

Conference Paper

Kandungan Asam Absisat dan Kalium Sebagai Indikator Cekaman Kekeringan pada Kedelai

Content of Absciscic Acid and Potassium as Drought Stress Indicator on Soybean

Yonny Koentjoro, F. Deru Dewanti, Sukendah

Agrotechnology Study Program, Agriculture Faculty, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Indonesia

*Corresponding author:

E-mail: yonny_k@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Evapotranspirasi yang ekstrim pada tanaman dan permukaan tanah merupakan faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman. Secara spesifik kehilangan air pada tanaman kedelai berpengaruh terhadap kandungan ABA (asam absisat) dan kandungan kalium dalam tanaman. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengevaluasi kandungan asam absisat dan kalium sebagai indikator cekaman kekeringan pada tanaman kedelai. Penelitian ini dirancang dengan mengikuti kaidah percobaan 1 faktor dan menggunakan Rancangan Acak Lengkap. Faktor perlakuan yaitu Pemberian air yang terdiri dari A0 = Pemberian air 100 % kebutuhan normal, A1 = Pemberian air 75 % kebutuhan normal, A2 = Pemberian air 50 % kebutuhan normal, A3 = Pemberian air 25 % kebutuhan normal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biosintesis ABA meningkat pada tanaman yang mengalami cekaman kekeringan, semakin menurun pemberian air maka kadar ABA dalam daun semakin meningkat. Kandungan kalium dalam tanaman menunjukkan korelasi positif dengan pemberian air, semakin menurun pemberian air maka kandungan kalium juga menurun. Hubungan antara kandungan asam absisat dan kadar kalium dalam tanaman menunjukkan bahwa selama terjadinya kekurangan air akan memicu peningkatan biosintesis ABA dan kondisi ini menyebabkan kandungan kalium dalam tanaman akan menurun ($R^2 = 0,99$). Disamping itu perlakuan pemberian air berpengaruh nyata terhadap variabel kandungan air relatif dalam daun, jumlah daun dan berat biji per tanaman. Dengan terjadinya peningkatan kandungan ABA dan penurunan kandungan kalium dalam tanaman merupakan indikator tanaman yang mengalami cekaman kekeringan.

Kata Kunci: Asam absisat, kalium, indikator, kekeringan

ABSTRACT

The extreme evapotranspiration on plants and soil surface is a factor that affects plant growth and production. Specifically, water loss in soybean plants affects the ABA content (abscisic acid) and potassium content in the plant. This study aims to evaluate the content of abscisic acid and potassium as indicators of drought stress in soybean plants. This study was designed following the 1-factor experimental rules and using a completely randomized design. The treatment factor is giving of water consisting of A0 = Giving water 100% normal needs, A1 = Giving water 75% normal needs, A2 = giving water 50% normal needs, A3 = giving water 25% normal needs. The results showed that ABA biosynthesis increased in plants experiencing drought stress, the decreasing giving of water, the ABA levels in the leaves increased. The potassium content in plants shows a positive correlation with water supply, the lower the water supply, cause the lower of potassium content. The relationship between abscisic acid content and potassium content in plants indicated that during the occurrence

How to cite:

Koentjoro, Y., Dewanti, F. D., & Sukendah. (2020). Content of abscisic acid and potassium as drought stress indicator on soybean. *Seminar Nasional Magister Agroteknologi Fakultas Pertanian UPN "Veteran" Jawa Timur*. NST Proceedings. pages 139-147. doi: 10.11594/nstp.2020.0617

of water deficiency it would trigger an increase in ABA biosynthesis and this condition caused the potassium content in the plant to decrease ($R^2 = 0.99$). Besides, the treatment of giving water had a significant effect on the variables of relative water content in leaves, number of leaves and weight of seeds per plant. The increase in ABA content and decrease in potassium content in plants is an indicator of plants experiencing drought stress.

Keywords: Absciscic acid, potassium, indicator, drought stress

Pendahuluan

Air merupakan salah satu faktor pembatas utama dalam pertumbuhan tanaman. Kemampuan tanaman untuk hidup pada kondisi kekurangan air merupakan keberhasilan suatu tanaman untuk menyesuaikan diri. Kekeringan adalah penurunan kandungan air tanah dari kapasitas lapang sampai pada titik layu permanen (Handoko & Las, 1997). Penurunan kandungan air tanah disebabkan menipisnya lapisan air yang mengakibatkan tegangan air meningkat sehingga absorpsi air oleh tanaman menurun. Penurunan kandungan air tanah yang berlangsung sampai keadaan titik layu menyebabkan laju pertumbuhan dan fotosintesis menurun.

Daya adaptasi suatu tanaman pada kondisi kekeringan merupakan kemampuan tanaman untuk tubuh normal pada kondisi kekurangan air dan mekanisme tanggapan tanaman terhadap cekaman air meliputi: pengurangan potensial air atau aktifitas air selulair (Dong et al., 2019) penurunan tekanan turgor sel; perubahan hubungan antara plasmalema, tonoplast, dan membran organel dengan perubahan volume; perubahan struktur atau konfigurasi dari makromolekul oleh hilangnya hidrasi air atau modifikasi struktur dari air. (Maynard & David, 1987; Sarwat & Tuteja, 2017; Busaifi, 2017; Macak & Candrakova, 2013). Asam Absisat (ABA) merupakan hormon tumbuh yang tersebar diseluruh bagian tubuh tanaman terutama di daun dan akar, jumlahnya semakin meningkat bila tanaman mengalami kekurangan air. ABA yang terdapat di daun khususnya pada sel penjaga mengendalikan proses penutupan stomata, sehingga secara fisiologi tanaman yang mengalami kekurangan air akan mengalami proses penutupan stomata (Hartung et al., 2002; Turner, 1986; Luo et al., 2013). Asam absisat dianggap sebagai hormon stress yang diproduksi dalam jumlah besar ketika tanaman mengalami berbagai keadaan rawan diantaranya yaitu ABA. Keadaan rawan tersebut antara lain kurang air, Tanah bergaram, dan suhu dingin atau panas. ABA membantu tanaman mengatasi dari keadaan rawan tersebut (Koshita & Takahara, 2004). Dalam menanggapi kekeringan, tanaman mensintesis asam abscisic phytohormone (ABA) yang menginduksi penutupan stomata sehingga mengurangi kehilangan air transpiratif (Munemasa et al., 2013; Boursiac et al., 2013).

Biosintesis ABA pada sebagian besar tanaman terjadi secara tak langsung melalui peruraian karotenoid (zat warna merah, kuning dan Orange) tertentu (40 karbon) yang ada di plastid (Shinohara & Leskovar, 2014). Dalam tumbuhan mekanisme Bergeraknya ABA sama dengan pergerakan giberelin yaitu dapat diangkut secara mudah melalui xilem floem dan juga sel-sel parenkim di luar berkas pembuluh. Asam Absisat secara sintetik diperoleh melalui pemberian dari luar tubuh baik itu Asam Absisat Sintetik maupun yang diekstrak dari tumbuhan lain misalnya Alga (Tanaka et al., 2009; Dong et al., 2014).

Cara kerja dari asam absisat ini seperti merangsang penutupan stomata pada waktu kekurangan air, mempertahankan dormansi dan biasanya terdapat di daun, batang, akar, buah berwarna hijau. (Waterland et al., 2010). Pengangkutan hormon ABA dapat terjadi baik di xilem maupun floem dan arah pergerakannya bisa naik atau turun. Transportasi ABA dari floem menuju ke daun dapat dirangsang oleh salinitas (kegaraman tinggi) (Assmann & Shimazaki, 2009; Osakabe et al., 2013).

Kalium merupakan unsur hara yang diserap tanaman melebihi unsur nitrogen, walaupun kalium tersedia dalam tanah tetapi terdapat dalam jumlah terbatas. Berdasarkan ketersediaannya bagi tanaman, maka kalium dalam tanah dapat digolongkan ke dalam beberapa bentuk yaitu: (1) bentuk relatif tidak tersedia, (2) bentuk lambat tersedia dan (3) bentuk segera tersedia (Foth, 2014; Pande et al., 2014).

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di dalam Greenhouse dengan menggunakan kedelai cultivar Wilis sebagai bahan tanam. Percobaan ini merupakan percobaan Faktor tunggal dan dirancang mengikuti kaidah Rancangan Acak Lengkap. Perlakuan pemberian air didasarkan pada kebutuhan air pada tanaman kedelai dengan empat level perlakuan, yaitu: A0 = Pemberian air 100 % kebutuhan normal, A1 = Pemberian air 75 % kebutuhan normal, A2 = Pemberian air 50 % kebutuhan normal, A3 = Pemberian air 25 % kebutuhan normal dan masing-masing perlakuan diulang empat kali.

Penetapan jumlah pemberian air didasarkan pada 100 %, 75 %, 50 % dan 25 % kebutuhan air optimal (kebutuhan air kedelai berkisar 300 – 350 mm per musim tanam) dan distribusinya didasarkan pada kebutuhan air pada tanaman kedelai pada setiap periode tumbuh. Variabel pengamatan meliputi: Kandungan Asam Absisat dalam tanaman, kandungan Kalium, Kandungan Air Relatif Daun (KARD), Jumlah daun per tanaman dan Berat biji per Tanaman.

Kebutuhan air tanaman kedelai berada pada kisaran 300 - 350 mm/musim atau 100 mm/bulan atau 2,5 - 3,3 mm/hari (Munemasa et al., 2015). Sedangkan kebutuhan air pada tanaman kedelai bervariasi menurut varietasnya, untuk tanaman kedelai umur sedang (varietas Wilis) pada setiap periode tumbuh tersebut. Penetapan jumlah pemberian air didasarkan pada 100 %, 75 %, 50 % dan 25 % kebutuhan air optimal (kebutuhan air kedelai berkisar 300 – 350 mm per musim tanam) dan distribusinya didasarkan pada kebutuhan air pada tanaman kedelai pada setiap periode tumbuh (Tabel 1).

Tabel 1. Distribusi dan jumlah air yang diberikan pada masing-masing tingkat pemberian air dan periode pertumbuhan tanaman di polibag

Pemberian Air	Distribusi dan Jumlah Air yang Diberikan pada Fase (ml/fase)				Jumlah air (ml/musim)
	Pertumbuhan awal (0 – 15 hr)	Vegetatif aktif (16 – 30 hr)	Pembungaan-pengisian polong (31 – 65 hr)	Kematangan biji (66 – 85 hr)	
100 % kebutuhan normal	2820 ml	2820 ml	6545 ml	3760 ml	15945 ml
75 % kebutuhan normal	2115 ml	2115 ml	4900 ml	2820 ml	11950 ml
50 % kebutuhan normal	1410 ml	1410 ml	3290 ml	1880 ml	7990 ml
25 % kebutuhan normal	705 ml	705 ml	1645 ml	940 ml	3995 ml

Keterangan: Data diolah

Analisa asam absisat

Analisa asam absisat dilakukan melalui ekstraksi tanaman contoh dan dilanjutkan dengan analisis kandungan ABA menggunakan Gas Chromatography. Pengamatan dilakukan pada umur 50 hari. Metode analisis yang dilakukan menggunakan metode Monteiro. Contoh daun dari tanaman yang digunakan adalah daun ke 2 dan 3 pucuk serta dari tanaman berumur 50 hari setelah tanam

Analisa kalium

Kandungan kalium dalam tanaman kedelai dianalisa dengan metode Black (penjenuhan dengan amonium acetat) (Hesse, 1972).

Analisa Kandungan Air Relatif pada Daun (KARD)

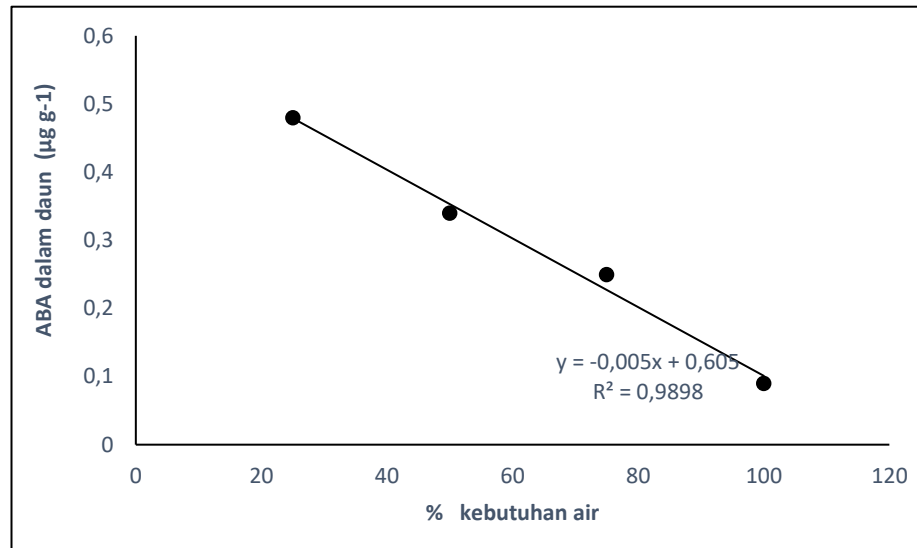
Kandungan air relatif pada daun (KARD), dimaksudkan untuk menganalisis status air di dalam tanaman yang ditumbuhkan pada kondisi kekurangan air. Untuk mengukur kandungan air relatif pada daun diperlukan data Biomas segar daun (BS), biomas kering oven daun (BK), serta Biomas daun pada kondisi turgor penuh atau dalam kondisi jenuh (BJ). Kandungan air relatif daun dihitung dengan persamaan (Sitompul & Guritno, 1995):

$$\text{KARD} = \frac{\text{BS} - \text{BK}}{\text{BJ} - \text{BK}} \times 100 \%$$

Pengamatan dilakukan pada umur 50 hari setelah tanam. Analisis statistik yang digunakan adalah Analysis of Variance (Anova) dan Regresi - Korelasi. Sebagai uji pembandingan berganda digunakan Uji Beda Nyata Jujur.

Hasil dan Pembahasan

Asam absisat (ABA) merupakan hormon tumbuh yang tersebar diseluruh bagian tubuh tanaman terutama di daun dan akar, jumlahnya semakin meningkat bila tanaman mengalami kekurangan air. ABA yang terdapat di daun khususnya pada sel penjaga mengendalikan proses penutupan stomata, sehingga secara fisiologi tanaman yang mengalami kekurangan air akan mengalami proses penutupan stomata, analisis korelasi menunjukkan bahwa kebutuhan air pada tanaman kedelai berhubungan erat dengan kadar asam absisat, kadar ABA semakin meningkat seiring dengan menurunnya perlakuan persentase kebutuhan air ($r = -0,99$), selanjutnya hasil analisis regresi menunjukkan bahwa kebutuhan air pada tanaman berpengaruh terhadap kadar asam absisat dengan nilai $R^2 = 0,98$ (Gambar 1).



Gambar 1. Hubungan antara perlakuan kebutuhan air tanaman dengan kadar ABA dalam daun

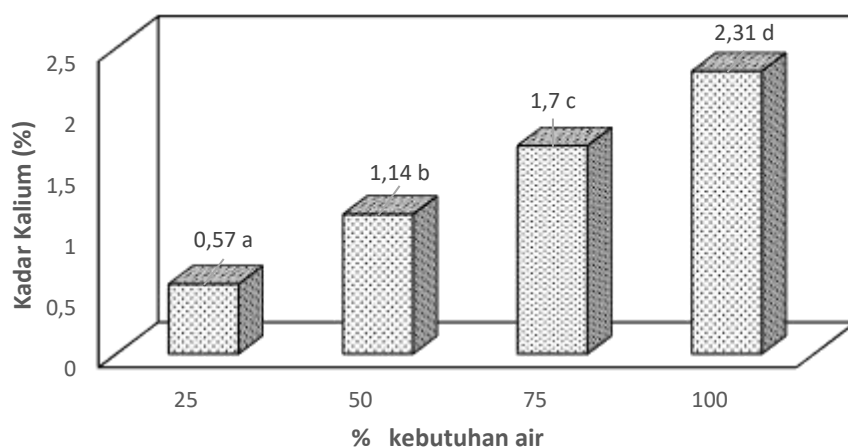
Tabel 2. Kandungan asam absisat dalam daun tanaman kedelai pada umur 50 hari setelah tanam pada berbagai perlakuan tingkat pemberian air

Perlakuan	Kandungan Asam Absisat dalam Daun $\mu\text{g g}^{-1}$
A3 = Diberi air 25 % dari Kebutuhan	0.48 d
A2 = Diberi air 50 % dari Kebutuhan	0.34 c
A1 = Diberi air 75 % dari Kebutuhan	0.25 b
A0 = Diberi air 100 % dari Kebutuhan	0.09 a
BNJ 5 %	0.08

Keterangan: Angka-angka yang didampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNJ (α 0,05)

Tabel 2 menjelaskan bahwa tingkat pemberian air yang semakin kecil maka kandungan asam absisat dalam daun semakin tinggi. Tanaman yang mengalami cekaman kekurangan air terjadi pemicuan proses biosintesis ABA (Abscisic Acid). Proses tersebut terjadi karena pada suasana kekurangan air proses oksidasi di dalam protoplas berlangsung secara terus menerus (Bray, 1988). ABA merupakan hormon yang disintesis di dalam akar dan ditranslokasikan ke daun, dan mungkin juga disintesis oleh sel penjaga itu sendiri (Assman & Shimazaki, 2009)

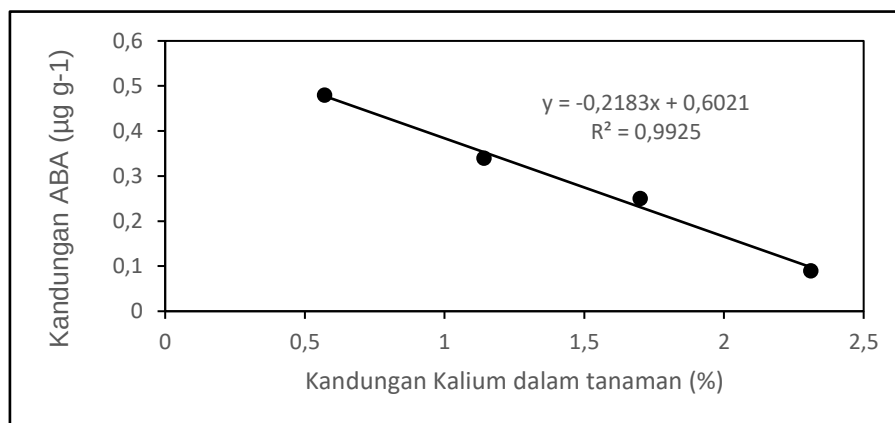
Tanaman yang mengalami kekurangan kalium akan mempengaruhi efisiensi fotosintesis. Disamping itu kalium berperan penting dalam translokasi hasil fotosintesis dalam tubuh tanaman. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tingkat pemberian air pada tanaman kedelai berpengaruh nyata terhadap kandungan K^+ tanaman (Gambar 2).



Gambar 2. Kandungan Kalium dalam tanaman pada berbagai persentase kebutuhan air

Gambar 2 diatas menunjukkan bahwa tanaman kedelai yang mengalami cekaman kekurangan air kandungan K^+ dalam tanaman akan semakin menurun. Tanaman yang mengalami cekaman kekurangan air terjadi pemicuan proses biosintesis ABA (Abscisic Acid).

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat antara kandungan kalium dalam tanaman dengan kandungan asam absisat dalam daun ($R^2 = 0,99$). (Gambar 3). Selama terjadi kekurangan air, tanaman kedelai akan banyak mengalami kehilangan K^+ hal ini disebabkan didalam stomata daun kedelai banyak mengandung ABA yang dapat menghambat kerja pompa proton, sehingga aliran K^+ dalam plasma terhambat dan menyebabkan K^+ merembes keluar, turgor berkurang, stomata menutup.



Gambar 3. Hubungan antara kandungan kalium dengan kadar ABA

Gambar 3 menunjukkan dengan semakin meningkatnya kandungan kalium diikuti dengan penurunan kandungan asam absisat. Terjadinya aliran masuk K^+ yang cepat ke dalam sel penjaga berakibat akumulasi K^+ , sehingga terjadi penyerapan air secara osmotik pada sel penjaga akibatnya turgor sel penjaga naik dan stomata terbuka. Kalium disimpan dalam jumlah banyak di dalam vakuola sel, tidak membentuk molekul organik, fungsi utamanya sebagai aktivator enzim atau kofaktor. Kondisi kekeringan mengurangi ketersediaan unsur hara kalium yang diikuti dengan meningkatnya kandungan asam absisat. Sehingga peningkatan kalium dalam tanah mengakibatkan peningkatan osmotik pada sel penjaga stomata, akibatnya tekanan turgornya meningkat dan stomata tetap terbuka. (Assman & Shimazaki, 2009; Soemarno, 2013).

Berdasarkan hasil analisis statistik tingkat pemberian air pada tanaman kedelai berpengaruh yang nyata terhadap kandungan air relatif daun tanaman kedelai pada umur 50 hari setelah tanam. (Tabel 3).

Tabel 3. Kandungan air relatif daun tanaman kedelai pada umur 50 hari setelah tanam pada berbagai perlakuan tingkat pemberian air

Perlakuan	Kandungan Air Relatif Daun (%)
A3 = Diberi air 25 % dari Kebutuhan	39.00 a
A2 = Diberi air 50 % dari Kebutuhan	54.33 b
A1 = Diberi air 75 % dari Kebutuhan	69.67 c
A0 = Diberi air 100 % dari Kebutuhan	86.00 d
BNJ 5 %	9.50

Keterangan: Angka-angka yang didampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNJ (α 0,05) hst = hari setelah tanam

Tanaman kedelai yang mengalami kekurangan air yaitu 25 % kebutuhan normal mempunyai kandungan air relatif daun paling rendah yakni 39 %. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman yang mengalami kekurangan air menyebabkan kandungan air relatif dalam daun menurun, hal ini disebabkan penimbunan K^+ dalam tanaman terganggu, sehingga konsentrasi bahan-bahan terlarut didalam vakuola rendah akibatnya kandungan air dalam sel penjaga rendah atau turgor rendah.

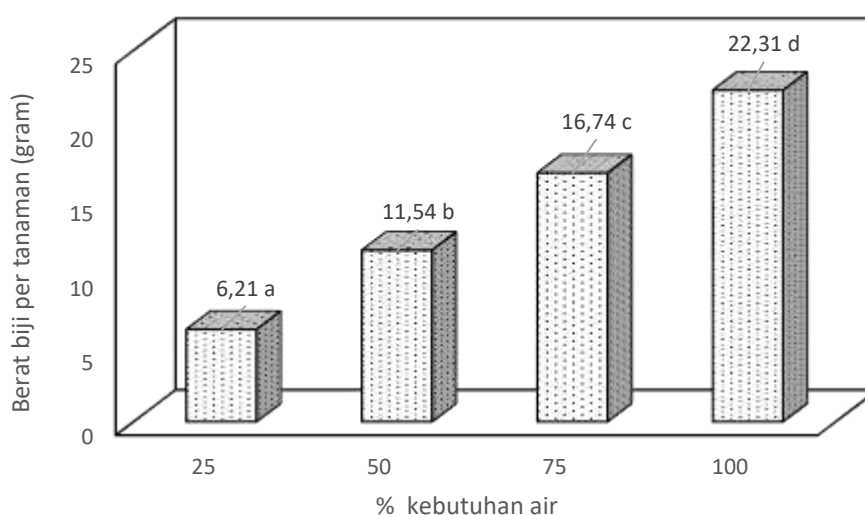
Semakin rendahnya ketersediaan air dalam tanah maka semakin kecil kadar air relatif dalam daun, pengaruh kekurangan air pada fase vegetatif berakibat perkembangan daun menjadi lebih kecil sehingga akan mengurangi penyerapan cahaya oleh tanaman selanjutnya akan menghambat laju asimilasi. Jumlah daun suatu tanaman merupakan salah satu potensi tanaman dalam menyediakan tempat berlangsungnya proses fotosintesis. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tingkat pemberian air sangat mempengaruhi terhadap jumlah daun tanaman kedelai (Tabel 4).

Tabel 4. Jumlah daun tanaman kedelai pada umur 50 hari setelah tanam pada berbagai perlakuan tingkat pemberian air

Perlakuan	Jumlah daun
A3= Diberi air 25 % dari Kebutuhan	10.67 a
A2 = Diberi air 50 % dari Kebutuhan	16.00 b
A1 = Diberi air 75 % dari Kebutuhan	21.33 c
A0 = Diberi air 100 % dari Kebutuhan	29.00 d
BNJ 5 %	6.05

Keterangan: Angka-angka yang didampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNJ (α 0,05) hst = hari setelah tanam

Tabel 4 menunjukkan bahwa tanaman kedelai yang diberi air 100 % dari kebutuhan mempunyai jumlah daun tertinggi dibanding tanaman kedelai yang mengalami cekaman kekurangan air yakni diberi air 75 %, 50 % dan 25 % kebutuhan. Hal ini disebabkan tanaman kedelai yang mengalami cekaman kekurangan air selama pertumbuhannya akan menghambat pertumbuhan daun, meluruhkan daun-daun pada cabang-cabang bawah. Potensi masing-masing individu tanaman untuk menghasilkan biji diukur dengan menimbang hasil biji tiap tanaman. Berdasarkan hasil analisis statistik ternyata tingkat pemberian air berpengaruh terhadap jumlah biji per tanaman hal ini ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. Histogram berat biji per tanaman pada berbagai persentase kebutuhan air

Biomass biji tanaman kedelai sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air di dalam tanah. Tanaman kedelai yang mengalami kekeringan mengakibatkan merosotnya biomass biji. Tanaman kedelai yang mengalami kekeringan selama masa pertumbuhannya menampakkan pertumbuhan yang tidak bagus dibanding dengan tanaman yang ditumbuhkan pada lahan yang tercukupi kebutuhan airnya. Hal ini disebabkan air mempunyai peranan penting dalam aktivitas metabolisme tanaman. Tanaman kedelai yang mengalami kekeringan aktivitas metabolisme dalam tanaman tidak tercukupi kebutuhan airnya sehingga proses perkembangan sel terganggu dan berakibat pertumbuhan dan perkembangan tanaman terganggu, sehingga tanaman kedelai dalam kondisi kekeringan selama pertumbuhannya akan menghasilkan biji kedelai yang rendah bila dibandingkan dengan tanaman yang tidak mengalami kekeringan.

Kesimpulan

Kadar asam absisat dalam daun tanaman kedelai dapat digunakan sebagai indikator yang menunjukkan semakin tinggi kandungan asam absisat dalam daun, tanaman kedelai tersebut semakin tercekam kekeringan. Kadar Kalium dalam daun tanaman kedelai juga dapat digunakan sebagai indikator menunjukkan semakin rendah kandungan Kalium dalam daun, tanaman kedelai tersebut semakin tercekam kekeringan. Tanaman kedelai yang mengalami cekaman kekurangan air akan menurun hasil biji per tanaman kedelai.

Ucapan Terima Kasih

Kami ucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi tingginya kepada yang terhormat;

1. Dr. Ir. W. Guntoro, MSi yang telah memberikan bantuan dan arahan dalam penelitian dan penyelesaian penulisan artikel ini.
2. Kemenristek Dikti yang telah mendanai penelitian ini melalui skim Hibah Bersaing

Referensi

- Assmann, S. M., & Shimazaki, K. (2009). The multisensory guard cell. Stomatal responses to blue light and abscisic acid. *Plant Physiology*, 119, 809 – 816.
- Boursiac, Leran, Y. S., Corratge-Faillie, C., Gojon, A., Krouk, G., & Lacombe, B. (2013). ABA transport and transporters. *Trends in Plant Science*, 18, 25–333.
- Bray, E. (1988). Drought and ABA-induced changes in polipeptide and mRNA Accumulation in tomato leaves. *Plant Physiology*, 88, 1210 – 1214
- Busaifi, R. (2017). Korelasi Tingkat naungan dan cekaman air terhadap variabel laju pertumbuhan relatif *Ageratum conyzoides* Linn. Agriprima. *Journal of Applied Agricultural Sciences*, 1(2), 172-181.
- Dong, S., Jiang, Y., Wang, L., Ma, Z., Yan, C., Ma, C., & Liu, L. (2019). A study on soybean responses to drought stress and rehydration. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(8), 2006-2017. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.08.005>.
- Dong, T., Xu, ZY., Park, Y., Kim, DH., Lee, Y., & Hwang, I. (2014). Abscisic acid uridine diphosphate glucosyltransferases play a crucial role in abscisic acid homeostasis in Arabidopsis. *Plant Physiology*, 165, 277–289.
- Fageria, N. K., Filho, MPB., & Da Costa, JHC. (2009). *Potassium in the Use of Nutrients in Crop Plants*. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York. 131-163.
- Foth, H. D. (2014). *Dasar-dasar ilmu tanah*. Edisi ke sembilan Penerbit Erlangga Jakarta, hlm 57 – 64.
- Handoko, I., & Las. (1997). *Metodologi pendekatan strategis dan taktis untuk pendugaan serta penanggulangan tanaman: Sumberdaya air dan iklim dalam mewujudkan pertanian efisien*. Departemen Pertanian dan Perhimpunan Meteorologi Pertanian Indonesia (PERHIMPI), 73-86.
- Hartung, W., Sauter, A., & Hose, E. (2002). Abscisic acid in the xylem: where does it come from, where does it go to. *Journal of Experimental Botany*, 53, 27-32.
- Hesse, P. R. (1972). *A text book of soil*. Chemical Publishing Co. Inc. New York. hlm.127 – 147. Yogyakarta.
- Koshita, Y., & Takahara, T. (2004). Effect of water stress on flower-bud formation [and plant hormone content](#) of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc). *Scientia Horticulturae*, 99, 301–307.

- Luo, S., Lin, L., Wang, X., Zou, S., Luan, T., & Key, MOE. (2013). Determination of phytohormones in plant extracts using in-matrix ethyl chloroformate derivatization and DLLME-GC-MS. LC-GC. *Europe*, 26, 310–317.
- Macak, M., & Candrakova, E. (2013). The effect of fertilization on yield components and quality parameters of soybeans [(*Glycine max* (L.) Merr.) seeds. *Journal of Central European Agriculture*, 14(3), 379-389. Doi: 10.5513/JCEA01/14.3.1332.
- Maynard, G. H., & David, M. O. (1987). *The physiology of plants under stress; A Wiley-Interscience Publication John Wiley & Sons New York*. 193 – 206.
- Motaghi, S., & Nejad, T.S. (2014). The effect of different levels of humic acid and potassium fertilizer on physiological indices of growth. *International Journal of Biosciences (IJB)*, 5(2), 99-105.
- Munemasa, S., Hauser, F., Park, J., Waadt, R., Brandt, B., & Schroeder, J. I. (2015). Mechanisms of abscisic acid-mediated control of stomatal aperture. *Current Opinion in Plant Biology*, 28, 154–162. doi:10.1016/j.pbi.2015.10.010.
- Osakabe, Y., Arinaga, N., Umezawa, T., Katsura, S., Nagamachi, K., Tanaka, H., Orihaki, H., Yamada, K., Seo, SU., & Abo, M. (2013). Osmotic stress responses and plant growth controlled by potassium transporters in Arabidopsis. *Plant Cell*, 25, 609–624.
- Pande, M., Goli, MB., & Bellaloui, N. (2014). Effect of foliar and soil application of potassium fertilizer on soybean seed protein, oil, fatty acids, and minerals. *American Journal of Plant Sciences*, 5, 541-548
- Sarwat, M., & Tuteja, N. (2017). Hormonal signaling to control stomatal movement during drought stress. *Plant Gene – Journal*, 11, 143-153.
- Shinohara, T., & Leskovar, DI. (2014). Effect of ABA antitranspirants, heat and drought stress on plant. *Scientia Horticulturae*, 165, 225–234.
- Sitompul, S.M., & Guritno, B. (1995). *Analisis pertumbuhan tanaman*. Gajahmada University Press. Yogyakarta, 81-210
- Soemarno. (2013). *Perilaku unsur hara dalam tanah*. Universitas Brawijaya Malang, 89 – 93.
- Tanaka, Y., Okamoto, M., Abrams, S. R., Kamiya, Y., Seki, M., & Nambara, E. (2009). High humidity induces abscisic acid 8'-hydroxylase in stomata and vasculature to regulate local and systemic abscisic acid responses in Arabidopsis. *Plant Physiology*, 149, 825–834.
- Turner. C. N. (1986). Crop water deficite. A dekade of progress. *Advances in Agronomy*, 39, 1 –39.
- Waterland, N. L., Campbel, C. A., Finer, J. J., & Jones, M. L. (2010). Absciscic acid application enhances drought stress tolerance in bedding plants. *HortScience*, 45(3), 409–413.
- Zhou, T.H., Zhang, H. P., & Liu, L. (2006). Studies on effect of potassium fertilizer applied on yield of Bt cotton. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 22 (8), 292–296.