

## PERTANIAN

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

*The Effect of Drought Stress on Phenolic Content and Antioxidant in Sorghum Crops (*Sorghum bicolor* L. Moench) in the Early Vegetative Phase*

**Dede Abdillah<sup>1</sup>, Raden Soedradjad<sup>1</sup> dan Tri Agus Siswoyo<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember (UNEJ)

Jln. Kalimantan 37, Kampus Tegal Boto, Jember 68121

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

**ABSTRACT**

*Drought stress is a condition where soil water content is at minimum condition for growth and crop production. 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 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 and percentage of flavonoid per phenolic. The results showed an increase in phenolic and flavonoid in line with the increasing stresses given, that is, 2.5% PEG treatment and 5% PEG treatment, showing an increase in the highest percentage of flavonoid per phenolic which each showed 27.40% and 26.98%, where the higher the percentage of flavonoid per phenolic, the higher the antioxidant activities.*

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

**ABSTRAK**

Cekaman kekeringan adalah suatu kondisi dimana kadar air tanah berada pada kondisi yang minimum untuk pertumbuhan dan produksi tanaman. 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 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 dan persentase flavonoid per fenolik. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan kandungan fenolik dan flavonoid sejalan dengan semakin meningkatnya cekaman yang diberikan, yaitu pada perlakuan PEG 2,5% dan PEG 5% menunjukkan peningkatan persentase flavonoid per fenolik tertinggi, masing-masing menunjukkan 27,40 % dan 26,98 %, yang dimana semakin tinggi persentase flavonoid per fenoliknya maka semakin tinggi pula aktivitas antioksidannya.

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

**How to cite:** Abdillah, D., Siswoyo, T. A., Soedradjad, R. 2015. Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Kandungan Fenolik dan Antioksidan Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Pada Fase Awal Vegetatif. *Berkala Ilmiah Pertanian* 1(1): xx-xx

**PENDAHULUAN**

Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan tanaman sereal 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). 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 fase kritis, yaitu sangat memerlukan air untuk akumulasi bahan kering (Vanderlip, 1993).

## BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di *Green house* Agroteknopark dan Laboratorium Analisis Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jember pada bulan Juli sampai November 2014. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 variasi perlakuan yaitu PEG 0%, PEG 2,5%, PEG 5%, PEG 2,5%/R dan PEG 5%/R. Data yang diperoleh dianalisis dengan ANOVA dan apabila berbeda nyata maka dilanjutkan dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT)  $\alpha = 5\%$ .

Pelaksanaan percobaan dilakukan dengan beberapa tahap meliputi :

**Penanaman.** Benih Sorgum ditanam pada polybag ukuran 10x20 cm dengan media tanam campuran pasir dengan cocopeat (1:1), yaitu 2 biji/ polibag. Kemudian dilakukan penjarangan pada umur 7 (hst) dengan menyisakan 1 tanaman terbaik.

**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 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) / L air . Pengendalian OPT dilakukan secara mekanis dengan mencabut gulma dan memberantas hama disekitar pertanaman sorgum.

**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*.

**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.

**Ekstraksi Sampel.** Sampel daun tanaman sorgum diekstraksi 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 dan flavonoid.

**Penentuan 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% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 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.

**Penentuan Total Flavonoid.** Penentuan kandungan total flavonoid pada sampel menggunakan metode AlCl<sub>3</sub> yang dikemukakan oleh Lamaison dan Carnet (1990) dengan beberapa modifikasi. 10 µL sampel dicampurkan ke dalam 40 µL methanol, 400 µL aquadest dan 30 µL 5% NaNO<sub>2</sub> setelah itu diinkubasikan selama 5 menit. Campuran tersebut kemudian ditambahkan 30 µL 10% AlCl<sub>3</sub> 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. *Quercetin* digunakan sebagai standar dengan satuan mg *quercetin equivalent* (QE)/g sampel.

## HASIL

Hasil ANOVA pengaruh cekaman kekeringan pada fase awal vegetatif terhadap seluruh parameter percobaan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil F-hitung seluruh variabel yang diamati

No	Variabel	F-hitung	F-tabel	
			0,05	0,01
1	Tinggi tanaman (cm)	4,90**	2,87	4,43
2	Panjang akar (cm)	1,10ns	2,87	4,43
3	Volume akar (mL)	2,99*	2,87	4,43
4	Rasio tajuk akar	0,19ns	3,06	4,89
5	Luas daun (cm <sup>2</sup> )	0,69ns	2,87	4,43
6	Konduktansi stomata (mmol/m <sup>2</sup> s)	3,86*	2,87	4,43
7	Kandungan klorofil (mg/L)	3,90*	3,48	5,99
8	Kandungan flavonoid/fenolik (%)	1,86ns	3,48	5,99

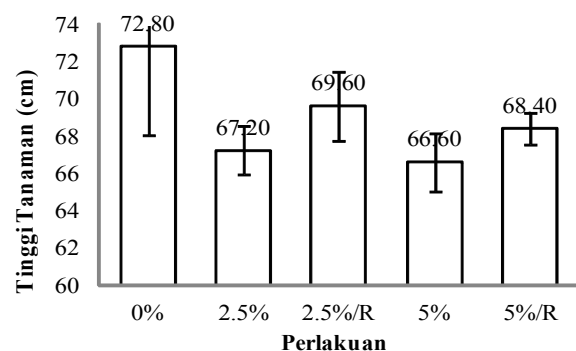
Keterangan :

\*\* = berbeda sangat nyata

\* = berbeda nyata

ns = berbeda tidak nyata

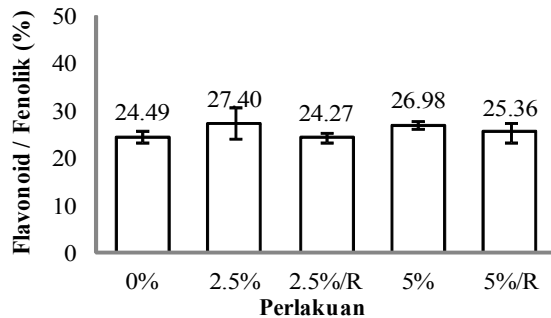
Hasil ANOVA (Tabel 1) menunjukkan perlakuan cekaman kekeringan pada fase awal vegetatif tanaman berbeda sangat nyata terhadap parameter tinggi tanaman, berbeda nyata terhadap parameter volume akar, konduktansi stomata dan kandungan klorofil, serta berbeda tidak nyata terhadap parameter panjang akar, rasio tajuk akar, luas daun dan persentase fenolik/ flavonoid.



Gambar 1. Tinggi tanaman sorgum pada berbagai tingkat cekaman kekeringan.

Pertumbuhan tinggi tanaman (Gambar 1) mengalami penurunan sejalan dengan semakin meningkatnya cekaman

kekeringan yang diberikan, yaitu dibandingkan dengan perlakuan PEG 0% pada perlakuan PEG 2,5% mengalami penurunan 7,70%, dan pada perlakuan PEG 5% mengalami penurunan 8,52%, sedangkan pada perlakuan *recovery* yaitu pada perlakuan PEG 2,5%/R mengalami penurunan 4,39% dan pada perlakuan PEG 5%/R mengalami penurunan 6,04%.



Gambar 2. Persentase kandungan flavonoid / fenolik (%) sampel daun sorgum.

Cekaman kekeringan pada fase awal vegetatif tanaman berpengaruh terhadap peningkatan persentase kandungan total flavonoid per fenolik pada tanaman sorgum. Persentase total flavonoid per fenolik (Gambar 2) mengalami peningkatan ketika diberi cekaman 2,5% PEG dan 5% PEG, namun mengalami penurunan kembali ketika tanaman tersebut di *recovery* yaitu pada perlakuan PEG 2,5%/R dan perlakuan PEG 5%/R.

### PEMBAHASAN

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

Tinggi tanaman merupakan salah satu indikator pertumbuhan maupun parameter yang digunakan untuk mengukur pertumbuhan oleh pengaruh lingkungan. Hal ini karena pertumbuhan merupakan parameter yang paling mudah dilihat serta pengukurannya dapat dilakukan tanpa merusak tanaman sampel (Sitompul dan Guritno, 1995). Cekaman kekeringan yang diberikan berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi tanaman sorgum, dimana terjadi penurunan tinggi tanaman sejalan dengan semakin meningkatnya cekaman yang diberikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa cekaman kekeringan dapat mengganggu metabolisme normal tanaman sehingga menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tinggi tanaman sorgum. 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.

Perlakuan *recovery* berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi tanaman, dimana tanaman yang telah diberikan cekaman kekeringan selama periode tertentu kembali tumbuh normal ketika dipulihkan (*recovery*). *Recovery* merupakan kemampuan

penyembuhan tanaman dari kerusakan akibat cekaman kekeringan. *Recovery* terjadi setelah cekaman kekeringan dihentikan (Chang, 1986). 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 normal sehingga pertumbuhan tinggi tanaman kembali normal.

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 diakumulasi ketika tanaman mengalami cekaman kekeringan. Akumulasi berbagai metabolit sekunder adalah hasil sampingan dari jalur metabolik normal yang terganggu. 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).

Persentase kandungan total flavonoid per 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 per fenolik. Namun, ketika di *recovery* persentase flavonoid per fenolik kembali menurun. 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 menurun. 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). 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. Kondisi 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 menurun. Artinya peningkatan senyawa antioksidan berupa golongan fenolik dan flavonoid memang disebabkan oleh kondisi cekaman kekeringan.

#### KESIMPULAN

Kesimpulan dari percobaan ini adalah cekaman kekeringan pada fase awal vegetatif tanaman dapat meningkatkan persentase kandungan flavonoid per fenolik tanaman sorgum, yaitu pada perlakuan PEG 2,5% dan PEG 5% menunjukkan peningkatan persentase flavonoid per fenolik tertinggi, masing-masing menunjukkan 27,40% dan 26,98%, yang dimana semakin tinggi persentase flavonoid per fenoliknya maka semakin tinggi pula aktivitas antioksidannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Giorgio, P. 2000. Flavonoid and antioxidant. *National Product*, 63: 1035-1045.
- Hopkins, W. G. 1999. *Introduction to plant physiology*. Toronto: Jhon Wiley and Sons, Inc.
- 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.
- Purwanto dan T. Agustono. 2010. Kajian fisiologi tanaman kedelai pada berbagai kepadatan gulma teki dalam kondisi cekamana kekeringan. *Agroland*, 17 (2): 85-90.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Winarsi, H. 2007. *Antioksidan alami dan radikal bebas*. Yogyakarta: Kanisius.