PEG 10 %	39
4.	Panjang akar tanaman sorgum pada setiap fase pertumbuhan yang berbeda dengan cekaman kekeringan menggunakan PEG 10 %	40
5.	Berat 100 biji per gram pada setiap fase pertumbuhan yang berbeda dengan cekaman kekeringan menggunakan PEG 10 %	41
6.	Kandungan total klorofil tanaman sorgum pada setiap fase pertumbuhan yang berbeda dengan cekaman kekeringan menggunakan PEG 10 %	42
7.	Rata-rata kelembaban udara dan suhu harian	43
8.	Kelembaban tanah	44
9.	Intensitas cahaya	45
10.	Laju pertumbuhan	46
11.	Dokumentasi penelitian	47

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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 perkembangan.

Cekaman kekeringan identik dengan kekurangan air, jadi apabila tanaman mengalami kekurangan air maka stomata yang berada pada daun akan menutup dan akan mengakibatkan CO₂ 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 sorgum. 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 CO₂ 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 Spesies* (ROS) akibat adanya suatu over reduksi dari proses fotosintesis. Hal ini terjadi dikarenakan senyawa reduktan yang tidak termanfaatkan akibat CO₂ yang terhambat selama terjadinya proses cekaman kekeringan (Borsani *et al.*, 2001). Peningkatan ROS yang bersifat radikal bebas dapat menyebabkan ketidakseimbangan antara ROS tersebut dan status antioksidan yang ada di dalam tanaman (Winarsi *et al.*, 2012). 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 serealia 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 serealia lainnya, bahkan setara dengan buah-buahan (Awika and Rooney, 2004).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan tanaman sorgum?
2. Bagaimana pengaruh cekaman kekeringan terhadap kandungan protein biji sorgum pada setiap fase pertumbuhan?
3. Bagaimana pengaruh cekaman kekeringan terhadap karakter protein biji sorgum pada setiap fase pertumbuhan?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas maka penelitian yang dilakukan bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan tanaman sorgum.
2. Mengetahui pengaruh cekaman kekeringan terhadap kandungan protein biji sorgum pada setiap fase pertumbuhan.
3. Mengetahui pengaruh cekaman kekeringan terhadap karakter protein biji sorgum pada setiap fase pertumbuhan.

1.3.2 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian dapat dijadikan sumber informasi tentang pertumbuhan, kandungan protein dan karakter protein tanaman sorghum yang tercekam kekeringan pada setiap fase pertumbuhan tanaman.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Tanaman Sorgum

Berdasarkan klasifikasi Taksonomi tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) tergolong dalam :

Kingdom	: Plantae/tumbuhan
Subkingdom	: Tracheobionta (tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: Spermatophyta (menghasilkan biji)
Divisi	: Magnoliophyta (tumbuhan berbunga)
Kelas	: Liliopsida (berkeping satu/monokotil)
SubKelas	: Commelinidae
Ordo	: Poales
Famili	: Poaceae (suku rumput-rumputan)
Genus	: Sorghum
Spesies	: <i>Sorghum bicolor</i> L Moench (Sofyadi, 2012).

Sorghum adalah salah satu dari 5 jenis tanaman utama di dunia. Toleransi kekeringan sorgum relatif baik dan kesuburan dan kelembapan tanah cukup memberikan reaksi terhadap percepatan pertumbuhan. Ketahanan terhadap kondisi kering pada tanaman sorgum disebabkan karena adanya lapisan lilin pada batang dan daunnya yang dapat mengurangi kehilangan air karena penguapan. Potensi yang dimiliki tanaman sorgum dapat digunakan sebagai suatu upaya pemberdayaan lahan kering dan lahan kritis (Almodares, 2007).

Tanaman sorgum memiliki keunggulan tahan terhadap kekeringan dibanding jenis tanaman sereal lainya. Tanaman ini mampu beradaptasi pada daerah yang luas, mulai dari daerah dengan iklim tropis-kering (semi arid) sampai daerah beriklim basah (Sumarno dan Karsono, 1995). Tanaman sorgum masih dapat menghasilkan biji pada lahan marginal. Budidayanya mudah dengan biaya yang relatif murah, dapat ditanam monokultur maupun tumpangsari, produktivitas sangat tinggi dan dapat diratun (dapat dipanen lebih dari satu kali dalam sekali tanam dengan hasil yang tidak jauh berbeda, tergantung pemeliharaan tanamannya). Selain itu tanaman sorgum lebih resisten terhadap serangan hama dan penyakit sehingga risiko gagal relatif kecil.

Sorghum manis termasuk tanaman C4 yang dapat tumbuh tinggi hingga 3-5 meter (Purnomohadi, 2006). Sebagai tanaman C4 maka sorgum merupakan

tanaman yang efisien karena dapat menghasilkan produk fotosintesis yang tinggi. Secara fisiologis, permukaan daun yang mengandung lapisan lilin dan sistem perakaran yang ekstensif, fibrous dan dalam, cenderung membuat tanaman sorgum efisien dalam absorpsi dan pemanfaatan air (Apriwinda, 2013). Periode pertumbuhan sorgum manis (3-4 bulan) lebih pendek dibanding tebu (7 bulan) sehingga memungkinkan sorgum manis dapat dipanen dua kali dalam setahun (Samanhudi, 2010).

Sorgum cocok dikembangkan di lahan kering karena kebutuhan airnya sangat sedikit (House, 1985 dalam Supriyanto, 2010). Untuk menghasilkan 1 kg bahan kering kebutuhan air untuk sorgum, jagung, barley, gandum dan padi adalah sebagai berikut: sorgum butuh 322 kg air, jagung butuh 368 kg air, barley butuh 434 kg air, gandum butuh 514 kg air, sedangkan padi butuh lebih banyak lagi.

2.2 Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Cekaman abiotik seperti kekeringan, kadar garam tinggi (salinitas), suhu tinggi atau rendah, serta kemasaman tanah dapat mengakibatkan perubahan pada morfologi, fisiologi, dan biokimia, yang akhirnya akan berpengaruh buruk pada pertumbuhan tanaman serta produktivitasnya. Kekeringan, salinitas, temperatur ekstrim, dan cekaman oksidatif, seringkali saling berhubungan dan menginduksi kerusakan yang sama pada sel tanaman (Ai and Banyo, 2011).

Cekaman kekeringan ditandai dengan kadar air tanah berada pada kondisi yang minimum untuk pertumbuhan dan produksi tanaman. Kekurangan air mempengaruhi semua aspek pertumbuhan tanaman, yang meliputi proses fisiologi, biokimia, anatomi dan morfologi (Purwanto dan Agustono 2010). Pada saat kekurangan air, sebagian stomata daun menutup sehingga terjadi hambatan masuknya CO₂ dan menurunkan aktivitas fotosintesis.

Fraksi utama dari nitrogen yang berhubungan dengan fotosintesis terdiri dari protein pigmen yang kompleks, reaksi utama fotosistem, rangkaian komponen transport elektron (keutamaan sitokrom dan feredoksin NADP reduktase yang komplek) dan faktor lain yang berhubungan (ATP sintase).

Keutamaan nitrogen thylakoid (60-85%) dapat ditemukan dalam protein pigmen atau pusat reaksi yang lengkap, dimana kandungan nitrogen per unit klorofil untuk masing-masing komponen telah diperkirakan (Evans, 1989).

Karakteristik tanaman C4 dapat dilihat pada tingginya rata-rata fotosintesis seperti halnya penggunaan yang efisien pada air dan sumber nitrogen. Pada alasan ini, sejumlah tanaman C4 adalah tanaman yang paling produktif dalam pertanian. Tanaman C4 ini memiliki fotosintesis yang tinggi, hal ini dikarenakan adanya suatu keunikan dalam melakukan asimilasi karbon yang terdapat didalam CO₂ seperti Rubisco. Konsekuensi dari pemompaan CO₂ adalah Rubisco, yang akan menjadi penghambat dalam persaingan pada oksigen yang masuk, rata-rata tanaman C4 menghasilkan oksigen secara drastis oleh fotorespirasi (Wyrich, 1998).

Pertumbuhan tinggi tanaman dipengaruhi oleh kadar lengas tanah. Hal itu dikarenakan proses tinggi tanaman, diawali dengan proses pembentukan tunas yang 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 menderita cekaman kekeringan secara umum mempunyai ukuran daun yang lebih kecil dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh normal. Kekurangan air mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara langsung. Berkurangnya persediaan air menyebabkan turgiditas sel-sel tanaman menurun bahkan hilang. Hilangnya turgiditas akan menghambat pertumbuhan sel (penggandaan dan pembesaran) dan salah satu akibat adalah terhambatnya penambahan luas daun (Islami, 1995).

Strategi tanaman toleran menghadapi kondisi cekaman kekeringan dimulai pada saat fase perkecambahan dan pertumbuhan vegetatif dengan membentuk formasi akar yang dalam dan percabangan akar yang banyak (Dubrovsky, 2003). Pertumbuhan tanaman (taju) ditunjang oleh perakaran yang dalam dan besar. Perluasan akar yang lebih besar (panjang akar dan bobot kering akar besar) memberi peluang untuk mengabsorpsi air lebih banyak pada lapisan tanah yang

lebih dalam dengan lengas tanah lebih besar dibanding di permukaan tanah. Absorpsi air yang cukup oleh akar pada kondisi cekaman kekeringan berpengaruh terhadap kelangsungan pertumbuhan tajuk tanaman (Efendi dan Azrai, 2010).

2.3 Polyethylene Glycol (PEG)

Polyethylene Glycol (PEG) merupakan agen osmotikum yang dapat menghambat penyerapan air oleh sistem perakaran tanaman. Selain itu, stress osmotic yang dihasilkan oleh PEG 6000 dapat menurunkan laju fotosintesis (Chutia and Borah, 2012). Larutan PEG 6000 tidak dapat masuk ke dalam jaringan tanaman, sehingga tidak bersifat racun bagi tanaman.

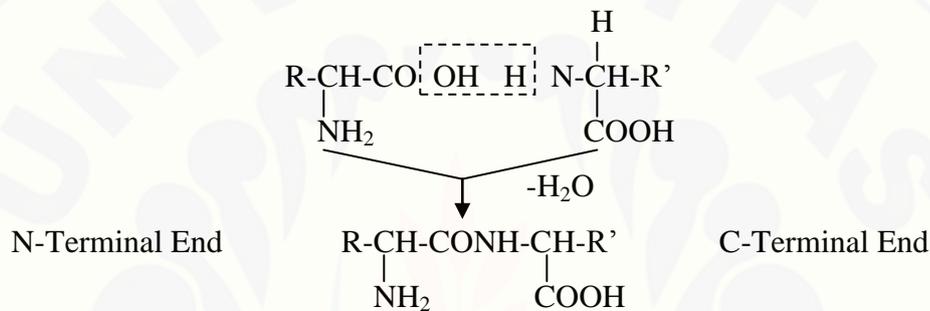
Senyawa osmotikum yang terkandung di dalam PEG, dapat mempengaruhi potensial air pada media tanam, sehingga menstimulir terbentuknya cekaman kekeringan pada media tanam yang digunakan (Sumarjan dan Farid 2009). Penggunaan PEG ini dapat menciptakan kondisi seleksi yang seragam sehingga kesalahan identifikasi berkaitan dengan kepekaan tanaman dapat diminimumkan.

Penyiraman larutan PEG kedalam media tanam meyebabkan kondisi tanaman mengalami cekaman kekeringan sehingga pertumbuhan akar dan tajuk menurun, gejala kelayuan, dan peningkatan intensitas kerusakan daun serta akumulasi prolin pada daun. Hal ini menunjukkan bahwa PEG mampu mengikat air sehingga kurang tersedia dan menyebabkan cekaman kekeringan pada tanaman (Efendi *et.al.*, 2010).

Mekanisme PEG untuk mengkondisikan tanaman dalam keadaan tercekam yakni dengan mengikat air sehingga air tidak tersedia bagi tanaman (Versluer, *et. Al.*, 2006). Hal ini terjadi karena adanya kekuatan matriks sub unit etilen atau total massa $\text{CH}_2\text{-O-CH}_2$ dalam rantai polimer PEG faktor penting yang mempengaruhi dan mengontrol besar kecilnya potensial air. Molekul air (H_2O) akan tertarik oleh atom O yang terdapat pada sub unit etilen oksida melalui ikatan hydrogen (Michel and Kaufman, 1973).

2.4 Protein

Protein merupakan polipeptida berbobot molekul tinggi yang tersusun atas beberapa asam amino yang bergabung membentuk ikatan peptida (-CONH-). Pemisah antara polipeptida besar dan kecil biasanya berada di antara BM (berat molekul) 8000 dan 10.000 Dalton. Semua asam amino (kecuali prolin) mempunyai struktur dasar yang sama, yaitu terdiri dari gugus karboksilat (-COOH), gugus amino (-NH₂), gugus R sebagai gugus fungsional (*side chain*) yang menentukan sifat kimiawi protein. Struktur umum protein dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Struktur umum protein (Jain, 2005).

Setiap organisme mengandung ribuan protein yang beranekaragam dengan berbagai macam fungsi. Protein merupakan senyawa makro molekul yang mempunyai peran sangat penting dalam mengatur proses metabolisme. Fungsi dari protein dapat dibagi menjadi beberapa kelompok yaitu; (1) membentuk dan mempertahankan struktur, protein struktur ini bertanggung jawab terhadap stabilitas mekanik dari organ dan jaringan; (2) transpor; (3) perlindungan dan pertahanan; (4) penyimpanan (Wirth, 1994).

Protein adalah 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 keseluruh bagian tanaman sampai ke daun sehingga tumbuhan membentuk protein dan melakukan perombakan (proses katabolisme).

Fungsi protein di dalam kehidupan biologi terutama tumbuhan yaitu mengkatalisis suatu proses reaksi sebagai enzim. Pada protein terdapat hampir diseluruh bagian tubuh tumbuhan. Protein ditemukan pada daun muda dan bagian

lainnya seperti polong serta buah. Tumbuhan menyerap unsur-unsur hara yang diperlukan dari dalam tanah melalui akar dan disalurkan keseluruh bagian tanaman sampai ke daun sehingga tumbuhan membentuk protein melalui proses perombakan anabolisme dan katabolisme (Sopandi, 2009).

Tabel 2.1 Kandungan nutrisi sorgum dalam 100 g bahan dibanding bahan pangan lainnya.

Unsur Nutrisi	Kandungan / 100 g		
	Beras	Sorgum	Jagung
Kalori (cal)	360	332	361
Protein (g)	6.8	11	8.7
Lemak (g)	0.7	3.3	4.5
Karbohidrat (g)	78.9	73	72.4
Kalsium (mg)	6	28	33
Besi (mg)	0.8	4.4	0.7
Pospor (mg)	140	287	40
Vit. B1 (mg)	0.12	0.38	0.06

Sumber: Beti *et al.* (1990).

Biji sorgum mempunyai kandungan protein bermacam-macam dari 6%-18%, dengan rata-rata 11% (Lasztity, 1996). Protein sorgum dapat diklasifikasikan dengan luas ke dalam prolamin dan non-prolamin. Kafirins, menyimpan protein utama diklasifikasikan sebagai prolamins dan demikian mengandung level tinggi dari proline dan glutamine, dan dapat larut dalam pelarut nonpolar seperti alkohol (Shewry and Tatham, 1990).

2.5 Aktivitas Antioksidan

Antioksidan merupakan suatu zat yang dapat memperlambat dan mencegah proses oksidasi terutama pada radikal bebas. Antioksidan dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok berdasarkan sumbernya, yaitu antioksidan alami dan antioksidan sintetis. Antioksidan alami merupakan antioksidan hasil ekstraksi dari bahan-bahan alami, sedangkan antioksidan sintetis merupakan antioksidan yang diperoleh dari hasil sintesa reaksi kimia. Antioksidan alami di

dalam makanan dapat berasal dari senyawa antioksidan yang sudah ada dari satu atau dua komponen makanan, senyawa antioksidan yang terbentuk dari reaksi-reaksi selama proses pengolahan dan senyawa antioksidan yang diisolasi dari sumber alami dan ditambahkan pada makanan sebagai bahan tambahan pangan (Winarno, 1992).

Antioksidan dapat melindungi sel dari kerusakan yang disebabkan oleh *reaktif oksigen spesies* (ROS) seperti singlet oksigen, hidrogen peroksida, maupun superoksida radikal. Ketidakseimbangan antioksidan pada tanaman dengan ROS menyebabkan terjadinya stres oksidatif, sehingga memicu terjadinya kerusakan sel. Pertumbuhan yang menurun pada tanaman dalam kondisi stres terutama dikaitkan dengan peningkatan sintesis ROS. Tanaman merespon ROS dengan meningkatkan sintesis antioksidan sebagai mekanisme perlindungan terhadap kerusakan sel. Salah satu mekanisme pertahanan stres adalah sistem pertahanan antioksidan, yang mencakup enzim antioksidan dan protein bermolekul rendah (Wang. *et.al.*, 2009).

Produksi ROS yang berlebihan dapat menyebabkan stress oksidatif yang berpengaruh terhadap kerusakan tanaman dengan mengoksidasi pigmen fotosintesis, membran lipid, protein dan asam nukleat (Yordanov. *et.al.*, 2000). Radikal bebas atau ROS adalah hasil dari berbagai reaksi degeneratif di dalam tubuh tanaman yang akan mempengaruhi metabolisme normal tanaman dengan merusak komponen sel tanaman (Foyer and Noctor, 2002).

2.6 Hipotesis

Berdasarkan latar belakang, tujuan penelitian, dan kajian pustaka maka dapat dihipotesiskan bahwa :

1. Cekaman kekeringan dapat menghambat laju pertumbuhan tanaman sorgum.
2. Cekaman kekeringan dapat meningkatkan kandungan protein pada hasil produksi tanaman sorgum.
3. Cekaman kekeringan dapat merubah karakter protein pada hasil produksi tanaman sorgum.

BAB 3. METODE PERCOBAAN

3.1 Waktu dan Tempat Percobaan

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2014 sampai dengan Desember 2015 yang bertempat di *Green House* (Agroteknopark) dan Laboratorium Analisis Tanaman Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Percobaan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain timbangan, penggaris, timbangan analitik, mortar dan pestle, stirrer, tabung reaksi, mikropipet, vortex, SDS PAGE, dan spektrofotometer MAPADA V-1100D, soil tester serta alat penunjang lainnya.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain biji tanaman sorgum varietas Numbu, Polybag ukuran 40x50 cm, tanah, pasir, kompos, pupuk, PEG 6000, aquadest, *Phosphate Buffer Saline*, *buffer fosfat*, methanol, larutan penguji *Bradford*, *Bovine Serum Albumin* (BSA), *2,2'-azinobis 3-ethylbenzothiazole-6-sulfonic acid* (ABTS) dan bahan kimia pendukung lainnya.

3.3 Rancangan Percobaan

Percobaan disusun dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal yang terdiri dari 4 taraf perlakuan yaitu :

T1 = Kontrol (0% PEG)

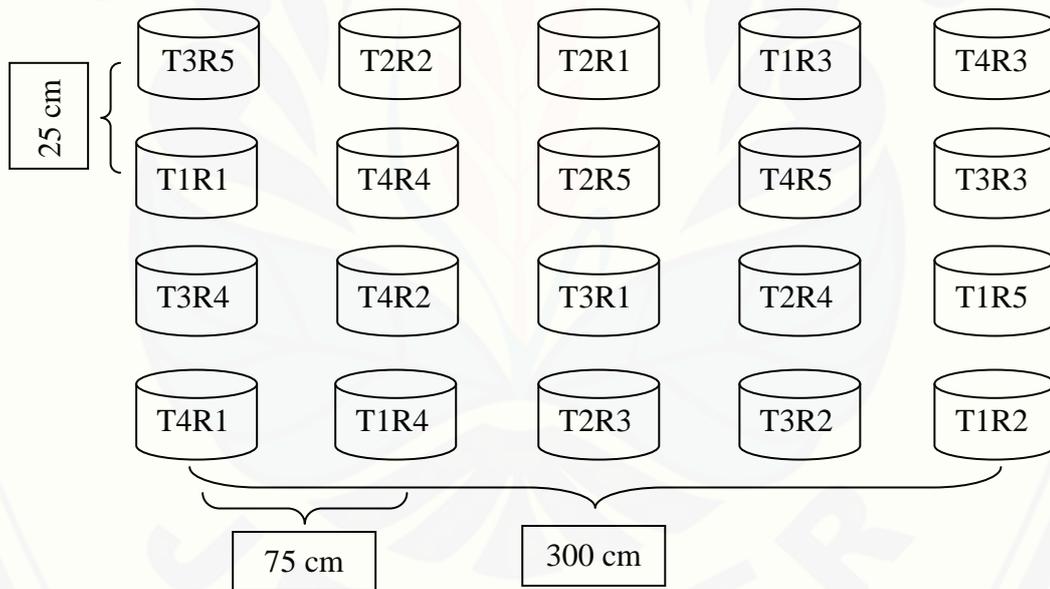
T2 = Fase vegetatif + 10% PEG,

T3 = Fase pertumbuhan reproduktif I + 10% PEG dan

T4 = Fase pertumbuhan reproduktif II + 10% PEG.

Masing-masing perlakuan terdiri dari 5 ulangan. Data hasil perlakuan diuji dengan *Analisis of Varians* (ANOVA), dan dilanjutkan dengan *Standart Error of the Mean* (SEM) untuk melihat perbedaan antar perlakuan pada setiap parameter.

3.4 Lay Out Tanam



Keterangan :

T = Perlakuan
R = Ulangan

Gambar 3.1 Denah tanaman sorgum saat melakukan penanaman.

3.5 Pelaksanaan Percobaan

3.5.1 Pembuatan Media dan Pembibitan

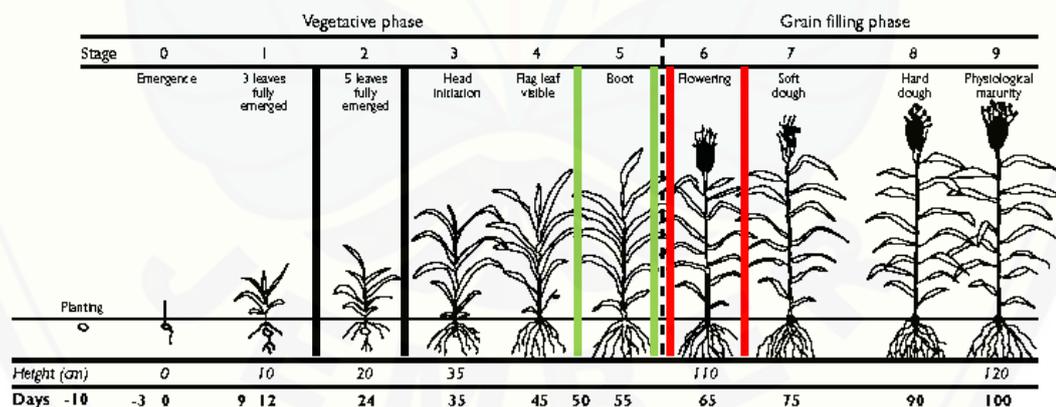
Media tanam yang digunakan untuk penanaman benih sorgum yaitu menggunakan tanah : pasir : kompos dengan perbandingan 2 : 1 : 1, kemudian benih sorgum varietas numbu dikecambahkan menggunakan *pottry*. Pembibitan dilakukan sampai daun tanaman muncul 3 helai secara penuh (± 7 hari).

3.5.2 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*.

3.5.3 Perlakuan Cekaman

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.



Sumber : Pacific Seeds Yearbook. 2008/2009.

Gambar 3.2 Pemberian perlakuan cekaman kekeringan menggunakan PEG dengan konsentrasi 10% pada setiap fase pertumbuhan.

Keterangan :

- █ = Fase vegetatif (15-25 Hst)
- █ = Fase reproduktif I (50-60 Hst)
- █ = Fase reproduktif II (60-70 Hst)

Perlakuan diberikan pada fase tersebut (**Gambar 3.2**), dikarenakan pada fase tersebut merupakan fase kritis dimana tanaman membutuhkan air yang cukup untuk proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

3.5.4 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 (rekomendasi 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.

3.5.5 Pemanenan

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.

3.6 Metode Analisis Protein

3.6.1 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 pengekstrakan, 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.

3.6.2 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.

3.6.3 Penentuan Aktivitas Antioksidan dengan Pemberian 2,2'-azinobis 3-ethylbenzothiazole-6-sulfonic acid (ABTS)

Pengujian aktivitas antioksidan dengan menggunakan ABTS dilakukan dengan membuat stok ABTS dan *Phosphat Buffer Saline* (PBS). Pembuatan stok ABTS yaitu dengan melarutkan 0.38 g ABTS yang ditambah dengan 0.066 g Potassium persulfat kedalam 50 mL $\text{d}_2\text{H}_2\text{O}$. Sedangkan pembuatan stock 0.2 M *Phosphate Buffer Saline* (PBS) yaitu 3.556 g NaH_2PO_2 ditambahkan 26.08 g $\text{Na}_2\text{H}_2\text{PO}_4 (2\text{H}_2\text{O})$ dan dilarutkan dalam 500 mL aquadest serta ditambahkan dengan 5.4 g NaCl. Setelah selesai dilakukan pembuatan *working stock* kemudian mengukur nilai absorbansi ± 0.7 dengan panjang gelombang 734 nm dan siap digunakan untuk menghitung aktivitas antioksidan. Sampel yang digunakan merupakan hasil dari pengenceran dari ekstrak sampel yang telah diperoleh sebesar 10 μl dengan diencerkan 10 kali dengan menambahkan 90 μl buffer fosfat. Kemudian mengukur peredam ABTS menggunakan rumus:

$$\text{Peredaman ABTS (\%)} = [(A_c - A_s) / A_c] \times 100\%$$

dimana A_c sebagai absorbansi kontrol dan A_s sebagai absorbansi sampel.

3.6.4 Pola Protein dengan *Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel* Elektroforesis (SDS PAGE)

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 μ L 10% SDS, 35 μ L 10% Ammonium Persulfat (APS) dan 3.5 μ L *tetramethylethylenediamine* (TEMED). *Upper gel* terdiri dari 1.83 mL aquadest, 0.75 mL Tris HCL pH 6.8, 30 μ L 10% SDS, 15 μ L 10% APS dan 3 μ L 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.

3.6.5 *Retention factor* (Rf)

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).

3.7 Parameter Percobaan

Parameter yang diamati meliputi:

1. Tinggi tanaman (cm)
Diukur dengan menggunakan penggaris mulai pangkal batang hingga ujung daun tertinggi. Pengukuran dilakukan seminggu sekali.
2. Panjang akar (cm)
Panjang akar tanaman ditentukan dengan mengukur tiga akar terpanjang dari masing-masing tanaman, kemudian dihitung hasil rata-rata pengukurannya.
3. Berat per 100 biji (g)
Menimbang 100 biji dengan menggunakan timbangan analitik
4. Laju pertumbuhan (g/hari)
Mengukur laju pertumbuhan dengan menimbang berat kering tanaman
5. Kandungan klorofil (μmol^{-2})
Pengukuran kadar klorofil dengan menggunakan alat *Chlorophyllmeter* (SPAD-502), dengan cara sampel daun dari tanaman diukur menggunakan *Chlorophyllmeter* lalu dilihat angka yang muncul pada layar alat tersebut. Pengukuran ini dilakukan pada akhir vegetatif.
6. Total protein terlarut (mg/g)
7. Aktivitas antioksidan ($\mu\text{g/mL}$)
8. Pola protein
9. Retention factor (Rf)

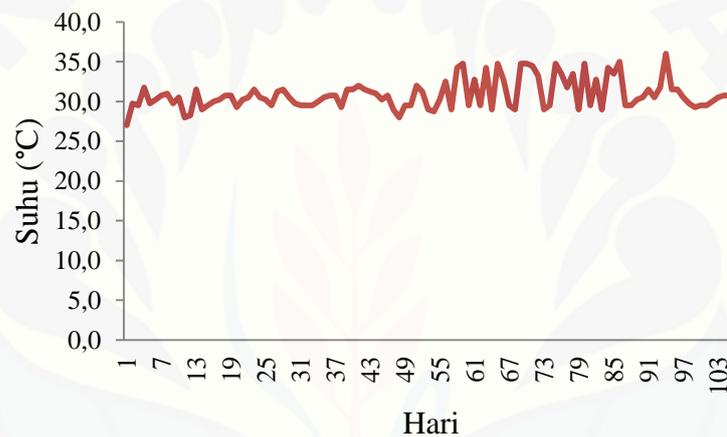
3.8 Parameter Pendukung

1. Suhu udara ($^{\circ}\text{C}$)
2. Kelembaban udara (%)
3. Kelembaban tanah (%)
4. Intensitas cahaya (lux)

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Lahan Percobaan

Lokasi penelitian di *green house* UPT Agroteknopark Universitas Jember memiliki ketinggian 87 m dpl, suhu rata-rata 30,9°C dan kelembapan rata-rata 70,6%. Tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* L Moench) banyak ditanam di daerah beriklim panas dan daerah beriklim sedang. Sorgum tumbuh baik pada ketinggian ≤ 700 m dpl dengan suhu lingkungan 23-34°C. Dengan demikian lokasi penelitian yang digunakan sebagai tempat penanaman memiliki kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan sorgum secara optimal.



Gambar 4.1 Rata-rata suhu harian pada lahan percobaan

Intensitas cahaya rata-rata pada lokasi penelitian didalam *Green House* yaitu 40541,38 Lux. Intensitas cahaya yang diperoleh sangat cocok untuk pertumbuhan tanaman dimana tanaman akan tumbuh secara optimum karena tanaman sorgum membutuhkan cahaya yang penuh. Menurut Purnomohadi (2006), sorgum manis termasuk tanaman C4, dimana tanaman sorgum merupakan tanaman yang efisien terhadap cekaman kekeringan karena dapat menghasilkan produk fotosintesis yang tinggi. Dengan demikian lokasi penelitian yang digunakan sebagai tempat penanaman sorgum, intensitas cahaya dilokasi tersebut sangat mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

4.2 Respon Pertumbuhan Tanaman Sorgum pada Kondisi Cekaman Kekeringan

Hasil analisis keragaman yang diuji lanjut menggunakan *Standart Error of the Mean* (SEM), menunjukkan bahwa cekaman kekeringan sangat berpengaruh terhadap proses pertumbuhan tanaman sorgum. Pada **Tabel 4.1**.

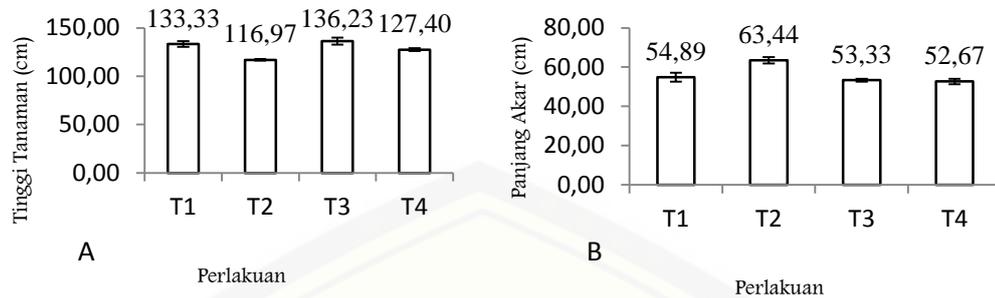
Tabel 4.1 Hasil rangkuman Anova pada setiap parameter pertumbuhan tanaman sorgum.

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	Laju pertumbuhan (g/hari)	125,29	7,59	4,43	**
5	Kandungan klorofil (μmol^2)	182,83	7,59	4,43	**

Keterangan: beda sangat nyata (**)

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa cekaman kekeringan berpengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman, panjang akar, berat 100 biji, kandungan klorofil dan laju pertumbuhan (**Gambar 4.1**).

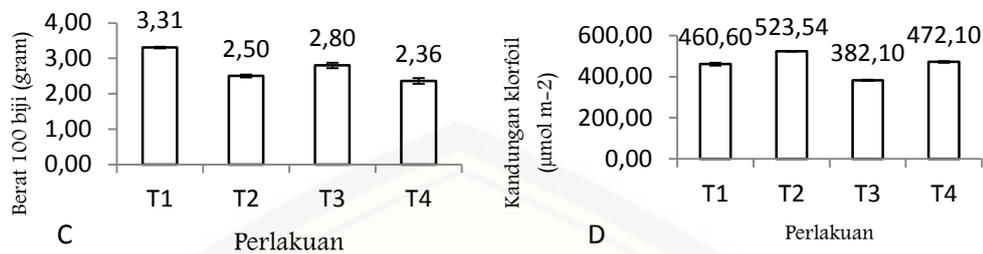
Gambar 4.2 menunjukkan adanya pengaruh cekaman kekeringan terhadap tinggi tanaman dengan beberapa fase pertumbuhan tanaman yang digunakan, fase vegetatif terlihat bahwa tinggi tanaman yang mengalami cekaman lebih pendek yaitu $116,97 \pm 0,80$ cm sedangkan kontrol $133,33 \pm 2,96$ cm, fase reproduktif I $136,23 \pm 3,62$ cm dan fase reproduktif II $127,40 \pm 1,48$ cm. Hal ini sesuai dengan pernyataan Burstom (1956) dalam Jumin (1992), menyebutkan bahwa kondisi defisit air langsung mempengaruhi pertumbuhan vegetatif 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.



Gambar 4.2 Pengaruh cekaman Kekeringan terhadap pertumbuhan tanaman sorgum. A = Tinggi tanaman dan B = Panjang akar

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).

Akar merupakan bagian terpenting pada tanaman, hal ini dapat mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Akar berfungsi sebagai sistem penyerapan nutrisi dan air di dalam tanah. Apabila tanaman mengalami cekaman kekeringan, maka organ utama yang merespon cekaman tersebut adalah akar, sehingga akar tanaman yang mengalami cekaman kekeringan akan merespon dengan cara memperpanjang akar tanaman dengan maksimal. Hal ini juga dinyatakan oleh Onwueme (1978) mekanisme morfologi dan fisiologis tanaman untuk menghindari dari cekaman kekeringan adalah adanya kemampuan tanaman memanjangkan akarnya untuk mencari sumber air jauh dari permukaan tanah pada saat terjadi cekaman kekeringan di area dekat permukaan tanah. Pada **Tabel 4.1** dan **Gambar 4.2** menunjukkan akar terpanjang adalah perlakuan fase vegetatif yaitu $63,44 \pm 1,27$ cm dan akar terpendek adalah fase reproduktif II yaitu $52,67 \pm 1,13$ cm. Hal ini menunjukkan bahwa pada tanaman yang mengalami cekaman kekeringan, akar pada tanaman akan memanjang untuk mencari air ke dalam tanah yang memiliki kandungan air yang cukup.



Gambar 4.3 Pengaruh cekaman Kekeringan terhadap pertumbuhan tanaman sorgum. C = Berat 100 biji dan D = Kandungan klorofil.

Berat biji merupakan indikator untuk mengetahui respon dari cekaman kekeringan, dimana dari berat biji ini termasuk dalam kualitas pada suatu hasil produksi. Biji yang mengalami cekaman kekeringan pada fase vegetatif, reproduktif I, dan reproduktif II dapat mempengaruhi bobot biji. Pada **Tabel 4.1** dan **Gambar 4.3** bobot 100 biji per gram pada perlakuan kontrol yaitu $3,31 \pm 0,02$ g adalah bobot biji yang tertinggi sedangkan terendah yaitu pada perlakuan cekaman kekeringan pada fase pengisian biji (T4) yaitu $2,36 \pm 0,08$ g.



Gambar 4.4 Pengaruh cekaman kekeringan dengan senyawa PEG terhadap berat biji tanaman sorgum. Kontrol (T1), Fase Vegetatif (T2), Fase Reproduksi I (T3) dan Fase Reproduksi II (T4).

Hal ini dipengaruhi oleh kurangnya asupan air pada saat melakukan pengisian biji. Pada tanaman yang mengalami cekaman kekeringan, pembukaan stomata pada daun semakin kecil sehingga proses pembentukan cadangan makanan pada tanaman mengalami penurunan dan mengakibatkan hasil dari fotosintesis tersebut tidak dapat digunakan secara optimal. Pada biji yang

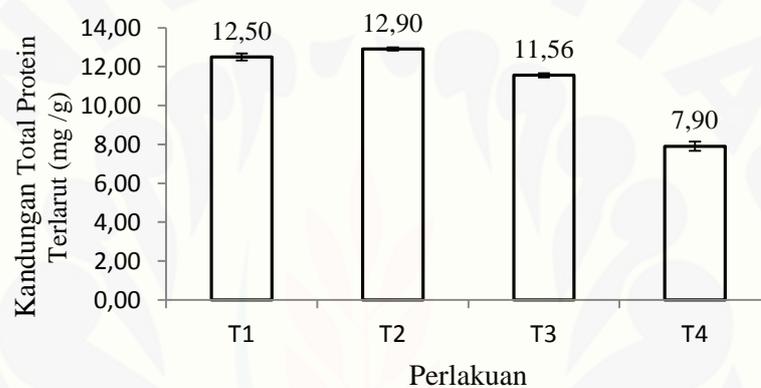
tercekam kekeringan, ukuran biji pada saat fase reproduktif II lebih kecil daripada ukuran biji saat fase vegetatif, reproduktif I dan kontrol. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 4.3**, tanaman yang mendapat stres kekeringan akan menampilkan penurunan area daun, laju fotosintesis dan akumulasi biomasa sehingga akan menurunkan produksi fotosintat (Sinclair, 1987). Apabila tanaman mengalami cekaman kekeringan maka aktifitas fotosintesis terhambat akibat dari penurunan tekanan turgor sel dan penghambatan difusi uap air dan CO₂ sehingga berakibat pada penurunan laju pertumbuhan dan hasil tanaman berkurang (Roy, 2000).

Klorofil merupakan suatu pigmen yang memberi warna hijau pada tanaman yang berperan pada proses fotosintesis, hasil serapan fotosintesis berupa energi cahaya yang diubah menjadi energi kimia. Pada hasil pengukuran kandungan klorofil (**Tabel 4.1 dan Gambar 4.3**) menunjukkan bahwa tanaman yang mengalami cekaman pada fase tertentu akan mengalami perbedaan yaitu mengakibatkan kandungan klorofil rendah, hal ini terjadi karena pemberian atau perlakuan cekaman kekeringan dengan fase tertentu. Klorofil pada setiap fase tertentu memiliki hasil yang berbeda, yaitu pada perlakuan kontrol (T1) adalah $460.60 \pm 6.74 \mu\text{mol}^2$, fase vegetatif (T2) adalah $523.24 \pm 1.92 \mu\text{mol}^2$, fase reproduktif I (T3) adalah $382.10 \pm 3.26 \mu\text{mol}^2$, dan fase reproduktif II (T4) adalah $472.10 \pm 3.88 \mu\text{mol}^2$. Kurangnya ketersediaan air akan menghambat sintesis klorofil pada daun akibat menurunnya laju fotosintesis dan terjadinya peningkatan temperatur serta transpirasi yang menyebabkan disintegrasi klorofil (Hendriyani dan Setiari, 2009).

Laju pertumbuhan berkorelasi dengan perkembangan akar sehingga perlakuan yang berpengaruh pada perkembangan akar juga melibatkan laju pertumbuhan tanaman (Hartman, *et.al.*, 1990). Dari laju pertumbuhan dapat mengetahui beberapa parameter pertumbuhan, diantaranya yaitu tinggi tanaman, biomassa dan sebagainya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan laju pertumbuhan dan efisiensi fotosintesis dengan memberikan suplai nutrisi yang optimal pada media (Gardner, *et.al.*, 1991). Laju pertumbuhan diukur berdasarkan berat kering tanaman pada setiap fase pertumbuhan yang diberi perlakuan cekaman. Pada fase vegetatif memiliki berat 1,76 g/hari.....

4.3 Kandungan Total Protein Terlarut dan Pola Protein

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). Berdasarkan metode tersebut, kandungan protein pada biji sorgum dengan perlakuan cekaman kekeringan fase tertentu dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.

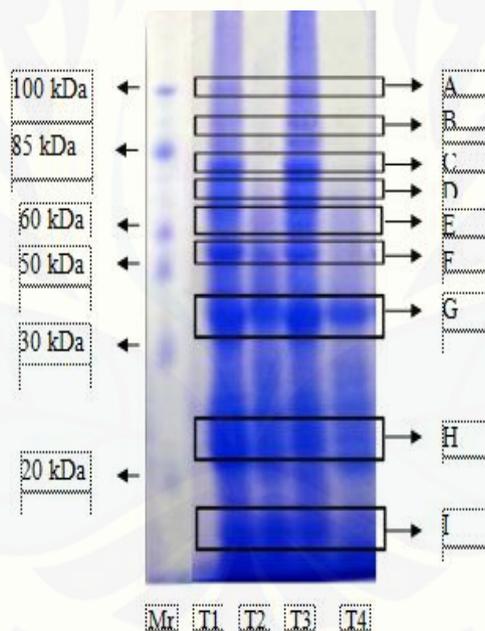


Gambar 4.5 Perubahan kandungan total protein biji sorgum pada berbagai fase dengan cekaman kekeringan menggunakan senyawa *Polyethylene Glycol* (PEG). Kontrol (T1), Fase Vegetatif (T2), Fase Reproduksi I (T3) dan Fase Reproduksi II (T4).

Gambar 4.5 menunjukkan adanya peningkatan kandungan protein pada biji sorgum yang mengalami cekaman kekeringan, pada fase vegetatif kandungan protein meningkat, sedangkan fase reproduktif I dan II mengalami penurunan. Kandungan total protein terendah ditunjukkan pada fase reproduktif II (T4) yaitu $7,90 \pm 0,24$ mg/g, kemudian mengalami peningkatan pada fase reproduktif I (T3) yaitu $11,59 \pm 0,11$ mg/g, kemudian perlakuan kontrol (T1) kandungan total protein yaitu $12,50 \pm 0,18$ mg/g dan fase vegetatif (T2) yaitu $12,90 \pm 0,09$ mg/g. Kandungan protein biji sorgum mengalami peningkatan pada saat fase vegetatif, hal ini dikarenakan terjadi proses pengiduksian PEG pada tanaman. Hal ini juga dinyatakan oleh 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. **Gambar 4.6** menunjukkan terdapat perbedaan dalam jumlah pita protein yang muncul.



Gambar 4.6 Pola Protein Biji Sorgum pada berbagai fase dengan cekaman kekeringan menggunakan senyawa *Polyethylene Glycol* (PEG) menggunakan 15% SDS PAGE. ± 100 kDa (A), ± 90 kDa (B), ± 80 kDa (C), ± 70 kDa (D), ± 60 kDa (E), ± 55 kDa (F), ± 40 kDa (G), ± 25 kDa (H) dan ± 10 kDa.

Berdasarkan hasil SDS PAGE pada biji sorgum dengan berbagai fase pertumbuhan dan perlakuan PEG terdapat pita protein dengan berat molekul yan

berbeda pada setiap fase pertumbuhan, yaitu : ± 10 kDa, ± 25 kDa, ± 40 kDa, ± 55 kDa, ± 60 kDa, ± 70 kDa, ± 80 kDa, ± 90 kDa dan ± 100 kDa.

Gambar 4.6 menunjukkan hasil dari elektroforesis bahwa protein pada biji sorgum berdasarkan pola pita protein (band protein) memiliki berat molekul yang berbeda, namun berat molekul pada pita protein didominasi pada huruf G yaitu 40 kDa. Dari hasil SDS PAGE ini adanya perbedaan yang tampak dari setiap perlakuan. Pada perlakuan kontrol dan fase reproduktif I memiliki berat molekul yang sama dengan nilai Rf 0,59 sedangkan pada fase vegetatif dan fase reproduktif II pita protein (**Tabel 4.2**).

Tabel 4.2 Perbedaan band protein biji sorgum dan nilai Rf (Faktor Retensi) dari hasil SDS PAGE pada berbagai fase pertumbuhan dan perlakuan PEG 10%.

No. Ref Band	Rf	Biji Sorgum			
		T1	T2	T3	T4
		Pita Band			
A	0.24	+	-	-	-
B	0.29	-	-	+	-
C	0.36	+	-	+	-
D	0.41	++	-	++	-
E	0.44	++	-	++	-
F	0.49	++	+	++	-
G	0.59	+++	++	+++	++
H	0.78	+++	++	+++	++
I	0.92	+++	+++	+++	++

Keterangan :

- : Tidak ada pita
- + : Ada pita (tidak jelas)
- ++ : Ada pita (jelas)
- +++ : Ada pita (sangat jelas)

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa pada perlakuan cekaman kekeringan dengan PEG 10% terbentuk 9 pita protein dari biji sorgum T1 dan T3, namun pada perlakuan T2 hanya terbentuk 4 pita protein sedangkan pada T4 hanya 3 pola protein yang terbentuk. 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

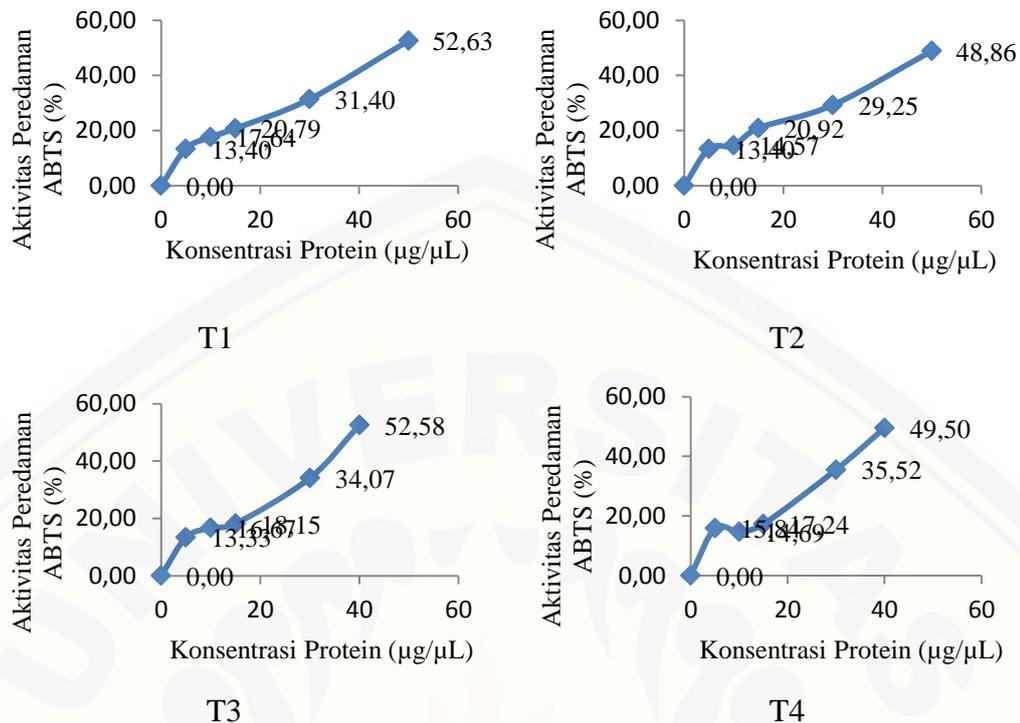
mensintesis protein pelindung, seperti dehidrin. Hal ini juga didukung oleh penelitian sahebat *et al.* (1998), yang dimana menyatakan bahwa ditemukan adanya akumulasi protein dengan berat molekul yang rendah apabila tanaman mengalami cekaman kekeringan.

Pola pita protein dapat menentukan bagaimana karakter protein pada biji sorgum, dimana dengan perlakuan PEG konsentrasi 10 % dan fase pertumbuhan yang berbeda tampak adanya perbedaan antar perlakuan. Pada perlakuan PEG 10 % fase reproduktif I (**Gambar 4.6**) pola pita protein yang muncul adalah 9 pita protein. Di antara 9 pita protein yang tampak, pola protein pada masing-masing pita tersebut memiliki perbedaan yaitu pada ketebalan pita yang dihasilkan. Berbeda dengan perlakuan cekaman kekeringan pada fase vegetatif dan reproduktif II, pola pita proteinnya lebih tipis dan sedikit.

4.4 Aktivitas Protein Antoksidan

Antioksidan merupakan suatu zat yang dapat memperlambat dan mencegah proses oksidasi terutama pada radikal bebas. Antioksidan dapat menstabilkan radikal bebas dengan cara melengkapi elektron yang hilang dari radikal bebas yang terkandung didalamnya, serta proses reaksi berantai dari pembentukan radikal bebas mengalami keterhambatan dan dapat menimbulkan stress oksidatif (Waji dan Sugrani, 2009). Pengujian aktivitas protein antioksidan pada biji sorgum digunakan untuk mengetahui protein dengan aktivitas peredaman radikal bebas paling tinggi.

Karakter protein pada biji sorgum juga dapat dilihat dari aktivitas protein antioksidannya, dimana dapat dilihat pada **Gambar 4.7** yang menunjukkan adanya aktivitas yang tinggi pada biji sorgum. Pada fase reproduktif I aktivitas protein antioksidannya tinggi, sehingga karakter pada fase tersebut apabila dilihat dari aktivitas antioksidannya sangat tinggi dengan nilai IC_{50} yang tinggi juga dibandingkan perlakuan pada fase vegetatif dan reproduktif yang memiliki aktivitas antioksidan yang rendah.



Gambar 4.7 Aktivitas peredaman ABTS (%) pada biji sorgum dengan berbagai fase pertumbuhan dan perlakuan cekaman kekeringan menggunakan PEG. Kontrol (T1), Fase Vegetatif (T2), Fase Reproduksi I (T3) dan Fase Reproduksi II (T4).

Aktivitas protein antioksidan pada biji sorgum dilakukan pengujian guna mengetahui pada fase pertumbuhan mana yang aktivitasnya menunjukkan hasil yang tinggi. Untuk mengetahui aktivitas protein antioksidan pada biji sorgum menggunakan metode *2,2'-azinobis 3-ethylbenzothiazole-6-sulfonic acid* (ABTS). Pada **Gambar 4.7** hasil analisis aktivitas antioksidan pada biji sorgum dengan masing-masing fase pertumbuhan dengan menggunakan PEG konsentrasi 10% dengan tingkatan konsentrasi 0, 5, 10, 15, 30 dan 50 menunjukkan bahwa semakin meningkat konsentrasi semakin meningkat juga aktivitasnya. Aktivitas antioksidan pada perlakuan kontrol lebih tinggi yaitu 52,63% dibandingkan dengan fase vegetatif 48,86%.

Aktivitas antioksidan dapat dihitung dengan melihat nilai persen inhibisi (peredaman) dan dilanjutkan dengan menghitung nilai *Inhibitor Concentration* 50% (IC_{50}) yaitu konsentrasi larutan sampel yang dibutuhkan untuk mereduksi

ABTS sebesar 50%. Sehingga semakin kecil nilai IC_{50} yang diperoleh maka semakin besar aktivitas antioksidan pada suatu bahan dan sebaliknya.

Tabel 4.3 Nilai IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$) aktivitas peredaman dari biji sorgum dari masing-masing perlakuan cekaman kekeringan menggunakan PEG dengan fase pertumbuhan yang berbeda.

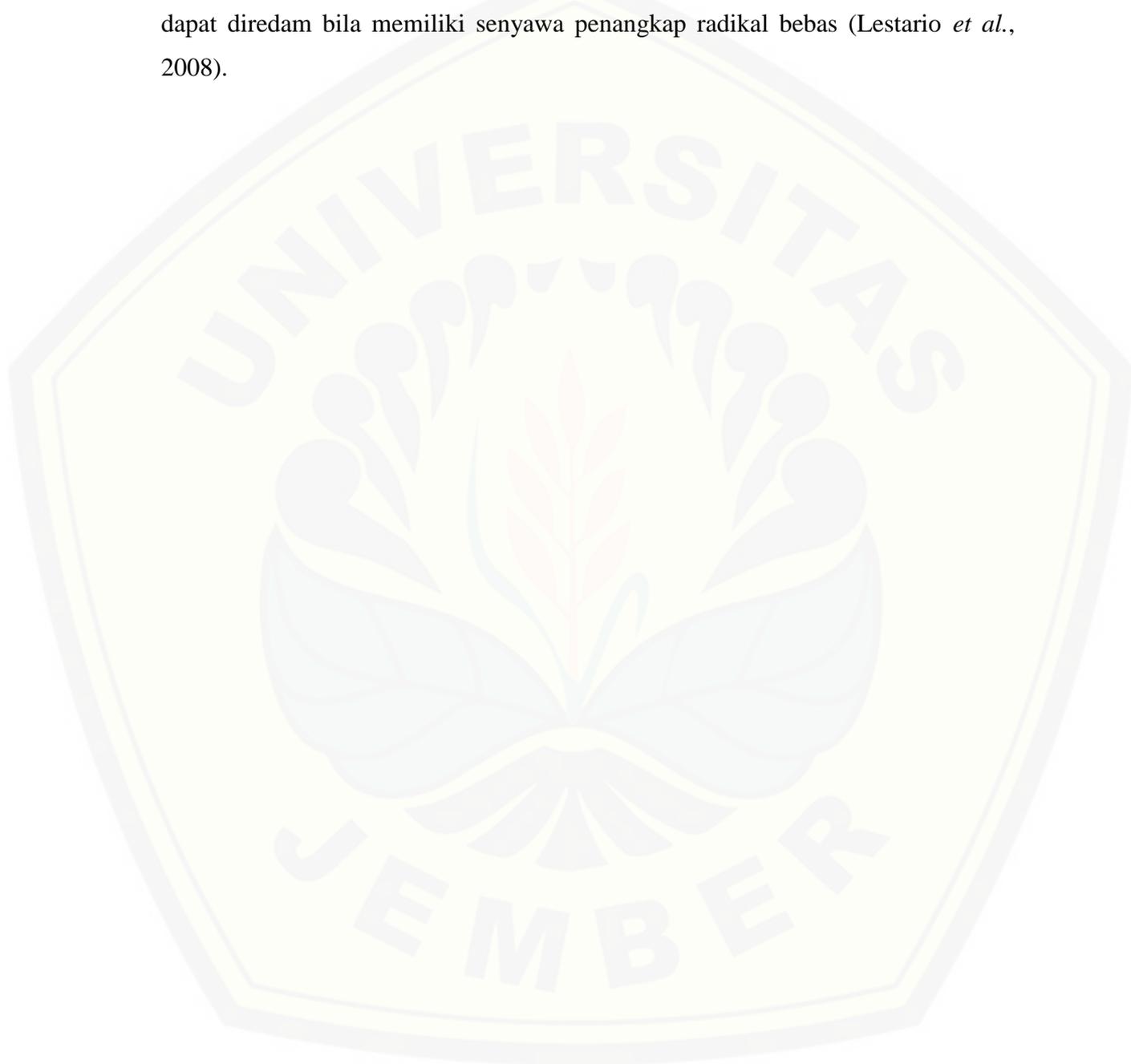
Perlakuan	Nilai IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)
T1	67.14 ± 15.03
T2	85.31 ± 30.91
T3	57.81 ± 7.16
T4	66.35 ± 11.14

Pada sampel biji sorgum dengan konsentrasi 50 $\mu\text{g BSA/mL}$ menunjukkan bahwa pada perlakuan kontrol mempunyai nilai aktivitas antioksidan tertinggi yaitu mencapai 52,63 %, perlakuan PEG 10 % fase reproduktif I 52,58 %, perlakuan PEG 10 % fase reproduktif II 49,50 % dan aktivitas antioksidan terendah yaitu perlakuan PEG 10 % fase vegetatif 48,86%.

Tabel 4.3 terlihat bahwa nilai IC_{50} berbeda pada setiap fase pertumbuhan dengan konsentrasi PEG 10%. Dari hasil pengujian ABTS nilai IC_{50} pada perlakuan kontrol diperoleh $67,14 \pm 15,03 \mu\text{g/ml}$, fase vegetatif (T2) diperoleh $85,31 \pm 30,91 \mu\text{g/ml}$, fase reproduktif I (T3) diperoleh $57,81 \pm 7,16 \mu\text{g/ml}$ dan fase reproduktif II (T4) diperoleh $66,35 \pm 11,14 \mu\text{g/ml}$. Nilai IC_{50} lebih tinggi yaitu pada reproduktif I diperoleh $57,81 \pm 7,16 \mu\text{g/ml}$. Berdasarkan nilai IC_{50} tersebut maka dapat diketahui bahwa aktivitas antioksidan yang tinggi terjadi pada tanaman sorgum dengan fase reproduktif I, dimana dengan konsentrasi 57,81 $\mu\text{g/ml}$ sudah mampu menghambat 50% aktivitas radikal bebas. Sedangkan aktivitas terendah diperoleh tanaman sorgum pada fase vegetatif, dimana dibutuhkan konsentrasi yang besar untuk menghambat 50% aktivitas radikal bebas.

Radikal bebas merupakan suatu senyawa kimia yang mempunyai satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan. Senyawa ini memiliki sifat yang tidak

stabil dan sangat reaktif. Untuk mencapai kestabilan, maka senyawa tersebut memerlukan pasangan yang berupa senyawa elektron yang lain, sehingga dalam proses bereaksinya dapat optimal. Reaksi ini terjadi secara berantai dan menyebabkan terbentuknya radikal bebas yang lebih banyak. Reaksi berantai ini dapat diredam bila memiliki senyawa penangkap radikal bebas (Lestario *et al.*, 2008).



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian biji sorgum yang mengalami cekaman kekeringan pada setiap fase pertumbuhan dapat disimpulkan bahwa :

1. Cekaman kekeringan dapat menyebabkan penurunan pada parameter tinggi tanaman, berat 100 biji dan kandungan klorofil. Sedangkan pada parameter panjang akar mengalami peningkatan.
2. Cekaman kekeringan dapat menghambat laju pertumbuhan tanaman sorgum sebesar 12,27 %.
3. Cekaman kekeringan dapat meningkatkan kandungan protein biji sorgum sebesar 12,90 mg/g pada fase vegetatif.
4. Cekaman kekeringan dapat memicu terjadinya perbedaan karakter protein biji sorgum pada setiap fase pertumbuhan.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh cekaman kekeringan terhadap kandungan atau senyawa lain yang ada didalam biji sorgum.

DAFTAR PUSTAKA

- Ai, N.S. dan Y. Banyo. 2011. Konsentrasi Klorofil Daun Sebagai Indikator Kekurangan Air Pada Tanaman. *Ilmiah Sains*, 11 (2): 166-173.
- Almodares. A., R. Taheri and S. Adeli. 2007. Inter-relationship Between Growth Analysis and Carbohydrate Contents of Sweet Sorghum Cultivars and Lines. *Environmental Biology*. 28 (3) : 527 – 531.
- Almodares, A., and M.E. Sharif. 2007. Effects of irrigation water qualities on biomass and sugar contents of sugar bit and sweet sorgum cultivars. *Journal of Environmental Biology*. 28:213-218.
- Awika, J.M and Rooney, L.W. 2004. Sorghum phitochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry*. 65: 1199-1221.
- Beti, Y.A., A. Ispandi, dan Sudaryono. 1990. *Sorgum. Monografi No. 5*. Balai Penelitian Tanaman Pangan, Malang. 25 hlm.
- Bradford, M. M. 1976. A Rapid and Sensitive Methode for Quantitaion of Microgram Quantities of Protein Utilizing The Principle of Dye Binding. *Anal. Bichem.*, 72: 248-254.
- Cairns D. 2009. *Intisari Kimia Farmasi Edisi Kedua*. Penerjemah : Puspita Rini. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC. Terjemahan dari : *Essentials of Pharmaceutical Chemistry Second Edition*.
- Chutia, J and S. Borah. 2012. Water Stress Effects on Leaf Growth and Chlorophyll Content but Not the Grain Yield in Traditional Rice (*Oryza sativa* Linn.) Genotypes of Assam, India II. Protein and Proline Status in Seedlings under PEG Induced Water Stress. *American Journal of Plant Science*, 3: 971-980.
- Dunn, M.J. 1989. *Determination of Total Protein Concentration and Purification Methods*. IRI Pers Oxford; England.
- Efendi, R. dan M. Azrai. 2010. Tanggap Genotipe Jagung terhadap Cekaman Kekeringan: Peranan Akar. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 29 (1): 1-10.
- Efendi, R., Suwardi, dan M. Isnaini. 2010. *Metode dan Penentuan Karakter Seleksi Genotipe Jagung Terhadap Cekaman Kekeringan pada Fase Awal Vegetatif*. Prosiding Pekan Serealia Nasional 2010.

- Evans, J.R. 1989. Photosynthesis and Nitrogen Relationships in Leaves of C3 Plants. *Oecologia*. 78 : 9-19.
- Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita, S.M.A. Basra, 2009. Plantdrought stress: effects, mechanisms and management. *Agron.Sustain. Dev.*, 29: 185–212.
- Filho. M. S., L. F. Carvalho., E. M. Teófilo., and A. G. Rossetti. 2000. Effect of osmoconditioning on the vigour of sorghum seeds. *Ciência agrônômica*. 31: 33-42.
- Foyer, C.H. dan G. Noctor. 2002. Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signaling. *New Phytol*, 146 : 359-388.
- Galvez, M., C. Martin-Cordero, P.J. Houghton and M.J. Ayuso. 2005. Antioxidant Activity of Methanol Extract Obtained from Palntago Species. *Agric. Food. Chem*, 53: 1927-1933.
- Gardner, E.P, R. G. Pearce and R. L. Mitchel.1991. *Physiology of Crop Plants*. Terjemahan H. Susilo. University Indonesian Press. Jakarta.
- Girousse, C., R. Bournoville & J.L. Bonnemain(1996). Water deficit-induced changes inconcentrations in proline and some otheramino acids in phloem sap of alfalfa. *PlantPhysiol.*, 111, 109-113.
- Hartmann H.T. and D.E. Kester. 1983. *Plant Propagation : Principles and Practices*. Prentice Hall International Inc. Englewood Cliff: New Jersey.
- Huston, J.E. and W.E. Pinchak. 2008. Range Animal Nutrition. In: Grazing management a; An Ecological Perspective. Available at <http://cnrit.tamu.edu/riem/textbook/Chapter2.htm>. Accession date: 15 September 2012.
- Irwan W., A. Wahyudin., R. Susilawati., dan T. Nurmala. 2004. Interaksi jarak tanam dan jenis pupuk kandang terhadap komponen hasil dan kadar tepung sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) pada Inseptisol di Jatinangor. *Budidaya Tanaman*. 4:128-136.
- Islami, T. dan W.H. Utomo. 1995. *Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. IKIP Semarang Press: Semarang.
- Jain, V.K. 2005. *Fundamental of Plant Physiology*. S. Chand & Company Ltd: New Delhi.
- Jumin, H.B. 1992. *Ekologi Tanaman Suatu Pendekatan Fisiologi*. Rajawali Press:Jakarta

- Laemmli, U. K. 1970. Cleavage of Structural Protein During the Assembly of The Head of Bacteriophage T4. *Nature*, 227: 680-685.
- Lamaison, J. L. C. and A. Carnet. 1990. Teneurs en Principaux Flavonoids des fleurs de *Crataegus monogyna* Jacq et de *Crataegus laevigata* (Poiret D. C.) en Fonction de la Vegetation. *Pharm. Acta. Helv*, 65: 315- 320.
- Lestario, L. N., S. Sugiarto dan K. H. Timotius. 2008. Aktivitas antioksidan dan kadar fenolik total dari ganggang merah (*Gracilaria verrucosa* L.). *Teknologi dan Industri Pangan*, 19 (2): 131-138.
- Makkar, H.P.S., R.K. Dawra., and Singh, B. 1998. Determination of Both Tannin And Protein In a Tannin-Protein Complex. *Agric. Food Chem*, 36: 523-525.
- Michel, B.E., and M.R. Kaufmann. 1973. The Osmotic Potential of Polyethylene Glycol 6000. *Plant Physiol*, 51:914-916.
- Onggo, T. M. 2009. Perubahan Komposisi Pati dan Gula Dua Jenis Ubi Jalar “Cilembu” Selama Penyimpanan.
- Onwueme, I. C. 1978. *The Tropical Tuber Crops: Yams, Cassava, Sweetpotato, and Cocoyam*. John Wiley: London.
- Purnomohadi, M. 2006. Potensi Penggunaan Beberapa Varietas Sorgum Manis (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Sebagai Tanaman Pakan. *Berk. Penel. Hayati*, 12 : 41 - 44.
- Purwanto dan T. Agustono. 2010. Kajian Fisiologi Tanaman Kedelai Pada Berbagai Kepadatan Gulma Teki Dalam Kondisi Cekaman Kekeringan. *Agroland*, 17 (2): 85-90.
- Rahayu, E. S., G. Edi., I. Satriyas dan 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.
- Roy, D. 2000. *Plant Breeding, Analysis and Exploitation of Variation*. Kalyani Publishers: New Delhi.
- Sabehat, A., D. Weiss & S. Lurie .1998. Heatshock proteins and cross-tolerance in plants. *Physiol Plant*. 103: 437-441.
- Salisbury, F.B. and C.W. 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 dan D. Shiddieq. 2012. Pengaruh cekaman kekeringan terhadap akumulasi prolin tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth.). 15 (2) : 85-99.
- Sinclair T.R., R.C. Muchow., M.M. Ludiow., G.J. Leach., R.C. Lawn., and M.A. Foale. 1987. Field and Model Analisis of the Effect of Water Deficits on Carbon and Nitrogen Accumulation by Soybean, Cowpea and Black Gram. *Field Crops Res.* 17 : 121-140.
- Sirappa, M. P. 2003. Prospek Pengembangan Sorgum Di Indonesia Sebagai Komoditas Alternatif Untuk Pangan, Pakan dan Industri. *Litbang Pertanian*, 22 (4): 133-140.
- 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).
- Sofyadi, edi. 2011. <http://edysof.wordpress.com/2011/04/21/aspek-budidaya-prospek-kendala-dan-solusi-pengembangan-sorgum-di-indonesia/>. Diakses Tanggal 27 Maret 2014.
- Sumarno dan S. Karsono. 1995. Perkembangan Produksi Sorgum di Dunia dan Penggunaannya. 4: 13 – 24.
- Supriyanto. 2010. *Pengembangan Sorgum Di Lahan Kering Untuk Memenuhi Kebutuhan Pangan, Pakan, Energi dan Industri*. Bogor: Simposium Nasional 2010.
- Thoruan-Mathius,N., T.Liwang, M.I. Danuwiksa, G.Suryatmana, H.Djajasukanta, D.Saodah, dan I.G.P.W.Astika. 2004. Respon Biokimia Beberapa Progeni Kelapa Sawit (*Elais guineensis* Jacq) terhadap Cekaman Kekeringan Pada Kondisi Lapang. *Menara Perkebunan*. 72(2): 38-56.
- Mobasher, H.R., M. Ahmad And Moosa F. 2012. Effect of Cutting Irrigation During Different Growth Stages on Agronomic Traits in Grain Sorghum Varieties. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 12 (7): 856-861.
- Taga, M.S., E.E Miller,. and D.E. Pratt. 1984. Chia Seed as Source of Natural Lipid Antioxidant. *Am. Oil. Chem. Soc.* 61: 928-931.

- Vaseva, I., Y. Akiscan., L. Simova-Stoilova., A. Kostadinova, R. Nenkova., I. Anders., U. Feller and K. Demirevska. 2012. Antioxidant Response to Drought in Red and White Clover. *Acta Physiol Plant.* 34(1): 1689-1699.
- Verslues, P.E., M. Agarwal, S. Katiyar-Agarwal, J. Zhu and 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.
- Wang Wen-Bin, Yun-Hee Kim, Haeng-Soon Lee, Ki-Yong Kim, Xi-Ping Deng and Sang-Soo Kwak. 2009. Analysis of Antioxidant Enzyme Activity During Germination of Alfalfa Under Salt and Drought Stresses. *Plant Physiology and Biochemistry.* 47: 570–577.
- Winarno, F. G. 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. Penerbit Kanisus: Jakarta.
- Wintermans, J. F. G. M. dan A. De Mots. 1996. Spectrophotometric Characteristics of Chlorophyll 'a' and 'b' and Their Pheophytins in Ethanol. *Biochimica et Biophysica Acta*, 109: 448-453.
- Wirth, J. 1994. *Atlas Berwarna dan Teks Biokimia*. Penerbit Hipokrates. Jakarta.
- Wyrich, R., D. Uta., B. Stephan., S. Monika., C. Charlene., Q. Dou., H.P. Andrew. and P. Westhoff. 1998. The Molecular Basis Of C4 Photosynthesis In Sorghum: Isolation, Characterization And Rflp Mapping Of Mesophyll and Bundles heath specific Cdnas Obtained By Differential Screening. *Plant Molecular Biology.* 37 : 319-335.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Aktivitas antioksidan pada setiap fase pertumbuhan yang berbeda dengan konsentrasi PEG 10 % ($\mu\text{g/mL}$)

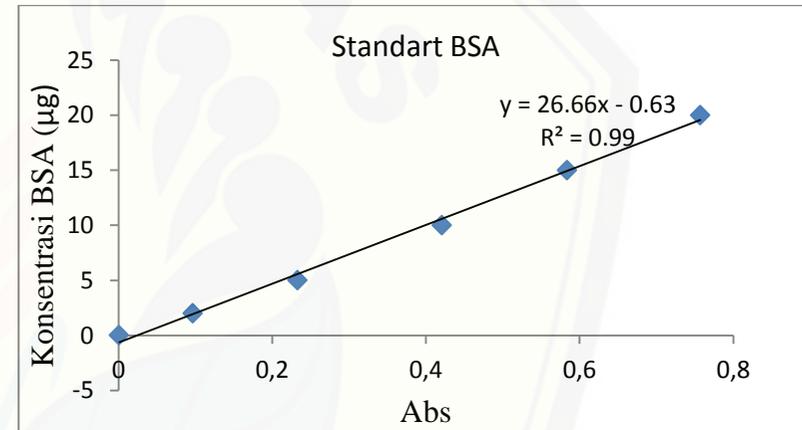
Sampel	Konsentrasi ($\mu\text{g/mL}$)	Absorbansi			Peredaman (%)			Average	Stdev	SEM
T1	0	0.713	0.690	0.701						
	5	0.624	0.606	0.592	12.48	12.17	15.55	13.40	1.87	1.08
	10	0.590	0.560	0.583	17.25	18.84	16.83	17.64	1.06	0.61
	15	0.551	0.564	0.551	22.72	18.26	21.40	20.79	2.29	1.32
	30	0.561	0.444	0.440	21.32	35.65	37.23	31.40	8.77	5.06
	50	0.327	0.358	0.311	54.14	48.12	55.63	52.63	3.98	2.30
T2	0	0.706	0.716	0.631						0.00
	5	0.599	0.599	0.576	15.16	16.34	8.72	13.40	4.10	2.37
	10	0.596	0.585	0.569	15.58	18.30	9.83	14.57	4.33	2.50
	15	0.577	0.536	0.509	18.27	25.14	19.33	20.92	3.70	2.13
	30	0.487	0.497	0.466	31.02	30.59	26.15	29.25	2.70	1.56
	50	0.302	0.377	0.366	57.22	47.35	42.00	48.86	7.72	4.46
T3	0	0.655	0.703	0.709						0.00
	5	0.601	0.582	0.606	8.24	17.21	14.53	13.33	4.60	2.66
	10	0.588	0.568	0.563	10.23	19.20	20.59	16.67	5.63	3.25
	15	0.574	0.551	0.564	12.37	21.62	20.45	18.15	5.04	2.91
	30	0.444	0.444	0.474	32.21	36.84	33.15	34.07	2.45	1.41
	40	0.327	0.321	0.331	50.08	54.34	53.31	52.58	2.22	1.28
T4	0	0.701	0.708	0.681						0.00
	5	0.589	0.596	0.574	15.98	15.82	15.71	15.84	0.13	0.08
	10	0.577	0.620	0.586	17.69	12.43	13.95	14.69	2.71	1.56
	15	0.576	0.597	0.557	17.83	15.68	18.21	17.24	1.37	0.79
	30	0.485	0.388	0.473	30.81	45.20	30.54	35.52	8.38	4.84
	40	0.351	0.376	0.329	49.93	46.89	51.69	49.50	2.43	1.40

Lampiran 2. Kandungan total protein terlarut pada setiap fase pertumbuhan yang berbeda dengan konsentrasi PEG 10 %

sampel	Absorbansi			(µg/µl)			(mg/g)			Average	STDEV	SEM
T1	0.720	0.747	0.713	3.71	3.86	3.68	12.38	12.86	12.25	12.50	0.32	0.18
T2	0.755	0.754	0.740	3.90	3.89	3.82	13.00	12.98	12.73	12.90	0.15	0.09
T3	0.669	0.686	0.667	3.44	3.53	3.43	11.47	11.77	11.43	11.56	0.19	0.11
T4	0.488	0.443	0.747	2.48	2.24	2.40	8.25	7.45	8.00	7.90	0.41	0.24

Standart *Bovine serum albumin* (BSA)

Konsentrasi BSA (µg)	Absorbansi
0	0.000
2	0.097
5	0.233
10	0.421
15	0.584
20	0.757



Lampiran 3. Tinggi tanaman sorgum pada setiap fase pertumbuhan yang berbeda dengan cekaman kekeringan menggunakan PEG 10 %.

Perlakuan	Ulangan (cm)			Total	Average	STDEV	SEM
	1	2	3				
T1	132	139	129	400	133.33	5.13	2.96
T2	116.2	119	115.7	351	116.97	1.78	0.80
T3	139.6	127	142.1	409	136.23	8.09	3.62
T4	124.5	126.7	131	382	127.40	3.31	1.48
Total	512.3	511.7	517.8	1542			

Annova

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	3	652.18	217.39	8.21	7.59	4.43	**
Error (Galat)	8	211.86	26.48				
Total	11	864.04					

Lampiran 4. Panjang akar tanaman sorgum pada setiap fase pertumbuhan yang berbeda dengan cekaman kekeringan menggunakan PEG 10 %.

Perlakuan	Ulangan (cm)			Total	Average	STDEV	SEM
	1	2	3				
T1	50.7	55.7	58.3	164.67	54.89	3.89	2.25
T2	65.7	60.3	64.3	190.33	63.44	2.78	1.60
T3	54.3	53.7	52.0	160.00	53.33	1.20	0.69
T4	50.0	55.0	53.0	158.00	52.67	2.52	1.45
Total	141.8	173.2	139.6	752.5			

Annova

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	3	224.55	74.85	9.77	7.59	4.43	**
Error (Galat)	8	61.26	7.66				
Total	11	285.81					

Lampiran 5. Berat 100 biji per gram padasetiap fase pertumbuhan yang berbeda dengan cekaman kekeringan menggunakan PEG 10 %.

Perlakuan	Ulangan (cm)			Total	Average	STDEV	SEM
	1	2	3				
T1	3.32	3.26	3.34	9.92	3.31	0.04	0.02
T2	2.57	2.43	2.51	7.51	2.50	0.07	0.04
T3	2.96	2.74	2.70	8.40	2.80	0.14	0.08
T4	2.33	2.52	2.24	7.09	2.36	0.14	0.08
Total	141.8	173.2	139.6	752.5			

Annova

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	3	1.57	0.52	44.76	7.59	4.43	**
Error (Galat)	8	0.09	0.01				
Total	11	1.66					

Lampiran 6. Kandungan total klorofil tanaman sorgum pada setiap fase pertumbuhan yang berbeda dengan cekaman kekeringan menggunakan PEG 10 %.

Perlakuan	Ulangan			Total	Average	STADEV	SEM
	1	2	3				
T1	474.04	454.81	452.96	1381.81	460.60	11.67	6.74
T2	522.51	520.85	527.25	1570.61	523.54	3.32	1.92
T3	377.10	388.22	380.98	1146.30	382.10	5.64	3.26
T4	475.02	464.42	476.87	1416.31	472.10	6.72	3.88
Total	1848.67	1828.30	1838.06	5515.03			

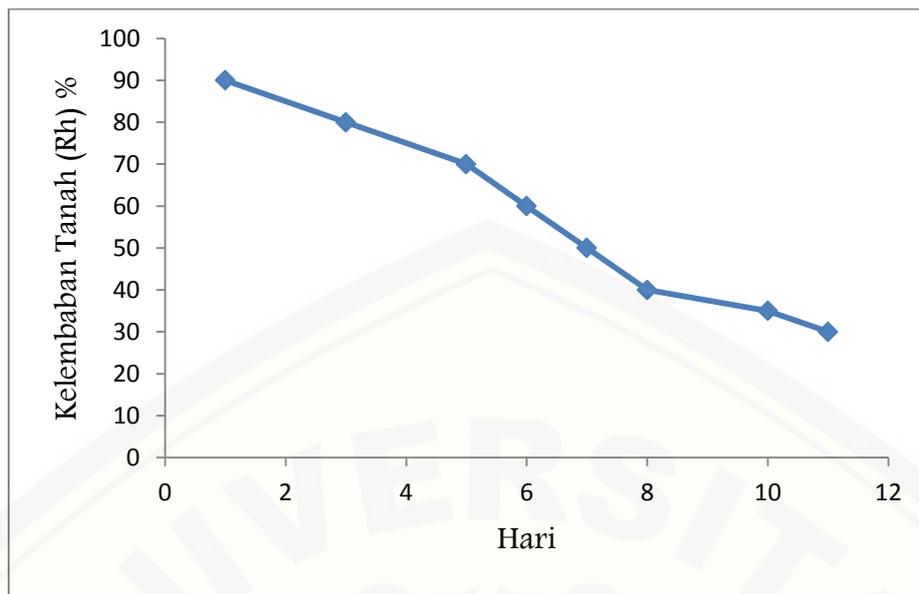
Annova

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	3	30754.46	10251.49	182.83	7.59	4.43	**
Error (Galat)	8	448.56	56.07				
Total	11	31203.02					

Lampiran 7. Rata-rata kelembaban udara dan suhu harian

Bulan/Tanggal	Rata-Rata Kelembaban (RH) per Bulan
Agustus (17-30)	72.2
September (1-30)	71.1
Oktober (1-31)	68.9
November (1-30)	71.0
Rata-Rata	70.6

Bulan/Tanggal	Rata-Rata Suhu (RH) per Bulan
Agustus (17-30)	29.8
September (1-30)	30.5
Oktober (1-31)	31.4
November (1-30)	31.2
Rata-Rata	30.9

Lampiran 8. Kelembaban tanah

Lampiran 9. Intensitas cahaya

Waktu	waktu pengukuran			total 3 x pengukuran
	pagi (08.00)	siang (12.00)	sore(15.00)	
07 Oktober 2014	35267	19600	20600	75467
08 Oktober 2014	37533	75800	21700	135033
09 Oktober 2014	64600	79567	20233	164400
10 Oktober 2014	37400	68167	21267	126834
11 Oktober 2014	43600	77567	23400	144567
12 Oktober 2014	47467	54767	9500	111734
13 Oktober 2014	61900	21367	10067	93334
Total	327767	396835	126767	851369
rerata	46823.86	56690.71	18109.57	40541.38

Lampiran 10. Laju pertumbuhan

Perlakuan	Ulangan			Total	Average	STADEV	SEM
	1	2	3				
T1	1.33	1.35	1.37	4.05	1.35	0.02	0.01
T2	1.73	1.76	1.79	5.28	1.76	0.03	0.02
T3	1.25	1.29	1.34	3.88	1.29	0.05	0.03
T4	1.50	1.53	1.56	4.59	1.53	0.03	0.02
Total	141.8	173.2	139.6	752.5			

Annova

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	3	0.40	0.13	125.29	7.59	4.43	**
Error (Galat)	8	0.01	0.00				
Total	11	0.41					

Lampiran 11. Dokumentasi penelitian



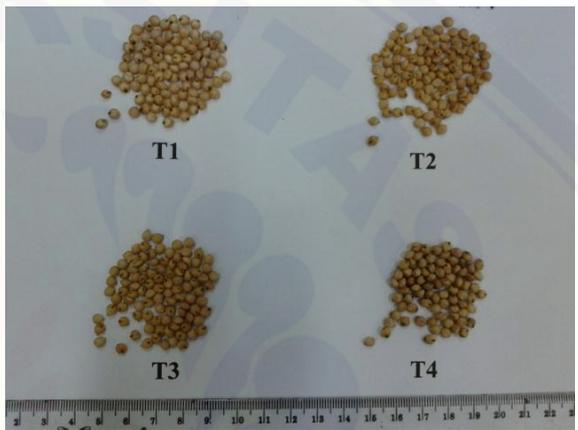
Persiapan media tanam



Pembibitan tanaman sorgum



Pemindahan bibit



Hasil biji yang di treatment



Analisis kandungan protein



Analisis aktivitas protein antioksidan