

**PENGARUH HIDROGEN PEROKSIDA DAN KETERSEDIAAN AIR
TERHADAP PERTUMBUHAN VEGETATIF TANAMAN KEDELAI [*Glycine max*
(L.) Merr.] VARIETAS DEJA 1**

***HYDROGEN PEROXIDE AND WATER AVAILABILITY EFFECT ON
VEGETATIVE GROWTH OF SOYBEAN [*Glycine max* (L.) Merr.] VARIETY DEJA 1***

Enita Simbolon^a, Sri Widodo Agung Suedy^b, Sri Darmanti^b

^{a,b}Departemen Biologi Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang
Correspondence author: darmantisri@yahoo.co.id

Diterima: 25 Desember 2019, disetujui 14 Juli 2020

ABSTRACT

*Soybean plant [*Glycine max* (L.) Merr.] Is a food crop that is a source of fat, protein, and minerals. Drought stress is a major obstacle in the cultivation of soybean plants, which causes the synthesis of excessive amounts of Reactive Oxygen Species (ROS) which triggers oxidative stress. Hydrogen peroxide (H_2O_2) is the most stable ROS, in low concentrations it can act as a signaling molecule and activate an antioxidant defense system to protect plants from oxidative stress. The study was conducted at the Plant Structure and Function Biology Laboratory of Diponegoro University. The study aims to determine the effect of H_2O_2 treatment on the condition of different levels of water availability on the vegetative growth of soybean plants variety Deja 1. Research using a completely randomized design (CRD) 4x2 factorial pattern. The first factor is H_2O_2 concentration (0 0.5 1 and 2 mM). The second factor is the level of water availability (100 and 35% of field capacity). Each treatment was repeated 5 times. Quantitative data were analyzed by Analysis of Variance (ANOVA) followed by DMRT test at 95% confidence level. The results showed that there was an interaction between the H_2O_2 concentration factor and the level of water supply to the canopy fresh weight. The 2 mM H_2O_2 treatment at 100% water availability and 1 mM H_2O_2 with 35% water availability increased vegetative growth as indicated by the canopy and root fresh weight parameters, number of leaves, stomata opening width, relative water content. Based on the results of the study it can be stated that the exogenous H_2O_2 treatment of leaves with certain concentrations at all different levels of water availability can increase the vegetatif growth of soybean variety of Deja 1.*

Keywords: *Antioxidative, oxidative stress, H_2O_2 , ROS*

ABSTRAK

Tanaman kedelai [*Glycine max* (L.) Merr.] merupakan tanaman pangan sumber lemak, protein, dan mineral. Cekaman kekeringan merupakan kendala utama dalam budidaya tanaman kedelai, yang menyebabkan sintesis *Reactive Oxygen Species* (ROS) dalam jumlah berlebih yang memicu terjadinya cekaman oksidatif. Hidrogen peroksida (H_2O_2) merupakan ROS yang paling stabil, dalam konsentrasi rendah dapat berperan sebagai molekul sinyal dan mengaktifkan sistem pertahanan antioksidatif untuk melindungi tanaman dari cekaman oksidatif. Penelitian dilakukan di Laboratorium Biologi Struktur dan Fungsi Tumbuhan Universitas Diponegoro. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan H_2O_2 pada kondisi tingkat ketersediaan air yang berbeda terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman kedelai var. Deja 1. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 4×2 . Faktor pertama adalah konsentrasi H_2O_2 (0,5 1 dan 2 mM). Faktor kedua adalah tingkat ketersediaan air (100 dan 35% kapasitas lapang). Masing masing perlakuan diulang 5 kali. Data kuantitatif dianalisis dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) dilanjutkan dengan uji DMRT pada taraf kepercayaan 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara faktor konsentrasi H_2O_2 dengan tingkat penyediaan air terhadap bobot segar tajuk. Perlakuan H_2O_2 2 mM pada tingkat ketersediaan air 100% dan H_2O_2 1 mM dengan tingkat ketersediaan air 35% meningkatkan pertumbuhan vegetatif yang ditunjukkan oleh parameter bobot segar tajuk dan akar, jumlah daun, lebar pembukaan stomata, kadar air relatif. Berdasarkan hasil penelitian dapat dinyatakan bahwa Perlakuan H_2O_2 secara eksogen pada daun dengan konsentrasi tertentu pada semua tingkat ketersediaan air yang berbeda dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman kedelai varietas Deja 1.

Kata Kunci: Antioksidatif, cekaman oksidatif, H_2O_2 , ROS

PENDAHULUAN

Biji kedelai [*Glycine max* (L.) Merr.] merupakan salah satu komoditas tanaman pangan sumber protein utama yang mengandung lemak, vitamin, serat, mineral, fosfor, kalsium, besi, vitamin A dan B (Raghuvanshi dan Bisht, 2010). Menurut BPS (2018), produksi kedelai di Indonesia pada tahun 2013-2017 mengalami penurunan sebesar 6,37% per tahun. Produksi kedelai dalam negeri tersebut belum mampu mencukupi kebutuhan kedelai, sehingga pemerintah melakukan impor kedelai dari Amerika sebesar 2,34 juta ton untuk pemenuhan kebutuhan kedelai di Indonesia. Rendahnya produksi kedelai di Indonesia disebabkan oleh faktor alam, biotik, abiotik, teknik budidaya tanaman kedelai (Hossain *et al.*, 2015). Faktor abiotik utama yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan kedelai di daerah tropis pada umumnya adalah cekaman kekeringan. Kekeringan disebabkan oleh rendahnya keter-

sediaan air tanah, sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman tidak optimal serta menyebabkan produksi menurun (Farooq *et al.*, 2009).

Salah satu varietas unggul yang diharapkan dapat meningkatkan produksi kedelai di Indonesia adalah varietas Deja 1. Varietas ini memiliki umur masak genjah yaitu 79 hari, ukuran biji 12,9 g/100 biji, dengan kandungan protein 39,6% dan lemak 17,3% serta potensi hasil panen 2,89 t/ha. Pada kondisi lingkungan tercekam genangan mempunyai potensi hasil yang cukup tinggi, yaitu sebesar 2,87 t/ha (Balitkabi, 2017). Perlakuan cekaman kekeringan akan menurunkan fungsi morfologi tanaman kedelai berupa penurunan tinggi tanaman dan luas daun (Kisman, 2010). Menurut Syafi (2008), cekaman kekeringan pada fase vegetatif berpengaruh terhadap respon morfologi dan fisiologi tanaman sehingga akan mempengaruhi tinggi tanaman, luas daun, ketebalan daun,

jumlah stomata terbuka, bobot kering pucuk, bobot kering akar, panjang akar, volume akar, kadar air daun, dan kandungan klorofil.

Kekeringan merupakan salah satu faktor abiotik yang berhubungan dengan rendahnya ketersediaan air tanah, sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman tidak optimal serta menyebabkan produksi menurun (Farooq *et al.*, 2009). Cekaman kekeringan akan mempengaruhi proses morfologi, anatomi, fisiologi dan biokimia, serta dapat mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan dan produksi tanaman, terutama pada tahap pengisian polong. Respon pertama tanaman dalam menanggapi cekaman kekeringan ialah dengan menutup stomata. Penutupan maupun pembukaan stomata pada daun tergantung pada tekanan turgor dari kedua sel penjaga. Sehingga saat terjadi cekaman kekeringan menyebabkan distribusi air ke sel penjaga menurun sehingga tekanan turgor juga akan mengalami penurunan dan menyebabkan terjadinya penutupan stomata (Lakitan, 2013).

Berbagai cekaman lingkungan biotik maupun abiotik, ditanggapi oleh tanaman dengan memproduksi *Reactive Oxygen Species* (ROS) dalam jumlah yang berlebih. ROS adalah sekelompok radikal bebas yang terbentuk sebagai produk samping dari metabolisme tanaman. Hidrogen peroksida merupakan salah satu molekul ROS yang paling stabil di alam (Quan *et al.*, 2008). Hidrogen peroksida pada konsentrasi rendah berfungsi sebagai molekul sinyal terhadap cekaman lingkungan biotik dan abiotik, sedangkan pada konsentrasi tinggi akan menyebabkan tanaman mengalami cekaman oksidatif yang dapat memicu kematian sel tanaman (He *et al.*, 2009). Menurut Neslihan dan Necla (2015) perlakuan cekaman kekeringan dan H_2O_2 1mM pada kedelai kultivar 537

(toleran kekeringan) dan 520 (sensitif terhadap kekeringan) meningkatkan aktivitas enzim antioksidan yang lebih tinggi pada kultivar 537 dibandingkan dengan kultivar 520. Perlakuan H_2O_2 dengan dosis rendah akan mengurangi kehilangan air dan meningkatkan toleransi terhadap kekeringan dengan menginduksi sistem pertahanan antioksidan. Namun di sisi lain, H_2O_2 juga dapat mengaktifkan sistem pertahanan antioksidatif untuk mencegah kerusakan sel tanaman oleh cekaman oksidatif sehingga dapat memacu pertumbuhan (Bhattacharjee, 2012). Tanaman mengembangkan mekanisme sistem pertahanan antioksidatif yang berperan dalam melindungi tanaman dari kerusakan yang disebabkan oleh cekaman oksidatif dengan mengontrol jumlah ROS ke tingkat yang tidak merugikan bagi tanaman (Atkinson dan Urwin, 2012).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui interaksi pengaruh perlakuan tingkat konsentrasi H_2O_2 dan tingkat ketersediaan air yang berbeda terhadap pertumbuhan vegetatif kedelai var. Deja 1 serta mengetahui konsentrasi optimum yang dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif kedelai var. Deja 1.

METODE

Penelitian dilaksanakan pada Bulan Mei–Juli 2019, di kebun percobaan Biologi, Laboratorium Biologi Struktur dan Fungsi Tumbuhan, dan Laboratorium Biologi Dasar Departemen Biologi Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 4x2. Faktor pertama konsentrasi H_2O_2 yaitu 0, 0,5, 1, 2 mM dan faktor kedua tingkat penyediaan air, yaitu 100 dan 30% kapasitas lapang. Setiap perlakuan diulang 5 kali.

Media tanam menggunakan campuran tanah, kompos, dan sekam dengan perbandingan 2:1:2. *Poly bag* ukuran 30 x 30 cm diisi media tanam hingga terisi $\frac{3}{4}$ bagian. Benih kedelai var Deja 1 diperoleh dari Balitkabi Malang. Sebelum ditanam benih diseleksi berdasarkan keseragaman ukuran. Pada tiap *poly bag* disemai-kan 5 benih kedelai. Setelah semai berumur 10 hari, diseleksi berdasarkan keseragaman tinggi tanaman dan jumlah daun, dipilih satu tanaman pada setiap *poly bag*, selanjutnya diaklimatisasi selama 2 hari. Perlakuan H_2O_2 dilakukan pada pagi hari jam 09.00-10.00 WIB setiap 3 hari sekali, dimulai pada hari ke 13 setelah tanam.

Perlakuan dengan menyemprotkan H_2O_2 sesuai konsentrasi perlakuan pada permukaan atas dan bawah daun sampai semua permukaan daun basah. Perlakuan H_2O_2 dilakukan dengan terlebih dahulu mengencerkan H_2O_2 dengan menggunakan rumus $M1.V1=M2.V2$ untuk mengetahui jumlah aquades yang ditambahkan untuk setiap konsentrasi perlakuan. Sedangkan untuk kontrol disemprot dengan menggunakan aquades. Penghitungan kapasitas lapang dapat dilakukan dengan menimbang bobot basah pot beserta isinya yang telah disiram sampai air menetes, selanjutnya dikeringkan dan ditimbang kembali untuk mengetahui nilai bobot kering. Setelah nilai bobot kering dan bobot basah diketahui maka dapat ditentukan perlakuan 100% kapasitas lapang, yaitu 2,7 kg, perlakuan 35% kapasitas lapang, yaitu 2,6 kg. Perlakuan dilakukan dengan cara menyiram dan menjaga tingkat ketersediaan air sesuai perlakuan yang telah dihitung sebelumnya yaitu dengan cara menimbang pot beserta isinya setiap hari sesuai dengan berat yang sudah ditentukan sebelumnya. Perlakuan dilakukan sampai akhir fase pertumbuhan vegetatif, yaitu 33 hari setelah tanam. Pemupukan menggunakan pupuk NPK

Mutiara sebanyak 5 g/tanaman yang diberikan pada saat tanam.

Penghitungan parameter dilakukan mengacu pada Darmanti *et al.*, 2016, yaitu penghitungan berat segar dilakukan segera setelah panen kedelai, bagian akar dan tajuk tanaman dipisahkan kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital. Penghitungan jumlah daun dilakukan setiap 3 hari sekali, dengan menghitung semua jumlah daun pada setiap tanaman. Pengukuran kadar air relatif dilakukan pada pagi hari dengan mengambil daun ke-4, kemudian ditimbang berat basahnya. Selanjutnya daun tersebut direndam dalam air selama 24 jam dan ditimbang berat jenuhnya. Daun yang sama dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 48 jam atau sampai berat konstan dan ditentukan bobot keringnya. Kadar air relatif ditentukan berdasarkan persamaan Prochazkova *et al.*, (2001) yaitu:

$$KAR = \frac{\text{Bobot segar} - \text{bobot kering}}{\text{Bobot jenuh} - \text{bobot kering}} \times 100$$

Pengambilan sampel daun untuk penghitungan lebar pembukaan stomata dilakukan pada pagi hari jam 10.00 WIB dan menggunakan daun ke 4. Preparat stomata dibuat dengan metode replika (Haryanti, 2010) yaitu permukaan daun dibersihkan dengan tisu untuk menghilangkan kotoran. Kemudian diolesi kutek dan dibiarkan 10 menit supaya kering. Selanjutnya pada olesan kutek ditempel potongan selotip warna transparan dan diratakan, lalu dikelupas secara perlahan-lahan. Hasil kelupasan tersebut ditempelkan pada gelas benda lalu dilakukan pengamatan lebar pembukaan stomata dengan mikroskop.

Data hasil pengujian dianalisis menggunakan *Alalysis of Variante* (ANNOVA) pada taraf signifikan 95%, jika terdapat beda nyata

dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bobot Segar Tajuk dan Akar

Hasil ANOVA (*Analysis of Variance*) pada taraf signifikan 95% menunjukkan terdapat interaksi antara perlakuan H₂O₂ dengan tingkat ketersediaan air yang berbeda terhadap bobot segar tajuk tanaman kedelai var. Deja 1. Sedangkan, pada bobot segar akar tidak terdapat interaksi antara perlakuan H₂O₂ dengan tingkat ketersediaan air yang berbeda. Perlakuan tunggal H₂O₂ tidak berpengaruh nyata terhadap bobot segar akar sedangkan, perlakuan tingkat ketersediaan air yang berbeda berpengaruh nyata terhadap bobot segar akar.

perlakuan H₂O₂ semua konsentrasi menunjukkan data yang cenderung meningkat namun, tidak menunjukkan pengaruh yang nyata. Penurunan tingkat ketersediaan air 35% menyebabkan penurunan bobot segar akar, sedangkan perlakuan H₂O₂ tidak berpengaruh terhadap bobot segar akar (Tabel 1).

Tingkat ketersediaan air 100% meningkatkan bobot segar tajuk dan akar kedelai var. Deja 1 dibandingkan dengan tingkat ketersediaan air 35%. Hasil ini menunjukkan bahwa tingkat ketersediaan air 100% dapat menyeimbangkan antara penggunaan dan ketersediaan air dalam tanaman, sehingga aktivitas metabolisme tanaman dapat berjalan dengan lancar. Selain itu, peningkatan bobot segar tajuk juga dapat dipengaruhi oleh jumlah daun dan tinggi tanaman. Hal ini sesuai dengan pendapat

Tabel 1 Bobot segar (g) tajuk dan akar dengan perlakuan H₂O₂ pada tingkat ketersediaan air yang berbeda

Parameter	Konsentrasi H ₂ O ₂ (mM)	Tingkat Ketersediaan Air		Rata rata
		100% kapasitas lapang	35% kapasitas lapang	
Tajuk	0	2,16 ^c	0,79 ^{de}	1,48
	0,5	2,07 ^c	0,69 ^{de}	1,38
	1	2,68 ^b	0,98 ^d	1,83
	2	3,11 ^a	0,54 ^e	1,83
	Rata rata	2,51	0,75	(+)
Bobot Segar (g) Akar	0	1,32	0,16	0,74
	0,5	1,26	0,16	0,71
	1	1,24	0,16	0,70
	2	1,55	0,15	0,85
	Rata rata	1,34 ^a	0,16 ^c	(-)

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama pada parameter yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata antar perlakuan berdasarkan uji DMRT pada taraf kepercayaan 95%

Penurunan tingkat ketersediaan air menyebabkan penurunan bobot segar tajuk dan akar. Perlakuan tingkat ketersediaan air 100% dengan H₂O₂ 1mM dan 2mM berpengaruh nyata terhadap peningkatan bobot segar tajuk dibanding dengan tanaman kontrol (0 H₂O₂). Perlakuan tingkat ketersediaan air 35% dengan

Pangaribuan *et al.*, (2012) yang menyatakan bahwa jumlah daun akan berpengaruh terhadap bobot segar tajuk. Semakin banyak jumlah daun maka akan menunjukkan bobot segar tajuk yang lebih tinggi.

Tabel 2 Jumlah daun dengan perlakuan H₂O₂ pada tingkat ketersediaan air yang berbeda

Konsentrasi H ₂ O ₂ (mM)	Tingkat Ketersediaan Air		Rata rata
	100% Kapasitas Lapang	35% Kapasitas Lapang	
0	4,56	3,56	4,06
0,5	4,58	3,72	4,15
1	4,69	3,72	4,21
2	4,56	3,88	4,22
Rata-rata	4,60 ^a	3,72 ^c	(-)

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris yang sama, menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata antar perlakuan berdasarkan uji DMRT pada taraf kepercayaan 95%.

Kedelai var. Deja 1 yang diberi perlakuan tingkat ketersediaan air 35% secara visual daunnya mengalami kelayuan permanen dan menggulung daun sehingga menghambat proses fotosintesis dan mengakibatkan menurunnya akumulasi fotosintat. Berdasarkan data yang diperoleh jumlah daun pada perlakuan 100% kapasitas lapang rata rata 4,60 sedangkan pada perlakuan 35% kapasitas lapang rata-rata jumlah daun 3,72. Penurunan jumlah daun pada perlakuan 35% kapasitas lapang menyebabkan penurunan fotosintat yang akan diangkut ke tubuh tumbuhan untuk mendukung pertumbuhannya. Menurut Pertamawati (2010), akumulasi fotosintat yang terbatas mengakibatkan tanaman kekurangan karbohidrat dan mengalami hambatan pertumbuhan. Tingkat ketersediaan air yang rendah akan mengakibatkan terhambatnya pembelahan sel sehingga terjadi penurunan pemanjangan atau pembesaran sel.

Jumlah daun dipengaruhi oleh panjang ruas atau cabang yang memiliki nodus sebagai tempat melekatnya daun. Semakin panjang cabang akan mengakibatkan jumlah daun yang semakin banyak. Apabila cabang semakin panjang maka nodus atau tempat melekatnya daun juga akan semakin banyak. Menurut Adisarwanto dan Wudianto (2008), jumlah nodus pada batang tanaman kedelai dipengaruhi oleh tipe tumbuh

batang dan lama penyinaran pada siang hari. Jumlah nodus batang indeterminat umumnya lebih banyak dibanding batang determinat. Kedelai var. Deja 1 termasuk dalam tipe pertumbuhan determinan, yaitu batang tidak tumbuh lagi saat tanaman mulai berbunga.

Perlakuan tingkat ketersediaan air 35% kapasitas lapang menyebabkan penurunan tingkat pertumbuhan pada kedelai varietas Deja 1 dibanding perlakuan 100% kapasitas lapang. Penurunan tingkat pertumbuhan ditunjukkan dari bobot segar akar, jumlah daun, dan lebar pembukaan stomata yang menurun, namun dengan pemberian H₂O₂ dengan tingkat konsentrasi tertentu menyebabkan penurunan ini tidak sampai menyebabkan kematian tanaman. Hal ini dipengaruhi karena saat cekaman kekeringan H₂O₂ berperan untuk mengaktifkan sistem pertahanan antioksidan agar tanaman tidak sampai tercekam oksidatif. Hal ini sesuai dengan pendapat Sharma *et al.*, (2012), yang menyatakan bahwa tanaman akan mengaktifkan sistem pertahanan antioksidan untuk menghindari cekaman oksidatif dengan cara meningkatkan pembentukan dan aktifitas enzim antioksidan seperti Glutation Peroksidase (GPX), Glutation Reduktase (GR), Suproxida Dismutase (SOD), serta senyawa antioksidan lainnya untuk dapat menyelamatkan tanaman

dari ROS yang tinggi. Selain itu, tanaman juga akan memproduksi senyawa osmoprotektan seperti prolin, untuk melindungi enzim dari proses denaturasi.

Tanaman yang mengalami cekaman kekeringan akan menyebabkan terjadinya cekaman oksidatif. Menurut (Singh *et al.*, 2009), pembentukan senyawa oksidatif pada tanaman diawali dengan reduksi oksigen pada membran sel kloroplas sehingga membentuk superoksida (O_2^-). Selanjutnya akan terbentuk senyawa ROS lainnya seperti singlet oxygen (O_2), radikal hidroksil (OH) dan hydrogen peroksida (H_2O_2). Molekul O_2^- yang reaktif akan berusaha melepaskan electron bebasnya dan bereaksi dengan H^+ membentuk H_2O_2 . Proses selanjutnya hydrogen peroksida dan superoksida bereaksi membentuk molekul yang sangat reaktif yaitu radikal hidroksil.

Kerusakan pada tanaman akibat cekaman oksidatif terjadi apabila tidak terdapat keseimbangan antara kemampuan sistem pertahanan antioksidan dengan cekaman yang terlalu tinggi. Kondisi ini dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman dengan terjadinya cekaman oksidatif sehingga akan mengurangi fungsi sel tumbuhan, menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman, serta menyebabkan kematian tanaman. Menurut Sharma *et al.*, (2012), ROS menyebabkan kerusakan sel dengan 3 cara yaitu: dengan oksidasi lipid, protein dan DNA. Peroksidasi lipid oleh ROS terjadi pada fosfolipid dari asam lemak tak jenuh, komponen membran sel dan organel. Hal ini menyebabkan ketidakstabilan membran sel dan permeabilitas, serta menghasilkan radikal lipid yang mengikat protein dan DNA sehingga merusak protein radikal lipid dan DNA. ROS juga dapat mengoksidasi protein dengan

memodifikasi ikatan kovalen protein. Kerusakan DNA akibat ROS dapat menyebabkan kerusakan rantai DNA dan mutasi DNA sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman bahkan dapat menyebabkan kematian tanaman.

Menurut Muslihatin *et al.* (2016), SOD akan bertindak sebagai pertahanan pertama terhadap ROS dengan mengubah O_2^- menjadi H_2O_2 . Selanjutnya H_2O_2 akan direduksi menjadi air oleh askorbat peroksidase (APX) dan katalase (CAT) dengan menggunakan AsA sebagai donor elektron, sehingga terbentuk *monodehydroascorbate* (MDA) yang memiliki elektron bebas sehingga harus segera direduksi menjadi dehidroaskorbat (DHA). DHA reduktase akan mereduksi DHA menjadi AsA dan menghasilkan glutathione teroksidase (GSSG). Selanjutnya, GSSG akan direduksi oleh *Glutathione reduktase* (GR) menggunakan NADPH sebagai donor elektron. Mekanisme inilah yang digunakan tanaman untuk mempertahankan diri dari cekaman oksidatif karena pengaruh ROS yang tinggi.

Tingkat konsentrasi H_2O_2 akan mempengaruhi aktivitas enzim metabolik dan sistem pertahanan antioksidan yang akan mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Hidrogen Peroksida juga dapat mempengaruhi berbagai proses perkembangan dan fisiologis pada tanaman. Hassan *et al.*, (2006), menyatakan bahwa, perlakuan H_2O_2 dengan konsentrasi 0,5 mM dapat meningkatkan parameter pertumbuhan tanaman antara lain tinggi tanaman, bobot segar dan bobot kering tajuk dan akar, serta luas daun pada tanaman kacang tunggak yang diberi perlakuan cekaman kekeringan.

Lebar Pembukaan Stomata

Hasil ANOVA (*Analysis of Variance*) pada taraf signifikansi 95% menunjukkan tidak

terdapat interaksi antara perlakuan H₂O₂ dengan tingkat ketersediaan air yang berbeda terhadap lebar pembukaan stomata atas dan bawah daun. Perlakuan H₂O₂ tidak berpengaruh nyata terhadap lebar pembukaan stomata atas dan bawah daun sedangkan, perlakuan tingkat ketersediaan air berpengaruh nyata terhadap lebar pembukaan stomata atas dan bawah daun tanaman kedelai var. Deja 1 (Tabel 3).

berpengaruh terhadap lebar pembukaan stomata bagian atas dan bawah daun kedelai var. Deja 1.

Kadar Air Relatif

Hasil ANOVA (*Analysis of Variance*) pada taraf signifikansi 95% menunjukkan tidak terdapat interaksi antara perlakuan H₂O₂ dengan tingkat ketersediaan air yang berbeda

Tabel 3 Lebar pembukaan stomata (µm) bagian atas dan bawah daun dengan perlakuan H₂O₂ pada tingkat ketersediaan air yang berbeda

Parameter	Konsentrasi H ₂ O ₂ (mM)	Tingkat Ketersediaan Air		Rata rata	
		100% kapasitas lapang	35% kapasitas lapang		
Lebar pembukaan stomata (µm)	Atas	0	7,63	6,84	7,24
		0,5	7,78	5,61	6,70
		1	6,65	5,51	6,08
		2	8,56	5,51	7,04
	Rata rata		7,66 ^a	5,87 ^c	(-)
	Bawah	0	6,53	5,06	0,74
		0,5	6,70	4,22	0,71
		1	7,07	5,48	0,70
		2	6,99	5,10	0,85
	Rata rata		6,82 ^a	4,97 ^c	(-)

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama, pada parameter yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata antar perlakuan berdasarkan uji DMRT pada taraf kepercayaan 95%

Tabel 3. menunjukkan bahwa penurunan tingkat ketersediaan air memberikan pengaruh nyata terhadap lebar pembukaan stomata atas dan bawah daun. Namun, pemberian H₂O₂ tidak

terhadap kadar air relatif. Perlakuan tunggal H₂O₂ dan tingkat ketersediaan air yang berbeda masing-masing berpengaruh nyata terhadap kadar air relatif (Tabel 4).

Tabel 4 Kadar air relatif (%) tanaman kedelai var. Deja 1 dengan perlakuan H₂O₂ pada tingkat ketersediaan air yang berbeda

Konsentrasi H ₂ O ₂ (mM)	Tingkat Ketersediaan Air		Rata rata
	100% Kapasitas Lapang	35% Kapasitas Lapang	
0	60,55	47,95	54,25 ^x
0,5	49,53	23,18	36,36 ^{yz}
1	57,41	27,38	42,40 ^{yz}
2	53,36	42,10	47,73 ^{xy}
Rata-rata	55,21 ^a	35,15 ^c	(-)

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata antar perlakuan berdasarkan uji DMRT pada taraf kepercayaan 95%

Penurunan tingkat ketersediaan air 35% kapasitas lapang berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar air relatif dibanding dengan perlakuan 100% kapasitas lapang (Tabel 4). Penurunan kadar air relatif dan lebar pembukaan stomata kedelai var. Deja 1 pada tingkat ketersediaan air 35% dipengaruhi oleh penurunan kadar air media yang rendah sehingga menyebabkan potensial air tanah yang menurun dan diikuti dengan menurunnya laju aliran air ke tanaman. Menurut Aref *et al.*, (2013) saat kadar air media rendah maka terjadi ketidak seimbangan antara laju transpirasi dan absorpsi, yaitu laju transpirasi melebihi laju absorpsi air ke tanaman, sehingga menyebabkan kekurangan air pada tanaman dan berdampak pada penurunan kadar air daun. Kadar air relatif juga memengaruhi lebar pembukaan stomata sebagai pengatur proses transpirasi pada tanaman. Semakin rendah tingkat ketersediaan air, akan menginduksi sinyal dari akar ke tajuk tanaman untuk mengurangi laju transpirasi sehingga stomata akan menutup.

Penurunan kadar air relatif dan lebar pembukaan stomata kedelai var. Deja 1 pada tingkat ketersediaan air 35% dipengaruhi oleh penurunan kadar air media yang rendah sehingga menyebabkan potensial air tanah yang menurun dan diikuti dengan menurunnya laju aliran air ke tanaman. Menurut Aref *et al.*, (2013) saat kadar air media rendah maka terjadi ketidak seimbangan antara laju transpirasi dan absorpsi, yaitu laju transpirasi melebihi laju absorpsi air ke tanaman, sehingga menyebabkan kekurangan air pada tanaman dan berdampak pada penurunan kadar air daun. Kadar air relatif juga memengaruhi lebar pembukaan stomata sebagai pengatur proses transpirasi pada tanaman. Semakin rendah tingkat ketersediaan air, akan menginduksi sinyal dari akar

ke tajuk tanaman untuk mengurangi laju transpirasi sehingga stomata akan menutup.

Tingkat ketersediaan air yang rendah, akan mempengaruhi lebar pembukaan stomata dan kadar air relatif daun tanaman kedelai var. Deja 1. Pada saat kekurangan air, tanaman akan menutup stomata sebagai akibat dari menurunnya turgor sel bersamaan dengan meningkatnya asam absisat (ABA) pada daun sehingga terjadi hambatan masuknya CO_2 . Menurut Lakitan (2013), proses membuka dan menutup stomata dipengaruhi oleh kadar air dalam sel penjaga. Air yang masuk ke dalam sel penjaga secara osmosis akan menyebabkan peningkatan tekanan turgor sel penjaga. Stomata akan membuka ketika tekanan turgor sel meningkat, sedangkan pada kondisi ketersediaan air yang rendah tekanan turgor akan mengalami penurunan dan menyebabkan stomata menutup.

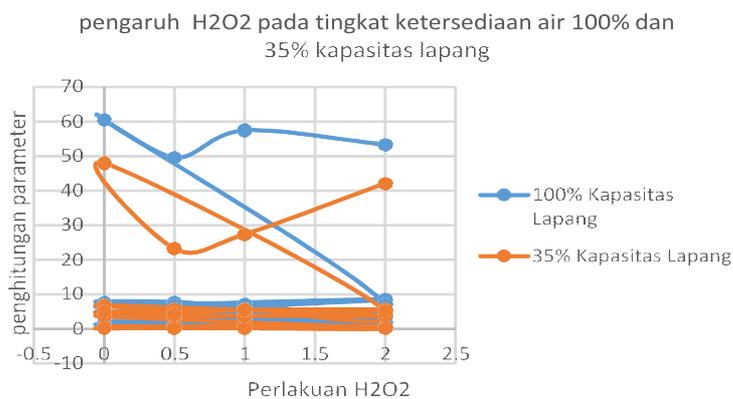
Proses membuka dan menutupnya stomata akan mempengaruhi proses transpirasi, jika stomata membuka lebar maka akan menyebabkan transpirasi yang tinggi. Perlakuan tingkat ketersediaan air yang rendah pada kedelai var. Deja 1 menyebabkan penurunan lebar pembukaan stomata sehingga akan mengurangi laju transpirasi. Hal ini sesuai dengan pendapat Zlatev dan Lidon (2012), bahwa cekaman kekeringan dapat menyebabkan penyempitan stomata untuk mencegah kehilangan air yang lebih banyak melalui proses transpirasi. Penyempitan stomata ini juga akan mengakibatkan menurunnya proses fotosintesis, hal ini dipengaruhi oleh menurunnya aliran karbondioksida pada daun dan terhambatnya transportasi air dalam tubuh tanaman.

Penyemprotan H_2O_2 dengan konsentrasi 2mM memungkinkan daun untuk mempertahankan kadar air relatif tetap tinggi dengan mengatur

osmolaritas dalam daun, akibatnya mengurangi efek dari cekaman kekeringan. Menurut Ishibashi et al., (2011), penyemprotan H₂O₂ pada daun tanaman kedelai kultivar Fukuyutaka yang diberi perlakuan cekaman kekeringan dapat meningkatkan kadar air relatif daun. Penyemprotan H₂O₂ akan meningkatkan kadar mRNA *D-myo-inositol 3-fosfat sintase 2 (GmMIPS 2)* dan *galaktinol sintase (Gols)*, yang mengaktifkan enzim untuk biosintesis oligosakarida yang berperan dalam membantu tanaman dalam menghadapi cekaman kekeringan. Menurut Loewus dan Murthy (2000), *Myo* –inositol berperan penting dalam berbagai proses biologis pada tanaman seperti transduksi sinyal, respon tanaman terhadap cekaman, biogenesis dinding sel, regulasi pertumbuhan, serta osmotoleran. Sedangkan *galaktinol sintase (Gols)*, berperan dalam akumulasi galaktinol dan rafinosa, yang berfungsi sebagai osmoprotektan saat cekaman kekeringan.

Berdasarkan hasil penelitian bahwa perlakuan H₂O₂ pada tingkat ketersediaan air 35% kapasitas lapang membantu tanaman kedelai varietas Deja 1 untuk mempertahankan diri dari kekeringan. Hal ini juga dapat dilihat dari Grafik 1

yang menunjukkan bahwa perlakuan H₂O₂ dengan konsentrasi 1 dan 2 mM merupakan kombinasi yang baik untuk mempertahankan pertumbuhan kedelai pada tingkat ketersediaan air yang berbeda. Penurunan pertumbuhan yang ditunjukkan dengan pengamatan parameter tidak sampai menyebabkan tanaman kedelai gagal panen bahkan mati. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi H₂O₂ dapat membantu mengurangi pengaruh negatif dari cekaman kekeringan dengan mengaktifkan aktivitas sistem pertahanan antioksidan dan mengurangi kehilangan air pada tanaman. Hal ini sesuai dengan penelitian He et al., (2009), bahwa H₂O₂ memainkan peran ganda pada saat tanaman berada pada kondisi lingkungan yang terkena cekaman biotik maupun abiotik. Saat konsentrasi H₂O₂ rendah maka dapat bertindak sebagai molekul pemberi sinyal, sedangkan pada konsentrasi yang lebih tinggi, H₂O₂ dapat menyebabkan kematian sel. Namun, disisi lain peningkatan H₂O₂ dapat menyebabkan diaktifkannya sistem pertahanan antioksidatif untuk mencegah kematian sel akibat cekaman oksidatif, sehingga tetap dapat mempertahankan pertumbuhan.



Grafik 1 Pengaruh perlakuan H₂O₂ terhadap pengamatan parameter pada tingkat ketersediaan air yang berbeda.

KESIMPULAN

Perlakuan tingkat ketersediaan air 100% dengan H₂O₂ konsentrasi 2mM merupakan kombinasi yang baik untuk meningkatkan luas daun, bobot segar tajuk dan bobot segar akar, sedangkan perlakuan tingkat ketersediaan air 35% dengan H₂O₂ konsentrasi 1mM merupakan kombinasi yang baik untuk meningkatkan luas daun dan bobot segar tajuk tanaman kedelai var. Deja 1.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisarwanto, T dan R. Wudianto. 2008. *Meningkatkan hasil panen kedelai*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- ArefI, Atta H.E, Obeid ME, Ahmed A, Khan P and Iqbal M. 2013. *Effect of water stress on relative water and chlorophyll contents of Juniperus procera Hochst. ex Endlicher in Saudi Arabia*. Life Sci J. 10 (4):681–685.
- Atkinson, N.J. and P.E. Urwin. 2012. *The interaction of plant biotic and abiotic stresses: from genes to the field*. J. Exp. Bot. 63 (10): 3523-3543.
- Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. 2017. *Deskripsi varietas unggul kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang (ID)*. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Bhattacharjee S. 2012. *An inductive pulse of hydrogen peroxide pretreatment restores redox homeostasis and mitigates oxidative membrane damage under extremes of temperature in two rice cultivars (Oryza sativa L., cultivars Ratna and SR 26B)*. Plant Growth Regul. 68:395-410.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Tabel luas panen produktivitas produksi tanaman kedelai provinsi Indonesia*. www.BPS.co.id. Diunduh pada tanggal: 10 Maret 2018.
- Darmanti, S., Santosa, D. Kumala and N. Hartanto, 2016. Antioxidative defenses of soybean [*Glycine max* (L.) Merr. cv. Grobogan] against purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) interference during drought stress. J. Anim. PlantSci.26(1):225-232.
- Farooq. M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita, and S.M.A. Basra. 2009. *Plant drought stress: effects, mechanisms and management*. Agron.Sustain. Dev., 29: 185–212.
- Haryanti, S. 2010. *Jumlah dan distribusi stomata pada daun beberapa spesies tanaman dikotil dan monokotil*. Buletin Anatomi dan Fisiologi Vol. XVIII, No. 2, Oktober 2010. Hal.24.
- Hassan, A. B., I. A. M. Ahmed, N. M. Osman, M. M. Eltayeb, G.A. Osman and E. E. Babiker. 2006. *Effect of processing treatments followed by fermentation on protein content and digestibility of pearl millet (Pennisetum typhoideum) cultivars*. Hal.88.
- He L., Gao Z, and Li. E. 2009. *Pretreatment of seed with H₂O₂ enhances drought tolerance of wheat (Triticum aestivum L.) seedlings*. Afr. J. Biotechnol. 8:6151-6157.
- Hossain, M. A., Bhattacharjee, S., Armin, S. M., Qian, P., Xin, W., Li, H. Y., Burritt, D. J., Fujita, M., Tran, L. S. P. 2015. Hydrogen peroxide priming modulates abiotic oxidative stress tolerance: insights from ROS detoxification and scavenging. *Front. Plant Sci.*, 6, 1–19.

- Ishibashi, Y., Yamaguchi, H., Yuasa, T., Iwaya-Inoue, M., Arima, S., & Zheng, S. H. 2011. *Hydrogen peroxide spraying alleviates drought stress in soybean plants*. J. Plant. Physiol., 168, 1562-1567. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2011.02.003>.
- Kisman. 2010. *Karakter morfologi sebagai penciri adaptasi kedelai terhadap cekaman kekeringan*. Agroteksos Vol. 20 No.1, April 2010. Hal.10.
- Lakitan B. 2013. *Dasar-dasar fisiologi tumbuhan*. Rajawali Press, Jakarta. 35-62.
- Muslihatin, W., N. Jadid, I.D. Puspitasari, C.E. Safitri. 2016. *Growth of vegetative explant Moringa oleifera on different composition of auxin and cytokinin and its synthetic seed germination,*” in Proceeding of International Biology Conference, 2016. Hal. 020024-4.
- Neslihan, S.R and Necla P. 2015. *Exogenous low-dose Hydrogen Peroxide enhances drought tolerance of soybeans (Glycyne max L.) trough inducing antioxidant system*. Acta Biologica Hungarica. Hal. 180-181.
- Pangaribuan, D., Y. Muhammad, and U. Novisha. 2012. *Dampak bokashi kotoran ternak dalam pengurangan pemakaian pupuk anorganik pada budidaya tanaman tomat*. J. Agron. Indonesia 40 (3): 204 – 210: Bandar Lampung.
- Pertamawati. 2010. *Pengaruh fotosintesis terhadap pertumbuhan tanaman kentang (Solanum Tuberosum L.) dalam lingkungan fotoautotrof secara invitro*. Pusat TFM-BPP Teknologi. BPPP Gd.II lt.15-Jl MH.Thamrin no.8 Jakarta 10340. Hal.35.
- Raghuvanshi, R. S. and Bisht, K. 2010. *Uses of soybean: products and preparation*. In: [Singh G (Ed)]. The Soybean: botany, production and uses, CAB International, USA, pp: 345-374.
- Sharma, P., A.B. Jha, R.S. Dubey and M. Pessarakli. 2012. *Reactive oxygen species, oxidative damage and antioxidative defense mechanism in plant under stressful conditions*. Review Article. J. Bot. Vol2012. Article ID 217037. doi: 10.1155/2012/217037. Hal.2-15
- Singh, N.B., D. Singh and A. Singh. 2009. *Modification of physiological responses of water stressed Zea mays seedling by leachate of nicotiana plumbagifolia*. General And Applied Plant Physiology 35(1-2):51-63.
- Syafi S. 2008. *Respons morfologis dan fisiologis bibit berbagai genotipe jarak pagar (Jatropha curcas L.) terhadap cekaman kekeringan*. [Tesis]. Bogor. Sekolah Pascasarjana IPB. Hal.25-45
- Quan, L.J., B. Zhang, W.W. Shi and H.Y. Li, 2008. *Hydrogen peroxide in plants: A versatile molecule of the reactive oxygen species network*. J. Integr. Plant Biol., 50: 2-18.
- Zlatev Z, and Lidon F.C. 2012. *An Overview on drought induced changes in plant growth water relations and photosynthesis*. Emir J Food Agric. 24(1):57-72
