

**PEMANFAATAN *Trichoderma harzianum* DAN BIOCHAR UNTUK MENGATASI
CEKAMAN KEKERINGAN PADA KEDELAI FASE REPRODUKTIF**

**UTILIZATION OF *Trichoderma harzianum* AND BIOCHAR TO OVERCOME DROUGHT
STRESS IN SOYBEAN REPRODUCTIVE PHASE**

Benang Purwanto*¹, Indrawati¹, Sumadi², Anne Nuraini²,
Mieke Rochimi Setiawati²

¹ Politeknik Pembangunan Pertanian Manokwari, Jl. SPMA Reremi, Manokwari, Papua Barat.

² Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran., Jl. Raya
Bandung Sumedang Km 21, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat

*Korespondensi : benang.purwan15@gmail.com

Diterima : 08 Oktober 2022 / Disetujui : 08 Desember 2022

ABSTRAK

Pemanfaatan *Trichoderma harzianum* dan biochar sekam padi diharapkan mampu mengurangi dampak negatif cekaman kekeringan pada tanaman kedelai fase reproduktif. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui interaksi aplikasi *Trichoderma harzianum* dan biochar sekam padi terhadap fisiologis dan hasil kedelai tercekam kekeringan selama fase reproduktif pembentukan polong (R3) sampai perkembangan biji (R6). Penelitian ini menggunakan rancangan split-split plot. Petak utama adalah cekaman air (75%, 50% dan 25% dari kapasitas lapang. Anak petak yaitu aplikasi *Trichoderma harzianum* (tanpa aplikasi *Trichoderma harzianum* dan dengan aplikasi *Trichoderma harzianum* dosis 50 g kg⁻¹ benih kedelai), sedangkan anak-anak petak yaitu dosis biochar sekam padi (0, 5, dan 10 t ha⁻¹). Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi aplikasi *Trichoderma harzianum* 50 g kg⁻¹ benih kedelai dan biochar sekam padi dosis 10 t ha⁻¹ secara fisiologis mampu meningkatkan kadar air relatif (KAR) daun, konduktansi stomata, sedangkan penurunan kadar prolin lebih dipengaruhi oleh adanya penambahan biochar dosis 5 dan 10 t ha⁻¹.

Kata kunci: Biochar, cekaman kekeringan, fisiologis, *Trichoderma harzianum*

ABSTRACT

The use of *Trichoderma harzianum* and rice husk biochar is expected to reduce the negative effects of drought stress on soybean plants in the reproductive phase. The purpose of this study was to determine the interaction of the application of *Trichoderma harzianum* and rice husk biochar on the physiology and yield of drought-stressed soybeans during the reproductive phase of pod formation (R3) to seed development (R6). This study uses a split-split plot design. The main plots were water stress (75%, 50%, and 25% of field capacity). The subplots were the application of *Trichoderma harzianum* (without the application of *Trichoderma harzianum* and the application of *Trichoderma harzianum* at a dose of 50 g kg⁻¹ soybean seeds), while the subplots were rice husk biochar doses (0, 5, and 10 t ha⁻¹). The results showed that the interaction of the application of *Trichoderma harzianum* 50 g kg⁻¹ soybean seeds and rice husk biochar dose 10 t ha⁻¹ was physiologically able to increase the relative water content (RWC) lea-

ves, stomatal conductance, while the decrease in proline levels was more influenced by the addition of biochar doses of 5 and 10 t ha⁻¹.

Keywords: Biochar, drought stress, physiological, *Trichoderma harzianum*

PENDAHULUAN

Cekaman kekeringan dapat mengubah karakteristik fisiologis daun tanaman, seperti menurunkan fotosintesis daun dan laju transpirasi dan konduktansi stomata, sehingga menahan produktivitas tanaman (Mathobo *et al.*, 2017; Husain *et al.*, 2018). Selain itu, cekaman kekeringan juga dapat mempengaruhi fenologi tanaman (misalnya, memajukan atau menunda waktu pembungaan) dan kemudian mempengaruhi produktivitas tanaman (Farooq *et al.*, 2017). Telah dilaporkan bahwa kekurangan air pada tahap pembungaan berdampak negatif pada buncis (*Cicer arietinum* Linn.) (Fang *et al.*, 2010). Selain itu, akar mempunyai peran penting dalam mengatur produktivitas tanaman di bawah cekaman kekeringan terutama pada tanaman legum dengan bintil dapat mengikat N₂ dari atmosfer yang digunakan sebagai nutrisi N (Benngouh *et al.*, 2011; Prince *et al.*, 2017). Tanaman selalu memiliki akar yang lebih dalam karena mampu mengasimilasi lebih banyak air dan nutrisi dari dalam tanah di bawah cekaman kekeringan (Hammer *et al.*, 2009).

Mikroba rizosfer yang bermanfaat telah dilaporkan sebagai pendekatan efisien dan ramah lingkungan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan tanah yang sehat pada kondisi cekaman biotik dan abiotik (Begum *et al.*, 2019). Peran mikroba rizosfer diantaranya sebagai rhizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman, jamur endofit yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman selama stres dengan memperbaiki struktur tanah, kesuburan tanah dan meningkatkan ketersediaan

nutrisi bagi inang tanaman (Ahmad *et al.*, 2015). *Trichoderma* sp. biasanya digunakan sebagai pupuk hayati perangsang pertumbuhan tanaman dan sebagai pengendali hayati jamur patogen (Abd El-Rahman & Muhammad, 2014). Perlakuan *Trichoderma* sp. telah dilaporkan mengatur secara positif pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan efisiensi hormonal, mengembangkan metabolisme antioksidan sekaligus melindungi terhadap kerusakan oksidatif dan penyerapan mineral (Ahmad *et al.*, 2015). *Trichoderma* sp. mengurangi pengaruh tekanan cekaman biotik dan abiotik dengan mengubah kadar fitohormon dan fosfat melalui kemampuan kelarutannya yang meningkat (Alfiky & Weisskopf, 2021).

Biochar, produk sampingan kaya karbon yang stabil yang diperoleh dari biomassa, aplikasi pada tanah dengan kesuburan rendah merupakan pendekatan yang menjanjikan untuk meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas tanaman (Hussain *et al.*, 2018). Umumnya, aplikasi biochar dapat meningkatkan produktivitas tanaman terutama terjadi di tanah pH asam dan netral (Raboin *et al.*, 2016).

Kedelai, sebagai salah satu tanaman legum yang paling banyak ditanam di dunia dengan total produksi lebih dari 346 juta ton pada tahun 2016, menyediakan sejumlah besar protein dan minyak nabati untuk konsumsi manusia. Cekaman abiotik seperti kekeringan berpengaruh secara signifikan membatasi pertumbuhan dan produktivitas kedelai (Zipper *et al.*, 2017; He *et al.*, 2017). Studi sebelumnya telah mendapatkan wawasan yang luas terhadap produktivitas kedelai yang terkena dampak kekeringan,

bagaimanapun, dasar fisiologis yang mendasari penurunan hasil masih belum jelas. Selain itu, diharapkan penambahan *Trichoderma harzianum* dan biochar dapat digunakan sebagai pengelolaan yang efektif untuk tanah yang tidak subur di bawah cekaman kekeringan. Dengan demikian, pemahaman yang lebih baik tentang penambahan *Trichoderma harzianum* dan biochar secara fisiologis dan hasil kedelai tercekam kekeringan akan bermanfaat bagi pertanian berkelanjutan. Penelitian ini dilakukan untuk menguji pemanfaatan *Trichoderma harzianum* dan biochar untuk mengurangi dampak negatif terhadap fisiologis dan hasil kedelai tercekam kekeringan pada fase reproduktif.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di rumah plastik Kebun Percobaan Politeknik Pembangunan Pertanian Manokwari yang terletak di Kelurahan Andai Manokwari, pada bulan Juli - November 2020. Penelitian ini menggunakan rancangan Petak-Petak Terbagi (*Split-Split Plot*). Petak utama adalah cekaman air terdiri dari tiga taraf yaitu: c1 (75% kapasitas lapang), c2 (50% kapasitas lapang), dan c3 (25% kapasitas lapang). Anak petak adalah aplikasi *T. harzianum* terdiri dari dua taraf yaitu: t0 (tanpa aplikasi *T. harzianum*) dan t1 (dengan aplikasi *T. harzianum* dosis 50 g kg⁻¹ benih kedelai). Anak-anak petak adalah dosis biochar sekam padi terdiri dari tiga taraf yaitu: b0 (0 t ha⁻¹), b1 (5 t ha⁻¹), dan b2 (10 t ha⁻¹). Cekaman air dipertahankan dengan metode gravimetri, yaitu dilakukan penimbangan sesuai perlakuan cekaman air yang diperlakukan mulai fase pembentukan polong sampai perkembangan biji (R₃-R₆).

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih kedelai varietas Anjasmoro dari BALITKABI, *T. harzianum* dari koleksi Laboratorium Fitopatologi, Departemen Hama dan Penyakit Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, dan biochar sekam padi, Porometer/Fluorometer LI-600 untuk mengukur konduktansi stomata daun. Kadar asam amino prolin dianalisis dengan metode Bates (1973).

Adapun parameter yang diamati meliputi parameter fisiologis yaitu: kadar prolin, kadar air relatif (KAR), konduktansi stomata, jumlah biji per tanaman, bobot 100 butir biji, dan bobot biji per tanaman.

Pengamatan dilakukan pada saat tanaman memasuki fase pembentukan polong sampai perkembangan biji (R₃-R₆), sedangkan parameter hasil kedelai diukur setelah panen kedelai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Aplikasi *T. harzianum* dan Biochar Sekam Padi pada Berbagai Cekaman Air Terhadap Fisiologis Tanaman

1) Kadar Prolin

Pengamatan kadar prolin menunjukkan bahwa aplikasi tanpa *T. harzianum* dengan biochar sekam padi 10 t ha⁻¹ pada cekaman air 25% dari KL menghasilkan kadar prolin terendah (42,000 µmol prolin g⁻¹) dan berbeda signifikan dengan kombinasi perlakuan tersebut pada cekaman air 50% dari KL, kecuali pada cekaman air 75% dari KL tidak signifikan. Kombinasi perlakuan tersebut dengan cekaman air yang sama (25% dari KL) menunjukkan kadar prolin yang tidak signifikan (Tabel 1).

Pada cekaman air 25% dari KL, perlakuan biochar 5 t ha⁻¹ baik tanpa *T. harzianum* maupun dengan *T. harzianum* menunjukkan

perbedaan kadar prolin yang signifikan dengan cekaman air 50% dari KL, namun tidak signifikan dengan kadar prolin pada cekaman air 75% dari KL. Hal ini

menunjukkan bahwa kemampuan menurunkan kadar prolin lebih ditentukan oleh adanya penambahan biochar (Tabel 1).

Tabel 1. Kadar prolin daun kedelai yang diaplikasi *T. harzianum* dan biochar sekam padi pada berbagai cekaman kekeringan selama fase R₃ – R₆

Aplikasi <i>T. harzianum</i>	Dosis biochar sekam padi	Kadar prolin (µmol prolin g ⁻¹)		
		c1 (75% KL)	c2 (50% KL)	c3 (25% KL)
t0 (tanpa <i>T. harzianum</i>)	b0 (0 t ha ⁻¹)	51,667 a A	45,667 cd A	49,000 a A
	b1 (5 t ha ⁻¹)	42,667 c B	58,667 ab A	49,000 a B
	b2 (10 t ha ⁻¹)	47,667 ab B	63,000 a A	42,000 a B
t1 (dengan <i>T. harzianum</i>)	b0 (0 t ha ⁻¹)	47,000 bc B	43,667 d C	50,000 a A
	b1 (5 t ha ⁻¹)	43,000 c B	52,667 bc A	45,667 a B
	b2 (10 t ha ⁻¹)	50,667 ab A	48,000 cd A	44,000 a A

Keterangan: Huruf kecil yang sama (arah vertikal) dan huruf besar yang sama (arah horisontal) menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan Uji Duncan pada taraf 5%.

Aplikasi biochar sekam padi dosis 5 t ha⁻¹ dan 10 t ha⁻¹ mampu menurunkan kadar prolin daun kedelai, baik tanpa maupun dengan aplikasi *T. harzianum* pada cekaman kekeringan 25% dari KL. Kombinasi perlakuan yang lebih efektif menurunkan kadar prolin adalah aplikasi *T. harzianum* disertai biochar sekam padi 10 t ha⁻¹. Kombinasi perlakuan tersebut menunjukkan kadar prolin daun kedelai yang semakin menurun meskipun derajat cekaman kekeringan semakin meningkat.

Aplikasi biochar sekam padi dimungkinkan dapat mengurangi akumulasi prolin karena secara tidak langsung biochar berfungsi dalam membantu menahan air dan hara yang nantinya diserap secara perlahan-lahan oleh tanaman pada saat

kondisi tercekam kekeringan. Biochar juga berperan meningkatkan kemampuan retensi kelembaban tanah dengan pembentukan rentang pori yang heterogen di dalam tanah dan karenanya mengurangi akumulasi prolin (Haider *et al.*, 2015). Aplikasi biochar memberikan lingkungan yang sehat bagi pertumbuhan *T. harzianum*, diduga koloni jamur tersebut secara tidak langsung akan memperbaiki potensial air daun dan turgor tetap positif, memelihara membukanya stomata, dan mengurangi transpirasi serta meningkatkan sistem perakaran.

Hasil penelitian ini berbeda dengan pendapat Rao & Talk (2001) yang melaporkan bahwa mikroorganisme dalam tanah dapat meningkatkan akumulasi prolin melalui peningkatan enzim dehidrogenase,

fosfatase, dan nitrogenase di daerah perakaran, tempat enzim-enzim ini berperan dalam sintesa prolin (Yoshiba *et al.*, 1997).

Aplikasi biochar pada tanah menurut Meyer *et al.* (2012), dapat dikuantifikasi dalam pengurangan albedo (banyaknya sinar matahari yang dipantulkan oleh suatu permukaan). Pengurangan berkisar 13-22% pada mitigasi pemanasan. Adanya pengurangan ini tentunya berdampak tidak langsung terhadap pengurangan cekaman ditunjukkan dengan penurunan akumulasi prolin. Biochar yang dimodifikasi asam dapat dianggap ramah lingkungan, lebih murah dan pilihan yang efektif dalam mengurangi tekanan abiotik dari tanah salin-sodik dan secara positif mempengaruhi jagung dan produktivitas gandum (El-Sharkawy *et al.*, 2022).

2) Kadar Air Relatif (KAR) Daun

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terdapat interaksi aplikasi *T. harzianum*, biochar sekam padi dan cekaman air selama fase R₃ – R₆ terhadap KAR daun. Nilai KAR daun tertinggi diperoleh dari interaksi aplikasi *T. harzianum* dengan biochar sekam padi 10 t ha⁻¹ pada cekaman air 75% dari KL (51,074%) dan berbeda secara signifikan dengan aplikasi yang sama pada cekaman air 25% dari KL, namun tidak signifikan pada cekaman air 50% dari KL. Secara umum nilai KAR daun cenderung menurun sejalan dengan meningkatnya derajat cekaman kekeringan (Tabel 2).

Penurunan komponen ini berdampak buruk pada proses fotosintesis terutama dengan mengganggu semua penentu utama termasuk transfer elektron tilakoid, siklus reduksi karbon dan kontrol stomata terhadap pasokan CO₂ (Gururani *et al.*, 2015).

Aplikasi *T. harzianum* dan biochar sekam padi mampu meningkatkan KAR daun dibandingkan tanpa *T. harzianum* dan biochar sekam padi. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan *T. harzianum* dan biochar sekam padi dapat mengurangi penurunan secara ekstrim akibat meningkatnya derajat cekaman kekeringan.

Efek fito-stimulator *Trichoderma* memiliki beberapa dampak langsung dan tidak langsung pada tanaman, termasuk pelepasan zat dengan aktivitas auksin, peptida kecil, asam organik, yang tampaknya memperbaiki arsitektur sistem akar dan asimilasi nutrisi, sehingga meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Hermosa *et al.*, 2012; Roupheal *et al.*, 2017). Amandemen organik seperti biochar dapat berkontribusi pada kesehatan tanah melalui peningkatan kapasitas retensi air, kapasitas pertukaran nutrisi, dan perbaikan struktur tanah (Subhan *et al.*, 2014).

Luas permukaan biochar yang lebih tinggi memfasilitasi perbaikan struktur tanah dengan kapasitas menahan air dan nutrisi yang lebih tinggi. Kondisi ini tentunya secara tidak langsung menjaga potensial air jaringan tetap rendah, ditunjukkan dengan kadar air relatif (KAR) yang tinggi (Hapsah & Purwoko, 2006).

Kumari *et al.* (2018) melaporkan bahwa produksi sitokinin di tanah yang diubah biochar meningkatkan KAR daun gandum yang membantu meningkatkan potensi air, osmotik dan turgor daun. Lyu *et al.* (2016) juga mengungkapkan bahwa aplikasi biochar memperkuat mekanisme pertahanan daun terhadap cekaman kekeringan dengan meningkatkan aktivitas enzim pelindung dan transfer elektron, sehingga meminimalkan kerusakan yang disebabkan oleh cekaman kekeringan pada aparatus fotosintesis.

Pemberian biochar sekam padi secara langsung akan meningkatkan kelembaban tanah meskipun kondisi ini tidak dapat berlangsung lama, karena juga dipengaruhi

oleh faktor lingkungan yang lain seperti curah hujan, suhu udara, kecepatan angin, dan cahaya matahari (Asai *et al.*, 2009).

Tabel 2. Kadar Air Relatif (KAR) daun kedelai yang diaplikasi *T. harzianum* dan biochar sekam padi pada berbagai cekaman air selama fase R₃– R₆

Aplikasi <i>T. harzianum</i>	Dosis Biochar Sekam Padi	KAR (%)		
		c1 (75% KL)	c2 (50% KL)	c3 (25% KL)
t0 (tanpa <i>T. harzianum</i>)	b0 (0 t ha ⁻¹)	34,893 ab A	33,253 c A	23,693 d B
	b1 (5 t ha ⁻¹)	27,923 b B	39,820 b A	36,273 a A
	b2 (10 t ha ⁻¹)	39,053 ab A	30,700 c B	29,087 bc B
t1 (dengan <i>T. harzianum</i>)	b0 (0 t ha ⁻¹)	38,763 ab A	23,003 d B	27,530 cd B
	b1 (5 t ha ⁻¹)	40,067 ab A	31,723 c A	33,270 ab A
	b2 (10 t ha ⁻¹)	51,047 a A	49,917 a AB	34,430 a B

Keterangan: Huruf kecil yang sama (arah vertikal) dan huruf besar yang sama (arah horisontal) menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan Uji Duncan pada taraf 5%.

3) Konduktansi Stomata

Cekaman kekeringan berpengaruh secara signifikan menurunkan konduktansi stomata. Aplikasi *T. harzianum* dan biochar sekam padi secara tunggal mampu meningkatkan nilai konduktansi stomata secara signifikan, tertinggi pada perlakuan aplikasi dengan *T. harzianum* dan biochar sekam padi dosis 10 t ha⁻¹ (Tabel 3).

Cekaman kekeringan menyebabkan penutupan stomata sehingga terjadi peningkatan degradasi klorofil dan penurunan laju fotosintesis sehingga mengakibatkan berkurangnya kadar klorofil (Aslam *et al.*, 2020; Ahmed *et al.*, 2016).

Tabel 3. Konduktansi stomata daun kedelai yang diaplikasi *T. harzianum* dan

biochar sekam padi pada berbagai cekaman kekeringan

Perlakuan	Konduktansi stomata (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)
Cekaman Air	
c1(75% KL)	123,833 a
c2(50% KL)	90,485 b
c3(25% KL)	83,500 b
Aplikasi <i>T. harzianum</i>	
t0 (Tanpa <i>T. harzianum</i>)	81,267 b
t1 (Dengan <i>T. harzianum</i>)	129,233 a
Biochar Sekam Padi	
b0 (0 t ha ⁻¹)	81,544 b
b1 (5 t ha ⁻¹)	97,296 ab
b2 (10 t ha ⁻¹)	118,978 a

Keterangan: Huruf yang sama pada masing-masing perlakuan menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan menurut Uji Duncan pada taraf 5%.

Perbaikan struktur tanah dan serapan hara dimungkinkan dengan pemberian biochar sekam padi, yang secara tidak langsung dapat meningkatkan aktivitas

mikroorganisme dalam tanah salah satunya *T. harzianum* sehingga dihasilkan peningkatan zat pengatur tumbuh (Manolikaki *et al.*, 2019), yang pada akhirnya meningkatkan aktivitas enzim anti-oksidan, kadar klorofil dan konduktansi stomata (Afshar *et al.*, 2016; Iqbal, 2017).

Uji Aplikasi *T. harzianum* dan Biochar Sekam Padi pada Berbagai Cekaman Air Terhadap Hasil Kedelai

Cekaman air berpengaruh signifikan terhadap jumlah biji per tanaman dan bobot biji per tanaman, sedangkan pada bobot 100 butir biji perbedaan signifikan ditunjukkan oleh perlakuan cekaman air 75% dari KL dengan 25% dari KL. Jumlah biji per tanaman dan bobot biji per tanaman lebih dipengaruhi oleh faktor lingkungan, sehingga terlihat semakin tercukupi pasokan air maka jumlah

biji dan bobot biji per tanaman semakin besar (Tabel 4).

Aplikasi *T. harzianum* dan biochar sekam padi menunjukkan pengaruh perbedaan yang tidak signifikan antara kedelai yang diaplikasi *T. harzianum* dan diberi biochar sekam padi dengan kedelai tanpa inokulasi *T. harzianum* dan tanpa biochar sekam padi. Hal ini diduga karena dominasi pengaruh dari cekaman air (Tabel 4).

Peningkatan derajat cekaman air sampai cekaman air 25% dari KL pada fase reproduktif R₃ - R₆ terjadi penurunan jumlah biji per tanaman sebesar 46.67% dari kondisi cukup air (75% dari KL). Hal ini berkaitan dengan berkurangnya polong isi dan meningkatnya polong hampa, akibat adanya hambatan laju tumbuh relatif tanaman sehingga mengganggu durasi pengisian biji. Fotosintat untuk pengisian biji dipasok dari fotosintesis selama R₅ - R₆ sehingga ukuran biji bergantung pada kemampuan tanaman menggunakan air pada kondisi tersebut.

Tabel 4. Jumlah biji, bobot 100 butir biji, dan bobot biji per tanaman kedelai yang diaplikasi *T. harzianum* dan biochar sekam padi pada berbagai cekaman kekeringan selama fase R₃ - R₆

Perlakuan	Jumlah Biji/Tanaman (butir)	Bobot 100 Butir Biji (g)	Bobot Biji/Tanaman (g)
Cekaman Air			
c1(75% KL)	125,12 a	16,34 a	20,02 a
c2(50% KL)	101,17 b	15,70 ab	16,19 b
c3(25% KL)	85,31 c	16,21 b	13,65 c
Aplikasi <i>T. harzianum</i>			
t0 (Tanpa <i>T. harzianum</i>)	101,88 a	16,13 a	17,11 a
t1 (Dengan <i>T. harzianum</i>)	105,85 a	16,04 a	16,95 a
Biochar Sekam Padi			
b0 (0 t ha ⁻¹)	105,82 a	16,00 a	16,93 a
b1 (5 t ha ⁻¹)	104,36 a	16,25 a	16,70 a
b2 (10 t ha ⁻¹)	101,42 a	16,00 a	16,23 a

Keterangan: Huruf yang sama pada masing-masing perlakuan menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan menurut Uji Duncan pada taraf 5%.

Bobot biji yang dihasilkan tanaman merupakan cerminan kemampuan tanaman memanfaatkan bahan baku primer yang sangat dibutuhkan tanaman dalam proses fotosintesis. Bahan baku primer yang dibutuhkan tanaman diantaranya unsur hara, CO₂ dan air, klorofil dan cahaya matahari untuk membentuk karbohidrat. Adanya faktor pembatas yang terjadi selama fase reproduktif, dalam hal ini adalah terbatasnya air tersedia selama pengisian polong menyebabkan penurunan bobot biji per tanaman secara nyata.

Menurut Candogan *et al.* (2013), cekaman air berpengaruh signifikan terhadap bobot biji per tanaman. Penurunan hasil di bawah cekaman air biasanya berhubungan dengan pengurangan fotosintesis karbon serta transportasi fotosintat (Muller *et al.*, 2011).

Selain itu tidak lepas dari kekuatan dan aktivitas wadah yang berkemampuan menarik aliran fotosintat dari sumber, melalui peningkatan proses pindah muat.

SIMPULAN

Pemanfaatan *Trichoderma harzianum* 50 g kg⁻¹ benih kedelai dan biochar sekam padi dosis 10 t ha⁻¹ mampu mengurangi dampak negatif cekaman kekeringan secara signifikan yang ditunjukkan oleh kadar air relatif (KAR) daun dan konduktansi stomata yang meningkat. Sedangkan penurunan kadar prolin lebih dipengaruhi adanya penambahan biochar sekam padi dosis 5 dan 10 t ha⁻¹.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih diucapkan kepada Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumberdaya Manusia Pertanian (BPPSDMP) Kementerian Pertanian yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd El-Rahman, S.S., & Mohamed, H.I. (2014). Application of benzothiadiazole and *Trichoderma harzianum* to control faba bean chocolate spot disease and their effect on some physiological and biochemical traits. *Acta Physiologia Plantarum*. 36(2): 343-354. DOI: 10.1007/s11738-013-1416-5
- Afshar, R.K., Hashemi, M, DaCosta, M, Spargo, J & Sadeghpour. (2016). Biochar application and drought stress effects on physiological characteristics of *Silybum amrianum*. *Commun. Soil Sci. Plant Anal*. 47: 743-752.
- Ahmad, P., Hashem, A., Abd- Allah, E.F., Alqarawi, A.A., John, R., & Egamberdieva, D. *et al.* (2015). Role of *Trichoderma harzianum* in mitigating NaCl stress in Indian mustard (*Brassica juncea* L) through antioxidative defense system. *Front Plant Sci*. 6: 868.
- Ahmed, F., Arthur, E., Plauborg, F., & Andersen, M.N. (2016). Biochar effect on maize physiology and water capacity of sandy subsoil. *Mechanization in Agriculture and Conserving of The Resources*. 6: 03-10.
- Alfiky, A., & Weisskopf, L. (2021). Deciphering *Trichoderma*–Plant–Pathogen Interactions for Better Development of Biocontrol Applications. *Mycology Journal*. 7(6): 61. DOI:10.3390/jof7010061.
- Asai, H., Samson, B.K., Stephan, H.M., Songyikhansuthor, K., Homma, K., Kiyono, Y., Inoue, Y., Shiraiwa, T., & Horie, T. (2009). Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos: 1. Soil physical properties, leaf SPAD, and grain yield.

- Field Crop Res.* 111(1–2): 81–84. DOI:10.1016/j.fcr.2008.10.008.
- Aslam, M.U., Raza, M.A.S., Saleem, M.F., Waqas, M., Iqbal, R., Ahmad, S., & Haider, I. (2020). Improving strategic growth stage-based drought tolerance in quinos by Rhizobacterial inoculation. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 51: 853–868.
- Begum, N., Muhammad, A.A., Yunyun, S., Yafang, L., Nabil, S.A.M., Parvaiz, A., & Lixin, Z. (2019). Improved Drought Tolerance by AMF Inoculation in Maize (*Zea mays*) Involves Physiological and Biochemical Implications. *Plants.* 8(12): 579. DOI: 10.3390/plants8120579.
- Bengough A., McKenzie, B., Hallett, P., & Valentine, T. (2011). Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits. *J Exp Bot.* 62(1):59–68.
- Candogan, B.N., Sincik, M., Buyukcangaz, H., Demirtas, C., Goksoy, A.T., & Yazgan. S. (2013). Yield, quality and crop water stress index relationships for deficit-irrigated soybean (*Glycine max* L. Merr.) in sub-humid climatic conditions. *Agricultural Water Management.* 118: 113 – 121. DOI: 10.1016/j.agwat.2012.11.021.
- El-Sharkawy, M., Ahmed H. El-Naggar, Arwa A.A., & Adel, M. G. (2022). Acid-Modified Biochar Impacts on Soil Properties and Biochemical Characteristics of Crops Grown in Saline-Sodic Soils. *Sustainability.* 14:8190.
- Fang, X., Turner, N., Yan, G., Li, F., & Siddique, K. (2010). Flower numbers, pod production, pollen viability, and pistil function are reduced and flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought. *J Exp Bot.* 61(2):335–345.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: Effects, mechanisms, and management. *Agronomy for Sustainable Development.* 29: 185–212. DOI: 10.1051/agro:2008021.
- Gomez, M., Pérez-Gallardo, R.V., Sánchez, L.A., Díaz-Pérez, A.L., Cortés-Rojo, C., Carmen, V.M., Saavedra-Molina, A., Lara-Romero, J., Jiménez-Sandoval, S., Rodríguez, F., Rodríguez-Zavala, J.S., & Campos-García, J. (2014). Malfunctioning of the iron–sulfur cluster Assembly Machinery in *Saccharomyces cerevisiae* produces oxidative stress via an iron-dependent mechanism, causing dysfunction in respiratory complexes. *PLoS ONE.* 9(11):e111585. DOI:10.1371/journal.pone.0111585.
- Graber, E.R., Frenkel, O., Jaiswal, A.K., & Y. Elad. (2014). How may biochar influence severity of diseases caused by soilborne pathogens. *Carbon Manag.* 5: 169–183.
- Graber, E.R., Tsechansky, Lew, L. B., & Cohen, E. (2014). Reducing capacity of water extracts of biochars and their solubilization of soil Mn and Fe. *European Journal of Soil Science.* 65(1): 162–172. DOI: 10.1111/ejss.12071.
- Gururani, M.A., Venkatesh J., & Lam-Son Phan T. (2015). Regulation of photosynthesis during abiotic stress-induced photoinhibition. *Molecular Plant.* 8(9): 1304–1320. DOI: 10.1016/j.molp.2015.05.005.
- Hapsah dan Purwoko, B.S. (2006). Respons fisiologi beberapa genotipe kedelai yang bersimbiosis dengan MVA

- terhadap berbagai tingkat cekaman kekeringan. *Hayati*. 13(2): 43-48.
- Harman. (2012). *Trichoderma* for biocontrol of plant pathogens: from basic research to commercialized products. Cornell University (Online). http://web.entomology.cornell.edu/s_helton/cornell-biocontrol-conf/talks/harman.html (diakses pada 12 Oktober 2021).
- Hasan, M., Ali, A., Soliman, M., Alqarawi, A.A., Abd_Allah, E.F. & Fang, X. (2020). Insights into 28-homobrassinolide (HBR)-mediated redox homeostasis, AsA–GSH cycle, and methylglyoxal detoxification in soybean under drought-induced oxidative stress. *J Plant Inter*. 15:371–385.
- Harrison, M., Tardieu F., Dong, Z., Messina, C., & Hammer, G. (2014). Characterizing drought stress and trait influencing on maize yield under current and future conditions. *Glob Chang Biol*. 20(3):867–78.
- He, J., Du, Y., Wang, T., Turner, N., Yang, R., Jin, Y., Xi, Y., Zhang, C., Cui, T., Fang, X., & Li, F. (2017). Conserved water use improves the yield performance of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under drought. *Agr Water Manage*. 179:236–245.
- Hermosa, R., Viterbo, A., Chet, I., & Monte, E. (2012). Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. *Microbiology*. 158(1): 17-25. DOI: 10.1099/mic.0.052274-0.
- Hussain, M., Farooq, S., Hasan, W., Ul-Allah, S., Tanveer, M., Farooq, M., & Nawaz, A. (2018). Drought stress in sunflower: physiological effects and its management through breeding and agronomic alternatives. *Agr Water Manage*. 201:152–166.
- Iqbal, M.D. (2017). Utilization of biochar in improving yield of wheat in Bangladesh. *Bulgarian Journal of Soil Science*. 2: 53-74.
- Jahan, S., Iqbal, S., Rasul, F., & Jabeen, K. (2020). Efficacy of biochar as soil amendments for soybean (*Glycine max* L.) morphology, physiology, and yield regulation under drought. *Arabian Journal of Geosciences*. 13 (10): 356. DOI: 10.1007/s12517-020-05318-6.
- Kraska, P., Oleszczuk, P., Andruszczak, S., Kwiecińska-Poppe, E., Różyło, K., Pałys, E., Gierasimiuk, P., & Michałojć, Z. (2016). Effect of various biochar rates on winter rye yield and the concentration of available nutrients in the soil. *Plant, Soil, and Environment*. 62: 483–489. DOI: [10.17221/94/2016-PSE](https://doi.org/10.17221/94/2016-PSE).
- Kumari, S., Kumar, S., & Prakash, P. (2018). Exogenous application of cytokinin (6-BAP) ameliorates the adverse effect of combined drought and high-temperature stress in wheat seedling. *Journal of Pharmacognosy and phytochemistry*. 7: 1178-1180.
- Kusvuran, S., & Dasgan, H.Y. (2017). Drought induced physiological and biochemical responses in *Solanum lycopersicum* genotypes differing to tolerance. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 16 (6): 19–27.
- Lehmann, J. & Joseph, S. (2009). Biochar for environmental management an introduction, in: Lehmann, J., S. Joseph (Eds). *Biochar for Environmental Management. Science and Technology*, London, Earthscan: 1-12.
- Lobell, D., Roberts, M., Schlenker, W., Braun, N., Little, B., Rejesus, R., & Hammer, G. (2014). Greater sensitivity to drought

- accompanies maize yield increase in the U.S. Midwest. *Nature*;344:516–9.
- Lyu, S., Du, G., Liu, Z., Zhao, L., & Lyu, D. (2016). Effects of biochar on photosystem function and activities of protective enzymes in *Pyrus ussuriensis Maxim.* under drought stress. *Acta Physiologiae Plantarum*. 38(9): 220. DOI:10.1007/s11738-016-2236-1.
- Manolikaki, I. & Diamadopoulos, E. (2019). Positive effects of biochar and biochar-compost on maize growth and nutrient availability in two agricultural soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. DOI: 10.1080/00103624.2019.1566468.
- Mastouri, F., Bjorkman, T., & Harman, G.E. (2010). Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic, abiotic, and physiological stresses in germinating seeds and seedlings. *Phytopathology*. 100(11): 1213-1221, DOI: 10.1094/PHYTO-03-10-0091.
- Mathobo, R, Marais, D, & Steyn, J. (2017). The effect of drought stress on yield, leaf gaseous exchange, and chlorophyll fluorescence of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *Agr Water Manage*.180:118–125.
- Mega, R., Abe, F., Kim, J., Tsuboi, Y., Tanaka, K., Kobayashi, H., Sakata, Y., Hanada, K., Tsujimoto, H., Kikuchi, J., Cutler, S., & Okamoto, M. (2019). Tuning water-use efficiency and drought tolerance in wheat using abscisic acid receptors. *Nat Plants*. 5:153–9.
- Meyer, S., Bright, R. M., Fisher, D., Schulz, H. & Glaser, B. (2012). Albedo impact on the suitability of biochar systems to mitigate global warming *Environ. Sci. Technol*. 46 12726–34.
- Mohamed, H.I., Elsherbiny, E., & Abdelham, M.(2016). Das physiologische und biochemische Ansprechen von *Vicia Faba* auf die Blattbehandlung mit Zink und Eisen. *Gesunde Pflanzen*. 68(4):201–212. DOI:10.1007/s10343-016-0378-0.
- Muller, B., Pantin, F., Génard. M., Turc, O., Freixes, S., Piques, M., & Gibon, Y. (2011). Water deficits uncouple growth from photosynthesis, increase C content, and modify the relationships between C and growth in sink organs. *Journal of Experimental Botany*. 62(6): 1715-1729, DOI: 10.1093/jxb/erq438.
- Muter, O., Levina, L.G., Makarenkova, G., Vecstaudza, D., Strikauska, S., Selga, T., Kasparinskis, R., Stelmahere, S., & Steiner, C. (2017). Effect of biochar and *Trichoderma* application on fungal diversity and growth of *Zea mays* in a sandy loam soil. *Environmental and Experimental Biology*. 15: 289–296, DOI: 10.22364/eeb.15.30.
- Parvin, S., Uddin, S., Fitzgerald, G., Tausz-Posch, S., Armstrong, R., & Tausz, M. (2019). Free air CO₂ enrichment (FACE) improves water use efficiency and moderates drought effect on N₂ fixation of *Pisum sativum* L. *Plant Soil*.;436(1–2): 587–606.
- Prince, S., Murphy, M., Mutava, R., Durnell, L., Valliyodan, B., Shannon, J., & Nguyen, H (2017). Root xylem plasticity to improve water use and yield in water-stressed soybean. *J Exp Bot*. 68(8):2027–2036.
- Raboin, L., Razafimahafaly, A., Rabenjarisoa, M., Rabary, B., Dusserre, J., Becquer, T. (2016). Improving the fertility of tropical acid soils: liming versus biochar application? A long-term comparison in the highlands of

- Madagascar. *Field Crop Res.* 199:99–108.
- Rao&Talk. (2001). Influence of mycorrhizal fungi on the growth of different tree species and their nutrient uptake in gypsum maine spoil in India. *Appl. Soil Ecol.* 17: 279-284.
- Rouphael, Y., Carillo, P., Cristofano, F., Cardarelli, M., & Colla, G. (2017). Effects of vegetal- versus animal-derived protein hydrolysate on sweet basil morpho-physiological and metabolic traits. *Scientia Horticulturae.* 284: 110123. DOI: 10.1016/j.scienta.2021.110123.
- Thies, J.E. & Rillig, M. (2009). Characteristics of biochar: biological properties. Dalam: Lehmann, J. dan S. Joseph (Eds.), *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*, Earthscan, London: 85-105.
- Wang, P., Yang, C., Chen, H., Song, C., Zhang, X., Wang, D. (2017). Transcriptomic basis for drought resistance in *Brassica napus* L. *Sci Rep.* 7:40532.
- Yadav, S.K., Jyothi Lakshmi, N., Maheswari, M., Vanaja. M., & Venkateswarlu, B. (2005). Influence of water deficit at vegetative, Anthesis, and grain filling stages on water relation and grain yield in sorghum. *Indian Journal of Plant Physiology.* 10 (1): 20–24.
- Yoshiba, Y., Kiyosue, T., Nakashima, K., Yamaguchi, K., Shinozaki, K. (1997). Regulation of levels of proline as an osmolyte in plants under water stress. *Plant Cell Physiol.* 38: 1095-1102.
- Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D.B., Huang, Y., Huang, M., Yao, Y., Bassu, S., Ciais, P., Durand, J.L., Elliott, J., Ewert, F., Janssens, I.A., Li, T., Lin, E., Liu, Q., & Martre, P. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA.* 114(35): 9326-9331. DOI: 10.1073/pnas.1701762114 201701762.
- Zhang, Q., Kong, D., Singh, V., & Shi, P. (2017). Response of vegetation to different timescales drought across China: spatiotemporal patterns, causes, and implications. *Glob Planet Chang.* 152:1–11.
- Zhang, X., C. Zhao, S. Yu, Z. Jiang, S. Liu, Y. Wu, dan Z. Huang. 2020. Rhizosphere microbial community structure is selected by habitat but not plant species in two tropical seagrass beds. *Frontiers in Microbiology.* 11 (161). DOI: 10.3389/fmicb.2020.00161.
- Zhang, Y., J. Ding, H. Wang, L. Su, dan C. Zhao. 2020. Biochar in addition alleviate the negative effects of drought and salinity stress on soybean productivity and water use efficiency. *BMC Plant Biology.* 20(288). DOI: 10.1186/s12870-020-02493-2.
- Zipper, S., Qiu, J., & Kucharik, C. (2016). Drought effects on US maize and soybean production: spatiotemporal patterns and historical changes. *Environ Res Lett.* 11(9):094021.