

Karakter Morfo-agronomi Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) Fase Awal Vegetatif pada Kondisi Stres Jenuh Air

(Morpho-agronomic Characters of Chili Pepper (*Capsicum annum* L.) on Early Vegetative Stage under Waterlogging Stress)

Erna Siaga^{1*}, Mei Meihana², Santa Maria Lumbantoruan³, Jun-Ichi Sakagami⁴, Benyamin Lakitan⁵

(Diterima Juli 2023/Disetujui Januari 2024)

ABSTRAK

Budi daya sayuran di lahan rawa lebak saat ini masih belum optimal, terkendala dinamika air yang sulit diprediksi. Tanaman cabai merupakan jenis tanaman sayuran buah yang dibudidayakan di lahan rawa lebak tetapi sering terkendala oleh kondisi muka air tanah dangkal, jenuh air, hingga terendam pada saat periode transisi (kemarau-penghujan). Tujuan penelitian ini ialah mengevaluasi morfo-agronomi varietas tanaman cabai pada kondisi stres jenuh air pada fase vegetatif awal. Percobaan menggunakan Rancangan Petak Berlajur (*Strip Plot Design*). Petak utama terdiri atas (1) kontrol (kapasitas lapangan) dan (2) jenuh air (seluruh media tanam/ perakaran terendam air) selama 4 hari kemudian dilanjutkan dengan proses pemulihan selama 7 hari. Anak Petak terdiri atas tiga varietas cabai, yaitu Laris, Romario, dan Takanotsume. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi stres jenuh air berpengaruh nyata pada karakter morfo-agronomi tanaman cabai berupa penurunan pada hasil panjang akar, jumlah daun, total luas daun, kandungan klorofil (SPAD), bobot basah akar dan tajuk, bobot kering akar dan tajuk, baik pada saat setelah stres maupun setelah pemulihan, sedangkan perbedaan varietas cabai hanya berpengaruh nyata pada total luas daun dan SPAD. Kondisi stres jenuh air tidak signifikan meningkatkan bobot kering tanaman varietas Romario dan Takanotsume pada saat sebelum stres, setelah stres, dan setelah pemulihan, sedangkan pada varietas Laris justru tetap terjadi peningkatan, yang menandakan pertumbuhan vegetatif tetap berlangsung. Laris merupakan salah satu varietas cabai yang memiliki tingkat toleran cukup tinggi terhadap stres jenuh air pada awal fase vegetatif.

Kata kunci: bobot kering tanaman, *Capsicum annum* L., stres jenuh air, *soil plant analyses development*

ABSTRACT

Vegetable cultivation in tropical riparian wetland is currently suboptimal due to unpredictability of water dynamics. Chili pepper is a fruity vegetable that is often cultivated in tropical riparian wetland but is often constrained by conditions of excessive water saturation, such as shallow water tables, waterlogging and submergence in the transition period (dry to rainy season). The aim of this research was to study the morpho-agronomy of varieties of chili peppers under *waterlogging* stress during the early vegetative stage. A Plot Design was used in this experiment. The main plot consisted of (1) control (field capacity, regularly watering) and (2) waterlogging (simulated by adding water to the growing substrate until a thin layer of water was visible above the substrate surface during four days, followed by a seven-day recovery time during seven days). The subplot consisted of three chili pepper varieties, namely Laris, Romario, and Takanotsume (Japanese variety). Results of this study revealed that *waterlogging* stress significantly affected root length, number of leaves, total leaf area, chlorophyll content (SPAD), root fresh weight, shoot fresh weight, root dry weight, and shoot dry weight after stress and after recovery time. Meanwhile, chili pepper varieties were only significantly affected the total leaf area and chlorophyll content (SPAD). The total dry weight of Romario and Takanotsume before stress, after stress and after recovery did not significantly increase under waterlogging stress, whereas the total dry weight of Laris was precisely increased, indicating that vegetative growth is continuing. The Laris was categorized as one of chili pepper varieties that had medium tolerance to waterlogging stress at the early vegetative stage.

Keywords: *Capsicum annum* L., *soil plant analyses development*, total dry weight, *waterlogging*

¹ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Ilmu Tanaman dan Hewani, Universitas Bina Insan, Jl. HM Soeharto, Lubuk Linggau Selatan, Kota Lubuklinggau 31626

² Program Studi Agroteknologi, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Sriwigama, Jl. Demang IV No.9, Lorok Pakjo, Palembang 30137

³ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Sriwijaya, Jl. Palembang-Prabumulih KM. 32, Indralaya 30662

⁴ Fakultas Pertanian, Universitas Kagoshima, Korimoto, Kagoshima 8900065

⁵ Program Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Jl. Palembang-Prabumulih KM. 32, Indralaya 30662

* Penulis Korespondensi:

E-mail: ernasiaga@univbinainsan.ac.id

PENDAHULUAN

Cabai merah (*Capsicum annum* L.) merupakan sayuran buah dengan permintaan tinggi di masyarakat Indonesia sehingga termasuk ke dalam jenis komoditas hortikultura yang bernilai ekonomi tinggi. Tanaman cabai merah tidak hanya dibudidayakan pada kondisi lahan optimal, tetapi juga pada lahan suboptimal. Salah satunya adalah pada lahan suboptimal basah, yakni rawa lebak. Cabai ditanam sebagai tanaman pangan tambahan selain padi sebagai tanaman utama (Lakitan *et al.* 2018a).

Sebagian wilayah daratan di Indonesia merupakan lahan basah, termasuk lahan basah rawa lebak yang terkategori iklim hutan hujan tropis dengan curah hujan tahunan tinggi. Muka air tanah yang tinggi hingga kondisi banjir merupakan ancaman utama bagi pertanian di rawa lebak. Distribusi tahunan curah hujan jauh lebih sulit diprediksi dalam beberapa dasawarsa terakhir. Kegagalan panen pun lebih sering dilaporkan karena faktor-faktor yang berhubungan dengan kondisi air yang tidak terduga. Saat ini, intensitas tanam di lahan rawa lebak di Indonesia masih sangat rendah. Sebagian besar petani lokal hanya menanam satu kali tanaman padi setiap tahun pada akhir musim hujan setelah air banjir surut (Lakitan *et al.* 2018a dan 2019a).

Tantangan budi daya di lahan rawa lebak terutama cabai merah pada dasarnya tidak hanya kondisi kelebihan air pada kondisi penghujan tetapi juga kondisi kekeringan pada musim kemarau. Akan tetapi, kondisi kekeringan cenderung lebih krusial dialami pada praktik budi daya tanaman di lahan gambut yang lebih disebabkan oleh faktor sifat fisik tanah gambut (Lumbantoruan *et al.* 2023). Pada lahan rawa lebak, stres jenuh air menjadi stres abiotik yang sangat mengancam produksi tanaman, disebabkan oleh pola presipitasi yang berubah-ubah (Molla *et al.* 2022) dan ketersediaan oksigen pada tanah tergenang air sangat terbatas sehingga berakibat pada terhambatnya respirasi akar, penurunan aktivitas akar, dan kekurangan energi (Voeselek *et al.* 2014, Meihana *et al.* 2017). Pengaruh negatif kondisi jenuh air pada tanah di antaranya adalah menghambat aktivasi enzim dan stabilisasi mikroba, menghambat aktivitas mikroba tanah karena keterbatasan oksigen, menyebabkan terganggunya absorpsi dan transportasi nitrogen oleh tanaman (Ferronato *et al.* 2019; Singh *et al.* 2022).

Teknologi yang terjangkau untuk budi daya tanaman sayuran termasuk cabai pada periode banjir (musim hujan) telah mulai dikembangkan di antaranya dengan sistem budi daya terapung setelah panen padi di rawa lebak, meskipun masih diperlukan eksplorasi dan pengujian lebih lanjut (Siaga *et al.* 2018). Akan tetapi, tanaman ini akan dapat dibudidayakan dengan optimal jika dilakukan di lahan setelah panen padi di periode transisi (kemarau-penghujan) atau pada kondisi air lahan surut. Hal ini membutuhkan periode penanaman yang cukup lama, kurang lebih 4–5 bulan, yang memiliki risiko berupa terpapar kondisi stres jenuh air terutama pada fase awal vegetatif. Budi daya tanaman cabai di lahan rawa lebak terutama saat periode transisi pada dasarnya dapat menjadi bagian dari upaya ekstensifikasi sehingga berpotensi meningkatkan indeks pertanaman pada lahan rawa lebak. Praktik budi daya yang tepat sangat perlu dikembangkan, tetapi terlebih dahulu perlu dikaji mengenai respons tanaman cabai pada kondisi stres jenuh air, terutama terhadap karakter morfo-agronominya.

Sifat morfo-agronomi tanaman sangat menentukan hasil tanaman karena erat kaitannya dengan sifat genetik dan faktor lingkungan. Stres jenuh air umumnya berefek buruk pada sifat morfo-agronomi tanaman (Ichsan 2021), seperti penurunan laju perluasan daun (Meihana *et al.* 2023), perubahan warna daun (penurunan kandungan klorofil) (Zainul *et al.* 2022), pembentukan akar adventif (Pan *et al.* 2021), dan penurunan bobot kering tanaman (Siaga *et al.* 2018). Respons morfo-agronomi tanaman cabai pada kondisi jenuh air terutama pada awal vegetatif menjadi salah satu langkah awal yang perlu dikaji dalam pengembangan budi daya tanaman cabai di lahan rawa lebak periode transisi. Varietas juga perlu diseleksi, yakni yang mampu menunjukkan tingkat adaptasi ataupun toleransi yang tinggi pada kondisi stres jenuh air.

METODE PENELITIAN

Percobaan dilaksanakan di *Tropical Crop Science Laboratory*, Kagoshima University, Jepang. Bahan yang digunakan berupa benih cabai varietas Indonesia, yaitu Laris dan Romario, dan varietas benih cabai Jepang yaitu Takanotsume, tanah, kompos, dan pupuk NPK (16:16:16) butiran. Alat yang digunakan meliputi pot ukuran 1,5 L, nampan pembibitan, wadah ukuran 90 cm (panjang) × 60 cm (lebar) × 20 cm (tinggi), *automation area meter* (Hayashi Denko AAM-9), dan *chlorophyll meter* (Konica Minolta SPAD-502Plus).

Penelitian ini menggunakan Rancangan Petak Berljur (*Strip Plot Design*) yang terdiri atas petak utama (A) dan anak petak (F). Pada anak petak, rancangan lingkungan yang digunakan ialah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Petak Utama (A) terdiri atas (1) kontrol (kondisi kapasitas lapangan, penyiraman rutin secara manual hingga mencapai kapasitas lapangan) dan (2) kondisi jenuh air (seluruh media tanam atau daerah perakaran terendam air). Anak petak (F) terdiri atas tiga varietas cabai: Laris, Romario, dan Takanotsume. Setiap kombinasi perlakuan (A × F) diulang sembilan kali. Dengan demikian, total ada 54 tanaman.

Penelitian diawali dengan penyemaian benih cabai selama 4 pekan pada nampan pembibitan, lalu bibit yang tumbuh dipilih seragam (jumlah daun 4 helai) dan dipindah tanam ke dalam pot yang telah diisi media tanam berupa tanah dan kompos (nisbah 1:1, v/v). Pada 2 pekan setelah tanam (MST), perlakuan jenuh air diberikan melalui perendaman area perakaran secara penuh dengan menggunakan wadah selama 4 hari, kemudian dipulihkan selama 7 hari pada masa pemulihan (kondisi seperti kontrol). Karakter morfologi dan agronomi tanaman yang diamati ialah panjang akar (cm), jumlah daun (helai), dan total luas daun (cm²), kandungan klorofil (SPAD), bobot basah dan bobot kering tanaman (cm) pada saat sebelum stres jenuh air, setelah stres jenuh air,

dan setelah periode pemulihan. Data hasil pengamatan dan pengukuran dianalisis menggunakan metode *Analysis of Variance* (ANOVA). Jika hasil menunjukkan perbedaan yang nyata, analisis dilanjutkan menggunakan Beda Nyata Terkecil (BNT) 5% dengan bantuan program SAS University Edition.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengungkapkan bahwa sebelum perlakuan kondisi stres jenuh air, jumlah daun (JD), total luas daun (TLD), bobot basah akar (BBA), bobot basah tajuk (BBT), bobot kering akar (BKA), dan bobot kering tajuk (BKT) tidak menunjukkan perbedaan nyata pada tanaman cabai sehingga dapat diasumsikan bahwa kondisi tanaman dalam kondisi homogen. Akan tetapi, hal berbeda pada terdapat pada hasil nilai SPAD yang justru menunjukkan hasil berbeda nyata pada sumber keragaman varietas dan interaksi (kondisi stres jenuh air dan varietas). Hal ini mengindikasikan bahwa varietas yang digunakan pada penelitian ini memiliki kandungan klorofil yang berbeda-beda (Tabel 1).

Pengaruh kondisi jenuh air mulai terlihat pada semua parameter yang diamati (sama seperti sebelum perlakuan) dan panjang akar saat tanaman setelah terpapar kondisi jenuh air selama 4 hari; respons yang sama juga terjadi pada saat setelah pemulihan selama 7 hari. Pengaruh varietas menunjukkan perbedaan nyata setelah terpapar kondisi jenuh air hanya pada kandungan klorofil dan hasil bobot kering tajuk (BKT), sedangkan pada saat setelah pemulihan perbedaan nyata ditunjukkan pada hasil total luas daun dan kandungan klorofil. Interaksi antara kondisi jenuh air dan varietas hanya terlihat pada hasil total luas daun, baik setelah tanaman cabai terpapar kondisi jenuh air maupun setelah pemulihan. Ini berarti bahwa pertumbuhan daun menunjukkan hasil yang berbeda jika bersama-sama mengalami

kondisi jenuh air dan pada varietas tanaman cabai yang berbeda (Tabel 1).

Sebelum perlakuan stres jenuh air, karakter morfologi dan agronomi, yaitu panjang akar (PA), jumlah daun (JD), TLD, SPAD, bobot basah akar (BBA), bobot basah tajuk (BBT), bobot kering akar (BKA), dan bobot kering tajuk (BKT) menunjukkan hasil yang sama pada ketiga varietas cabai. Setelah perlakuan stres jenuh air selama 4 hari, ketiga varietas menunjukkan hasil berbeda nyata pada TLD, SPAD, dan BKT. Varietas Laris menunjukkan hasil yang tertinggi pada BKT sedangkan varietas Takanotsume menunjukkan hasil BKT dan SPAD yang terendah. SPAD yang tertinggi diperoleh varietas Romario berbeda tidak dengan varietas Laris. TLD tertinggi didapatkan dari varietas Takanotsume dan terendah dari varietas Romario. Pada kondisi setelah pemulihan 7 hari, varietas Laris memiliki nilai TLD, BBT, dan BKT tertinggi dibandingkan dengan varietas lainnya (Tabel 2).

Pada kondisi kontrol, TLD tanaman cabai menunjukkan peningkatan, dimulai dari sebelum perlakuan, setelah perlakuan, dan setelah pemulihan. Hal berbeda pada kondisi stres jenuh air. Varietas Romario dan Takanotsume mengalami penurunan TLD pada saat sebelum perlakuan dan setelah pemulihan; sebaliknya pada varietas Laris (Gambar 1A). Nilai SPA, ketiga varietas tanaman meningkat pada kondisi kontrol, sedangkan pada kondisi stres jenuh air, nilai SPAD meningkat pada varietas Laris dan Romario. Sebaliknya, terjadi penurunan pada varietas Takanotsume sebelum perlakuan dan setelah pemulihan (Gambar 1.B).

Pada penelitian ini, varietas Romario memiliki TLD terendah setelah perlakuan daripada varietas Laris dan Takanotsume. Total luas daun yang menurun akibat stres *waterlogging* menyebabkan kapasitas fotosintesis pada varietas Romario menurun. Kapasitas fotosintesis tanaman bergantung pada laju fotosintesis bersih dan luasnya area fotosintesis

Tabel 1 Uji ANOVA pertumbuhan tanaman cabai pada kondisi kontrol dan jenuh air

Waktu pengamatan	Sumber keragaman	db	PA	JD	TLD	SPAD	BBA	BBT	BKA	BKT
Sebelum perlakuan	Stres jenuh air	1		0,00 ^{ln}	0,00 ^{ln}	18,40 ^{ln}	0,00 ^{ln}	0,00 ^{ln}	0,00 ^{ln}	0,00 ^{ln}
	Varietas	2		22,89 ^{ln}	314,00 ^{ln}	365,49 ^{**}	0,88 ^{ln}	0,70 ^{ln}	0,00 ^{ln}	0,03 ^{ln}
	Interaksi	2		0,00 ^{ln}	0,00 ^{tn}	24,77 [*]	0,00 ^{ln}	0,00 ^{ln}	0,00 ^{ln}	0,00 ^{ln}
Setelah perlakuan	Stres jenuh air	1	316,68 ^{**}	3416,89 ^{**}	255791,28 ^{**}	115,01 [*]	58,44 ^{**}	361,63 ^{**}	0,23 ^{**}	3,10 ^{**}
	Varietas	2	0,77 ^{ln}	8,22 ^{ln}	6077,64 ^{ln}	563,49 ^{**}	2,72 ^{ln}	2,48 ^{ln}	0,01 ^{ln}	0,45 [*]
	Interaksi	2	4,46 ^{ln}	77,56 ^{ln}	10082,19 [*]	1,56 ^{ln}	1,44 ^{ln}	5,43 ^{ln}	0,00 ^{ln}	0,10 ^{ln}
Setelah pemulihan	Stres jenuh air	1	544,50 ^{**}	16140,05 ^{**}	1417793,28 ^{**}	211,49 ^{**}	104,35 ^{**}	2032,54 ^{**}	1,22 ^{**}	35,76 ^{**}
	Varietas	2	1,62 ^{ln}	219,56 ^{ln}	13797,70 ^{**}	739,84 ^{**}	0,28 ^{ln}	14,41 ^{ln}	0,00 ^{ln}	0,25 ^{ln}
	Interaksi	2	4,01 ^{ln}	29,56 ^{ln}	17486,78 ^{**}	36,21 ^{ln}	0,01 ^{ln}	2,45 ^{ln}	0,00 ^{ln}	0,11 ^{ln}

Keterangan: Db = Derajat bebas, PA = Panjang akar, JD = Jumlah daun, TLD = Total luas daun, SPAD = *Soil plant analyses development*, BBA = Bobot basah akar, BBT = Bobot basah tajuk, BKA = Bobot kering akar, BKT = Bobot kering tajuk, ** = Berbeda sangat nyata, * = Berbeda nyata; dan tn = Berbeda tidak nyata.

Tabel 2 Karakter morfologi dan agronomi 3 varietas tanaman cabai pada kondisi kontrol dan jenuh air

Perlakuan	PA (cm)	JD (helai)	TLD (cm ²)	SPAD	BBA (g)	BBT (g)	BKA (g)	BKT (g)
Sebelum perlakuan								
<i>Kondisi stres</i>								
Kontrol	-	25,89 a ^z	146,07 a	55,88 a	3,143 a	5,359 a	0,183 a	0,822 a
Jenuh air	-	25,89 a	146,07 a	53,86 a	3,143 a	5,359 a	0,183 a	0,822 a
<i>Varietas</i>								
Laris	-	23,67 a	148,80 a	58,73 a	2,850 a	5,601 a	0,164 a	0,857 a
Romario	-	27,33 a	151,54 a	59,98 a	3,004 a	5,508 a	0,181 a	0,870 a
Takanotsume	-	26,67 a	137,87 a	45,88 b	3,575 a	4,967 a	0,204 a	0,741 a
Setelah perlakuan								
<i>Kondisi stres</i>								
Kontrol	24,72 a	557,00 a	355,46 a	59,73 a	5,186 a	13,545 a	0,375 a	2,068 a
Jenuh air	16,33 b	29,44 b	117,05 b	54,68 b	1,582 b	4,581 b	0,150 b	1,238 b
<i>Varietas</i>								
Laris	20,90 a	44,33 a	228,03 ab	62,65 a	4,033 a	9,339 a	0,304 a	1,970 a
Romario	20,50 a	42,00 a	209,35 b	62,95 a	3,433 a	8,328 a	0,251 a	1,503 b
Takanotsume	20,18 a	43,33 a	271,39 a	46,02 b	2,687 a	9,521 a	0,231 a	1,486 b
Setelah pemulihan								
<i>Kondisi Stres</i>								
Kontrol	28,12 a	88,67 a	636,95 a	61,40 a	5,920 a	25,723 a	0,648 a	3,769 a
Jenuh air	17,22 b	28,78 b	75,64 b	54,54 b	1,105 b	4,470 b	0,127 b	0,950 b
<i>Varietas</i>								
Laris	22,57 a	65,17 a	396,91 a	63,57 a	3,598 a	16,787 a	0,383 a	2,548 a
Romario	23,17 a	57,83 ab	303,39 b	65,17 a	3,675 a	1,743 b	0,402 a	2,386 a
Takanotsume	22,13 a	53,17 b	368,57 a	45,18 b	3,264 a	14,760 ab	0,377 a	2,145 a

Keterangan: PA = Panjang akar, JD = Jumlah daun, TLD = Total luas daun, SPAD = *Soil plant analyses development*, BBA = Bobot basah akar, BBT = Bobot basah tajuk, BKA = Bobot kering akar, BKT = Bobot kering tajuk. ^zNilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada satu kolom menunjukkan perbedaan tidak nyata secara statistik pada uji BNT ($P < 0.05$). Tanda (-) pada tabel menunjukkan bahwa data tidak ada atau tidak dapat diperoleh.

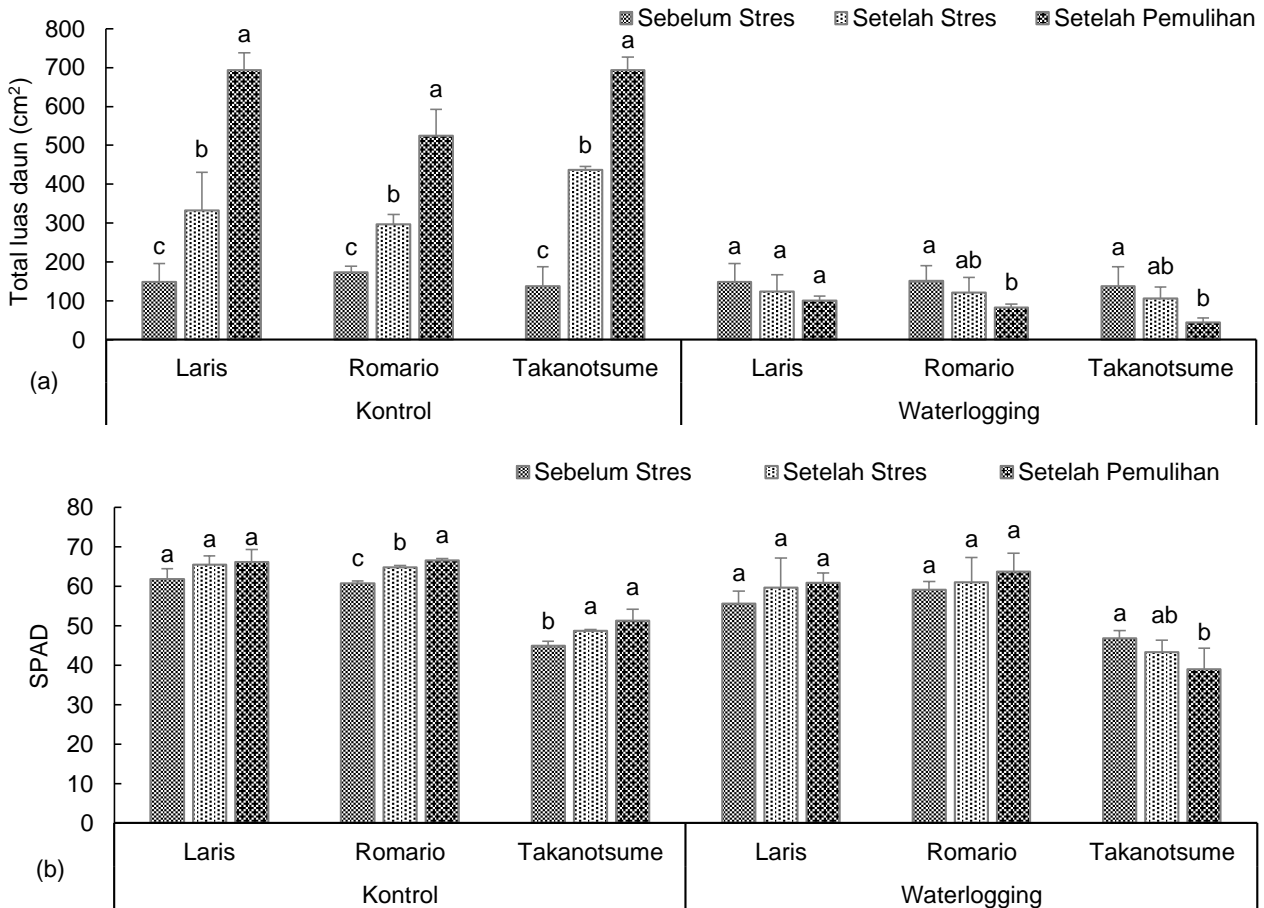
tanaman (Osakabe *et al.* 2014; Hu *et al.* 2020). Penurunan luas daun tanaman merupakan respons perubahan morfologi pada kondisi stress jenuh air (Siaga *et al.* 2019; Sakagami *et al.* 2020; Tian *et al.* 2021; Siaga *et al.* 2023). Penelitian sebelumnya juga menunjukkan respons morfologi yang sama pada tanaman terung (Meihana *et al.* 2022) dan buncis (Meihana *et al.* 2023). Daun sebagai organ fotosintesis sangat menentukan berapa banyak fotosintat yang akan dihasilkan untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal. Stres jenuh air tidak hanya menurunkan luas daun tetapi juga menurunkan biomassa, tinggi tanaman, dan fotosintesis bersih (Wu *et al.* 2015; Masoni *et al.* 2016; Tian *et al.* 2021).

Penelitian terdahulu juga telah membuktikan bahwa stres jenuh air menyebabkan kandungan klorofil pada daun menurun (Fujita *et al.* 2020; Zeng *et al.* 2020; Zhang *et al.* 2023). Penurunan kandungan klorofil pada daun mengakibatkan rusaknya sistem fotosintesis pada kloroplas, turunnya efisiensi fotosintesis, keterlambatan pertumbuhan, dan bahkan kematian tanaman (Zeng *et al.* 2020; Yan *et al.* 2022). Hal ini ditemukan pada varietas Takanotsume yang mengandung klorofil (SPAD) dan BKT yang rendah. Kandungan klorofil yang rendah menurunkan laju fotosintesis sehingga akumulasi bahan kering varietas Takanotsume juga rendah.

Daun yang lebih kecil atau total luas daun yang lebih rendah menyebabkan lebih sedikitnya permu-

kaan guna menangkap cahaya untuk fotosintesis (Gambar 1.A). Kondisi tersebut mengarahkan tanaman untuk meningkatkan kerapatan klorofil daun yang dapat dilihat secara tidak langsung pada nilai SPAD. Pendekatan tidak langsung terkait hubungan nilai SPAD dan klorofil tersebut telah terbukti akurat (Jiang *et al.* 2017) dan masih dapat diandalkan saat ini (Agarwal & Gupta 2018; Costa *et al.* 2018). Pada penelitian ini, nilai SPAD meningkat di Laris dan Romario setelah terpapar kondisi jenuh air dan selanjutnya meningkat selama periode pemulihan; tetapi sebaliknya, nilai SPAD di Takanotsume menurun (Gambar 1B). Perbedaan ini terkait dengan karakter genetik yang berbeda antara varietas Laris dan Romario (dari Indonesia) dan varietas Takanotsume (dari Jepang). Secara visual di lapangan, daun cabai Takanotsume memang memiliki tingkat kehijauan daun yang lebih rendah dibandingkan dengan varietas Laris dan Romario.

Pada kondisi kontrol, bobot kering total (BKT) tanaman cabai menunjukkan peningkatan berbeda nyata dimulai dari sebelum perlakuan, setelah perlakuan, dan setelah pemulihan. Hal berbeda pada kondisi stres jenuh air: BKT tanaman menunjukkan penurunan berbeda tidak nyata antara sebelum perlakuan, setelah perlakuan, dan setelah pemulihan pada varietas Romario dan Takanotsume, tetapi peningkatannya berbeda nyata antara sebelum



Gambar 1 a) Total luas daun nilai *Soil plant analyses development* (SPAD) dan b) Tiga varietas tanaman cabai pada kondisi kontrol dan jenuh air (*waterlogging*).

perlakuan dan setelah pemulihan pada varietas Laris (Gambar 2A).

Dari segi nisbah tajuk akar (RTA), varietas tanaman menunjukkan peningkatan berbeda tidak nyata pada kondisi kontrol, tetapi pada kondisi stres jenuh air, nilainya meningkat tetapi tidak berbeda nyata pada ketiga varietas antara setelah perlakuan dengan setelah pemulihan (Gambar 2B). RTA yang meningkat menggambarkan adanya penurunan pertumbuhan akar atau terjadi kerusakan akar akibat stres jenuh air. Kerusakan akar tersebut adalah akibat rendahnya tingkat oksigen pada kondisi jenuh air yang mengarah ke penurunan pertumbuhan tanaman (Fujita *et al.* 2020; Siaga *et al.* 2023). Respons penurunan pertumbuhan sangat berkorelasi dengan laju penimbunan BKT, bahkan berpotensi menurunkan produksi tanaman cabai (Molla *et al.* 2022). Efek jenuh air tersebut ditemukan pada rendahnya nilai bobot kering total tanaman pada varietas Takanostume (Gambar 2A).

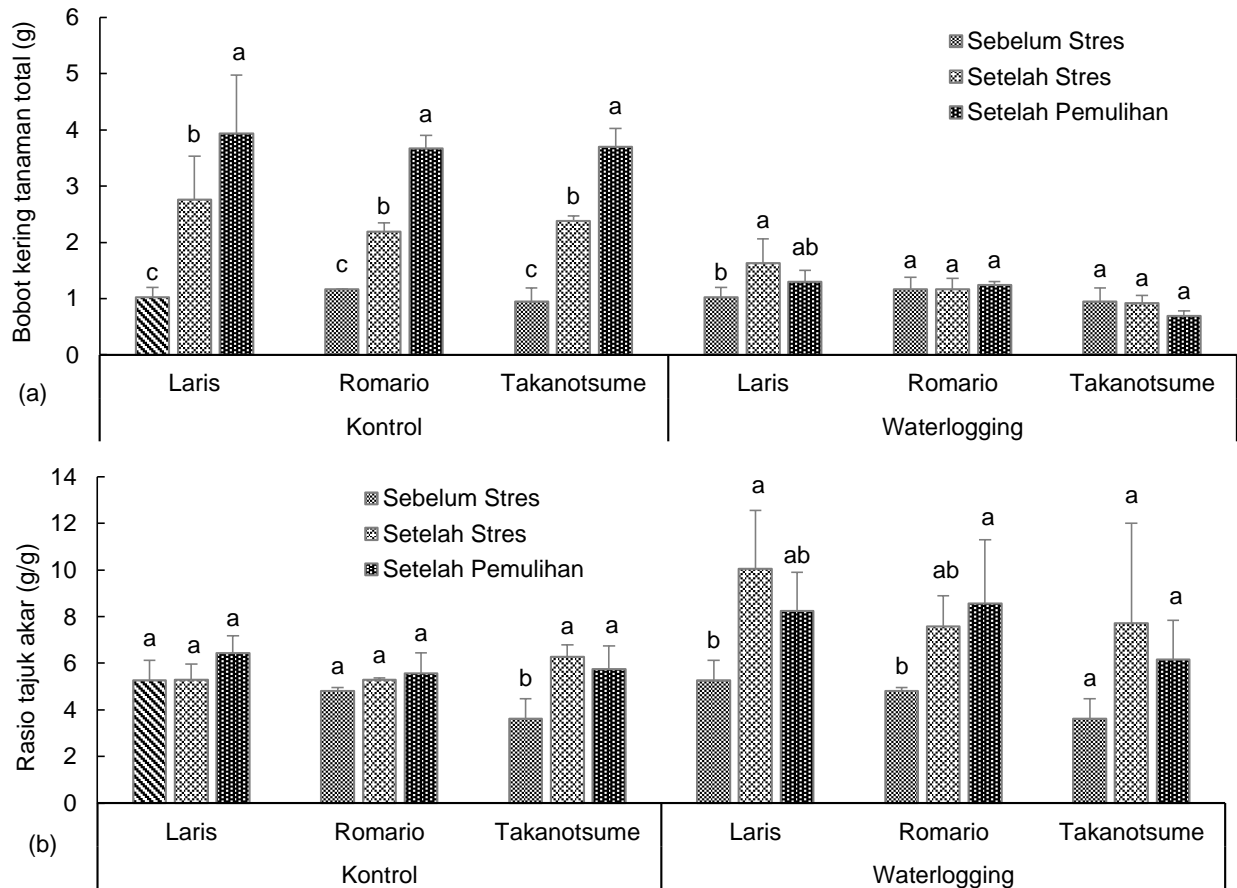
Secara keseluruhan, TLD pada semua varietas meningkat setelah perlakuan diberikan. Hal ini disebabkan respons yang positif terhadap keadaan *waterlogging* di awal perlakuan. Namun, respons yang lebih baik ditunjukkan oleh varietas Takanotsume yang memiliki TLD tertinggi di antara varietas lain. Kondisi ini diduga karena perbedaan karakter genetik

varietas masing-masing. Hubungan antara TLD dan BKT dan BKA memperlihatkan terjadi hubungan positif berupa semakin tinggi nilai TLD maka semakin tinggi juga nilai BKT dan BKA melalui persamaan regresi kuadrat, diindikasikan dengan nilai R^2 mendekati 1 pada kondisi kontrol dan mendekati 0 pada kondisi stres jenuh air (Gambar 3).

Pengaruh TLD pada BKT menunjukkan bahwa total luas daun memengaruhi total fotosintesis pada tanaman. Hubungan yang positif ini tidak ditemukan pada varietas Takanotsume yang memiliki TLD tertinggi tetapi BKT terendah. Hal ini mengindikasikan bahwa rendahnya kandungan klorofil pada varietas Takanotsume lebih besar pengaruhnya pada akumulasi bahan kering dibandingkan dengan TLD yang tinggi. SPAD yang tinggi menghasilkan akumulasi bahan kering yang tinggi pada tanaman, sebaliknya SPAD rendah akan menyebabkan laju fotosintesis turun dan akumulasi bobot kering rendah (Ren *et al.* 2023).

KESIMPULAN

Kondisi stres jenuh air mengakibatkan penurunan pada karakter morfo-agronomi tanaman cabai pada awal fase vegetatif. Terdapat interaksi antara kondisi



Gambar 2 a) Bobot kering tanaman dan rasio tajuk akar dan b) Tiga varietas tanaman cabai pada kondisi kontrol dan jenuh air (*waterlogging*).

jenuh air dan varietas tanaman cabai pada hasil total luas daun baik setelah kondisi jenuh air maupun saat setelah pemulihan. Secara morfologi, total luas daun yang lebih rendah secara langsung menurunkan luas area penangkapan cahaya oleh daun untuk fotosintesis yang sangat berhubungan erat dengan hasil bobot kering tanaman secara agronomi. Varietas Laris merupakan salah satu varietas cabai yang toleran terhadap kondisi stres jenuh air dan berpotensi untuk dikembangkan di lahan rawa lebak pada periode transisi kekeringan-tergenang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan pada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Riset Teknologi (Kemdikbud-Ristek) Program Hibah Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Nomor SK: 0557/E5.5/AL.04/2023 Tanggal 1 Juni 2023.

DAFTAR PUSTAKA

Agarwal A, Gupta SD. 2018. Assessment of spinach seedling health status and chlorophyll content by

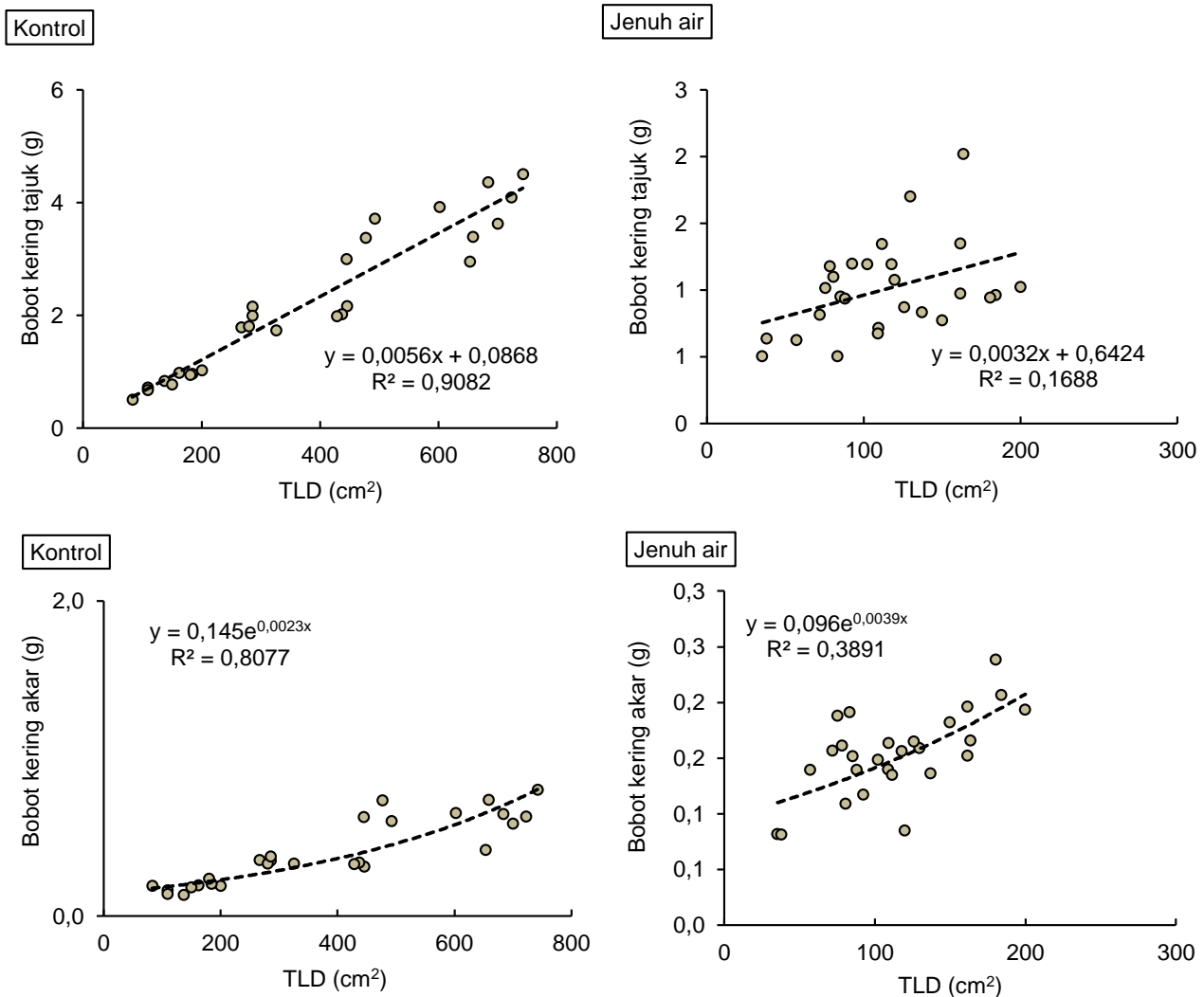
multivariate data analysis and multiple linear regression of leaf image features. *Computers and Electronics in Agriculture*. 152: 281–289. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.06.048>.

Costa FS, de Lima AS, Magalhães ID, Chaves LHG, Guerra HOC. 2018. Fruit production and SPAD index of pepper (*Capsicum annuum* L.) under nitrogen fertilizer doses. *Australian Journal of Crop Science* 12(1): 11–15. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.01.pne453>.

Ferronato C, Marinari S, Francioso O, Bello D, Trasar-Cepeda Cm Antisari LV. 2019. Effect of waterlogging on soil biochemical properties and organic matter quality in different salt marsh systems. *Geoderma*. 338: 302–312. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.12.019>.

Fujita S, Noguchi K, Tange T. 2020. Root responses of five Japanese afforestation species to waterlogging. *Forests*. 11: 552. <https://doi.org/10.3390/f11050552>.

Hu W, Lu Z, Meng F, Li X, Cong R, Ren T, Sharkey TD, Lu J. 2020. The reduction in leaf area precedes that in photosynthesis under potassium deficiency: The importance of leaf anatomy. *New Phytologist*.



Gambar 3 Hubungan peningkatan total luas daun (TLD), bobot kering tajuk, dan bobot kering akar tanaman cabai pada kondisi kontrol dan jenuh air.

227(6): 1749–1763.
<https://doi.org/10.1111/nph.16644>.

Ichsan CN. 2021. Morpho-agronomic traits and balance of sink and source of rice planted on upland rainfed. Dalam: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 667(1): 012108. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/667/1/012108>.

Jiang C, Johkan M, Hohjo M, Tsukagoshi S, Maruo T. 2017. A correlation analysis on chlorophyll content and SPAD value in tomato leaves. *Hort Research*. 71: 37–42. <https://doi.org/10.20776/s18808824-71-p37>.

Lakitan B, Hadi B, Herlinda S, Siaga E, Widuri LI, Kartika K, Lindiana L, Yunindyawati Y, Meihana M. 2018. Recognizing farmers' practices and constraints for intensifying rice production at Riparian Wetlands in Indonesia. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*. 5: 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2018.05.004>.

Lumbantoruan SM, Paulina M, Siaga E, Aggraini S. 2023. Growth response and nutrition uptake of corn

plants on drought stress in peat soil. Dalam: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 160(1): 012020.. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1160/1/012020>.

Mahmud N. 2021. Studi Pengembangan Lahan Rawa Lebak Polder Alabio Hulu Sungai Utara Kalimantan Selatan. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Wamadewa*. 10: 13–24. <https://doi.org/10.22225/pd.10.1.2242.13-24>.

Masoni A, Pampana S, Arduini I. 2016. Barley's response to waterlogging duration at tillering. *Crop Science*. 56: 2722–2730. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.02.0106>.

Meihana M, Lakitan B, Harun MU, Widuri LI, Kartika K, Siaga E, Kriswantoro H. 2017. Steady shallow water table did not decrease leaf expansion rate, specific leaf weight, and specific leaf water content in tomato plants. *Australian Journal of Crop Science*. 11(12): 1635–1641. <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.12.pne808>.

- Meihana M, Lakitan B. 2022. The impact of groundwater level stress on the morphological, anatomical and physiological of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in the generative phase. *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi dan Budi daya Perairan*. 20(2): 280–291. <https://doi.org/10.32663/ja.v20i2.3248>.
- Meihana M, Siaga E, Lakitan B. 2023. Perubahan morfologis dan anatomis tanaman terong pada kondisi muka air tanah dangkal dan tergenang pada fase generatif. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 28(2): 235–243. <https://doi.org/10.18343/jipi.28.2.235>.
- Molla, MR, Rohman MM, Islam MR, Hasanuzzaman M, Hassan L. 2022. Screening and evaluation of chilli (*Capsicum annum* L.) genotypes for waterlogging tolerance at seedling stage. *Biocell*. 46(7): 1613–1627. <https://doi.org/10.32604/biocell.2022.019243>.
- Osakabe Y, Osakabe K, Shinozaki K, Tran LSP. 2014. Responce of plants to water stress. *Frontiers in Plant Science*. 5: 86.
- Pan J, Sharif R, Xu X, Chen X. 2021. Mechanisms of waterlogging tolerance in plants: Research progress and prospects. *Frontiers in Plant Science*. 11: 627331. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.627331>.
- Ren B, Yu W, Liu P, Zhao B, Zhang J. 2023. Responses of photosynthetic characteristics and leaf senescence in summer maize to simultaneous stresses of waterlogging and shading. *The Crop Journal*. 11(1): 269–277. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2022.06.003>.
- Sakagami JI, Iwata Y, Nurrahma AHI, Siaga E, Junaedi A, Yabuta S. 2020. Plant adaptations to anaerobic stress caused by flooding. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 418(1): 012080. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/418/1/012080>
- Saleh E. 2020. Sistem polder untuk pengendali tinggi muka air lahan sawah rawa lebak. Dalam: *Agropross: National Conference Proceedings of Agriculture*. 8: 87–91. <https://doi.org/10.25047/agropross.2020.39>.
- Siaga E, Lakitan B, Bernas SM, Wijaya A, Lisda R, Ramadhani F, Widuri LI, Kartika K, Meihana M. 2018. Application of floating culture system in chili pepper (*Capsicum annum* L.) during prolonged flooding period at riparian wetland in Indonesia. *Australian Journal of Crop Science*. 12(5): 808–816. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.05.PNE1007>.
- Siaga E, Sakagami JI, Lakitan B, Yabuta S, Hasbi H, Bernas SM, Kartika K, Widuri LI. 2019. Morphophysiological responses of chili peppers (*Capsicum annum*) to short-term exposure of water-saturated rhizosphere. *Australian Journal of Crop Science*. 13(11): 1865–1872. <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.11.p2046>.
- Siaga E, Sakagami JI, Lakitan B, Yabuta S, Kartika K, Widuri LI. (2023, January). Responses of roots and leaves in nine varieties of chili pepper (*Capsicum annum* L.) to water saturated rhizosphere. Dalam *AIP Conference Proceedings*. 2583(1). <https://doi.org/10.1063/5.0116389>.
- Singh SHIKHA, Singh G. 2022. Soil waterlogging: cause, impact, and management. *Soil Constraints on Crop Production*. Cambridge UK: Cambridge Scholars Publishing.
- Tian L, Li J, Bi W, Zuo S, Li L, Li W, Sun L. 2019. Effects of waterlogging stress at different growth stages on the photosynthetic characteristics and grain yield of spring maize (*Zea mays* L.) under field conditions. *Agricultural Water Management*. 218: 250–258. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.054>.
- Voesenek LACJ, van Veen H, Sasidharan RJAP. 2014. Learning from nature: the use of non-model species to identify novel acclimations to flooding stress. *AoB Plants*, 6. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plu016>.
- Wu X, Tang Y, Li C, Wu C, Huang G. 2015. Chlorophyll fluorescence and yield responses of winter wheat to waterlogging at different growth stages. *Plant Production Science*. 18: 284–294. <https://doi.org/10.1626/pp.s.18.284>.
- Yan X, Han Y, Hao J, Qin X, Liu C, Fan S. 2022. Exogenous spermidine enhances the photosynthesis and ultrastructure of lettuce seedlings under high-temperature stress. *Scientia Horticulturae*. 291: 110570. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110570>.
- Zainul LAB, Soeparjono S, Setiawati TC. 2022. The application of silica fertilizer to increase resistance of chili pepper plant (*Capsicum annum* L.) to waterlogging stress. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 50(2): 172–179. <https://doi.org/10.24831/jai.v50i2.40430>.
- Zeng R, Chen L, Wang X, Cao J, Li X, Xu X, Xia Q, Chen T, Zhang L. 2020. Effect of waterlogging stress on dry matter accumulation, photosynthesis characteristics, yield, and yield components in three different ecotypes of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Agronomy*. 10(9): 1244. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091244>.
- Zhang R, Yue Z, Chen X, Huang R, Zhou Y, Cao X. 2023. Effects of waterlogging at different growth stages on the photosynthetic characteristics and grain yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Scientific Reports*. 13(1): 7212. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-32478-8>.