

RESPON FISILOGI BAWANG MERAH (*Allium cepa* L. *Aggregatum* Group) TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN DENGAN APLIKASI ASAM SALISILAT DAN BIOSILIKA

*PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF SHALLOT (*Allium cepa* L. *Aggregatum* group) IN DROUGHT STRESS WITH THE APPLICATION OF SALICYLIC ACID AND BIOSILICA*

Lisa Dwifani Indarwati^{1*}, Endang Sulistyaningsih² dan AH. Maftuh Hafidh Zuhdi³

^{1,3}Program Studi Budi Daya Tanaman Hortikultura, Politeknik Pertanian dan Peternakan Mapena, Tuban, Jawa Timur, Indonesia

²Departemen Budi Daya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

*Corresponding Author. E-mail address: lisadwifany@gmail.com

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: 4 Oktober 2023
Direvisi: 22 Februari 2024
Disetujui: 30 Agustus 2024

KEYWORDS:

Biosilica, drought, salicylic acid, shallot.

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the physiological responses of shallot in drought stress with the application of salicylic acid and biosilica. The research was conducted in the Tri Dharma experimental station plastic house, Faculty of Agriculture, Universitas Gadjah Mada, located in Banguntapan District, Bantul, Yogyakarta from November 2019 to May 2020. A factorial 4x2 experiment was laid out in a randomized complete block design with four blocks. The first factors were a four-level exogenous induction, i.e., 0,5mM SA, 6mM Si, a combination of 0,5 SA + 6mM Si, and control/0 exogeneous induction. The second factors were two-level of irrigation interval, i.e., one-day interval and three-day interval. The variables observed included leaf greenness, leaf and root surface area, plant fresh and dry weight, endogenous SA, POD enzyme activity, H₂O₂ levels, and yield components. The data were statistically analyzed using the analysis of variance with the honestly significant difference value, calculated by Tukey test at the 5% level. The research results showed that a three-day irrigation interval of the Bima Brebes shallot cultivar did not affect plant growth and yield significantly. Application of a combination of 0,5 mM SA and 6 mM Si can increase plant tolerance by accumulating higher levels of endogenous SA so that plants can maintain leaf greenness better than controls, increase bulb dry weight, harvest index, and shallot productivity, and significantly increase bulb diameter in three day-irrigation intervals.

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui respon fisiologi tanaman bawang merah pada kondisi cekaman kekeringan dengan pemberian asam salisilat dan biosilika. Penelitian telah dilaksanakan di rumah plastik kebun percobaan Tri Dharma, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, yang berlokasi di Kecamatan Banguntapan, Bantul Yogyakarta dari bulan November 2019 sampai Mei 2020. Percobaan faktorial 4 x 2 disusun dalam rancangan acak kelompok lengkap dengan empat ulangan sebagai blok. Faktor pertama adalah empat taraf induksi eksogen, yaitu 0,5 mM SA, 6 mM Si, kombinasi 0,5 mM SA + 6 mM Si, serta kontrol (tanpa induksi eksogen). Faktor kedua adalah dua interval penyiraman, yang terdiri dari satu hari dan tiga hari. Variabel yang diamati meliputi kehijauan daun, luas permukaan daun dan akar, bobot segar dan kering tanaman, SA endogen, aktivitas enzim POD dan tingkat H₂O₂, serta pengamatan komponen hasil. Data dianalisis secara statistik menggunakan analisis varians (ANOVA) dengan nilai perbedaan yang sangat signifikan, dihitung dengan uji Tukey pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interval penyiraman tiga hari pada bawang merah kultivar Bima Brebes tidak mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman secara signifikan. Aplikasi kombinasi SA 0,5 mM + Si 6 mM dapat meningkatkan toleransi tanaman dengan mengakumulasi SA endogen lebih tinggi sehingga tanaman dapat mempertahankan hijau daun lebih baik dibandingkan kontrol, meningkatkan bobot kering umbi, indeks panen, dan produktivitas bawang merah serta signifikan meningkatkan diameter umbi pada penyiraman tiga hari.

KATA KUNCI:

Asam salisilat, bawang merah, biosilika, kekeringan.

1. PENDAHULUAN

Bawang merah (*Allium cepa* L. *Aggregatum* group) merupakan tanaman sayuran semusim, berasal dari family Liliaceae yang menjadi kelompok bawang penting di daerah dataran rendah di negara-negara tropis misalnya di Asia Tenggara dan Afrika dibandingkan dengan kelompok bawang biasa / bawang Bombay (Shigyo and Kik, 2008). Selain dimanfaatkan sebagai bumbu penyedap masakan, bawang merah juga dapat digunakan sebagai obat-obatan untuk penyakit tertentu. Tanaman bawang merah akan tumbuh dan berproduksi dengan baik jika dibudidayakan pada kondisi lingkungan yang sesuai.

Kekeringan merupakan salah satu pembatas utama produksi pertanian global karena kompleksitas pembatasan air dan perubahan iklim (Fang and Xiong, 2015). Kondisi defisit air adalah salah satu faktor yang sangat mempengaruhi produksi tanaman dari genus *Allium* selama musim tanam total dan khususnya pada periode pembentukan umbi (Kadayifci et al., 2005). Terdapat empat mekanisme yang biasa terjadi pada tanaman yang tercekam kekeringan, yaitu mekanisme menghindari, lolos, toleran serta pemulihan (Luo, 2010; Nio et al., 2011; Fang and Xiong, 2015). Asam salisilat merupakan molekul sangat penting untuk berbagai respon stress abiotik tanaman, sehingga tanaman dapat toleran dalam kondisi tercekam. Pada cekaman abiotik, asam salisilat berperan dalam pengkodean antioksidan, protein *heat shock*, dan gen untuk metabolit sekunder (Jumali, et al., 2011). Selain itu, pada kondisi cekaman kekeringan, silika dapat meningkatkan resistensi terhadap cekaman kekeringan melalui peningkatan aktivitas enzim dan metabolit antioksidan, meningkatkan efisiensi osmoregulasi, meningkatkan status air tanaman, menurunkan kehilangan air melalui transpirasi, memperbaiki kecukupan pasokan nutrisi, membatasi penyerapan ion toksik serta dapat bertindak sebagai ameliorant yang berperan untuk memperbaiki pertumbuhan tanaman (Sacala, 2009). Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui respon fisiologi tanaman bawang merah pada kondisi cekaman kekeringan dengan pemberian aplikasi asam salisilat dan biosilika.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian telah dilakukan di rumah plastik kebun percobaan Tri Dharma, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, yang berlokasi di Kecamatan Banguntapan, Bantul Yogyakarta dari bulan November 2019 hingga Mei 2020.

Bahan tanam menggunakan kultivar Bima Brebes yang berasal dari Brebes Jawa Tengah. Umbi ditanam pada kedalaman 2-3 cm pada keranjang plastik dengan ukuran 45 × 32 × 16 cm (total terdapat 12 umbi setiap keranjang plastik). Setiap keranjang plastik terdiri dari 37 kg tanah regosol yang dicampur dengan 288g pupuk kandang sapi. Pemupukan dilakukan berdasarkan Puslitbanghorti (2015), yaitu pupuk dasar terdiri dari NPK (16:16:16) dengan dosis 30kg/ha, SP-36 dengan dosis 50 kg/ha. Pupuk dasar diaplikasikan tiga hari sebelum dilakukan penanaman. Pupuk susulan pertama dilakukan pada 15 HST menggunakan pupuk ZA dengan dosis 400 kg/ha. Pupuk susulan kedua dilakukan pada 30 HST menggunakan pupuk urea dosis 180 kg/ha. Desain percobaan menggunakan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) yang diulang sebanyak empat kali sebagai blok. Desain perlakuan menggunakan faktorial 4 × 2. Faktor pertama adalah induksi eksogen yang terdiri dari empat taraf, yaitu 0,5 mM SA, 6 mM Si, kombinasi 0,5 mM SA + 6 mM Si dan kontrol (tanpa induksi eksogen). Aplikasi asam salisilat dengan foliar ±1ml per tanaman sedangkan biosilika ±2ml pada tanah. Faktor kedua adalah dua taraf interval penyiraman, yaitu satu hari (kadar lengas 32,92%) dan tiga hari (kadar lengas 22,83%).

Perlakuan kekeringan dimulai ketika tanaman berumur 14 HST. Perlakuan induksi eksogen dilakukan pada 14, 17, 20 dan 23 HST. Variabel kehijauan daun diamati pada 28, 42, dan 49HST menggunakan alat SPAD 502 (Konica Minolta), pengamatan destruktif luas permukaan daun dan akar serta bobot segar dan kering tanaman pada 28 HST dan 49 HST, analisis biokimia pada 49 HST

meliputi analisis SA endogen, aktivitas enzim POD dan tingkat H_2O_2 , serta pengamatan komponen hasil. Pemanenan dilakukan berdasarkan deskripsi varietas Bima Brebes yaitu dilakukan ketika 60% tanaman lemas dan rebah. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA). Apabila terdapat interaksi maka dilanjutkan dengan uji berdasarkan penyesuaian Tukey taraf 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanaman merupakan organisme sesil yang tidak bisa berpindah ketika mengalami cekaman. Namun, tanaman memiliki mekanisme menghindar, lolos, toleran dan pulih dari cekaman kekeringan (Nio *et al.*, 2011; Fang and Xiong, 2015; Sukma, 2015). Diantara empat mekanisme tanaman dalam menghadapi kekeringan, mekanisme menghindar dan mekanisme toleran merupakan dua mekanisme utama yang paling banyak terjadi untuk ketahanan kekeringan (Yue *et al.*, 2006). Mekanisme menghindar yaitu dengan mengurangi kehilangan air dari tubuh tanaman melalui pengaturan stomata untuk menurunkan transpirasi dan peningkatan penyerapan air melalui perluasan dan pemanjangan akar (Turner *et al.*, 2001; Kavar *et al.*, 2007), sedangkan mekanisme toleran yaitu dengan perlindungan osmoproteksi yang lebih baik, kapasitas antioksidan serta toleransi pengeringan dengan mensintesis senyawa biokimia sebagai penyesuai osmotik untuk menurunkan potensial osmotik sel dengan tidak mengurangi fungsi enzim (Nio *et al.*, 2011).

Pertumbuhan tanaman adalah hasil dari beragam proses fisiologi dalam tubuh tanaman yang meliputi penambahan ukuran dan jumlah, serta perubahan bentuk tanaman. Penelitian yang dilakukan menghasilkan data bahwa tidak terdapat interaksi yang nyata antara aplikasi induksi eksogen dengan interval penyiraman pada variabel luas permukaan daun, luas permukaan akar, bobot segar tanaman serta bobot kering tanaman (Tabel 1.).

Mekanisme pertahanan tanaman dalam menghadapi kekeringan dapat dilakukan melalui mekanisme toleransi yaitu dengan melibatkan akumulasi senyawa biokimia untuk melindungi sel dari kerusakan oksidatif. Pengamatan biokimia tanaman meliputi kandungan asam salisilat (SA) endogen dan aktivitas enzim peroksida dismutase (POD). Selain itu, pengamatan juga dilakukan terhadap tingkat hidrogen peroksida (H_2O_2), dimana H_2O_2 termasuk radikal bebas yang berbahaya bagi tanaman karena pengaruh oksidatif terhadap metabolisme tanaman.

Tabel 1. Luas Permukaan Daun, Luas Permukaan Akar, Bobot Segar dan Bobot Kering Tanaman Bawang Merah 28 HST dan 49 HST dengan Induksi Eksogen dan Interval Penyiraman.

Perlakuan	Luas permukaan daun (cm ²)		Luas permukaan akar (cm ²)		Bobot segar tanaman (g)		Bobot kering tanaman (g)	
	28 HST	49 HST	28 HST*	49 HST	28 HST	49 HST	28 HST	49 HST
Induksi eksogen								
SA 0,5 mM	92,52 a	88,25 a	4,89 a	11,55 a	13,55 a	12,07 a	0,61 a	1,52 a
Si 6 mM	87,41 a	89,88 a	5,75 a	12,34 a	10,71 a	13,11 a	0,57 a	1,69 a
Kombinasi	87,38 a	110,03 a	5,78 a	9,16 a	10,88 a	12,19 a	0,55 a	1,63 a
Kontrol	84,91 a	90,81 a	5,51 a	14,42 a	10,97 a	13,73 a	0,56 a	1,67 a
Interval penyiraman								
Satu hari	91,13 p	100,40 p	5,61 p	11,64 p	11,97 p	13,47 p	0,59 p	1,73 p
Tiga hari	84,98 p	89,09 p	5,35 p	12,10 p	11,08 p	12,08 p	0,55 p	1,53 p
CV (%)	14,88	25,26	24,35	39,83	32,29	32,27	35,12	24,40
Interaksi	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan penyesuaian Tukey 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi antar faktor. Tanda (*) menunjukkan data ditransformasi menggunakan $f(x) = (\sqrt{x})$.

Tabel 2. Analisis Biokimia dengan Induksi Eksogen dan Interval Penyiraman.

Perlakuan	SA Endogen (ppm)	POD Unit.ml enzim ⁻¹	H ₂ O ₂ (ppm)
Induksi eksogen			
SA 0,5 mM	41,56 ab	0,080 a	0,119 a
Si 6 mM	44,38 ab	0,071 a	0,118 a
Kombinasi	56,56 a	0,082 a	0,116 a
Kontrol	35,01 b	0,057 a	0,122 a
Interval penyiraman			
Satu hari	41,875 p	0,070 p	0,118 p
Tiga hari	46,881 p	0,075 p	0,119 p
CV (%)	31,49	25,83	4,52
Interaksi	(-)	(-)	(-)

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan penyesuaian Tukey 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi antar faktor.

Cekaman kekeringan dapat merubah proses metabolisme tanaman, dimana selain menyalurkan energi untuk pertumbuhan, tanaman juga menggunakan energinya untuk melakukan pertahanan terhadap cekaman. Penyiraman tiga hari dapat meningkatkan akumulasi SA endogen dan aktivitas enzim POD lebih tinggi dibandingkan dengan penyiraman normal. Namun, perbedaan penyiraman yang dilakukan tidak berbeda secara signifikan (Tabel 2). POD merupakan golongan antioksidan enzimatis yang diakumulasi tanaman untuk meningkatkan toleransi tanaman akibat adanya stres. Selain itu, nilai H₂O₂ juga mengalami peningkatan ketika tanaman diberikan penyiraman tiga hari dibandingkan penyiraman normal (satu hari). Namun, perbedaan penyiraman yang dilakukan tidak signifikan (Tabel 2). Aplikasi induksi eksogen yang dikombinasikan dengan penyiraman yang berbeda tidak memberikan interaksi yang signifikan pada variabel SA endogen, POD serta tingkat H₂O₂ (Tabel 2). Namun, aplikasi kombinasi SA 0,5 mM + Si 6 mM dapat meningkatkan aktivitas enzim POD, menurunkan tingkat H₂O₂ serta secara signifikan dapat meningkatkan akumulasi SA endogen dibandingkan kontrol (Tabel 2).

Peroksida dismutase merupakan jenis antioksidan enzimatis yang merupakan enzim golongan oksidoreduktase yang dapat memfasilitasi terjadinya reaksi oksidasi (enzim yang mampu memfasilitasi reaksi antara substrat dengan molekul oksigen) (Marganingsari, 2003). Substrat dari enzim POD adalah H₂O₂, dimana fungsi dari enzim POD adalah mengkatalis H₂O₂ menjadi H₂O dan O⁻ yang lebih stabil (deMan, 1989). Enzim POD merupakan suatu kelompok PR-Protein yang dapat diaktifkan melalui salah satu cabang sinyal transduksi asam salisilat, dimana peningkatan aktivitas enzim POD merupakan salah satu penanda bahwa tanaman tercekam (Martinez *et al.*, 2000; Murphy *et al.*, 2001). Akumulasi SA endogen perlakuan kombinasi SA 0,5 mM + Si 6 mM meningkat 1,6 kali lipat atau 61,9% dibandingkan perlakuan kontrol. Mekanisme asam salisilat dalam meningkatkan ketahanan tumbuhan akibat cekaman abiotik masih kurang dipahami pada tingkat molekuler. Namun, penelitian terbaru menunjukkan bahwa mekanisme ketahanan tumbuhan akibat cekaman abiotik memiliki kesamaan dengan mekanisme ketahanan pada cekaman biotik yaitu dengan mengakumulasi protein PR (Hong and Hwang, 2005; Singh *et al.*, 2013; Ali *et al.*, 2018).

Akumulasi SA endogen pada tanaman menunjukkan mekanisme toleransi kekeringan akibat dari penutupan stomata oleh ekspresi gen PR yang diinduksi oleh SA (PR1, PR2 dan PR5) pada kondisi kekeringan (Okuma *et al.*, 2014). Disisi lain Si berperan penting dalam pemulungan ROS (*Reactive Oxygen Species*) dengan menekan penurunan aktivitas enzim dalam kloroplas, seperti SOD dan enzim pada jalur askorbat-glutathione dengan melindungi struktur kloroplas dari kerusakan oksidatif, seperti distorsi lamella grana dan lamella stroma (Chao *et al.*, 2015). Pengamatan tingkat kerusakan akibat ROS dengan melakukan pengamatan H₂O₂ yang merupakan ROS bersifat non radikal. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, menunjukkan bahwa tingkat H₂O₂ dapat diturunkan dengan aplikasi kombinasi SA 0,5 mM + Si 6 mM dibandingkan kontrol. Namun, aplikasi

induksi eksogen yang berbeda tidak signifikan (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa induksi eksogen khususnya perlakuan kombinasi SA 0,5 mM + Si 6 mM dapat mengurangi efek negatif dari adanya ROS, yaitu dengan mengakumulasi senyawa kimia yang berfungsi sebagai penyesuaian osmotik dan sebagai pemulung ROS sehingga menekan terbentuknya radikal pada tanaman.

Tanaman bawang merah dapat mempertahankan hijau daun lebih tinggi dibandingkan kontrol (Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5). Pada variabel kehijauan daun, terdapat interaksi yang signifikan antara pemberian induksi eksogen dengan interval penyiraman, dimana aplikasi kombinasi SA 0,5 mM + Si 6 mM dapat mempertahankan pigmen hijau daun lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol pada kondisi kekeringan. Hal ini disebabkan aplikasi SA dapat mempertahankan pigmen hijau daun lebih tinggi akibat dari mekanisme SA yang dapat menekan pembentukan etilen di bawah kondisi defisit air (Nazar et al., 2015). Tanaman dengan perlakuan kombinasi SA 0,5 mM + Si 6 mM dapat menekan terjadinya klorosis dan *senescence* sehingga tanaman dapat menjaga kehijauan daun lebih tinggi dibandingkan perlakuan lain pada penyiraman tiga hari (Tabel 3, 4 dan 5).

Pengamatan kehijauan daun pada 28 HST menunjukkan bahwa pada kondisi penyiraman satu hari, perbedaan induksi eksogen tidak memberikan perbedaan secara signifikan sedangkan pada kondisi penyiraman tiga hari, perlakuan kombinasi SA 0,5 mM + Si 6 mM signifikan meningkatkan kehijauan daun lebih tinggi dibandingkan kontrol, namun tidak berbeda secara signifikan dengan perlakuan SA 0,5 mM dan Si 6 mM secara parsial. Rerata kehijauan daun tertinggi pada pengamatan 28 HST yaitu pada perlakuan kombinasi SA 0,5 mM + Si 6 mM dan penyiraman tiga hari dengan nilai 76,05 (Tabel 3).

Tabel 3. Kehijauan Daun 28 HST dengan Induksi Eksogen dan Interval Penyiraman.

Interval penyiraman	Induksi eksogen				Interaksi
	SA 0,5 mM	Si 6 mM	Kombinasi	Kontrol	
Satu hari	68,05 abc	68,48 abc	62,10 c	69,15 abc	(+)
Tiga hari	68,38 abc	74,25 ab	76,05 a	67,35 bc	
CV (%)	5,26				

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada kolom dan baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan penyesuaian Tukey 5%. Tanda (+) menunjukkan ada interaksi antar faktor.

Tabel 4. Kehijauan Daun 42 HST dengan Induksi Eksogen dan Interval Penyiraman.

Interval penyiraman	Induksi eksogen				Interaksi
	SA 0,5 mM	Si 6 mM	Kombinasi	Kontrol	
Satu hari	56,85 b	58,73 b	59,33 b	55,55 b	(+)
Tiga hari	58,88 b	60,85 b	68,15 a	56,75 b	
CV (%)	4,51				

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada kolom dan baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan penyesuaian Tukey 5%. Tanda (+) menunjukkan ada interaksi antar faktor.

Tabel 5. Kehijauan Daun 49 HST dengan Induksi Eksogen dan Interval Penyiraman.

Interval penyiraman	Induksi eksogen				Interaksi
	SA 0,5 mM	Si 6 mM	Kombinasi	Kontrol	
Satu hari	61,08 ab	59,53 b	59,53 b	58,05 b	(+)
Tiga hari	57,80 b	62,20 ab	66,83 a	58,80 b	
CV (%)	4,66				

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada kolom dan baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan penyesuaian Tukey 5%. Tanda (+) menunjukkan ada interaksi antar faktor.

Pada variabel kehijauan daun 42 HST menunjukkan bahwa ketika tanaman disiram setiap hari, induksi eksogen yang berbeda tidak memberikan perbedaan yang signifikan sedangkan pada kondisi penyiraman tiga hari, pemberian induksi eksogen yang berbeda memberikan perbedaan yang signifikan terhadap tingkat kehijauan daun. Dimana perlakuan kombinasi SA 0,5 mM + Si 6 mM signifikan meningkatkan kehijauan daun paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya pada kondisi cekaman kekeringan dengan nilai 68,15 (Tabel 4).

Variabel kehijauan daun 49 HST menunjukkan bahwa perbedaan induksi eksogen tidak berpengaruh signifikan terhadap tingkat kehijauan daun pada kondisi penyiraman setiap hari. Sedangkan pada kondisi penyiraman tiga hari, perbedaan induksi eksogen memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kehijauan daun (Tabel 5). Tanaman dengan kombinasi SA 0,5 mM + Si 6 mM dapat mempertahankan kehijauan daun lebih tinggi dibandingkan aplikasi SA 0,5 mM dan kontrol, namun tidak berbeda secara signifikan dengan perlakuan Si 6 mM pada penyiraman tiga hari. Rerata kehijauan daun tertinggi pada pengamatan 49 HST yaitu pada perlakuan kombinasi SA 0,5 mM + Si 6 mM dan penyiraman tiga hari dengan nilai 66,83 (Tabel 5).

Pengamatan hasil dilakukan untuk mengetahui produksi ekonomi (berupa umbi) tanaman bawang merah yang ditanam pada kondisi cekaman kekeringan dan dimungkinkan efek negatif dari cekaman kekeringan tersebut dapat dikurangi dengan penambahan induksi eksogen yang diberikan. Berdasarkan analisis sidik ragam, induksi eksogen yang dikombinasikan dengan interval penyiraman tidak memberikan interaksi yang signifikan pada semua variabel komponen hasil (Tabel 6). Namun, aplikasi induksi eksogen yang berbeda mempengaruhi parameter bobot kering umbi secara signifikan, dimana perlakuan kombinasi SA 0,5 mM + Si 6 mM menghasilkan bobot kering umbi tertinggi yaitu 9,67 gram/ tanaman, namun tidak berbeda secara signifikan dengan perlakuan SA 0,5 mM. Selain itu, perbedaan induksi eksogen juga memberikan pengaruh yang signifikan pada variabel indeks panen.

Efektivitas penyaluran asimilat pada umbi bawang merah dapat dilihat dari nilai indeks panen. Nilai indeks panen paling tinggi yaitu 0,81 pada perlakuan kombinasi SA 0,5 mM + Si 6 mM, namun tidak berbeda secara signifikan dengan perlakuan SA dan Si secara parsial (Tabel 6). Perbedaan induksi eksogen juga memberikan pengaruh yang signifikan pada variabel produktivitas, dimana aplikasi kombinasi 0,5 mM SA + 6 mM Si dapat menghasilkan produktivitas tertinggi yaitu 8,18 ton/ha, namun tidak berbeda secara signifikan dengan perlakuan SA dan Si secara parsial. Berdasarkan deskripsi kultivar, kultivar Bima Brebes memiliki produktivitas 9,9 ton/ha umbi. Namun, dalam penelitian yang dilakukan produktivitas yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan deskripsi varietas Bima Brebes. Hal ini bisa dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tumbuh yang kurang mendukung pertumbuhan tanaman bawang merah sehingga produktivitas tidak maksimal.

Tabel 6. Komponen Hasil Tanaman Bawang Merah dengan Induksi Eksogen dan Interval Penyiraman per Tanaman.

Perlakuan	Jumlah umbi (buah)	Bobot segar tanaman (g)	Bobot kering tanaman (g)	Bobot kering umbi (g)	Indeks panen	Produktivitas (ton/ha)
Induksi eksogen						
SA 0,5 mM	3,13 a	10,64 a	7,61 a	7,94 ab	0,78 ab	6,66 ab
Si 6 mM	3,63 a	9,84 a	7,33 a	7,17 b	0,77 ab	5,97 ab
Kombinasi	3,50 a	11,27 a	8,97 a	9,67 a	0,81 a	8,18 a
Kontrol	3,38 a	10,56 a	7,06 a	6,00 b	0,70 b	5,12 b
Interval penyiraman						
Satu hari	3,44 p	10,92 p	8,16 p	7,59 p	0,78 p	6,42 p
Tiga hari	3,38 p	10,24 p	7,32 p	7,80 p	0,75 p	6,55 p
CV (%)	21,64	24,69	28,17	22,87	7,59	25,76
Interaksi	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

Keterangan: angka diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan penyesuaian Tukey pada taraf 5%.

Tabel 7. Diameter Umbi Panen dengan Induksi Eksogen dan Interval Penyiraman.

Interval penyiraman	Induksi eksogen				Interaksi
	SA 0,5 mM	Si 6 mM	Kombinasi	Kontrol	
Satu hari	2,21 ab	2,10 ab	2,17 ab	1,68 b	(+)
Tiga hari	1,94 b	1,75 b	2,56 a	1,78 b	
CV (%)	12,13				

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada kolom dan baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan penyesuaian Tukey 5%. Tanda (+) menunjukkan ada interaksi antar faktor.

Terdapat interaksi yang signifikan antara induksi eksogen dengan interval penyiraman pada parameter diameter umbi. Perbedaan induksi eksogen yang diberikan tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap diameter umbi pada penyiraman satu hari. Sedangkan pada penyiraman tiga hari, induksi eksogen yang berbeda memberikan perbedaan yang signifikan (Tabel 7). Perlakuan kombinasi SA 0,5 mM + Si 6 mM signifikan meningkatkan diameter umbi dibandingkan dengan perlakuan lainnya pada penyiraman tiga hari dengan nilai rata-rata 2,56 cm (Tabel 7). Aplikasi induksi eksogen yang berbeda tidak signifikan mempengaruhi pertumbuhan tanaman bawang merah, namun tanaman dengan aplikasi kombinasi SA 0,5 mM + Si 6 mM memiliki kemampuan lebih baik dalam menyalurkan asimilat hasil fotosintesis pada umbi bawang merah, sehingga meningkatkan berat kering umbi, indeks panen dan produktivitas bawang merah. Pigmen hijau daun bawang merah dapat dipertahankan lebih tinggi dengan aplikasi kombinasi SA 0,5 mM + Si 6 mM dibandingkan dengan perlakuan lain (Tabel 3-6) yang menjadikan tanaman dapat mengefisiensikan fotosintesis dan menyalurkan asimilat lebih baik sehingga diameter umbi lebih lebar pada penyiraman tiga hari (Tabel 7).

4. KESIMPULAN

Interval penyiraman tiga hari pada bawang merah kultivar Bima Brebes tidak mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman secara signifikan. Aplikasi kombinasi SA 0,5 mM + Si 6 mM dapat meningkatkan toleransi tanaman dengan mengakumulasi SA endogen lebih tinggi sehingga tanaman dapat mempertahankan hijau daun lebih baik dibandingkan kontrol, meningkatkan bobot kering umbi, indeks panen, dan produktivitas bawang merah serta signifikan meningkatkan diameter umbi pada penyiraman tiga hari.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Universitas Gadjah Mada atas program pendanaan tugas akhir/thesis.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S., B. A. Ganai, A. N. Kamili, A. A. Bhat, Z. A. Mir, J. A. Bhat, A. Tyagi, S. T. Islam, M. Mushtaq, P. Yadav, S. Rawat and A. Grover. 2018. Pathogenesis-related proteins and peptides as promising tools for engineering plants with multiple stress tolerance. *Microbiological Research*. 212-213: 29-37.
- Chao, B., Q. Ma., Q. Zhao., L. Wang, and K. Xu. 2015. Effect of silicon on absorbed light allocation, antioxidant enzymes and ultrastructure of chloroplast in tomato leaves under simulated drought stress. *Scientia Horticulturae*. 194: 53-62.
- deMan, J. M. 1989. *Kimia Makanan*. Penerjemah K. Padmawinata. ITB-Press. Bandung.
- Fang, Y. and L. Xiong. 2015. General mechanism of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 72 (4): 673-689.

- Hong, J. K. and B. K. Hwang .2005. Induction of enhanced disease resistance and oxidative stress tolerance by over expression of pepper basic PR-1 gene in arabidopsis. *Physiologia Plantarum*. 124: 267–77.
- Jumali, S. S., I. M. Said, I. Ismail, and Z. Zainal. 2011. Genes induced by high concentration of salicylic acid in mitragyna speciosa. *Australian Journal of Crop Science*. 5(3):296-303.
- Kadayifci, A., G. Tuylu., Y. Ucar., and B. Cakmak. 2005. Crop water use of onion (*Allium cepa* L.) in Turkey. *Agricultural Water Management*. 72: 59-68.
- Kavar T., M. Maras, M. Kidric, J. Sustar-Vozlic and V. Meglic. 2007. Identification of genes involved in the response of leaves of *Phaseolus vulgaris* to drought stress. *Molecular Breeding*. 21: 159–172.
- Luo, L. J. 2010. Breeding for water saving and drought resistance rice (WDR) in China. *Journal of Experimental Botany*. 61: 3509 – 3517.
- Marganingsari, A. 2003. Isolasi dan penentuan aktivitas spesifik enzim peroksidase dari kedelai (*Glycine max*). *Undergraduate Thesis*. Chemistry Department. Faculty of Mathematics and Science. Universitas Dipenogoro. Semarang. Indonesia 2003:19.
- Martinez, C., J. C. Baccou, E. Bresson, Y. Baissac, J. F. Daniel, A. Jalloul, J. L. Montilet, J. P. Geiger, K. Assigbetse, and M. Nicole. 2000. Salicylic acid mediated by the oxidative burst is a key molecule in local and systemic response of cotton challenged by a virulent race of *Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum*. *Plant Physiology*. 22: 756 - 766.
- Murphy, A. M., A. Gilliland, C. E. Wong, J. West, D. P. Singh and J. P. Carr. 2001. Signal transduction in resistance to plant viruses. *European Journal Plant Pathology*. 107:121–128.
- Nazar, R., S. Umar, N. A. Khan and O. Sareer. Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation under drought stress. *South African Journal of Botany*. 98: 84-94.
- Nio, S. A., G. R. Cawthray, L. J. Wade, and T. D. Colmer. 2011. Pattern of solutes accumulated during leaf osmotic adjustment as related to duration of water deficit for wheat at the reproductive stage. *Plant Physiology and Biochemistry*. 49 (10): 1126-113.
- Okuma, E., R. Nozawa, Y. Murata & K. Miura. 2014. Accumulation of endogenous salicylic acid confers drought tolerance to arabidopsis. *Plant Signaling and Behavior*. 9:1-4.
- Puslitbanghorti (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura). 2015. Budi daya tanaman bawang merah. [Online]. Available at <http://hortikultura.litbang.pertanian.go.id/teknologi-detail-42.html>.
- Sacala, E. 2009. Role of silicon in plant resistance to water stress. *Journal of Elementology*. 14(3):619-630.
- Shigyo, M., and C. Kik. 2008. Onion. In: Prohens-Tomas, J. and F. Nuez (eds). Handbook of Plant Breeding. Volume 2 Vegetables II: Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae and Umbelliferae. E-Book. *Springer Science*. pp 121-159.
- Singh, N. K., K. R. R. Kumar, D. Kumar, P. Shukla and P. B. Kirti. 2013. Characterization of a pathogen induced thaumatin-like protein gene AdTLP from arachis diogoi, a wild peanut. *PLOS ONE*. 8(12):1-18
- Sukma, K. P. W. 2015. Mekanisme tumbuhan menghadapi kekeringan. *Jurnal Pemikiran Penelitian Pendidikan dan Sains*. 3(6):186-194.
- Turner N. C., G. C. Wright, K. H. M. Siddique. 2001. Adaptation of grain legumes (pulses) to water-limited environments. *Advances in Agronomy*. 71: 123–231.
- Yue, B., W. Xue, L. Xiong, X. Yu, L. Luo, K. Cui, D. Jin, Y. Xing and Q. Zhang. 2006. Genetic Basis of drought resistance at reproductive stage in rice: separation of drought tolerance from drought avoidance. *Genetics*. 172:1213.