



**PENGARUH CEKAMAN KEKERINGAN TERHADAP
KANDUNGAN FENOLIK DAN ANTIOKSIDAN TANAMAN
SORGUM (*Sorghum bicolor* L. Moench) PADA
FASE AWAL VEGETATIF**

SKRIPSI

Oleh

**Dede Abdillah
NIM 101510501150**

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



**PENGARUH CEKAMAN KEKERINGAN TERHADAP
KANDUNGAN FENOLIK DAN ANTIOKSIDAN TANAMAN
SORGUM (*Sorghum bicolor* L. Moench) PADA
FASE AWAL VEGETATIF**

SKRIPSI

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

oleh

Dede Abdillah
NIM 101510501150

**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. Ibunda Upi Purnama dan Ayahanda Maman Lukmanulhakim, kuhaturkan terima kasih atas segala pengorbanan, kasih sayang, serta do'a yang selalu dipanjatkan yang mungkin tidak dapat terbalas dengan apapun;
2. Kakak-kakak 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

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”
(terjemahan Surat Al-Insyirah ayat 6)^{*)}

“Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan),
tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)”
(terjemahan Surat Al-Insyirah ayat 7)^{*)}

“Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”
(terjemahan Surat Al-Insyirah ayat 8)^{*)}

^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia. 2009. *Al-Qur'an Tajwid dan Terjemahnya*. Bandung: Jabal Raudhotul Jannah.

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Dede Abdillah

NIM : 101510501150

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul **“Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Kandungan Fenolik dan Antioksidan Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Pada Fase Awal Vegetatif”** 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, 23 Februari 2015

Yang menyatakan,

Dede Abdillah

NIM 101510501160

SKRIPSI

**PENGARUH CEKAMAN KEKERINGAN TERHADAP
KANDUNGAN FENOLIK DAN ANTIOKSIDAN TANAMAN
SORGUM (*Sorghum bicolor* L. Moench) PADA
FASE AWAL VEGETATIF**

oleh

Dede Abdillah
NIM 10510501150

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 Kandungan Fenolik dan Antioksidan Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Pada Fase Awal Vegetatif**” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Kamis, 12 Maret 2015

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Penguji,

Ir. Usmadi, M.P.
NIP. 19620808 198802 1 001

DPU,

DPA,

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

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

**Mengesahkan
Dekan,**

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

RINGKASAN

Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Kandungan Fenolik dan Antioksidan Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Pada Fase Awal Vegetatif; Dede Abdillah, 101510501150; 2015: 45 halaman; Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Cekaman kekeringan adalah suatu kondisi dimana kadar air tanah berada pada kondisi yang minimum untuk pertumbuhan dan produksi tanaman (Purwanto dan Agustono, 2010). Cekaman kekeringan di dalam jaringan tanaman dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan senyawa radikal bebas berupa *reactive oxygen species* (ROS). Radikal bebas mempunyai sifat reaktif di dalam jaringan tanaman sehingga dapat memicu terjadinya kerusakan sel tanaman. Namun pada 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 fenolik dan flavonoid, serta aktivitas antioksidan tanaman sorgum pada fase awal vegetatif. Penelitian menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan 5 variasi perlakuan yaitu pemberian PEG 0%, PEG 2,5%, PEG 5%, PEG 2,5%/R, dan PEG 5%/R. Parameter yang diamati adalah pertumbuhan vegetatif tanaman, kandungan total fenolik, kandungan total flavonoid dan aktivitas antioksidan.

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan kandungan fenolik dan flavonoid, serta aktivitas antioksidan sejalan dengan semakin meningkatnya cekaman yang diberikan. Perlakuan PEG 5% menunjukkan hasil tertinggi yaitu kandungan total fenolik 5,87 mg GAE/g BB, kandungan total flavonoid 1,58 mg QE/g BB dan aktivitas antioksidan 82,72% dengan nilai IC_{50} 15,05 μ g/mL.

SUMMARY

The Effect of Drought Stress on Phenolic Content and Antioxidant in Sorghum Crops (*Sorghum bicolor* L. Moench) in the Early Vegetative Phase; Dede Abdillah, 101510501150; 2015: 45 pages; Agrotechnology Study Program, Faculty of Agriculture, University of Jember.

Drought stress is a condition where soil water content is at minimum condition for growth and crop production (Purwanto and Agustono, 2010). Drought stress in the plant tissue can lead to an increase in free radical compounds such as reactive oxygen species (ROS). Free radicals have reactive properties in the plant tissue, so they can cause damage of plant cells. However, crops tolerant to stress such as sorghum crops will perform an adaptation by producing antioxidant compounds.

This research aimed to determine the effect of drought stress on phenolic and flavonoid content as well as antioxidant activity of sorghum in the early vegetative phase. The research used CRD (completely randomized design) with 5 treatment variations namely giving 0% PEG, 2.5% PEG, 5% PEG, 2.5% PEG/R, and 5% PEG/R. The observed parameters were vegetative growth of crops, total phenolic content, total flavonoid content and antioxidant activities.

The results showed an increase in phenolic and flavonoid content as well as antioxidant activities in line with the increasing stresses given. 5% PEG treatment showed the highest yield, that is, total phenolic content of 5.87 mg GAE/g FW, total flavonoid content of 1.58 mg QE/g FW and 82.72% antioxidant activity with value of IC_{50} 15.05 μ 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 Kandungan Fenolik dan Antioksidan Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Pada Fase Awal Vegetatif**” 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. Usmadi, M.P. selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
4. Ir. Kacung Hariyono, M. Si., Ph. D. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
5. Orang tuaku tercinta Ibunda Upi Purnama dan Ayahanda Maman Lukmanulhakim yang telah memberikan restu, kasih sayang serta doa-doanya hingga sekarang;
6. Kakak-kakak tercinta Tanti, Tati, Hermawan, Ismail, Asep, Mahrudi, dan Parikhin atas motivasi serta dukungan yang telah diberikan selama ini;
7. Faridatul Khoiriyah yang telah memberikan motivasi, doa dan dukungannya dalam penyelesaian penelitian ini;
8. Teman-teman seperjuanganku Laboratorium Analisis Tanaman Roni, Adi, Nuriyah, Ria, Laras, Bayu, Robhita, Biby, Aji dan Rio.

9. Teman-teman D-Acid Arini, Angga, Bayu, Nelly, Fitri, Vina, Dessy dan teman-teman D-Acid lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
10. Teman-teman Program Studi Agroteknologi angkatan 2010 dan teman-teman MKM serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih 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, 23 Februari 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 Tujuan dan Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Karakteristik Tanaman Sorgum	4
2.2 Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan Tanaman	5
2.3 <i>Polyethylene Glycol</i> (PEG)	6
2.4 Radikal Bebas dan Antioksidan	7
2.5 Hipotesis	9
BAB 3. METODE PENELITIAN	10
3.1 Waktu dan Tempat	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Rancangan Percobaan	10
3.4 <i>Lay out</i> Tanam	11

3.5 Pelaksanaan Penelitian	11
3.5.1 Penanaman	11
3.5.2 Pemeliharaan	11
3.5.3 Perlakuan	11
3.5.4 Panen	12
3.6 Metode Analisis	12
3.6.1 Ekstraksi Sampel	12
3.6.2 Penentuan Kandungan Total Fenolik	12
3.6.3 Penentuan Kandungan Total Flavonoid	12
3.6.4 Penentuan Aktivitas Antioksidan Dengan Pemberian <i>1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil</i> (DPPH)	13
3.7 Parameter Percobaan	13
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan Tanaman	16
4.2 Kandungan Total Fenolik dan Flavonoid Serta Aktivitas Antioksidan Tanaman Sorgum	20
4.3 Pemulihan (<i>Recovery</i>) Tanaman Sorgum Setelah Cekaman Kekeringan	25
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Pengaruh berbagai tingkat cekaman kekeringan menggunakan senyawa PEG terhadap pertumbuhan tanaman sorgum	17
Tabel 4.2 Persentase kandungan total flavonoid/fenolik pada berbagai tingkatan cekaman kekeringan menggunakan senyawa PEG	23
Tabel 4.3 Nilai IC ₅₀ (µg /ml) Aktivitas Peredaman Radikal dari sampel daun sorgum pada berbagai tingkatan cekaman kekeringan menggunakan PEG.....	25
Tabel 4.4 Nilai IC ₅₀ (µg /ml) Aktivitas Peredaman Radikal dari sampel daun sorgum pada berbagai tingkatan cekaman kekeringan dan <i>recovery</i> menggunakan PEG	29

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 4.1 Pengaruh berbagai tingkatan cekaman kekeringan senyawa PEG terhadap pertumbuhan tanaman pada umur 20 hari dari awal perlakuan	17
Gambar 4.2 Perubahan kandungan total fenolik pada berbagai tingkatan cekaman kekeringan menggunakan senyawa <i>Polyethylene Glycol</i> (PEG)	20
Gambar 4.3 Perubahan kandungan total flavonoid pada berbagai tingkatan cekaman kekeringan menggunakan senyawa <i>Polyethylene Glycol</i> (PEG)	22
Gambar 4.4 Grafik Aktivitas Peredaman DPPH (Antioksidan) (%) pada berbagai tingkatan perlakuan PEG dengan konsentrasi sampel yang berbeda	24
Gambar 4.5 Pengaruh cekaman kekeringan dan <i>recovery</i> terhadap pertumbuhan tinggi tanaman sorgum pada A. konsentrasi PEG 2,5% dan B. konsentrasi PEG 5%, pada umur 20 hari dari awal perlakuan	26
Gambar 4.6 Pengaruh cekaman kekeringan dan <i>recovery</i> terhadap pertumbuhan dan kandungan biokimia tanaman sorgum	27
Gambar 4.7 Grafik aktivitas peredaman DPPH (antioksidan) (%) pada berbagai tingkatan perlakuan PEG dan <i>recovery</i> dengan konsentrasi sampel berbeda	28

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Aktivitas antioksidan pada berbagai level konsentrasi PEG ($\mu\text{g/mL}$)	36
2. Kandungan fenolik pada berbagai perlakuan PEG	37
3. Kandungan flavonoid pada berbagai perlakuan PEG	38
4. Kandungan flavonoid/fenolik pada berbagai perlakuan PEG	39
5. Tinggi tanaman sorgum pada berbagai perlakuan PEG	40
6. Panjang akar tanaman sorgum pada berbagai perlakuan PEG	41
7. Volume akar tanaman sorgum pada berbagai perlakuan PEG	42
8. Rasio tajuk akar tanaman sorgum pada berbagai perlakuan PEG	43
9. Luas daun tanaman sorgum pada berbagai perlakuan PEG	44
10. Konduktansi stomata tanaman sorgum pada berbagai perlakuan PEG	45
11. Kandungan total klorofil tanaman sorgum pada berbagai perlakuan PEG	46
12. Dokumentasi penelitian	47

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan tanaman yang berasal dari wilayah sekitar sungai Niger di Afrika. Domestikasi sorgum dari Etiopia ke Mesir dilaporkan telah terjadi sekitar 3000 tahun sebelum masehi. Sekarang, sekitar 80% areal pertanaman sorgum berada di wilayah Afrika dan Asia, namun produsen sorgum dunia masih didominasi oleh Amerika Serikat, India, Nigeria, Cina, Mexico, Sudan dan Argentina, sedangkan di Indonesia sendiri tanaman sorgum telah lama dikenal oleh petani khususnya di Jawa, NTB dan NTT, namun belum banyak dibudidayakan secara optimal (Soeranto, 2012).

Sorgum adalah tanaman serealia yang mempunyai potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia karena mempunyai daerah adaptasi yang luas. Tanaman sorgum toleran terhadap cekaman kekeringan dan genangan air, dapat berproduksi pada lahan marginal, serta relatif tahan terhadap gangguan hama dan penyakit. Biji sorgum dapat digunakan sebagai bahan pangan serta bahan baku industri pakan dan pangan seperti industri gula, monosodium glutamate (MSG), asam amino, dan industri minuman, sedangkan limbah sorgum (daun dan batang segar) dapat dimanfaatkan sebagai hijauan pakan ternak (Sirappa, 2003).

Pakan ternak yang berkualitas dan memiliki kandungan nutrisi yang tinggi dibutuhkan untuk memperoleh hasil ternak yang berkualitas dan bernutrisi tinggi, yang dimana pada saat ini kebutuhan akan daging ternak posisinya seimbang dengan kebutuhan akan pangan. Berdasarkan hal tersebut maka tanaman sorgum dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif sumber pakan ternak yang berkualitas dan memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, dimana menurut Sirappa (2003), potensi daun sorgum manis sebagai pakan ternak adalah sekitar 14–16% dari bobot segar batang atau sekitar 3 ton daun segar / ha dari total produksi 20 ton / ha, selain itu kandungan nutrisi daun sorgum juga setara dengan kandungan nutrisi dari rumput gajah dan pucuk tebu, sehingga tanaman sorgum ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai sumber pakan ternak yang berkualitas.

Tanaman sorgum lebih toleran terhadap kondisi cekaman kekeringan dibandingkan dengan tanaman pangan lainnya, dimana kebutuhan airnya relatif lebih sedikit. Menurut 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. Cekaman kekeringan adalah suatu kondisi dimana kadar air tanah berada pada kondisi yang minimum untuk pertumbuhan dan produksi tanaman (Purwanto dan Agustono, 2010). Cekaman kekeringan seringkali menjadi pembatas dalam peningkatan produktivitas tanaman pangan. Secara umum cekaman kekeringan dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman, baik dari aspek anatomis, morfologis, fisiologis maupun biokimia. Dari aspek biokimia cekaman kekeringan dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan radikal bebas yang berupa *reactive oxygen species* (ROS) pada tanaman. Radikal bebas mempunyai sifat yang reaktif di dalam jaringan tanaman sehingga dapat memicu terjadinya kerusakan sel. Namun tanaman yang toleran terhadap ROS akan melakukan suatu adaptasi dengan cara memproduksi senyawa-senyawa yang bersifat antioksidan. Antioksidan alami pada tumbuhan umumnya berupa senyawa fenolik atau polifenol yang dapat berupa golongan flavonoid, turunan asam sinamat, kumarin, tokoferol, dan asam-asam organik polifungsional (Sulistiyani *et al.*, 2011).

Tanaman sorgum toleran terhadap cekaman kekeringan diduga karena adanya peningkatan kandungan bahan aktif berupa senyawa fenolik yang bersifat antioksidan, yang merupakan senyawa yang berfungsi menetralkan radikal bebas yang terbentuk sebagai hasil metabolisme oksidatif di dalam tubuh. Antioksidan bekerja dengan cara mendonorkan satu elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan sehingga aktivitas senyawa oksidan tersebut bisa terhambat (Winarsi, 2007). Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kandungan fenolik dan aktivitas antioksidan yang terdapat pada tanaman sorgum pada fase hidupnya. Salah satu fase pertumbuhan tanaman sorgum yang sangat rentan terhadap kondisi cekaman kekeringan adalah pada fase awal vegetatif, dimana pada fase tersebut merupakan masa kritis, yaitu sangat

memerlukan air untuk akumulasi bahan kering (Vanderlip, 1993). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menguji ketahanan tanaman terhadap kondisi cekaman kekeringan adalah dengan menggunakan senyawa osmotikum seperti *Polyethylene glycol* (PEG). Menurut Efendi *et al.* (2009), PEG merupakan senyawa polimer dari *ethylene oxide* yang dapat digunakan untuk meniru besarnya potensial air tanah atau tingkat cekaman kekeringan. Lebih lanjut, larutan PEG tidak dapat masuk ke dalam jaringan tanaman, sehingga tidak bersifat racun bagi tanaman. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Kavas *et al.* (2013), menunjukkan bahwa pemberian PEG dengan konsentrasi sebesar 5% atau setara dengan -0,4 Mpa sudah mampu meningkatkan senyawa metabolit sekunder (proline) pada tanaman melon.

1.2 Tujuan dan Manfaat

1.2.1 Tujuan

Berdasarkan latar belakang maka tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah :

1. Mengetahui pengaruh cekaman kekeringan terhadap kandungan fenolik dan flavonoid tanaman sorgum pada fase awal vegetatif.
2. Mengetahui pengaruh cekaman kekeringan terhadap aktivitas antioksidan tanaman sorgum pada fase awal vegetatif.

1.2.2 Manfaat

Hasil dari penelitian yang dilakukan dapat dijadikan sebagai :

1. Informasi mengenai respon pertumbuhan, kandungan fenolik dan aktivitas antioksidan tanaman sorgum terhadap cekaman kekeringan pada fase awal vegetatif.
2. Informasi mengenai potensi tanaman sorgum sebagai tanaman pangan alternatif dan sebagai sumber bahan pakan ternak.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Tanaman Sorgum

Berdasarkan kedudukannya dalam ilmu taksonomi tumbuhan, sorgum manis (*Sorghum bicolor* L. Moench) termasuk kategori:

- Kingdom : Plantae (Tumbuhan)
- Subkingdom : Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
- Superdivisi : Spermatophyta (Menghasilkan biji)
- Divisi : Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
- Kelas : Liliopsida (Berkeping satu/monokotil)
- Sub kelas : Commelinidae
- Ordo : Poales
- Famili : *Poaceae* (Suku rumput-rumputan)
- Genus : *Sorghum*
- Spesies : *Sorghum bicolor* L. Moench (Apriwinda, 2013).

Menurut Sumarno dan Karsono (1995), tanaman sorgum memiliki keunggulan tahan terhadap kekeringan dibanding jenis tanaman sereal lain. Tanaman ini mampu beradaptasi pada daerah yang luas, mulai dari daerah dengan iklim tropis-kering (semi arid) sampai daerah beriklim basah. Tanaman sorgum masih dapat menghasilkan biji pada lahan marginal. Budidayanya mudah dengan biaya yang relatif murah, dapat ditanam monokultur maupun tumpang-sari, 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.

Menurut Purnomohadi (2006), sorgum manis termasuk tanaman C4 yang dapat tumbuh tinggi hingga 3 meter. Sebagai tanaman C4 maka sorgum adalah tanaman yang efisien karena dapat menghasilkan produk fotosintesis yang tinggi. Selain itu menurut Apriwinda (2013), 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.

Sorgum cocok dikembangkan di lahan kering karena kebutuhan airnya sangat sedikit. 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 (Supriyanto 2010).

Berdasarkan hasil riset para ahli China, pada daerah sepanjang lembah Yellow dan sungai Yangtze sangat potensial untuk ditanami sorgum manis karena sorgum manis memerlukan lebih sedikit air dibanding tebu, yaitu hanya sepertiganya saja. Sementara itu, 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).

2.2 Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Berbagai cekaman abiotik seperti kekeringan, kadar garam tinggi (salinitas), suhu tinggi atau rendah, serta kemasaman tanah dapat mengakibatkan perubahan-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 dan Banyo, 2011).

Menurut Purwanto dan Agustono (2010), cekaman kekeringan merupakan kondisi dimana kadar air tanah berada pada kondisi yang minimum untuk pertumbuhan dan produksi tanaman. Menurut Ai dan Banyo (2011), kekurangan air mempengaruhi semua aspek pertumbuhan tanaman, yang meliputi proses fisiologi, biokimia, anatomi dan morfologi. Pada saat kekurangan air, sebagian stomata daun menutup sehingga terjadi hambatan masuknya CO₂ dan menurunkan aktivitas fotosintesis.

Tanaman yang menderita cekaman kekeringan secara umum mempunyai ukuran daun yang lebih kecil dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh normal. Kekurangan air mempengaruhi pertumbuhan vegetatif tanaman secara langsung. Berkurangnya pasokan 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 dan Utomo, 1995).

Pertumbuhan tinggi tanaman dipengaruhi oleh kadar lengas tanah. Hal itu dikarenakan proses 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).

Pertumbuhan tanaman (tajuk) 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)

PEG 6000 merupakan senyawa polimer dari *ethylene oxyde* yang dapat digunakan untuk meniru besarnya potensial air tanah atau tingkat cekaman kekeringan. Larutan PEG 6000 tidak dapat masuk ke dalam jaringan tanaman, sehingga tidak bersifat racun bagi tanaman (Efendi *et al.*, 2009).

Senyawa *Polyethylene Glycol* (PEG) merupakan senyawa yang dapat menurunkan potensial osmotik larutan melalui aktivitas matriks sub unit *ethylene oxyde* yang mampu mengikat molekul air dengan ikatan hidrogen. Penyiraman larutan PEG ke dalam media tanam diharapkan dapat menciptakan kondisi cekaman karena ketersediaan air bagi tanaman menjadi berkurang. Ukuran molekul dan konsentrasi PEG dalam larutan menentukan besarnya potensial osmotik larutan yang terjadi (Rahayu *et al.*, 2005).

Larutan PEG dalam media perkecambahan menyebabkan tanaman mengalami cekaman kekeringan, hal ini disebabkan PEG dapat mengikat air sehingga menjadi kurang tersedia bagi tanaman. Dari sifat tersebut maka PEG

dapat digunakan untuk simulasi cekaman kekeringan yang meniru tingkat potensial air tanah (Verslues *et al.*, 2006).

Larutan PEG mempunyai tekanan osmotik larutan jauh lebih tinggi dari tekanan osmotik air murni. Semakin tinggi kadar PEG yang dilarutkan maka semakin tinggi pula tekanan osmotik larutan yang terbentuk. Hal ini mengakibatkan terjadinya penghambatan proses imbibisi air ke dalam biji ketika dikecambahkan (Adwitarsa, 1996).

Tanaman yang lebih toleran terhadap cekaman PEG menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih baik dibanding dengan tanaman yang peka. Tanaman yang toleran mampu melakukan fotosintesis dan fotosintat yang dihasilkan akan lebih banyak, dan selanjutnya fotosintat tersebut segera didistribusikan ke seluruh bagian tanaman (Kadir, 2011).

Penyiraman larutan PEG kedalam media tanam menyebabkan 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).

2.4 Radikal Bebas dan Antioksidan

Radikal bebas adalah senyawa kimia yang mempunyai satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan. Senyawa ini bersifat tidak stabil dan sangat reaktif. Senyawa ini harus mencari elektron lain sebagai pasangan untuk mencapai kestabilan. Reaksi ini terjadi secara berantai dan menyebabkan terbentuknya radikal bebas yang lebih banyak dalam tubuh (Lestario *et al.*, 2008).

Radikal bebas atau senyawa reaktif oksigen (ROS) adalah hasil dari berbagai reaksi degeneratif di dalam tubuh tanaman yang akan mempengaruhi metabolisme normal tanaman dengan merusak komponen sel tanaman (Foyer dan Noctor, 2002).

Radikal bebas contohnya adalah *anion superoksida* ($O_2^{\cdot-}$), *hidroksil* (OH^{\cdot}) dan *nitrit oksida* (NO^{\cdot}). Tanda (\cdot) menunjukkan adanya satu atau lebih elektron

yang tidak berpasangan, sehingga mempunyai kecenderungan menarik elektron dari molekul lain, akibatnya radikal bebas menjadi sangat reaktif dan dapat menyebabkan kerusakan atau kematian sel (Zakaria, 1996).

Antioksidan dalam pengertian kimia, merupakan senyawa pemberi elektron. Antioksidan bekerja dengan cara mendonorkan satu elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan sehingga aktivitas senyawa oksidan tersebut bisa terhambat. Antioksidan menstabilkan radikal bebas dengan melengkapi kekurangan elektron yang dimiliki radikal bebas, dan menghambat terjadinya reaksi berantai dari pembentukan radikal bebas (Winarsi, 2007).

Sel memiliki antioksidan alami seperti *superoksida dismutase* (SOD), katalase, reduktase, glutathion peroksidase dan antioksidan yang bisa mempertahankan dan perlindungan dari pengaruh radikal bebas. Namun, ketika radikal bebas lebih banyak daripada kemampuan pertahanan antioksidan alami tersebut bisa mengalami gangguan sehingga memutuskan rantai reduksi oksidasi normal dan mengakibatkan kerusakan oksidatif jaringan yang sering dikenal dengan stress oksidatif (Wuryastuti, 2000).

Antioksidan alami pada tumbuhan umumnya berupa senyawa fenolik atau polifenol yang dapat berupa golongan flavonoid, turunan asam sinamat, kumarin, tokoferol, dan asam-asam organik polifungsional. Senyawa antioksidan alami polifenolik ini adalah multifungsional dan dapat beraksi sebagai pereduksi, penangkap radikal bebas, pengkelat logam, dan peredam terbentuknya singlet oksigen (Sulistiyani *et al.*, 2011). Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan, diyakini bahwa flavonoid sebagai salah satu kelompok senyawa fenolik yang memiliki sifat antioksidatif serta berperan dalam mencegah kerusakan sel dan komponen selulernya oleh radikal bebas reaktif (Redha, 2010).

Beberapa penelitian telah melaporkan bahwa terdapat berbagai sumber antioksidan yang terdapat di sekeliling kita. Hasil penelitian tersebut diantaranya adalah sorgum, yaitu mengandung senyawa fenolik dalam bentuk asam fenolik, flavonoid dan tanin (Rohmatussolihat, 2009). Selain itu Nisa (2010) juga menambahkan bahwa beberapa varietas sorgum mengandung tanin dan fenol-

fenol lain yang terkonsentrasi pada lapisan luar dari biji dan merupakan sumber alami antioksidan untuk pangan.

IC₅₀ merupakan bilangan yang menunjukkan konsentrasi ekstrak (ppm) yang mampu menghambat proses oksidasi sebesar 50%. Semakin kecil nilai IC₅₀ berarti semakin tinggi aktivitas antioksidan. Secara spesifik suatu senyawa dikatakan sebagai antioksidan sangat kuat jika nilai IC₅₀ kurang dari 50 ppm, kuat untuk IC₅₀ bernilai 50-100 ppm, sedang jika bernilai 100-150 ppm, dan lemah jika nilai IC₅₀ bernilai 151-200 ppm (Zuhra *et al.*, 2008).

2.5 Hipotesis

Berdasarkan latar belakang, tujuan dan pustaka maka dapat diambil hipotesis bahwa cekaman kekeringan pada fase awal vegetatif akan :

1. Meningkatkan kandungan total fenolik dan kandungan total flavonoid pada tanaman sorgum.
2. Meningkatkan aktivitas antioksidan pada tanaman sorgum.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli s/d November 2014 yang bertempat di *Green house* Agroteknopark dan Laboratorium Analisis Tanaman Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain penggaris, gelas ukur, timbangan, termometer, leaf porometer, timbangan analitik, oven, mortar dan pestle, mikropipet, vortex, sentrifuge, spektrofotometer MAPADA V-1100D serta alat penunjang lainnya.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain biji tanaman sorgum varietas Numbu, polibag ukuran 10x20 cm, pasir, cocopeat, PEG 6000, larutan Hoagland, aquadest, ethanol, methanol, $AlCl_3$, Na_2CO_3 , $NaNO_2$, Folin Ciocalteu Reagent, *Quercetin*, *Gallic Acid*, *1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil* (DPPH) dan bahan kimia pendukung lainnya.

3.3 Rancangan Percobaan

Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 perlakuan, yang terdiri atas :

T1 = Pemberian PEG 0% (0,0 Mpa/ 100% KL)

T2 = Pemberian PEG 2,5% (-0,15 Mpa/ 85% KL ; cekaman 20 hari)

T3 = Pemberian PEG 5% (-0,40 Mpa/ 60% KL ; cekaman 20 hari)

T4 = Pemberian PEG 2,5% *recovery* (-0,15 Mpa/ 85% KL ; cekaman 12 hari)

T5 = Pemberian PEG 5% *recovery* (-0,40 Mpa/ 60% KL ; cekaman 12 hari)

Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 5 kali. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan ANOVA dan dilanjutkan dengan SEM (*Standart Error of the Mean*) untuk melihat perbedaan antara perlakuan.

3.4 Lay Out Tanam

T2R5	T5R2	T2R4	T1R2	T4R4
T3R1	T3R3	T4R2	T5R1	T4R5
T1R5	T3R2	T1R1	T5R4	T2R2
T3R4	T5R5	T3R5	T1R3	T2R3
T5R3	T2R1	T4R1	T1R4	T4R3

Keterangan: T (Perlakuan), R (Ulangan)

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Penanaman

Benih Sorgum ditanam pada polibag ukuran 10 x 20 cm dengan media tanam campuran pasir dan cocopeat dengan perbandingan 1:1 (v/v), yaitu 2 biji/ polibag. Kemudian dilakukan penjarangan pada umur 7 hari setelah tanam dengan menyisakan 1 tanaman terbaik.

3.5.2 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, pemberian nutrisi dan pengendalian OPT. Penyiraman tanaman dilakukan sampai kapasitas lapang yaitu setiap 4 hari sekali disiram sampai 200 mL air/ tanaman. Pemberian nutrisi dilakukan dengan cara melarutkan hara pada air, dengan frekuensi 4 hari sekali. Nutrisi yang digunakan adalah larutan Hoagland dengan konsentrasi 5 mM NO₃⁻ dalam 1 liter air. Pengendalian OPT dilakukan secara mekanis dengan mencabut gulma dan memberantas hama disekitar pertanaman sorgum.

3.5.3 Perlakuan

Cekaman kekeringan diberikan dengan melarutkan PEG kedalam air sesuai masing-masing konsentrasi yang ditentukan, kemudian disiramkan sesuai

volume penyiraman pada fase awal vegetatif tanaman yaitu umur 19-38 (hst) untuk perlakuan tanpa *recovery* dan 19-30 (hst) untuk perlakuan *recovery*.

3.5.4 Panen

Pemanenan dilakukan pada umur 39 (hst) dengan membongkar polibag dan membersihkan tanaman sorgum dari media tanam secara hati-hati serta mengukur semua parameter yang diamati.

3.6 Metode Analisis

3.6.1 Ekstraksi Sampel

Sampel berupa daun dari tanaman sorgum yang diberi perlakuan cekaman kekeringan di ekstraksi menggunakan metode yang dikemukakan oleh Makkar *et al.* (1998). Ekstraksi dilakukan dengan mencampur sampel dengan larutan 50% methanol dengan perbandingan 1:5 (w/v) kemudian dihaluskan pada mortar. Ekstrak yang diperoleh kemudian dimaserasi selama 15 menit pada suhu 4°C. Setelah 15 menit ekstrak tersebut kemudian disentrifuge dengan kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit. Supernatan yang dihasilkan selanjutnya disimpan untuk analisis total fenolik, flavonoid dan aktivitas antioksidan.

3.6.2 Penentuan Kandungan Total Fenolik

Penentuan total fenol pada ekstrak sampel menggunakan metode yang dikemukakan oleh Taga *et al.* (1984). Sebanyak 5 µL sampel dilarutkan dalam 45 µL methanol, 1 mL 2% Na₂CO₃, dan 50 µL 50% Folin Ciocalteu. Hasil campuran divortex kemudian diinkubasi selama 30 menit. Nilai absorbansi diukur pada panjang gelombang 750 nm. *Gallic acid* digunakan sebagai standar. Satuan total fenol dalam mg *gallic acid equivalent* (GAE)/g sampel.

3.6.3 Penentuan Kandungan Total Flavonoid

Penentuan kandungan total flavonoid pada sampel menggunakan metode AlCl₃ yang dikemukakan oleh Lamaison dan Carnet (1990) dengan beberapa modifikasi. 10 µL sampel dicampurkan ke dalam 40 µL methanol 50% , 400 µL

aquadest dan 30 μL 5% NaNO_2 setelah itu diinkubasikan selama 5 menit. Campuran tersebut kemudian ditambahkan 30 μL 10% AlCl_3 lalu diinkubasikan selama 6 menit. Tambahkan 200 μL 1 N NaOH dan 240 μL aquadest ke dalam larutan tersebut. Nilai absorbansi diukur pada panjang gelombang 415 nm. *Quersetin* digunakan sebagai standar dengan satuan mg *quercetin equivalent* (QE)/g sampel.

3.6.4 Penentuan Aktifitas Antioksidan dengan Pemberian *1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil* (DPPH)

Penentuan aktivitas antioksidan pada ekstrak sampel menggunakan metode yang dikemukakan oleh Galvez *et al.* (2005). Larutan 0.5 mM DPPH pertama kali dibuat di dalam methanol. Supernatan dari ekstrak sampel diambil sebanyak 100 μL kemudian ditambahkan 100 μL methanol. Setelah itu, 800 μL 0,5 mM DPPH ditambahkan pada tabung yang berisi sampel. Inkubasikan 20 menit pada suhu $\pm 27^\circ\text{C}$. Mengukur nilai absorbansinya pada panjang gelombang 517 nm. Nilai persentase peredaman radikal DPPH pada ekstrak sampel ditentukan dengan rumus:

$$\text{Peredaman (\%)} = (\text{Abs control} - \text{Abs sampel} / \text{Abs kontrol}) \times 100\%$$

IC_{50} ditentukan sebagai nilai penghambatan 50% pada nilai % peredaman radikal DPPH optimal setiap ekstrak sampel dengan satuan $\mu\text{g GAE/mL}$.

3.7 Parameter Percobaan

Parameter yang diamati antara lain:

1. Tinggi tanaman (cm)

Diukur dari pangkal batang sampai ujung daun tertinggi. Pengukuran dilakukan secara periodik setiap satu minggu mulai awal treatment sampai akhir pengamatan.

2. Panjang akar (cm)

Panjang akar tanaman ditentukan dengan mengukur tiga akar terpanjang dari masing-masing tanaman, kemudian dihitung hasil rata-rata pengukurannya.

3. Volume akar (mL)

Volume akar dihitung dengan cara memotong bagian akar dari tanaman yang telah dibersihkan. Akar tersebut dikeringanginkan terlebih dahulu, kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur yang telah berisi air, sehingga didapatkan penambahan volume. Volume akar dapat diperoleh dengan rumus:

$$\text{Volume akar : } (b - a) \text{ mL}$$

Keterangan:

b = Volume akhir

a = Volume awal

4. Rasio tajuk akar

Pengamatan ratio tajuk-akar merupakan perbandingan antara berat kering tajuk dengan berat kering akar. Setelah dipanen akar dan pucuk dipisahkan, kemudian dicuci sampai bersih dan dimasukkan ke oven dengan suhu 80°C selama 2x24 jam. Nilai ratio tajuk akar dapat diperoleh dengan rumus:

$$\text{RTA} = \text{berat kering tajuk tanaman} / \text{berat kering akar tanaman.}$$

5. Luas daun (cm^2)

Luas daun diukur dengan metode gravimetri, yaitu dengan menggambar daun yang akan ditaksir luasnya pada sehelai kertas yang menghasilkan replika daun. Replika tersebut kemudian digunting dari kertas yang berat dan luasnya sudah diketahui. Luas daun kemudian ditaksir dengan perbandingan berat replika daun dengan berat kertas dengan rumus:

$$\text{LD} = \text{Wr} / \text{Wt} \times \text{LK}$$

Keterangan:

Wr = berat kertas replika daun

Wt = berat kertas

Lk = luas kertas

6. Konduktansi stomata ($\text{mmol}/\text{m}^2\text{s}$)

Konduktansi stomata mencerminkan kemudahan stomata untuk pertukaran gas dan air. Parameter ini diukur menggunakan alat SC-1 Leaf Porometer Decagon pada pagi hari, yaitu pukul 07.00-09.00 WIB.

7. Kandungan klorofil (mg/L)

Pengukuran kandungan total klorofil secara spektrofotometrik dilakukan sesuai metode Wintermans dan De Mots (1996), menggunakan pelarut ethanol 96% dan mengukur absorbansi pada panjang gelombang 649 dan 665 nm. Langkah kerja yang dilakukan adalah menimbang sampel sebanyak 1 gram, kemudian digerus dengan pelarut ethanol 96% sampai halus. Hasil ekstraksi di *sentrifuge* dan diambil supernatan kemudian diukur nilai absorbansi pada panjang gelombang 649 dan 665 nm. Perhitungan nilai kandungan klorofil adalah dengan rumus: Klorofil total = $(20,0 \times \text{Abs } 649) + (6,1 \times \text{Abs } 665)$ (mg/L)

8. Kandungan total fenolik (mg GAE/ g Berat Basah)
9. Kandungan total flavonoid (mg QE/ g Berat Basah)
10. Aktivitas antioksidan ($\mu\text{g GAE/mL}$)

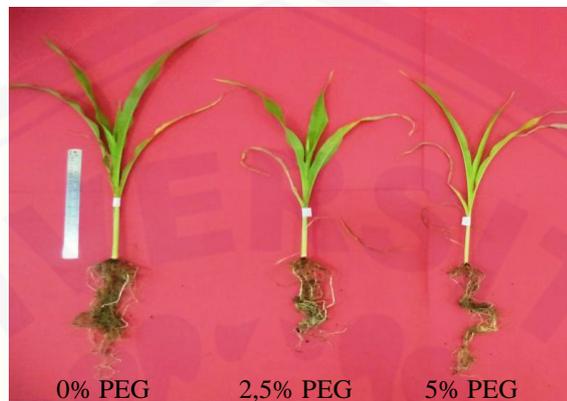
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Lokasi penanaman dilakukan di dalam *Green house* UPT Agroteknopark Universitas Jember yang berada pada ketinggian 83 mdpl pada bulan Agustus sampai dengan September dengan suhu rata-rata 30,01 °C dan kelembaban rata-rata 72,02%. Menurut Rooney (1974), sorgum tumbuh baik pada kondisi suhu tinggi dengan kelembaban rendah, optimalnya yaitu pada suhu 25-30 °C dengan kelembaban relatif 20-40%. Mudjisihono dan Suprpto (1989) menambahkan bahwa pada ketinggian lebih dari 800 mdpl dengan suhu kurang dari 25 °C menyebabkan pertumbuhan sorgum lambat dan umurnya menjadi panjang. Benih sorgum ditanam pada polybag ukuran 10x20 cm yang telah diisi media tanam campuran pasir dan cocopeat dengan perbandingan 1:1 (v/v). Nutrisi tanaman mulai diberikan ketika tanaman berumur 3 hst (hari setelah tanam) sampai akhir perlakuan dengan melarutkan larutan Hoagland (5 mM NO₃⁻) pada air penyiraman. Perlakuan cekaman kekeringan dalam percobaan mulai diberikan pada umur tanaman 19 hst (fase 5 daun), yaitu PEG 0% (0,0 Mpa) sebagai kontrol, PEG 2,5 % (-0,15 Mpa), dan PEG 5% (-0,40 Mpa) yang dicekam selama 20 hari. Kemudian, perlakuan lainnya yaitu PEG 2,5%/R dan PEG 5%/R yang masing-masing dicekam selama 12 hari, kemudian dipulihkan (*recovery*) selama 8 hari dengan menghentikan pemberian PEG dan disiram seperti perlakuan kontrol.

Hasil analisis ragam yang dilanjutkan dengan SEM (*Standart Error of the Mean*) menunjukkan adanya pengaruh perlakuan cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan tanaman sorgum (Tabel 4.1). Tinggi tanaman merupakan salah satu indikator pertumbuhan maupun parameter yang digunakan untuk mengukur pertumbuhan oleh pengaruh lingkungan. Hal ini karena pertumbuhan merupakan parameter yang paling mudah dilihat serta pengukurannya dapat dilakukan tanpa merusak tanaman sampel (Sitompul dan Guritno, 1995). Berdasarkan Gambar 4.1 dan Tabel 4.1 terlihat ada pengaruh dari cekaman kekeringan yang diberikan terhadap pertumbuhan tinggi tanaman sorgum, dimana terjadi penurunan tinggi tanaman sejalan dengan meningkatnya cekaman yang diberikan, yaitu pada

perlakuan PEG 0% adalah $72,8 \pm 2,13$ cm, pada perlakuan PEG 2,5% adalah $67,2 \pm 0,58$ cm, dan pada perlakuan PEG 5% adalah $66,6 \pm 0,68$ cm. Data tersebut menunjukkan bahwa cekaman kekeringan dapat mengganggu metabolisme normal tanaman sehingga menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman sorgum.



Gambar 4.1 Pengaruh berbagai tingkatan cekaman kekeringan senyawa PEG terhadap pertumbuhan tanaman pada umur 20 hari dari awal perlakuan.

Pertumbuhan tinggi tanaman dipengaruhi oleh kadar lengas tanah. Hal itu dikarenakan proses 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). Artinya pada ketersediaan air yang terbatas (cekaman kekeringan) maka pertumbuhan tinggi tanaman akan terhambat.

Tabel 4.1 Pengaruh berbagai tingkat cekaman kekeringan menggunakan senyawa PEG terhadap pertumbuhan tanaman sorgum.

Parameter	Tingkat Pemberian PEG			Notasi
	0%	2.5%	5%	
Tinggi Tanaman (cm)	72.80 ± 2.13	67.20 ± 0.58	66.60 ± 0.68	**
Panjang Akar (cm)	35.56 ± 4.70	37.16 ± 2.80	42.76 ± 2.55	ns
Volume Akar (mL)	17.40 ± 2.68	12.20 ± 1.36	9.80 ± 1.02	*
Rasio Tajuk Akar	2.19 ± 0.18	2.21 ± 0.27	2.23 ± 0.18	ns
Luas Daun (cm ²)	124.49 ± 6.81	114.53 ± 4.97	113.02 ± 3.89	ns
Konduktansi Stomata (mmol/m ² s)	30.16 ± 1.87	23.48 ± 1.88	20.62 ± 1.92	*
Kandungan Klorofil (mg/L)	11.91 ± 0.61	11.44 ± 0.70	9.84 ± 0.42	*

Keterangan: beda sangat nyata (**), beda nyata (*), dan beda tidak nyata (ns).

Hasil analisis ragam yang dilanjutkan dengan SEM menunjukkan adanya pengaruh dari pemberian cekaman kekeringan menggunakan senyawa *Polyethylene glycol 6000* (PEG 6000) yaitu 0%, 2,5%, dan 5% PEG terhadap beberapa parameter pertumbuhan tanaman sorgum (Tabel 4.1). Hasil analisis ragam 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. Menurut Sinaga (2007), perubahan-perubahan morfologi pada tanaman yang mengalami kekeringan antara lain terhambatnya pertumbuhan akar, tinggi tanaman, diameter batang, luas daun dan jumlah daun. Lebih lanjut, cekaman kekeringan dapat menurunkan tingkat produktivitas (biomassa) tanaman, karena menurunnya metabolisme primer, penyusutan luas daun dan aktivitas fotosintesis (Solichatun *et al.*, 2005).

Akar merupakan salah satu organ tanaman yang sangat respon terhadap cekaman kekeringan, ketika terjadi cekaman kekeringan maka tanaman yang toleran akan merespon kekeringan tersebut dengan cara memaksimalkan sistem perakarannya. Umumnya tanaman dengan irigasi yang baik memiliki akar yang lebih panjang dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh di tempat yang kering. Walaupun demikian, panjang akar berkaitan dengan ketahanan tanaman pada saat terjadi kekurangan air. Hal ini disebabkan karena pada saat kekurangan air, tanaman akan memanjangkan akarnya sampai ke lapisan tanah yang memiliki ketersediaan air yang cukup, sehingga tanaman tersebut dapat bertahan hidup (Ai dan Torey, 2013). Tabel 4.1 dan Gambar 4.1 menunjukkan akar terpanjang adalah pada perlakuan PEG 5% yaitu $42,76 \pm 2,55$ cm dan akar terpendek adalah pada perlakuan PEG 0% yaitu $35,56 \pm 4,70$ cm, sedangkan volume akar tanaman menunjukkan volume terbesar adalah pada perlakuan PEG 0% yaitu $17,40 \pm 2,68$ mL dan volume terkecil adalah pada perlakuan PEG 5% yaitu $9,80 \pm 1,02$ mL. Hal tersebut menunjukkan bahwa ketika dipermukaan tanah tidak tersedia air maka akar tanaman akan memanjang ke lapisan tanah yang memiliki ketersediaan air yang cukup, sehingga tanaman yang berada pada kondisi cekaman kekeringan perakarannya akan menjadi lebih panjang, namun volume akar terlihat menjadi

lebih kecil dikarenakan terbatasnya ketersediaan air sebagai salah satu unsur yang memicu reaksi pembelahan dan pembesaran sel.

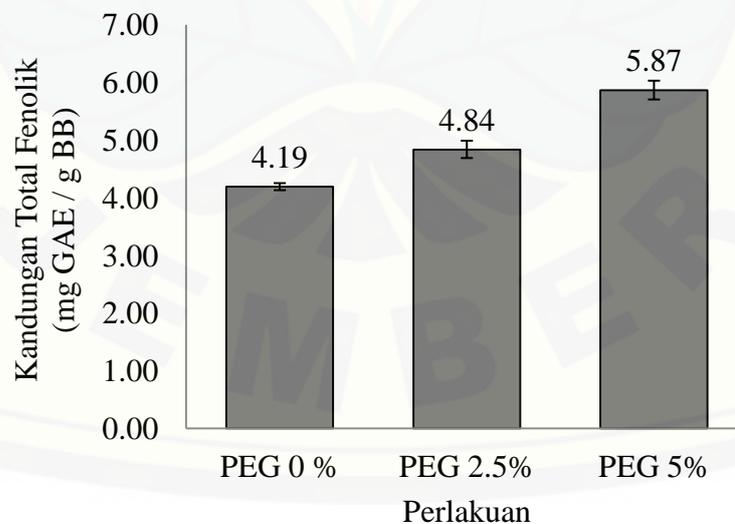
Rasio tajuk akar merupakan perbandingan antara pertumbuhan tajuk dan pertumbuhan akar (Solichatun *et al.*, 2005). Tabel 4.1 menunjukkan nilai rasio tajuk akar yang berbeda tidak nyata pada berbagai tingkatan perlakuan cekaman kekeringan menggunakan senyawa PEG, meskipun demikian terlihat ada peningkatan nilai rasio tajuk akar sejalan dengan semakin ditingkatkannya cekaman yang diberikan, yaitu pada perlakuan PEG 0% adalah $2,19 \pm 0,18$, pada perlakuan PEG 2,5% adalah $2,21 \pm 0,27$ dan pada perlakuan PEG 5% adalah $2,23 \pm 0,18$. Hasil ini sejalan dengan pendapat Fitter dan Hay (1998), yang menyatakan bahwa rasio tajuk akar bersifat plastis, dimana nilainya akan meningkat pada kondisi ketersediaan air, nitrogen, oksigen, dan suhu yang rendah.

Respon yang pertama kali dapat diamati pada tanaman yang kekurangan air ialah penurunan *conductance* yang disebabkan oleh berkurangnya tekanan turgor. Hal ini mengakibatkan laju fotosintesis menurun, laju transpirasi berkurang, dehidrasi jaringan dan pertumbuhan organ menjadi lebih lambat, sehingga luas daun yang terbentuk saat kekeringan menjadi lebih kecil (Ai *et al.*, 2010). Tabel 4.1 menunjukkan luas daun tanaman sorgum semakin menurun sejalan dengan menurunnya nilai konduktansi stomata akibat semakin meningkatnya cekaman yang diberikan, yaitu pada perlakuan PEG 0% $30,16 \pm 1,87$ mmol/m²s, pada perlakuan PEG 2,5% $23,48 \pm 1,88$ mmol/m²s, dan pada perlakuan PEG 5% $20,62 \pm 1,92$ mmol/m²s. Disamping itu, cekaman kekeringan juga berpengaruh terhadap proses biokimia fotosintesis, dan salah satu yang paling sensitif adalah biosintesis klorofil. Klorofil merupakan pigmen pemberi warna hijau pada tanaman yang berperan dalam proses fotosintesis tanaman dengan menyerap dan mengubah energi cahaya menjadi energi kimia. Hasil pengukuran (Tabel 4.1) menunjukkan semakin ditingkatkan cekaman kekeringan yang diberikan maka semakin rendah pula kandungan klorofil yang disintesis. Kandungan total klorofil mengalami penurunan sejalan dengan semakin meningkatnya cekaman yang diberikan, yaitu pada perlakuan PEG 0% adalah $11,91 \pm 0,61$ mg/L, pada perlakuan PEG 2,5% adalah $11,44 \pm 0,70$ mg/L, dan

pada perlakuan PEG 5% adalah $9,84 \pm 0,42$ mg/L. Menurut Hendriyani dan Setiari (2009), kurangnya ketersediaan air akan menghambat sintesis klorofil pada daun akibat menurunnya laju fotosintesis dan terjadinya peningkatan temperatur serta transpirasi yang menyebabkan disintegrasi klorofil.

4.2 Kandungan Total Fenolik dan Flavonoid Serta Aktivitas Antioksidan Tanaman Sorgum

Fenolik merupakan salah satu senyawa metabolit sekunder pada tanaman yang berperan sebagai pertahanan alami terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Menurut Hopkins (1999), metabolit sekunder secara umum akan meningkat akumulasinya di dalam jaringan tanaman pada saat tanaman mengalami cekaman lingkungan, dalam hal ini salah satunya adalah cekaman kekeringan. Bidwell (1979), menambahkan bahwa akibat dari cekaman kekeringan sangat kompleks bagi sitoplasma. Akibatnya secara langsung adalah kekurangan air sehingga sitoplasma menjadi lebih pekat. Hal ini mengakibatkan ketidakseimbangan dalam proses biokimia. Berbagai zat diakumulasikan ketika tanaman mengalami cekaman kekeringan. Akumulasi berbagai metabolit sekunder adalah hasil sampingan dari jalur metabolik normal yang terganggu.

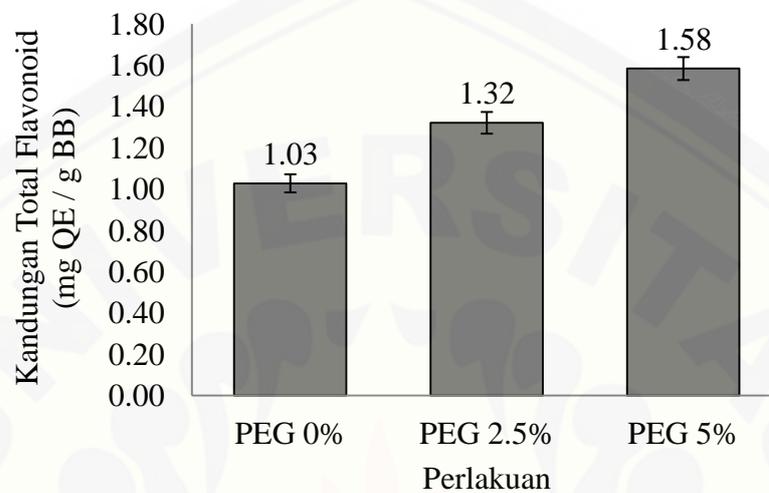


Gambar 4.2 Grafik perubahan kandungan total fenolik pada berbagai tingkatan cekaman kekeringan menggunakan senyawa *Polyethylene Glycol* (PEG).

Salah satu metabolit sekunder yang terakumulasi ketika jalur metabolik normal terganggu adalah senyawa fenolik. Adapun pengaruh cekaman kekeringan terhadap kandungan total fenolik dapat dilihat pada Gambar 4.2. Berdasarkan Gambar 4.2 menunjukkan adanya peningkatan kandungan total fenolik sejalan dengan meningkatnya cekaman yang diberikan. Kandungan total fenolik terendah ditunjukkan pada perlakuan PEG 0% yaitu $4,19 \pm 0,11$ mg GAE/g BB, kemudian terjadi peningkatan pada perlakuan PEG 2,5% yaitu $4,84 \pm 0,15$ mg GAE/g BB dan semakin meningkat pada perlakuan PEG 5% yaitu $5,87 \pm 0,16$ mg GAE/g BB. Fenolik merupakan salah satu metabolit sekunder yang dapat terinduksi jika tanaman berada pada kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan sebagai salah satu upaya pertahanannya, dalam hal ini adalah terhadap kondisi cekaman kekeringan. Dari hasil (Gambar 4.2) terlihat bahwa tingginya kandungan total fenolik yang terinduksi dipengaruhi oleh tingkat konsentrasi PEG (tingkat cekaman) yang diberikan, artinya semakin tinggi cekaman yang diberikan maka semakin meningkat pula kandungan fenolik yang terinduksi pada tanaman sorgum. Akan tetapi hal ini berbanding terbalik dengan pertumbuhan tanaman sorgum, dimana semakin tinggi kandungan total fenoliknya maka semakin menghambat pertumbuhan tinggi tanaman sorgum (Gambar 4.1). Hal tersebut menunjukkan bahwa cekaman kekeringan dapat mengganggu metabolik normal tanaman sehingga mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan tanaman, namun dapat menyebabkan terakumulasinya senyawa metabolit sekunder sebagai hasil samping untuk pertahanan agar tanaman dapat tetap hidup.

Senyawa fenolik salah satunya adalah golongan flavonoid. Flavonoid merupakan salah satu kelompok metabolit sekunder yang banyak ditemukan pada jaringan tanaman. Kemampuan flavonoid sebagai antioksidan telah banyak diteliti belakangan ini, dimana flavonoid memiliki kemampuan untuk merubah atau mereduksi radikal bebas dan juga sebagai anti radikal bebas (Giorgio, 2000). Penelitian yang menyebutkan pengaruh cekaman kekeringan terhadap kandungan flavonoid diantaranya menurut Rahardjo dan Darwati (2000), menyatakan bahwa tanaman tempuyung yang mendapat cekaman air sebesar 60% kapasitas lapang, kadar flavonoidnya mencapai dua kali lipat dibandingkan dengan tanaman yang

tidak terkena cekaman. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kandungan flavonoid merupakan salah satu mekanisme tanaman untuk bertahan terhadap cekaman kekeringan. Adapun pengaruh dari cekaman kekeringan terhadap kandungan total flavonoid tanaman sorgum dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik perubahan kandungan total flavonoid pada berbagai tingkatan cekaman kekeringan menggunakan senyawa *Polyethylene Glycol* (PEG).

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa kandungan total flavonoid terendah diperoleh pada tanaman yang diberikan perlakuan PEG 0% yaitu $1,03 \pm 0,04$ mg QE/g BB, kemudian terjadi peningkatan pada perlakuan PEG 2,5% yaitu $1,32 \pm 0,05$ mg QE/g BB dan semakin meningkat pada perlakuan PEG 5% yaitu $1,58 \pm 0,06$ mg QE/g BB. Data yang diperoleh tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi cekaman yang diberikan maka kandungan total flavonoidnya akan semakin tinggi. Flavonoid merupakan kelompok senyawa fenolik yang berperan sebagai antioksidan, yaitu sebagai pereduksi radikal bebas yang terbentuk akibat kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman, dalam hal ini adalah sebagai salah satu mekanisme adaptasi tanaman sorgum terhadap kondisi cekaman kekeringan. Dari hasil yang diperoleh (Gambar 4.3) terlihat bahwa pemberian PEG pada tingkat tertentu mampu menginduksi terbentuknya senyawa flavonoid yang tinggi dibandingkan dengan tanpa pemberian PEG. PEG merupakan senyawa polimer dari *ethylene oxide* yang dapat digunakan untuk meniru besarnya potensial air tanah atau tingkat cekaman kekeringan (Efendi *et*

al., 2009). Hal ini menunjukkan bahwa senyawa flavonoid akan terakumulasi jika tanaman berada pada kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan bagi pertumbuhan dan perkembangannya, salah satunya adalah pada kondisi cekaman kekeringan.

Adapun pengaruh pemberian cekaman kekeringan terhadap persentase dari kandungan flavonoid / fenolik dapat dilihat pada Tabel 4.2.

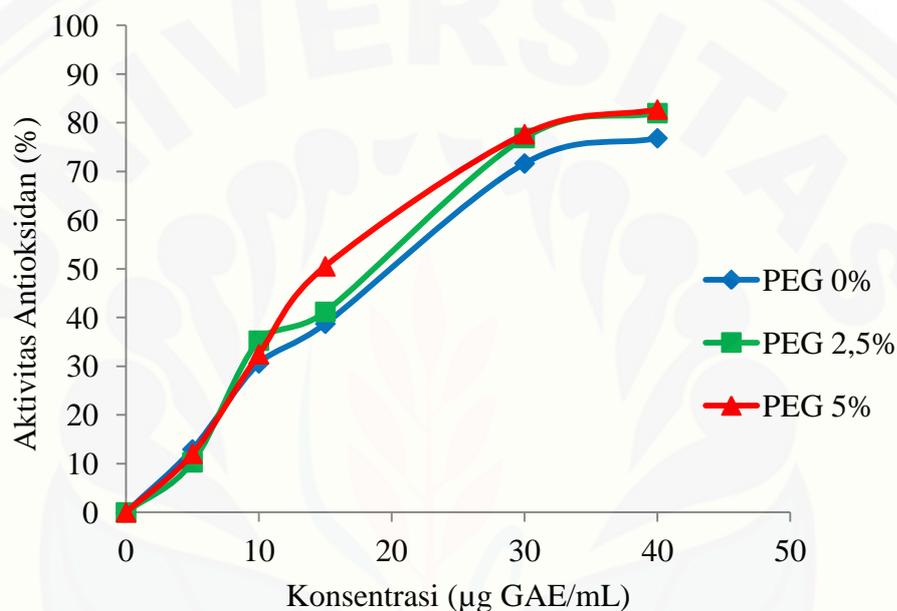
Tabel 4.2 Persentase kandungan total flavonoid/fenolik pada berbagai tingkatan cekaman kekeringan menggunakan senyawa PEG.

Perlakuan	Flavonoid / Fenolik (%)
PEG 0%	24.49 ± 0.69
PEG 2.5%	27.40 ± 1.80
PEG 5%	26.98 ± 0.48

Berdasarkan Tabel 4.2 terlihat bahwa persentase kandungan total flavonoid / fenolik tertinggi diperoleh pada perlakuan PEG 2,5% dan PEG 5% dibandingkan dengan perlakuan PEG 0%, dimana menunjukkan bahwa cekaman kekeringan dapat meningkatkan persentase kandungan flavonoid / fenolik. Flavonoid merupakan bagian dari kelompok fenolik, sehingga proporsinya akan mengikuti kandungan total fenolik, artinya peningkatan kandungan total fenolik berbanding lurus dengan peningkatan kandungan total flavonoid, sehingga ketika kandungan total fenolik meningkat akibat cekaman kekeringan maka akan diikuti dengan peningkatan kandungan total flavonoid.

Radikal bebas adalah senyawa kimia yang mempunyai satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan. Senyawa ini bersifat tidak stabil dan sangat reaktif. Senyawa ini harus mencari elektron lain sebagai pasangan untuk mencapai kestabilan. Reaksi ini terjadi secara berantai dan menyebabkan terbentuknya radikal bebas yang lebih banyak dalam tubuh. Reaksi berantai ini dapat diredam bila tubuh memiliki senyawa penangkap radikal bebas (Lestario *et al.*, 2008). Antioksidan adalah senyawa kimia yang dapat menyumbangkan satu atau lebih elektron kepada radikal bebas, sehingga radikal bebas tersebut dapat diredam (Suhartono, 2002). Uji aktivitas antioksidan dilakukan secara spektrofotometri

yaitu dengan mereaksikan sampel dengan larutan DPPH pada panjang gelombang 517 nm. Aktivitas diukur dengan menghitung jumlah pengurangan intensitas warna ungu DPPH yang sebanding dengan pengurangan konsentrasi larutan DPPH. Peredaman tersebut dihasilkan oleh bereaksinya molekul *Difenil Pikril Hidrazil* dengan atom hidrogen yang dilepaskan satu molekul komponen sampel sehingga terbentuk senyawa *Difenil Pikril Hidrazin* dan menyebabkan terjadinya peluruhan warna DPPH dari ungu ke kuning (Zuhra *et al.*, 2008).



Gambar 4.4 Grafik aktivitas peredaman DPPH (antioksidan) (%) pada berbagai tingkatan perlakuan PEG dengan konsentrasi sampel yang berbeda.

Aktivitas antioksidan ditentukan dengan menghitung nilai persen inhibisi (peredaman) dan dilanjutkan dengan perhitungan nilai IC_{50} (*Inhibitor Concentration 50%*) yaitu konsentrasi larutan sampel yang dibutuhkan untuk mereduksi DPPH sebesar 50%. Semakin kecil nilai IC_{50} yang diperoleh maka semakin besar aktivitas antioksidan pada suatu bahan dan sebaliknya. Berdasarkan hasil pengukuran (Gambar 4.4) menunjukkan aktivitas peredaman DPPH (%) masing-masing perlakuan dengan konsentrasi 40 µg GAE/mL, yaitu pada perlakuan PEG 0% adalah sebesar 76,84%, pada perlakuan PEG 2,5% adalah sebesar 81,99%, dan pada perlakuan PEG 5% adalah sebesar 82,72%.

Tabel 4.3 Nilai IC₅₀ (µg / mL) aktivitas peredaman radikal dari sampel daun sorgum pada berbagai tingkatan cekaman kekeringan menggunakan PEG.

Perlakuan	Nilai IC ₅₀ (µg/mL)
PEG 0%	17.47 ± 0.73
PEG 2.5%	15.87 ± 1.83
PEG 5%	15.04 ± 0.52

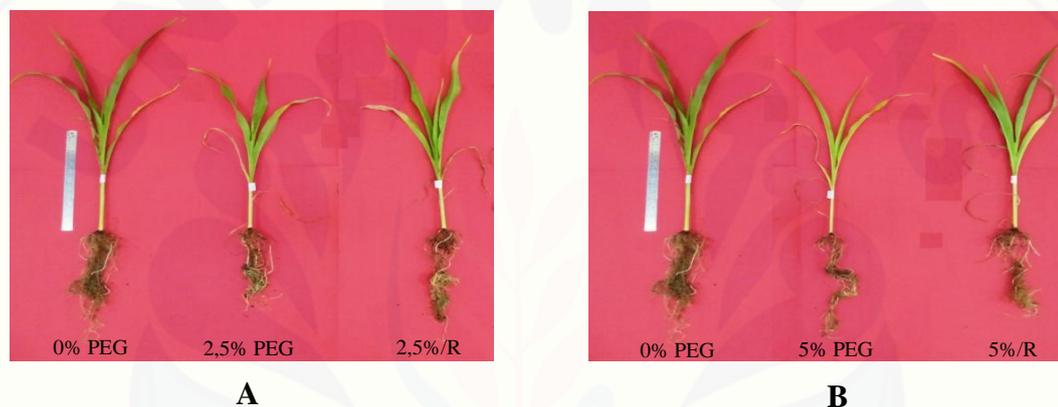
Kemudian pada Tabel 4.3 nilai perhitungan IC₅₀ dari ketiga perlakuan masing-masing menunjukkan perlakuan PEG 0% adalah 17,48 µg/mL, perlakuan PEG 2,5% 15,91 µg/mL, dan perlakuan PEG 5% 15,05 µg/mL. Berdasarkan nilai IC₅₀ tersebut maka diketahui bahwa aktivitas antioksidan tertinggi terdapat pada tanaman sorgum yang diberi cekaman PEG 5%, dimana dengan konsentrasi 15,05 µg/mL sudah mampu menghambat 50% aktivitas radikal bebas, sedangkan aktivitas antioksidan terendah adalah pada tanaman sorgum yang tidak diberi cekaman (kontrol), dimana dibutuhkan konsentrasi yang lebih besar untuk menghambat 50% aktivitas radikal bebas.

Flavonoid merupakan salah satu senyawa antioksidan kelompok fenolik yang paling banyak ditemukan pada tanaman. Adanya akumulasi senyawa antioksidan seperti flavonoid, maka akan menghambat aktivitas radikal bebas yang terbentuk akibat cekaman lingkungan. Berdasarkan hasil diatas terlihat bahwa aktivitas antioksidan semakin meningkat dengan semakin tingginya tingkat cekaman kekeringan yang diberikan. Meningkatnya aktivitas antioksidan pada tanaman sorgum yang tercekam tidak lepas dari peningkatan kandungan total fenolik dan kandungan total flavonoid. Artinya semakin tinggi kandungan fenolik dan flavonoid yang terakumulasi akibat cekaman kekeringan, maka akan semakin tinggi pula aktivitas antioksidannya.

4.3 Pemulihan (*recovery*) Tanaman Sorgum Setelah Cekaman Kekeringan

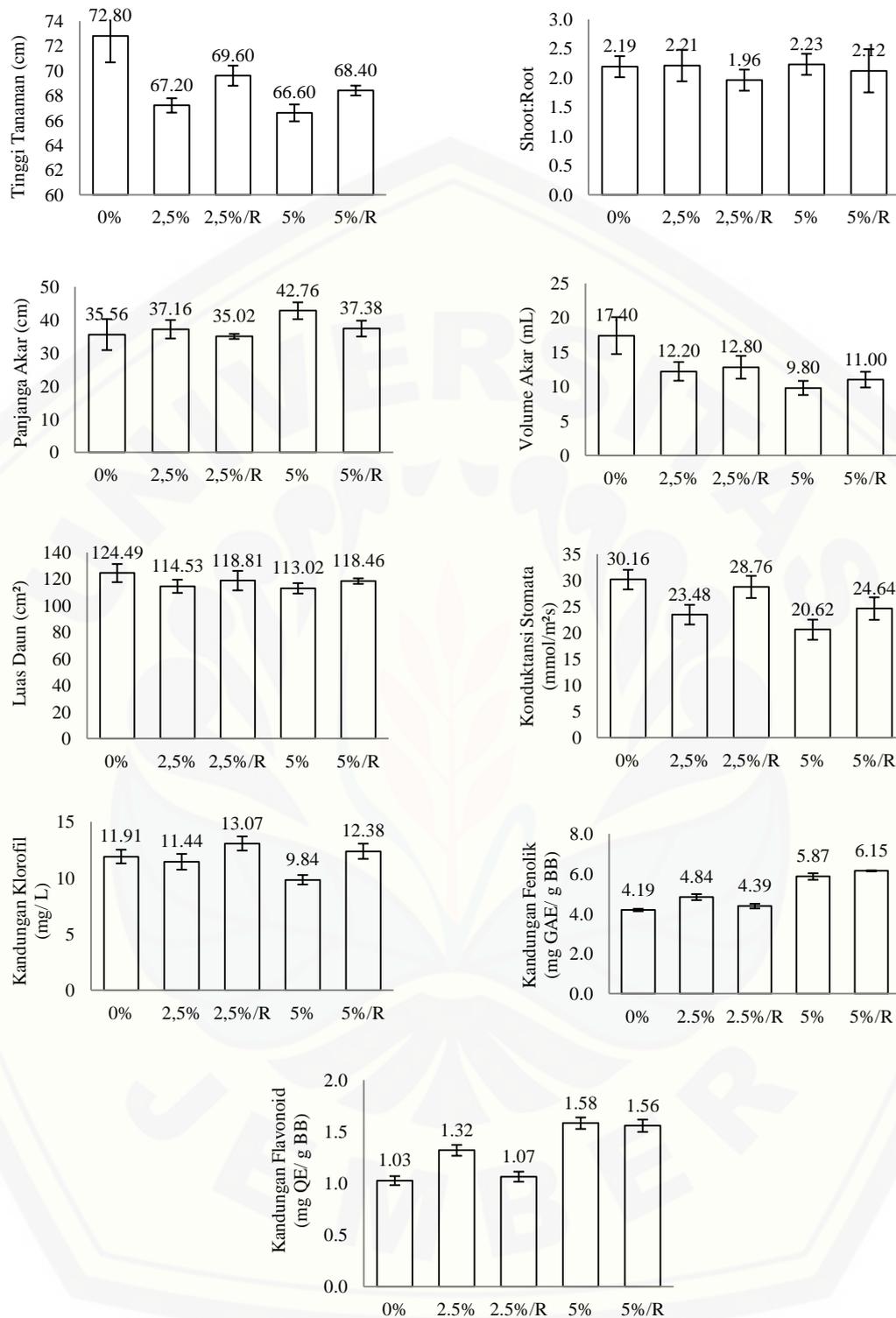
Setelah diberikan cekaman kekeringan menggunakan senyawa *Polyethylene glycol 6000* (PEG 6000) yaitu 0%, 2,5% dan 5% PEG selama 12 hari,

kemudian tanaman dipulihkan (*recovery*) selama 8 hari dengan menghentikan pemberian PEG (2,5%/R dan 5%/R) dan disiram seperti perlakuan kontrol. *Recovery* merupakan kemampuan penyembuhan tanaman dari kerusakan akibat cekaman kekeringan. *Recovery* terjadi setelah cekaman kekeringan dihentikan (Chang, 1986). Berdasarkan Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 terlihat ada penurunan tinggi tanaman sejalan dengan ditingkatkannya cekaman yang diberikan, yaitu pada perlakuan PEG 0% adalah $72,8 \pm 2,13$ cm, pada perlakuan PEG 2,5% adalah $67,2 \pm 0,58$ cm, dan perlakuan PEG 5% adalah $66,6 \pm 0,68$ cm, namun kembali mengalami peningkatan pada perlakuan *recovery* yaitu perlakuan PEG 2,5%/R adalah $69,6 \pm 0,81$ cm dan perlakuan PEG 5%/R $68,4 \pm 0,40$ cm.



Gambar 4.5 Pengaruh cekaman kekeringan dan *recovery* terhadap pertumbuhan tinggi tanaman sorgum pada **A.** konsentrasi PEG 2,5% dan **B.** konsentrasi PEG 5%, pada umur 20 hari dari awal perlakuan.

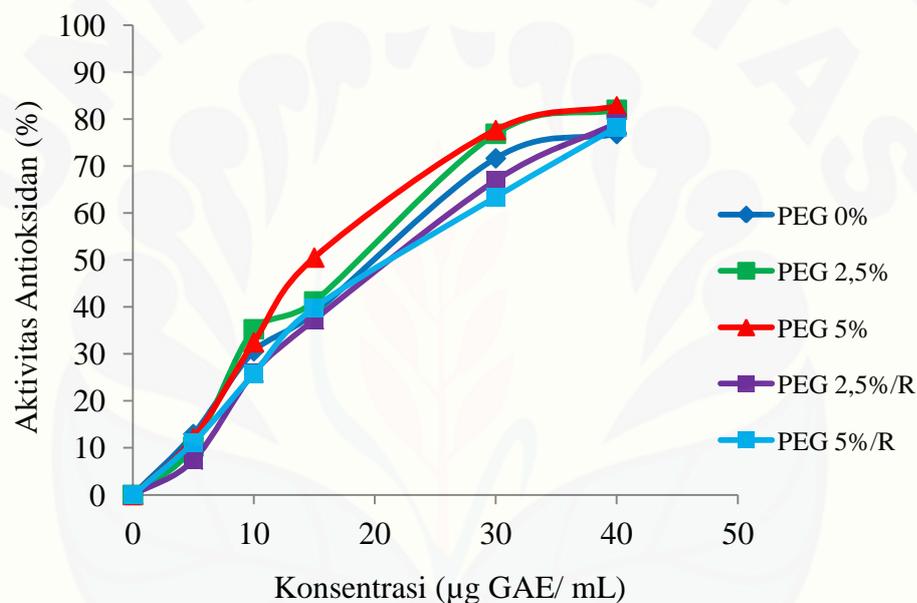
Berdasarkan Gambar 4.5 terlihat ada pengaruh dari perlakuan *recovery* terhadap pertumbuhan tinggi tanaman, dimana tanaman yang telah diberikan cekaman kekeringan kembali tumbuh normal setelah dipulihkan (*recovery*). hal tersebut dikarenakan ketika tanaman mengalami cekaman maka akan menyebabkan metabolisme normal di dalam jaringan tanaman menjadi terganggu, diantaranya adalah terhambatnya pembelahan dan pembesaran sel akibat sel tanaman tidak mengalami turgiditas karena kekurangan air, sehingga pertumbuhan tinggi tanaman menjadi terhambat, namun ketika dipulihkan pada kondisi lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan tanaman maka pembelahan dan pembesaran sel akan kembali berjalan sehingga pertumbuhan tinggi tanaman kembali normal. Selain berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi dari tanaman,



Gambar 4.6 Pengaruh cekaman kekeringan dan *recovery* terhadap pertumbuhan dan kandungan biokimia tanaman sorgum.

perlakuan *recovery* juga berpengaruh terhadap panjang akar, volume akar, rasio tajuk akar, luas daun, konduktansi stomata, kandungan klorofil daun, kandungan total fenolik, kandungan total flavonoid dan aktivitas antioksidan (Gambar 4.6).

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa perlakuan *recovery* dapat memulihkan kondisi tanaman dari metabolisme yang terganggu menjadi normal, yang ditandai dengan meningkatnya kembali pertumbuhan tinggi tanaman, rasio tajuk akar, luas daun, dan konduktansi stomata. Begitupun dengan panjang akar yang kembali mengalami penurunan sejalan dengan meningkatnya kembali volume akar, karena kebutuhan air yang kembali tercukupi.



Gambar 4.7 Grafik aktivitas peredaman DPPH (antioksidan) (%) pada berbagai tingkatan perlakuan PEG dan *recovery* dengan konsentrasi sampel berbeda.

Kemudian kandungan klorofil juga kembali mengalami peningkatan ketika di *recovery* karena proses sintesis klorofil kembali berjalan normal, sedangkan kandungan total fenolik, kandungan total flavonoid dan aktivitas antioksidan (Gambar 4.7 dan Tabel 4.4) kembali mengalami penurunan. Hal tersebut dikarenakan ketika tanaman yang tercekam dipulihkan pada kondisi lingkungan yang optimal untuk pertumbuhannya, maka proses metabolisme yang terganggu didalam jaringan tanaman pun akan kembali normal sehingga kandungan fenolik dan flavonoid yang terakumulasi kembali turun.

Gambar 4.7 menunjukkan aktivitas peredaman DPPH (%) masing-masing perlakuan dengan konsentrasi 40 μg GAE/mL, yaitu pada perlakuan PEG 0% adalah sebesar 76,84%, pada perlakuan PEG 2,5% adalah sebesar 81,99%, dan pada perlakuan PEG 5% adalah sebesar 82,72%, sedangkan pada perlakuan *recovery* yaitu perlakuan 2,5%/R adalah sebesar 79,10% dan pada perlakuan 5%/R adalah sebesar 78,27%.

Tabel 4.4 Nilai IC_{50} (μg /mL) aktivitas peredaman radikal dari sampel daun sorgum pada berbagai tingkatan cekaman kekeringan dan *recovery* menggunakan PEG.

Perlakuan	Nilai IC_{50} (μg / mL)
PEG 0%	17.47 ± 0.73
PEG 2.5%	15.87 ± 1.83
PEG 5%	15.04 ± 0.52
PEG 2.5%/R	18.80 ± 0.39
PEG 5%/R	18.88 ± 0.54

Kemudian pada Tabel 4.4 nilai perhitungan IC_{50} dari kelima perlakuan masing-masing menunjukkan perlakuan PEG 0% adalah 17,48 $\mu\text{g}/\text{mL}$, perlakuan PEG 2,5% 15,91 $\mu\text{g}/\text{mL}$, dan perlakuan PEG 5% 15,05 $\mu\text{g}/\text{mL}$, sedangkan pada perlakuan *recovery* yaitu 2,5%/R adalah 18,78 $\mu\text{g}/\text{mL}$, dan perlakuan 5%/R 18,86 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Berdasarkan nilai IC_{50} tersebut maka diketahui bahwa aktivitas antioksidan tertinggi terdapat pada tanaman sorgum yang diberi cekaman PEG 5%, dimana dengan konsentrasi 15,05 $\mu\text{g}/\text{mL}$ sudah mampu menghambat 50% aktivitas radikal bebas, sedangkan aktivitas antioksidan terendah adalah pada tanaman sorgum yang tidak diberi cekaman dimana dibutuhkan konsentrasi yang lebih besar untuk menghambat 50% aktivitas radikal bebas, sedangkan pada perlakuan *recovery* juga menunjukkan aktivitas antioksidan yang rendah, dikarenakan ketika tanaman dikembalikan pada kondisi lingkungan yang optimal maka proses metabolisme yang terjadi pada jaringan tanaman tersebut juga akan kembali normal, sehingga terjadi penurunan kembali aktivitas antioksidan.

Berdasarkan hasil (Gambar 4.6) yang diperoleh menunjukkan bahwa perlakuan cekaman kekeringan pada tingkat tertentu dapat menginduksi senyawa-senyawa yang dapat meningkatkan kualitas dan kandungan nutrisi dari tanaman sorgum seperti senyawa fenolik dan flavonoid yang berfungsi sebagai antioksidan terhadap senyawa radikal bebas yang dapat menyebabkan kerusakan bahkan kematian sel. Hal ini dibuktikan dengan perlakuan *recovery*, dimana ketika cekaman dihentikan dan tanaman dipulihkan pada kondisi lingkungan yang optimal (kebutuhan air tercukupi) maka kandungan fenolik maupun flavonoid tanaman sorgum kembali turun. Artinya peningkatan senyawa antioksidan yang berupa golongan fenolik dan flavonoid memang disebabkan oleh kondisi cekaman kekeringan.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa cekaman kekeringan pada fase awal vegetatif tanaman sorgum dapat :

1. Meningkatkan kandungan fenolik dan flavonoid tanaman sorgum, dimana pada perlakuan PEG 5% menunjukkan peningkatan tertinggi yaitu kandungan total fenolik adalah 5,87 mg GAE/g BB dan kandungan total flavonoid adalah 1,58 mg QE/g BB.
2. Meningkatkan aktivitas antioksidan tanaman sorgum, dimana pada perlakuan PEG 5% menunjukkan peningkatan aktivitas antioksidan tertinggi yaitu 82,72% dengan nilai IC_{50} 15,05 μ g/mL.

5.2 Saran

1. Dalam pelaksanaan ekstraksi sampel yang akan digunakan untuk pengukuran kandungan fenolik maupun flavonoid, sebaiknya perbandingan antara berat sampel dengan volume pelarut lebih diperhatikan agar diperoleh hasil ekstraksi yang lebih optimal.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh cekaman kekeringan pada fase awal vegetatif terhadap kualitas dan kuantitas hasil biji tanaman sorgum.

DAFTAR PUSTAKA

- Adwitarsa, I. G. B. 1996. *Evaluasi ketahanan terhadap kekeringan beberapa varietas jagung*. Yogyakarta: UGM.
- Ai, N. S. dan Y. Banyo. 2011. Konsentrasi klorofil daun sebagai indikator kekurangan air pada tanaman. *Ilmiah Sains*, 11 (2): 166-173.
- Ai, N. S. dan P. Torey. 2013. Karakter morfologi akar sebagai indikator kekurangan air pada tanaman. *Bioslogos*, 3 (1): 31-39.
- Ai, N. S., S. M. Tondais dan R. Butarbutar. 2010. Evaluasi indikator toleransi cekaman kekeringan pada fase perkecambahan padi (*Oryza sativa* L.). *Biologi*, 14 (1): 50-54.
- Apriwinda. 2013. *Studi fermentasi nira batang sorgum manis (Sorghum bicolor L. Moench) Untuk Produksi Etanol*. Makasar: Universitas Hasanuddin.
- Bidwell, R. C. S. 1979. *Plant physiology*. New York: Macmillan Publishing co., Inc.
- Chang, T. T. 1986. *Genetic studies on the component of drought resistance in rice*. IRRI.
- Efendi, R. dan M. Azrai. 2010. Tanggap genotipe jagung terhadap cekaman kekeringan: peranan akar. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 29 (1): 1-10.
- Efendi, R., Sudarsono, S. Ilyas dan E. Sulistiono. 2009. Seleksi dini toleransi genotipe jagung terhadap kekeringan. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 28 (2): 63-68.
- 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.
- Fitter, A. H. dan R. K. M. Hay. 1998. *Fisiologi lingkungan tanaman*. Yogyakarta: UGM Press.
- Foyer, C. H. dan G. Noctor. 2002. Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signaling. *New Phytol*, 146 : 359-388.
- Galvez, M., C. C. Martin, P. J. Houghton dan M. J. Ayuso. 2005. Antioxidant activity of methanol extract obtained from palntago species. *Agric. Food. Chem*, 53: 1927-1933.

- Giorgio, P. 2000. Flavonoid and antioxidant. *National Product*, 63: 1035-1045.
- Hendriyani, I. S. dan N. Setiari. 2009. Kandungan klorofil dan pertumbuhan kacang panjang (*Vigna sinensis*) pada tingkat penyediaan air yang berbeda. *Sains and Mat*, 17 (3): 145-150.
- Hopkins, W. G. 1999. *Introduction to plant physiology*. Toronto: Jhon Wiley and Sons, Inc.
- Islami, T. dan W. H. Utomo. 1995. *Hubungan tanah, air dan tanaman*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Kadir, A. 2011. Respons genotipe padi mutan hasil iradiasi sinar gamma terhadap cekaman kekeringan. *Agrivigor*, 10 (3): 235-246.
- Kavas, M., M. C. Baloglu, O. Akca, F. S. Kose dan D. Gokcay. 2013. Effect of drought stress on oxidative damage and antioxidant enzyme activity in melon seedlings. *Turkish Journal of Biology*, 37: 491-498.
- Lamaison, J. L. C. dan A. Carnet. 1990. Teneurs en principaux flavonoids des fleurs de *Crataegus monogyna* Jacq et de *Crataegus laevigata* 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 dan B. Singh. 1998. Determination of both tannin and protein in a tannin-protein complex. *Agric. Food Chem*, 36: 523-525.
- Mudjisihono, R dan S. S. Suprpto. 1989. *Budidaya dan pengelolaan sorgum*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Nisa, F. C. 2010. Ekstraksi antioksidan alami dari sorgum lokal varietas coklat serta peningkatan aktivitasnya dengan perkecambahan dan gelombang mikro. *Teknologi Pertanian*, 11 (3): 184-195.
- 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 cekamana kekeringan. *Agroland*, 17 (2): 85-90.

- Rahardjo, M. dan I. Darwati. 2000. Pengaruh cekaman air terhadap produksi dan mutu simplisia tempuyung (*Sonchus arvensis* L.). *Littri*, 6 (3): 73-79.
- Rahayu, E. S., E. Guhardja, S. Ilyas dan Sudarsono. 2005. Polietilena glikol (PEG) dalam media in vitro menyebabkan kondisi cekaman yang menghambat kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Berk. Penel. Hayati*, 11: 39-48.
- Redha, A. 2010. Flavonoid: struktur, sifat antioksidatif dan peranannya dalam sistem biologis. *Belian*, 9 (2): 196-202.
- Rohmatussolihat. 2009. Antioksidan, penyelamat sel - sel tubuh manusia. *Biotrends*, 4 (1): 5-9.
- Rooney, L. W. 1974. *Sorghum, encyclopedia of food technology*. The AVI Publishing Connecticut.
- Samanhudi. 2010. Pengujian cepat ketahanan tanaman sorgum manis terhadap cekaman kekeringan. *Agrosains*, 12 (1): 9-13.
- 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.
- Sirappa, M. P. 2003. Prospek pengembangan sorgum di Indonesia sebagai komoditas alternatif untuk pangan, pakan dan industri. *Litbang Pertanian*, 22 (4): 133-140.
- Sitompul, M. dan B. Guritno. 1995. *Analisis pertumbuhan tanaman*. Yogyakarta: UGM Press.
- 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).
- Solichatun, E. Anggarwulan dan W. Mudyantini. 2005. Pengaruh ketersediaan air terhadap pertumbuhan dan kandungan bahan aktif saponin tanaman ginseng jawa (*Talinum paniculatum* Gaertn.). *Biofarmasi*, 3 (2): 47-51.
- Suhartono, E., Fujiati dan I. Alfanie. 2002. *Oxygen toxicity by radiation and effect of glutamic piruvat transmine (GPT) activity rat plasma after vitamin c treatment*. Yogyakarta: International Seminar on Environmental Chemistry and Technology.

- Sulistiyani, Y., S. Andrianto, N. Indraswati dan A. Ayucitra. 2011. Ekstraksi senyawa fenolik dari limbah kulit kacang tanah (*Arachis hypogea* L) sebagai antioksidan alami. *Teknik Kimia Indonesia*, 10 (3): 112-119.
- Sumarno dan S. Karsono. 1995. Perkembangan produksi sorgum di dunia dan penggunaannya. *Edisi Khusus Balitkabi*, 4: 13-24.
- Supriyanto. 2010. *Pengembangan sorgum di lahan kering untuk memenuhi kebutuhan pangan, pakan, energi dan industri*. Bogor: Simposium Nasional 2010.
- Taga, M. S., E. E. Miller dan D. E. Pratt. 1984. Chia seed as source of natural lipid antioxidant. *Am. Oil. Chem. Soc.*, 61: 928-931.
- Vanderlip, R. L. 1993. *How a grain sorghum plant develops*, Kansas: Kansas State University.
- Verslues, P. E., K. S. Agarwal, dan J. Zhu. 2006. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt dan freezing, abiotic stress that affect plant water statis. *The Plant Journal*, 45: 523-539.
- Winarsi, H. 2007. *Antioksidan alami dan radikal bebas*. Yogyakarta: Kanisius.
- 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.
- Wuryastuti, H. 2000. *Stres oksidatif dan imflikasinya terhadap kesehatan*. Yogyakarta: Pidato Pengukuhan Guru Besar UGM.
- Zakaria, F. R. 1996. *Sintesis senyawa radikal dan elektrofил dalam dan oleh komponen pangan*. Jakarta: Prosiding Seminar Senyawa Radikal dan Sistem Pangan: Reaksi Biomolekuler, Dampak terhadap Kesehatan dan Penangkalan. Kerjasama PSPG IPB dan Kedutaan Besar Perancis.
- Zuhra, C. F., J. Tarigan dan H. Sitohang. 2008. Aktivitas antioksidan senyawa flavonoid dari daun katuk (*Sauropus androgunus* L. Merr.). *Biologi Sumatera*, 3 (1) : 7-10.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Aktivitas antioksidan pada berbagai level konsentrasi PEG ($\mu\text{g/mL}$)

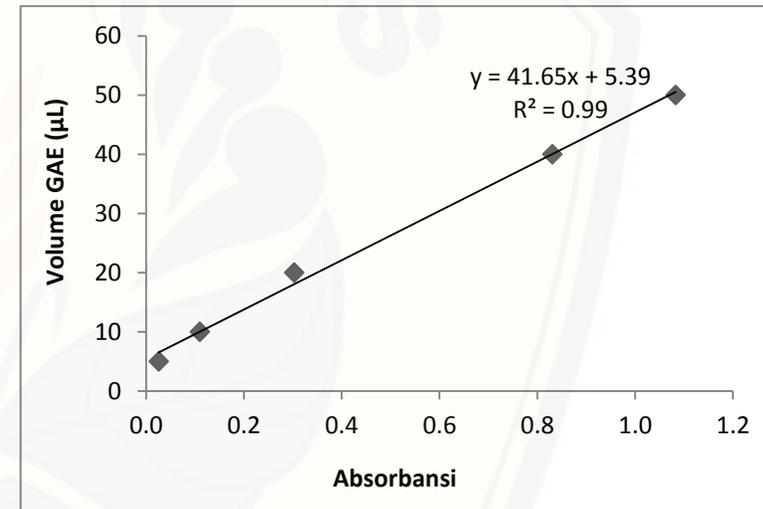
Sampel	Konsentrasi ($\mu\text{g/mL}$)	Absorbansi			Peredaman (%)			Average	STDEV	SEM
0% PEG	0	0.847	0.830	0.880				0.00		
	5	0.728	0.762	0.734	14.05	8.19	16.59	12.94	4.31	2.49
	10	0.574	0.595	0.605	32.23	28.31	31.25	30.60	2.04	1.18
	15	0.441	0.502	0.627	47.93	39.52	28.75	38.73	9.62	5.55
	30	0.212	0.234	0.280	74.97	71.81	68.18	71.65	3.40	1.96
	40	0.251	0.178	0.162	70.37	78.55	81.59	76.84	5.81	3.35
2.5% PEG	0	0.880	0.816	0.921				0.00		
	5	0.874	0.737	0.732	0.68	9.68	20.52	10.29	9.93	5.74
	10	0.541	0.578	0.570	38.52	29.17	38.11	35.27	5.29	3.05
	15	0.566	0.481	0.490	35.68	41.05	46.80	41.18	5.56	3.21
	30	0.215	0.207	0.180	75.57	74.63	80.46	76.89	3.13	1.81
	40	0.172	0.144	0.155	80.45	82.35	83.17	81.99	1.39	0.80
5% PEG	0	0.822	0.824	0.830				0.00		
	5	0.710	0.705	0.763	13.63	14.44	8.07	12.05	3.47	2.00
	10	0.521	0.575	0.576	36.62	30.22	30.60	32.48	3.59	2.07
	15	0.394	0.414	0.417	52.07	49.76	49.76	50.53	1.33	0.77
	30	0.200	0.178	0.175	75.67	78.40	78.92	77.66	1.74	1.01
	40	0.136	0.145	0.147	83.45	82.40	82.29	82.72	0.64	0.37
2.5%/R	0	0.846	0.831	0.831				0.00		
	5	0.837	0.745	0.741	1.06	10.35	10.83	7.41	5.50	3.18
	10	0.616	0.615	0.623	27.19	25.99	25.03	26.07	1.08	0.62
	15	0.505	0.506	0.562	40.31	39.11	32.37	37.26	4.28	2.47
	30	0.259	0.307	0.263	69.39	63.06	68.35	66.93	3.40	1.96
	40	0.172	0.167	0.185	79.67	79.90	77.74	79.10	1.19	0.69
5%/R	0	0.860	0.838	0.835				0.00		
	5	0.736	0.758	0.755	14.42	9.55	9.58	11.18	2.80	1.62
	10	0.670	0.608	0.602	22.09	27.45	27.90	25.81	3.23	1.87
	15	0.513	0.504	0.506	40.35	39.86	39.40	39.87	0.47	0.27
	30	0.342	0.260	0.326	60.23	68.97	60.96	63.39	4.85	2.80
	40	0.174	0.193	0.183	79.77	76.97	78.08	78.27	1.41	0.81

Lampiran 2. Kandungan fenolik pada berbagai perlakuan PEG

sampel	Absorbansi			(µg/µl)			(mg/g)			Average	STDEV	SEM
0 % PEG	0.230	0.248	0.235	3.00	3.15	3.04	4.10	4.31	4.16	4.19	0.11	0.06
2.5% PEG	0.246	0.238	0.277	3.13	3.06	3.39	4.74	4.64	5.13	4.84	0.26	0.15
5% PEG	0.286	0.307	0.328	3.46	3.64	3.81	5.58	5.87	6.15	5.87	0.28	0.16
2.5%/R	0.195	0.220	0.223	2.70	2.91	2.94	4.16	4.48	4.52	4.39	0.20	0.11
5%/R	0.272	0.269	0.266	3.35	3.32	3.30	6.20	6.15	6.10	6.15	0.05	0.03

Standart Gallic Acid Equivalent (GAE)

Volume GAE (µL)	Absorbansi
5	0.026
10	0.110
20	0.303
40	0.831
50	1.083

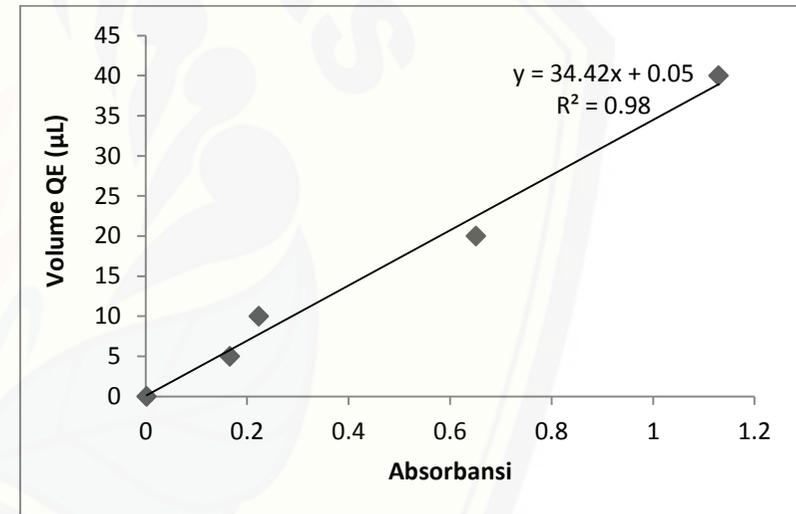


Lampiran 3. Kandungan flavonoid pada berbagai perlakuan PEG

Sampel	Absorbansi			(µg/µL)			(mg/g)			Average	STDEV	SEM
0% PEG	0.100	0.116	0.106	0.70	0.81	0.74	0.96	1.11	1.01	1.03	0.08	0.04
2.5% PEG	0.121	0.135	0.119	0.84	0.94	0.83	1.28	1.42	1.26	1.32	0.09	0.05
5% PEG	0.131	0.146	0.146	0.91	1.02	1.02	1.47	1.64	1.64	1.58	0.10	0.06
2.5%/R	0.091	0.099	0.107	0.64	0.69	0.75	0.98	1.07	1.15	1.07	0.08	0.05
5%/R	0.115	0.117	0.130	0.80	0.82	0.91	1.49	1.51	1.68	1.56	0.10	0.06

Standart Quercetin Equivalent (QE)

Volume QE (µL)	Absorbansi
0	0.002
5	0.166
10	0.223
20	0.651
40	1.129



Lampiran 4. Kandungan flavonoid/fenolik pada berbagai perlakuan PEG

Sampel	Flavonoid (mg/g)			Average	Fenolik (mg/g)			Average	Flavonoid/Fenolik (%)			Average	STDEV	SEM
0 % PEG	0.96	1.11	1.01	1.03	4.10	4.31	4.16	4.19	23.35	25.74	24.39	24.49	1.20	0.69
2.5% PEG	1.28	1.42	1.26	1.32	4.74	4.64	5.13	4.84	26.97	30.71	24.51	27.40	3.12	1.80
5% PEG	1.47	1.64	1.64	1.58	5.58	5.87	6.15	5.87	26.36	27.94	26.65	26.98	0.84	0.48
2.5%/R	0.98	1.07	1.15	1.07	4.16	4.48	4.52	4.39	23.57	23.78	25.45	24.27	1.03	0.59
5%/R	1.49	1.51	1.68	1.56	6.20	6.15	6.10	6.15	23.99	24.59	27.49	25.36	1.87	1.08

Lampiran 5. Tinggi tanaman sorgum pada berbagai perlakuan PEG

Perlakuan	Ulangan (cm)					Total	Average	STDEV	SEM
	1	2	3	4	5				
0% PEG	72	79	72	66	75	364	72.80	4.76	2.13
2.5% PEG	66	66	67	68	69	336	67.20	1.30	0.58
5% PEG	68	67	67	67	64	333	66.60	1.52	0.68
2.5%/R	69	70	67	70	72	348	69.60	1.82	0.81
5%/R	69	69	69	68	67	342	68.40	0.89	0.40
Total	344	351	342	339	347	1723			

Annova

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	4	120.64	30.16	4.90	2.87	4.43	**
Error (Galat)	20	123.20	6.16				
Total	24	243.84					

Lampiran 6. Panjang akar tanaman sorgum pada berbagai perlakuan PEG

Perlakuan	Ulangan (cm)					Total	Average	STDEV	SEM
	1	2	3	4	5				
0% PEG	39	52.6	29.3	28.6	28.3	177.80	35.56	10.52	4.70
2.5% PEG	28.6	46.3	37	36.6	37.3	185.80	37.16	6.27	2.80
5% PEG	41.6	40	38	52.6	41.6	213.80	42.76	5.70	2.55
2.5%/R	32.6	34.3	35.3	35.6	37.3	175.10	35.02	1.73	0.77
5%/R	32.3	35	40.3	34	45.3	186.90	37.38	5.34	2.39
Total	174.1	208.2	179.9	187.4	189.8	939.4			

Annova

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	4	188.41	47.10	1.10	2.87	4.43	ns
Error (Galat)	20	855.63	42.78				
Total	24	1044.05					

Lampiran 7. Volume akar tanaman sorgum pada berbagai perlakuan PEG

Perlakuan	Ulangan (mL)					Total	Average	STDEV	SEM
	1	2	3	4	5				
0% PEG	22	8	16	18	23	87	17.40	5.98	2.68
2.5% PEG	14	15	8	14	10	61	12.20	3.03	1.36
5% PEG	10	12	11	10	6	49	9.80	2.28	1.02
2.5%/R	17	14	15	10	8	64	12.80	3.70	1.66
5%/R	10	7	13	13	12	55	11.00	2.55	1.14
Total	73	56	63	65	59	316			

Annova

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	4	168.16	42.04	2.99	2.87	4.43	*
Error (Galat)	20	281.6	14.08				
Total	24	449.76					

Lampiran 8. Rasio tajuk akar tanaman sorgum pada berbagai perlakuan PEG

Perlakuan	Ulangan				Total	Average	STDEV	SEM
	1	2	3	4				
0% PEG	2.63	2.29	2.09	1.75	8.76	2.19	0.37	0.18
2.5% PEG	1.98	1.93	1.90	3.03	8.84	2.21	0.55	0.27
5% PEG	1.82	2.65	2.39	2.04	8.91	2.23	0.37	0.18
2.5%/R	1.71	1.60	2.20	2.33	7.84	1.96	0.36	0.18
5%/R	3.21	1.86	1.56	1.88	8.49	2.12	0.74	0.37
Total	11.35	10.33	10.14	11.03	42.85			

Annova

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	4	0.19	0.05	0.19	3.06	4.89	ns
Error (Galat)	15	3.73	0.25				
Total	19	3.92					

Lampiran 9. Luas daun tanaman sorgum pada berbagai perlakuan PEG

Perlakuan	Ulangan (cm ²)					Total	Average	STDEV	SEM
	1	2	3	4	5				
0% PEG	118.82	129.53	120.00	106.58	147.51	622.44	124.49	15.23	6.81
2.5% PEG	100.32	112.51	113.12	115.30	131.40	572.65	114.53	11.10	4.97
5% PEG	119.64	112.77	118.80	115.67	98.24	565.12	113.02	8.70	3.89
2.5%/R	110.18	116.03	100.79	122.63	144.40	594.03	118.81	16.40	7.34
5%/R	126.05	117.15	116.60	118.90	113.61	592.31	118.46	4.65	2.08
Total	575.01	587.99	569.31	579.08	635.16	2946.55			

Annova

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	4	398.32	99.58	0.69	2.87	4.43	ns
Error (Galat)	20	2887.21	144.36				
Total	24	3285.53					

Lampiran 10. Konduktansi stomata tanaman sorgum pada berbagai perlakuan PEG

Perlakuan	Ulangan (mmol/m ² s)					Total	Average	STDEV	SEM
	1	2	3	4	5				
0% PEG	26.60	33.30	35.20	30.20	25.50	150.80	30.16	4.17	1.87
2.5% PEG	27.90	17.80	27.40	22.10	22.20	117.40	23.48	4.20	1.88
5% PEG	20.10	22.70	19.30	14.70	26.30	103.10	20.62	4.29	1.92
2.5%/R	30.30	29.10	24.20	24.50	35.70	143.80	28.76	4.73	2.12
5%/R	23.00	17.10	27.30	29.20	26.60	123.20	24.64	4.78	2.14
Total	127.90	120.00	133.40	120.70	136.30	638.30			

Annova

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	4	304.86	76.22	3.86	2.87	4.43	*
Error (Galat)	20	394.85	19.74				
Total	24	699.71					

Lampiran 11. Kandungan total klorofil tanaman sorgum pada berbagai perlakuan PEG

Perlakuan	Ulangan (mg/L)			Total	Average	STDEV	SEM
	1	2	3				
0% PEG	11.98	12.92	10.81	35.72	11.91	1.05	0.61
2.5% PEG	11.88	12.38	10.07	34.33	11.44	1.22	0.70
5% PEG	10.15	10.36	9.00	29.51	9.84	0.73	0.42
2.5%/R	11.87	13.36	13.99	39.21	13.07	1.09	0.63
5%/R	11.10	12.64	13.40	37.14	12.38	1.17	0.68
Total	56.98	61.65	57.27	175.90			

Annova

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	4	17.72	4.43	3.90	3.48	5.99	*
Error (Galat)	10	11.36	1.14				
Total	14	29.08					

Lampiran 12. Dokumentasi penelitian



Persiapan media tanam



Tanaman sorgum fase perkecambahan



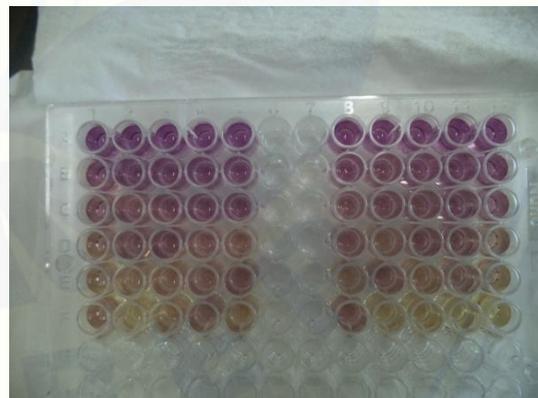
Tanaman sebelum di treatment



Tanaman setelah di treatment



Analisis kandungan fenolik dan flavonoid



Analisis aktivitas antioksidan