

**Kandungan Pigmen Fotosintetik dan Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Kedelai
(*Glycine max* L. Merr.) var. Grobogan Pada Tingkat Ketersediaan Air yang Berbeda**

**Photosynthetic Pigment Content and Vegetative Growth of Soybean Plants
(*Glycine max* L. Merr.) var. Grobogan at Different Levels of Water Availability**

Muhammad Luthfi Fachrezi, Sri Darmanti*, Endang Saptiningsih, Erma Prihastanti

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, 50275

*Email: darmantisri@yahoo.co.id

Diterima 17 Juli 2023 / Disetujui 22 Desember 2023

ABSTRAK

Kedelai merupakan sumber protein yang murah sehingga permintaan tinggi, tetapi produksi kedelai di Indonesia rendah. Tanaman kedelai umumnya ditanam di sawah tadah hujan sehingga rawan cekaman kekeringan dan menyebabkan produksi rendah. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, bertujuan mengkaji pengaruh tingkat ketersediaan air terhadap kandungan pigmen fotosintetik daun dan pertumbuhan vegetatif tanaman kedelai [*Glycine max* (L.) Merr.] varietas Grobogan. Penelitian dilakukan di kebun percobaan dan laboratorium Struktur dan fungsi tumbuhan Departemen biologi FSM UNDIP, menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor berupa tingkat ketersediaan air yang berbeda yaitu 100%, 75%, 50%, dan 25% kapasitas lapang. Data dianalisis dengan analisis sidik ragam One Way ANOVA, dilanjutkan dengan Uji DMRT dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan persentase ketersediaan air tidak memengaruhi kandungan pigmen fotosintetik daun kedelai. Penurunan persentase ketersediaan air menurunkan pertumbuhan tajuk, untuk jumlah daun mulai turun pada ketersediaan air 25%, tinggi tanaman pada 75%, bobot tajuk pada 50%. Ketersediaan air paling optimal bagi panjang akar dan bobot akar adalah 75%.

Kata kunci : tingkat ketersediaan air; kedelai; varietas Grobogan

ABSTRACT

Soybeans are a cheap source of protein, so demand is high, but soybean production in Indonesia is low. Soybean crops are generally planted in rainfed rice fields, so they are prone to drought stress and cause low production. This study used an experimental method, aimed to examine the effect of water availability on the photosynthetic pigment content of leaves and vegetative growth of soybean plants [*Glycine max* (L.) Merr.] Grobogan variety. The research was conducted in the experimental garden and laboratory Plant structure and function of the Department of Biology FSM UNDIP, using a one-factor Complete Randomized Design (RAL) in the form of different levels of water availability, namely 100%, 75%, 50%, and 25% field capacity. The data was analyzed by One Way ANOVA fingerprint analysis, followed by DMRT Test with a confidence level of 95%. The results showed that the decrease in the percentage of water availability did not affect the photosynthetic pigment content of soybean leaves. A decrease in the percentage of water availability decreases the growth of the header, for the number of leaves begins to fall at water availability 25%, plant height at 75%, header weight at 50%. The most optimal water availability for root length and root weight is 75%.

Keywords : water availability; soybean; Grobogan variety

PENDAHULUAN

Kedelai merupakan sumber protein yang murah sehingga permintaan di Indonesia tinggi, tetapi produksi kedelai di Indonesia rendah dan menyebabkan impor kedelai tinggi. Data Badan Pusat Statistik Tahun 2021 menunjukkan bahwa impor kedelai di Indonesia mencapai 2.489.690,5 Ton (Badan Pusat Statistik. 2022). Pada umumnya kedelai ditanam di sawah tadah hujan sehingga rawan cekaman kekeringan dan menyebabkan produksi rendah. Chun *et al.* (2021) mengatakan bahwa tanaman kedelai yang ditanam pada lahan tadah hujan seperti di Indonesia, ketika musim kemarau dapat mengalami cekaman kekeringan sehingga menurunkan kualitas maupun kuantitas kedelai.

Cekaman kekeringan terjadi ketika kebutuhan air tidak terpenuhi dan transpirasi melebihi air yg diambil oleh akar (Kapoor *et al.*, 2020). Air harus tersedia di dalam tanah untuk menggantikan air yang hilang akibat evaporasi tanah dan transpirasi tumbuhan (Sinamo *et al.*, 2018). Menurut Taufiq dan Sundari (2012), tingkat ketersediaan air tanah optimum untuk kedelai pada umumnya berkisar antara 70-85% kapasitas lapang.

Hasil penelitian Wahono dkk. (2018) terhadap kedelai menunjukkan bahwa pada tingkat ketersediaan air 25% menurunkan tinggi tanaman, jumlah daun, bobot tajuk, dan bobot akar. Namun, penelitian ini belum beserta perlakuan ketersediaan air 75% dan parameter panjang akar serta kandungan pigmen fotosintetik daun.

Penelitian Chowdhury *et al.* (2017) terhadap beberapa varietas kedelai menunjukkan bahwa total klorofil daun kedelai turun pada ketersediaan air 50% dibandingkan 80% kapasitas lapang. Pada penelitian Wijewardana *et al.* (2019), Karotenoid meningkat 38% pada kondisi ketersediaan air 20% dibandingkan dengan ketersediaan air 100% kapasitas lapang.

Permasalahan ketersediaan air yang rendah dapat diatasi melalui pemilihan varietas yang toleran terhadap cekaman kekeringan. Salah satu varietas kedelai lokal unggulan di Indonesia adalah Kedelai Varietas Grobogan yang toleran terhadap cekaman kekeringan. Jika dibanding dengan

varietas Anjasmoro dan Malika, Varietas Grobogan mempunyai kelebihan yaitu toleran terhadap cekaman kekeringan (Shari *et al.*, 2013; Saputra *et al.*, 2015; Indahsari and Saputro, 2019; Sebastian and Banjarnahor, 2019; Utami *et al.*, 2020; Budiasih *et al.*, 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh tingkat ketersediaan air yang berbeda yaitu 100%, 75%, 50%, dan 25% kapasitas lapang terhadap kandungan pigmen fotosintetik daun dan pertumbuhan vegetatif tanaman kedelai [*Glycine max* (L.) merr.] varietas Grobogan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di kebun percobaan serta Laboratorium Struktur dan fungsi Tumbuhan FSM UNDIP dari bulan Maret sampai Juli 2022. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor berupa perbedaan tingkat tingkat ketersediaan air yaitu 100%, 75%, 50%, dan 25% kapasitas lapang. Alat yang digunakan adalah thermohyrometer, neraca digital (besar dan kecil), spektrofotometer UV Vis, mortar, pestle dan oven. Bahan yang digunakan adalah benih kedelai varietas Grobogan yang diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Malang, Media tanam berupa Tanah : Kompos : Sekam dengan perbandingan 2 : 1 : 2, pupuk NPK Mutiara, polybag ukuran 35 x 35 cm dan aseton 80%.

Penentuan kapasitas lapang media tanam

Tanah yg sudah diketahui beratnya dioven hingga kering konstan untuk mengetahui berat kering tanah kemudian diberi air hingga memenuhi polybag lalu dibiarkan sampai air tidak menetes kemudian ditimbang untuk mengetahui berat basah tanah pada kapasitas lapang 100% air sehingga ketika dikurangi dengan berat kering menunjukkan jumlah air maksimal yang tersimpan pada tanah.

Seleksi Benih

Benih kedelai diseleksi berdasarkan kesamaan ukuran, berbentuk bulat, tidak keriput, tidak ada luka bekas gigitan serangga, dan tidak terkena penyakit. Penanaman dilakukan secara

langsung dan bersamaan. Pada setiap polybag dibuat 5 lubang dengan kedalaman 3 cm. Penyiraman dilakukan ketika tanah kering.

Seleksi Bibit

Bibit usia 10 hari diseleksi, dipilih 2 bibit setiap polybag berdasarkan keseragaman tinggi tanaman dan jumlah daun. Selajutnya dipupuk dengan pupuk NPK Mutiara (16: 16: 16) sebanyak 5 gram tiap polybag. Pengukuran parameter lingkungan berupa suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya dilakukan setiap hari untuk memonitori dan mendapatkan informasi kondisi lingkungan.

Perlakuan

Perlakuan berupa penyiraman dilakukan mulai 19 hari setelah tanam (Simbolon dkk., 2020). Polybag ditimbang setiap hari dan hanya disiram jika beratnya kurang dari berat perlakuan dan disiram hingga beratnya sama dengan berat perlakuan. Perlakuan dihentikan setelah 34 hari setelah tanam, dilanjutkan dengan pemanenan dan pengukuran parameter vegetative.

Pengukuran Parameter

Parameter pertumbuhan vegetative berupa jumlah daun trifoliolate, tinggi tanaman, panjang akar, bobot segar tajuk dan akar, serta bobot kering tajuk dan akar. Bobot kering dilakukan dengan mengoven pada suhu 60 sampai kering konstan.

Penentuan kandungan pigmen fotosintetik mengacu pada metode yang digunakan Yoshida (1976). Sebanyak 0,1 gram daun ditumbuk dengan mortar lalu ditambahkan 10 ml aseton 80%. Larutan dalam mortar lalu disaring dengan menggunakan kertas saring dan dituangkan kedalam botol flakon. Larutan kemudian dituangkan ke kuvet lalu diukur menggunakan spektrofotometer dengan aseton 80% sebagai blanko. Nilai absorbansi diukur pada panjang gelombang 470 nm, 646 nm dan 663 nm. Kandungan klorofil dan karotenoid dihitung berdasarkan rumus Wellburn (1994) :

Klorofil a :

$$12,21 \cdot A_{663} - 2,81 \cdot A_{646}$$

Klorofil b :

$$20,13 \cdot A_{645} - 5,03 \cdot A_{663}$$

Karotenoid :

$$(1000 \cdot A_{470} - 3,27 \cdot \text{Klorofil a} - 104 \cdot \text{Klorofil b}) / 198$$

Kandungan Pigmen dalam $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} =$

$$(K \times V) / BS$$

Keterangan :

K : Kandungan pigmen dalam $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$

V : Volume larutan (ml)

BS : Berat segar sampel (g)

A_{470} : Absorbansi pada $\lambda 470$ nm

A_{646} : Absorbansi pada $\lambda 646$ nm

A_{663} : Absorbansi pada $\lambda 663$ nm

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) *one way* untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diukur. Uji lanjut dapat dilakukan dengan menggunakan Duncan's Multiple Ranf Test (DMRT) dengan tingkat kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Pigmen Fotosintetik

Hasil perlakuan tingkat ketersediaan air terhadap pigmen fotosintetik daun tanaman kedelai varietas grobogan dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa tingkat ketersediaan air 100%, 75%, 50%, dan 25% dari kapasitas lapang tidak mempengaruhi kandungan klorofil a, klorofil b, total klorofil, dan karotenoid. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Nur'aini and Rachmawati (2022) pada tanaman kedelai varietas Dega 1 menunjukkan bahwa ketersediaan air 50% dan 100% kapasitas lapang tidak mempengaruhi kandungan klorofil a, klorofil b, dan karotenoid daun kedelai. Menurut Elsalahy dan Reckling (2022), varietas kedelai yang toleran terhadap cekaman kekeringan pada kondisi tercekam kekeringan dapat mempertahankan kandungan pigmen fotosintetiknya.

Tabel 1. Kandungan klorofil a ($\mu\text{g.g}^{-1}$), klorofil b ($\mu\text{g.g}^{-1}$), klorofil total ($\mu\text{g.g}^{-1}$), dan karotenoid ($\mu\text{g.g}^{-1}$) daun kedelai var. Grobogan pada perlakuan tingkat ketersediaan air yang berbeda

Ketersediaan Air	Klorofil A	Klorofil B	Klorofil Total	Karotenoid
100%	2360.31 \pm 138.88 ^a	1489.00 \pm 238.66 ^a	3849.32 \pm 274.52 ^a	182.79 \pm 69.24 ^a
75%	2059.24 \pm 151.58 ^a	952.79 \pm 92.55 ^a	3012.04 \pm 243.26 ^a	230.85 \pm 29.39 ^a
50%	1811.13 \pm 440.47 ^a	979.75 \pm 327.55 ^a	2790.87 \pm 764.86 ^a	230.56 \pm 51.89 ^a
25%	2069.32 \pm 152.87 ^a	1020.74 \pm 154.28 ^a	3090.06 \pm 305.49 ^a	244.83 \pm 50.12 ^a

Keterangan : Angka yang diikuti superskrip yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$). Nilai angka adalah Mean \pm SE (n = 3).

Ketika ketersediaan air dalam tanah rendah, tanaman dapat mempertahankan kandungan pigmen fotosintetiknya dengan cara menghambat katabolisme pigmen fotosintetik, tetapi aktivitas fotosintesis tetap turun. Monteoliva (2021) mengatakan bahwa tanaman yang dapat mempertahankan pigmen fotosintetik dengan menunda penuaan daun disebut tanaman “*stay green*”. Tanaman “*stay green*” memiliki fenotipe “kosmetik” yaitu ketika aktivitas fotosintesis turun, kandungan pigmen fotosintetik tetap tinggi. Thomas dan Ougham (2014) menjelaskan bahwa mekanisme tanaman *cosmetic stay green* dalam mempertahankan pigmen fotosintetik selama penuaan daun adalah dengan menghambat pembentukan kompleks dari enzim katabolik

Meskipun kandungan pigmen fotosintetik dapat dipertahankan dari degradasi, namun stomata daun tetap tertutup untuk mengurangi transpirasi yang dapat menyebabkan kekurangan kandungan air dalam tanaman sehingga CO₂ tidak dapat masuk ke daun dan proses fotosintesis terhambat. Zhao et al. (2020) mengatakan bahwa ketersediaan air yang rendah membuat tanaman melakukan penutupan stomata untuk mencegah kehilangan air yang berakibat pada penurunan tingkat asimilasi karbon sehingga menghambat proses fotosintesis dan laju fotosintesis turun yang menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman.

Pertumbuhan Vegetatif

Hasil perlakuan tingkat ketersediaan air terhadap parameter jumlah daun, tinggi tanaman, bobot segar tajuk, bobot kering tajuk, panjang akar, dapat dilihat pada tabel 2, sedangkan

parameter panjang akar, bobot segar akar, dan bobot kering akar dapat dilihat pada tabel 3. Penurunan jumlah daun disebabkan karena penurunan laju fotosintesis menyebabkan hasil asimilat turun. Asimilat diperlukan untuk pertumbuhan apeks dan primordial daun karena merupakan substrat metabolisme penghasil ATP (Nurmiati, 2016).

Pada ketersediaan air 100% hingga 50%, jumlah daun tidak turun. Hal ini disebabkan karena daun dapat merespon kekeringan dengan berbagai cara selain menurunkan jumlah daun. Menurut Yang et al. (2021), respon daun tanaman terhadap kekeringan umumnya adalah luas daun yang lebih kecil, ketebalan daun yang lebih besar, dan kerapatan jaringan daun yang lebih tinggi sehingga penurunan jumlah daun bukanlah prioritas cara daun beradaptasi terhadap kekeringan.

Penurunan tinggi tanaman disebabkan oleh aktivitas fotosintesis yang turun sehingga menyebabkan penurunan hasil asimilat. Garfansa dan Sukma (2021) mengatakan bahwa rendahnya asimilat berdampak pada pertumbuhan tinggi tanaman terganggu.

Bobot segar tajuk merupakan penjumlahan dari bobot kering dan kandungan air. Ketersediaan air yang rendah menyebabkan kandungan air pada tajuk berkurang karena dehidrasi. Menurut Yusuf (2019), kurangnya air pada tanaman menyebabkan sel-sel jaringan tajuk mengalami dehidrasi dan memengaruhi rendahnya bobot segar tajuk tanaman kedelai. Menurut penelitian Nasrudin & Firmansyah (2020), Ichsan dkk (2020) dalam Ariyadi dkk. (2022), tanaman pada fase vegetatif membutuhkan lebih banyak air untuk pertumbuhan.

Bobot kering tajuk yang turun disebabkan karena terganggunya fotosintesis sebagai proses produksi fotosintat untuk pertumbuhan biomassa tajuk akibat kekeringan. Hal ini sesuai dengan pendapat Wahono dkk. (2018) bahwa laju

fotosintesis yang turun menyebabkan menurunnya fotosintat untuk pertumbuhan. Bobot kering tanaman adalah gambaran akumulasi asimimilat tanaman.

Tabel 2. Jumlah daun, tinggi tanaman (cm), bobot segar tajuk (g), bobot kering tajuk (g) tanaman kedelai var. Grobogan pada perlakuan tingkat ketersediaan air yang berbeda

Ketersediaan Air	Jumlah Daun	Tinggi Tanaman	Bobot Tajuk	
			Bobot Segar	Bobot Kering
100%	11.8 ± 1.88 ^a	117.4 ± 3.98 ^a	3.58 ± 0.34 ^a	1.54 ± 0.14 ^a
75%	12.6 ± 0.93 ^a	101.8 ± 2.15 ^b	4.2 ± 0.47 ^a	1.69 ± 0.11 ^a
50%	9 ± 0.45 ^a	92.4 ± 1.33 ^c	2.46 ± 0.14 ^b	1.06 ± 0.06 ^b
25%	5 ± 1.00 ^b	72.6 ± 2.18 ^d	1.68 ± 0.19 ^b	0.70 ^c ± 0.06 ^c

Keterangan : Angka yang diikuti superskrip yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$). Nilai angka adalah Mean ± SE (n = 5).

Tabel 3. Panjang Akar (cm), Bobot Segar Akar, dan Bobot Kering Akar (g) Tanaman Kedelai var. Grobogan pada Perlakuan Tingkat Ketersediaan Air Yang Berbeda

Ketersediaan Air	Panjang Akar	Bobot Akar	
		Bobot Segar	Bobot Kering
100%	7.2 ± 0.49 ^b	0,29 ± 0.05 ^b	0,13 ± 0.02 ^b
75%	10.7 ± 0.86 ^a	0,46 ± 0.05 ^a	0,19 ± 0.01 ^a
50%	10.7 ± 1.15 ^a	0,24 ± 0.02 ^b	0,11 ± 0.02 ^{bc}
25%	10.3 ± 1.09 ^a	0,17 ± 0.02 ^b	0,08 ± 0.01 ^c

Keterangan : Angka yang diikuti superskrip yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$). Nilai angka adalah Mean ± SE (n = 5).

Tabel 3 menunjukkan bahwa ketersediaan air paling optimal bagi panjang akar dan bobot akar adalah 75%. Panjang akar pada ketersediaan air 100% lebih pendek dibandingkan pada 75%, 50%, dan 25%. Bobot segar dan kering akar lebih tinggi pada ketersediaan air 75% dibandingkan pada 100%, 50%, dan 25%. Tabel 3 ini menunjukkan bahwa tingkat ketersediaan air kurang dari 100% akan memacu pemanjangan akar tanaman kedelai. Hal ini sesuai dengan pendapat Kul *et al.* (2020) yang mengatakan bahwa tanaman cenderung masuk lebih dalam untuk mengambil air daripada menyebar secara horizontal di dalam tanah.

Bobot segar dan bobot kering akar pada Tabel 3 menunjukkan bahwa bobot segar akar pada ketersediaan air 75% lebih tinggi dibandingkan akar pada ketersediaan air 100%. Hal ini dikarenakan respon pertumbuhan akar

supaya lebih menyebar untuk menemukan air. Henry (2012) dalam Siregar *et al.*, (2021) menjelaskan bahwa ketika terjadi kekeringan, sistem perakaran akan mengalami perubahan berupa bertambahnya cabang-cabang akar untuk mendukung fungsi akar dalam penyerapan air.

Bobot segar akar pada ketersediaan air 50% dan 25%, tidak terjadi peningkatan bobot segar akar seperti pada ketersediaan air 75%. Hal ini dikarenakan kadar air tanah 50% dan 25% lebih rendah dari 75% sehingga jika bobot segar meningkat dengan memacu pertumbuhan cabang-cabang seperti pada bobot segar akar ketersediaan air 75%, maka potensial air akan lebih tinggi dari potensial air di tanah sehingga menghambat penyerapan air. Hal ini sesuai dengan pendapat Wahono dkk. (2018) yaitu penyerapan air pada akar akan terjadi ketika potensial air tinggi ke potensial air rendah sehingga potensial air pada

akar harus lebih rendah dari potensial air di dalam tanah agar akar dapat menyerap air.

Bobot kering akar pada ketersediaan air 50% dan 25% tidak menunjukkan peningkatan seperti ketersediaan air 75%. Bobot kering akar pada ketersediaan air 25% bahkan mengalami penurunan, meskipun bobot segar akar ketersediaan 25% tidak mengalami penurunan. Handyo dkk. (2020) dan Ichsan (2021) dalam Ariyadi dkk (2022) mengatakan bahwa penyerapan unsur hara dan air yang berkurang menyebabkan tanaman tidak dapat melakukan aktivitas metabolisme secara normal dan tidak dapat menghasilkan jumlah asimilat yang optimal untuk pertumbuhan akar tanaman.

KESIMPULAN

Penurunan persentase ketersediaan air tidak memengaruhi kandungan pigmen fotosintetik daun kedelai. Penurunan persentase ketersediaan air menurunkan pertumbuhan tajuk berupa jumlah daun, tinggiti tanaman, dan bobot tajuk, sedangkan ketersediaan air paling optimal bagi panjang akar dan bobot akar adalah 75%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Sains dan Matematika yang telah mendanai penelitian ini dengan nomor kontrak 12611/UN7.5.8/PP/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyadi, F., Hasanuddin, Ichsan C. N. (2022). Pengaruh Cekaman Kekeringan dan Pemupukan Kalium Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(2), 8-14.
<https://doi.org/10.17969/jimfp.v7i2.20007>
- Badan Pusat Statistik. (2022) *Impor Kedelai Menurut Negara Asal Utama, 2017-2021*. www.BPS.go.id.
- Budiasih, L. Parlinah, R. N., Suparman, Badriani, Tria. (2020). Kombinasi Konsentrasi dan Interval Pemberian Kitosan terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max* L.) Varietas Grobogan. *Jurnal Agrotek*

- Indonesia*, 2(5), 20-24.
<https://doi.org/10.33661/jai.v5i2.4345>
- Chowdhury, J., Karim, M., Khaliq, Q., & Ahmed, A. (2017). Effect of drought stress on biochemical change and cell membrane stability of soybean genotypes. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 42(3), 475–485.
<http://dx.doi.org/10.3329/bjar.v42i3.34506>
- Chun, H. C., Lee, S., Choi, Y. D., Gong, D. H., Jung, K. Y. (2021). Effects of drought stress on root morphology and spatial distribution of soybean and adzuki bean. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(10), 2639–2651.
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63560-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63560-2)
- Elsalahy H. H., Reckling M. (2022). Soybean resilience to drought is supported by partial recovery of photosynthetic traits. *Front Plant Sci*, 13.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.971893>
- Garfansa, M. P., & Sukma, K. P. W. (2021). Translokasi asimilat tanaman jagung (*Zea mays* L.) hasil persilangan varietas Elos dan Sukmaraga pada cekaman garam. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 14(1), 61–65.
<https://doi.org/10.21107/agrovigor.v14i1.8898>
- Kapoor, D., Bhardwaj, S., Landi, M., Sharma, A., Ramakrishnan, M., Sharma, A. (2020). The Impact of Drought in Plant Metabolism: How to Exploit Tolerance Mechanisms to Increase Crop Production. *Applied Sciences*, 10(16), 5692.
<https://doi.org/10.3390/app10165692>
- Kul, R., Ekinci, M., Turan, M., Ors, S., & Yildirim, E. (2020). How Abiotic Stress Conditions Affects Plant Roots. In E. Yildirim, M. Turan, & M. Ekinci (Eds.), *Plant Roots*. IntechOpen.
<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.95286>
- Monteoliva, M. I., Guzzo M. C., Posada G. A. (2021). Breeding for Drought Tolerance by Monitoring Chlorophyll Content. *Gene Technol. Gene Technol*, 10(3), 165. doi: 10.35248/2329-6682.21.10.165
- Nur'aini & Rachmawati, D. (2022). Physiological response and growth of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]'Dega 1' in different water availability. *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 10 (1), 89-97.
<https://doi.org/10.24252/bio.v10i1.27827>
- Nurmiati. (2016). Pengaruh Perbedaan Jenis Gulma yang Hidup Secara Terkontrol

- Terhadap Pertumbuhan Jagung (*Zea mays* L). *Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains (PENBIOS)*. 1(2), 1-14
- Simbolon, E., Suedy, S. W. A., Darmanti, Sri. (2020). Pengaruh Hidrogen Peroksida Dan Ketersediaan Air Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Kedelai [*Glycine max* (L.) Merr.] Varietas Deja 1. *AGRIC*. 32(1) : 3950. <https://doi.org/10.24246/agric.2020.v32.i1.p39-50>.
- Sinamo, V., Hanafi, N. D., & Wahyuni, T. H. (2018). Legume Plant Growth at Various Levels of Drought Stress Treatment. *Indonesian Journal of Agricultural Research*, 1(1), 9-19. <https://doi.org/10.32734/injar.v1i1.182>
- Siregar, A. O., Hanum C., Hanafiah D. S. (2021). Morphological characterization of soybean (*Glycine max* L. Merrill) in drought stress condition and P fertilizer application. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 713, 012019. doi:10.1088/1755-1315/713/1/012019
- Taufiq, A. & Sundari, T. (2012). Respons Tanaman Kedelai Terhadap Lingkungan Tumbuh. *Buletin Palawija*, 23, 13-26. <https://dx.doi.org/10.21082/bul%20palawija.v0n23.2012.p%p>
- Thomas, H., & Ougham H. (2014). The stay-green trait. *J Exp Bot*, 65(14), 3889-3900. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru037>
- Wahono, E., Izzati, M., Parman, S. (2018). Interaksi antara Tingkat Ketersediaan Air dan Varietas terhadap Kandungan Prolin serta Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* L. Merr). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 3 (1) , 11 – 19. <https://doi.org/10.14710/baf.3.1.2018.11-19>
- Wellburn, A. R. (1994). The Spectral Determination of Chlorophylls a and b, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution. *Journal of Plant Physiology*, 144 (3), 307-313. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)81192-2](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81192-2)
- Wijewardana, C., Alsajri, F. A., Irby, J. T., Krutz, L., J. Golden, B., Henry, W. B., Gao, W., & Reddy, K. R. (2019). Physiological assessment of water deficit in soybean using midday leaf water potential and spectral features. *Journal of Plant Interactions*, 14 (1),533-543. <https://doi.org/10.1080/17429145.2019.1662499>
- Yang X., Lu, M., Wang, Y., Wang, Y., Liu, Z., Chen, S. (2021). Response Mechanism of Plants to Drought Stress. *Horticulturae*, 7(3),50. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7030050>
- Yoshida, S. (1976). *Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice (third)*. Manila: The International Rice Research Institute.
- Yusuf, E. Y. (2019). Pengaruh Genotip Cekaman Kekeringan Dan Tingkat Netralisasi Al Terhadap Pertumbuhan Dan Perakaran Kedelai. *Jurnal Agroindragiri*, 6(2), 55-65. <https://doi.org/10.32520/jai.v5i1.1452>
- Zhao, W., Liu, L., Shen, Q., Yang, J., Han, X., Tian, F., Wu, J. (2020). Effects of Water Stress on Photosynthesis, Yield, and Water Use Efficiency in Winter Wheat, *Water*. 12(8),2127, <https://doi.org/10.3390/w12082127>