

## Respons Morfologi dan Anatomi Kultivar Cabai (*Capsicum annuum* L) dan Penetapan Tingkat Toleransinya terhadap Defisit Air

### *Morphological and Anatomical Response of Chili Cultivars (*Capsicum annuum* L) and Determining Their Tolerance Level to Water Deficit*

Peni Lestari<sup>1</sup>, Carolina Evelyn<sup>2</sup>, Indra Gunawan<sup>1</sup>, Wahyu Widiyono<sup>3\*</sup>, Muhamad Syukur<sup>4</sup>, Trikoesoemaningtyas<sup>4</sup>, Dasumiati<sup>2</sup>

Diterima 26 Juni 2024/ Disetujui 12 Desember 2024

#### ABSTRACT

*Drought stress causes economic losses in chili (*Capsicum annuum* L.) farming in Indonesia. Identification of drought-tolerant chili cultivars is needed as the first step in developing drought-tolerant chili varieties. The research aims to identify morpho-anatomical changes in several chili cultivars and determine their tolerance level to water deficit using the DSI (Drought Sensitivity Index). The study was accomplished from February to August 2022 at the National Research and Innovation Agency (BRIN), Cibinong. The experimental plots were arranged using a nested Randomized Complete Block Design (RCBD). The main plot comprised media humidity (80% and 35% field capacity), with subplots consisting of six chili cultivars. The results showed that plants were dormant while flowering time and harvest time were delayed under water deficit conditions, trichome density increased, while other variables decreased. A decrease in vegetative growth and late emergence of flower buds (phenology) preceded a decrease in yield. Chili cv. SSP and Genie were determined to be tolerant to water deficit conditions based on the SSI.*

*Keywords: drought stress, drought sensitivity index, drought tolerance, phenology*

#### ABSTRAK

Kekeringan menyebabkan kerugian ekonomi pada usahatani cabai (*Capsicum annuum* L.) di Indonesia. Identifikasi kultivar cabai toleran kekeringan diperlukan sebagai langkah awal perakitan varietas cabai toleran kekeringan. Penelitian bertujuan mengidentifikasi perubahan morfo-anatomi beberapa kultivar cabai dan menetapkan tingkat toleransinya terhadap kondisi kekurangan air menggunakan ISK (Indeks Sensitivitas Kekeringan). Penelitian dilaksanakan di bulan Februari – Agustus 2022 di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Cibinong, Jawa Barat. Percobaan disusun berdasarkan Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLK) pola tersarang. Petak utama adalah kelembaban media (80% dan 35% kapasitas lapang). Anak petak adalah enam kultivar cabai. Hasil menunjukkan defisit air menyebabkan tanaman dorman, umur berbunga dan umur panen menjadi lebih lama, kerapatan trikoma meningkat, sedangkan peubah lain menurun. Penurunan pertumbuhan vegetatif dan tertundanya pembungaan (fenologi) mendahului penurunan hasil. SSP dan Genie ditetapkan toleran terhadap kondisi defisit air berdasarkan nilai ISK.

Kata kunci: cekaman kekeringan, fenologi, indeks sensitivitas kekeringan, toleransi kekeringan

<sup>1</sup>Pusat Riset Hortikultura, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, KST Soekarno, Jl. Raya Jakarta-Bogor KM 46, Cibinong 16911, Indonesia.

<sup>2</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jl. Ir. H. Juanda No 95, Tangerang Selatan 15412, Indonesia.

<sup>3</sup>Pusat Riset Botani Terapan, Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, KST Soekarno, Jl Raya Jakarta-Bogor KM 46, Cibinong 16911, Indonesia.

<sup>4</sup>Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia.

E-mail: [wahyu\\_widiyono@yahoo.com](mailto:wahyu_widiyono@yahoo.com) (\*penulis korespondensi)

## PENDAHULUAN

Cabai (*Capsicum sp.*) digunakan dalam kuliner dan pengobatan tradisional di Indonesia (Ahmad *et al.*, 2021). Buah cabai juga menjadi bahan baku penting industri pangan, farmasi, dan kosmetik (Saleh *et al.*, 2018). Mengonsumsi buah cabai hingga dosis tertentu baik bagi kesehatan, seperti peningkatan metabolisme, pereda nyeri, kesehatan jantung, dan pengobatan diabetes (Lestari, 2021). Cabai merah (*Capsicum annuum L.*) merupakan spesies yang paling populer di Indonesia (Wijaya *et al.*, 2020).

Badan Pusat Statistik (Puspitasari *et al.*, 2022) mencatat perubahan iklim memicu kejadian kekeringan dan gagal panen cabai menjadi semakin sering dengan area terdampak semakin luas selama 2014-2020. Hal ini karena cabai termasuk komoditas peka terhadap kekeringan. Kondisi 80% Kapasitas Lapang (80%KL) ideal untuk pertumbuhan cabai (Susila *et al.*, 2023). Kondisi 35%KL menyebabkan cekaman kekeringan bagi *C. annuum* (Okunlola *et al.*, 2017; Lestari *et al.*, 2023b) dan menyebabkan kehilangan hasil panen hingga 63%. Penggunaan air tanaman ini meningkat seiring dengan peningkatan ketersediaan air (Supriadi *et al.*, 2018). Perakitan cabai toleran kekeringan menjadi langkah penting mitigasi kekeringan di masa depan.

Penggunaan kultivar sebagai materi pemuliaan akan mempersingkat proses perakitan cabai toleran kekeringan, sebab berbagai karakter unggul telah berkumpul dalam satu individu. Penggunaan *C. annuum* sebagai materi pemuliaan memiliki arti penting, yaitu (1) memiliki bentuk tanaman, daun, dan buah beragam, begitu juga umur berbunga (Wijaya *et al.*, 2020), (2) telah dibudidayakan sepanjang tahun di berbagai wilayah Indonesia, sehingga lebih mudah diterima pasar.

Pemulia tanaman telah menggunakan berbagai biometrik dalam mengevaluasi toleransi kekeringan tanaman. Indeks Sensitivitas Kekeringan (ISK) telah digunakan dalam penapisan toleransi cabai (Rosmaina *et al.*, 2019) dan terung pada cekaman abiotik berbasis daya hasil (Sobir *et al.*, 2018), termasuk kekeringan, serta spesies lain. Penelitian bertujuan mendeteksi perubahan morfologi dan anatomi pada enam kultivar cabai serta menilai tingkat toleransinya terhadap kelangkaan air dengan menggunakan ISK.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di fasilitas rumah kaca dan Laboratorium Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Cibinong, Jawa Barat. Plot percobaan disusun berdasarkan Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLK) dengan rancangan perlakuan tersarang. Enam kultivar cabai komersial (Anies, Hot Banana, Adelina, SSP, Bara, dan Genie) disusun tersarang pada perlakuan kelembaban media, yaitu 80% dan 35% Kapasitas Lapang (KL). Perlakuan diulang tiga kali. Tiga tanaman per ulangan, sehingga diperoleh 36 satuan percobaan dan 108 satuan pengamatan.

## Persiapan Material Tanaman dan Media Tanam

Benih cabai direndam air hangat ( $\pm 4$  °C) selama 24 jam, lalu ditanam dalam tray semai berisi campuran arang sekam, kompos daun, dan pupuk kandang kambing (1:1:1, v/v). Bibit seragam dan sehat, berumur 28 hari (6-8 helai daun), dipindah tanam, dan diberi cekaman kekeringan hingga kuncup bunga pertama mekar. Tanaman diamati dan dirawat hingga delapan kali panen. Pupuk NPK (16:16:16) cair (konsentrasi 2 g L<sup>-1</sup>), sebanyak 250 mL tanaman<sup>-1</sup>, diberikan setiap minggu. Bersama dengan itu, tanaman disiram dengan 200 mL tanaman<sup>-1</sup> pupuk hayati berisi konsorsium mikroba (10% b/v). Boron diaplikasikan setelah kuncup bunga muncul dengan dosis seperti NPK. Panen dilakukan pada buah merah.

## Penentuan Kapasitas Lapang dan Perlakuan Kekeringan

Kapasitas lapang ditentukan berdasarkan gravimetri (Liyanage *et al.*, 2022). Sebanyak 4.5 kg campuran media tanam seperti persemaian dimasukkan dalam polibag tanpa lubang (40x40 cm) agar air menyebar merata dalam media. Media tanam dijenuhkan dan diletakkan di tempat teduh. Setelah media jenuh ( $\pm 24$  jam), bagian dasar polibag dilubangi dan ditunggu hingga air berhenti menetes. Media ditimbang dan dicatat sebagai bobot media pada kondisi 100% KL (BB 100% KL, kg). Mengacu pada FAO, kapasitas lapang adalah kadar air media tanam setelah air berlebih hampir berhenti mengalir karena gaya gravitasi (Liyanage *et al.*, 2022). Sebanyak 10 g sampel media jenuh (BJ) diambil, dikeringkan (60 °C) hingga mencapai berat stabil, ditimbang, dan dicatat sebagai bobot kering (BK). Volume air saat kapasitas lapang adalah BJ – BK. Volume air yang ditambahkan pada perlakuan 80% KL dan 35% KL ditentukan dari % volume air pada 100% KL.

## Peukuran Karakter Agronomi, Komponen Hasil dan Hasil

Kontrol kelembaban media dilakukan melalui penambahan air sebesar selisih bobot media pada hari penimbangan dengan penimbangan sebelumnya. Tinggi tanaman (cm) diukur mulai ruas bekas kotiledon hingga percabangan dikotomus pertama, diameter batang pada ruas bekas kotiledon (cm), panjang dan lebar daun (cm), jumlah helai daun diamati setiap minggu. Ukuran sisi terpanjang dan terlebar daun diamati pada daun yang sama, yaitu daun termuda yang telah membuka sempurna pada saat pindah tanam.

Umur berbunga dan umur panen (hari setelah tanam, HST) dicatat saat 50% tanaman sampel muncul kuncup bunga fase 1, yaitu fase keluar kelopak, sedangkan tangkai bunga dan kelompok bunga belum terlihat (Ji *et al.*, 2013) atau buah mencapai warna merah sempurna. Jumlah buah per tanaman (buah), bobot buah per tanaman (g), dan panjang buah tanpa tangkai (cm) merupakan akumulasi delapan kali panen. Hanya buah merah dan sehat yang dihitung sebagai bobot buah per tanaman. Biomass tanaman (g) ditimbang setelah

panen ke delapan dengan mencabut tanaman, membersihkan, memotong, dan mengeringkan (40 °C) selama 72 jam, lalu ditimbang bobot keringnya. Bagian daun, batang, dan akar tanaman diukur terpisah. Kerapatan stomata dan trikoma, serta tebal mesofil diamati pada daun di percabangan dikotom setelah kuncup bunga keluar. Kondisi mikroklimat (suhu, kelembaban udara, dan intensitas cahaya) diamati setiap hari.

### Pengukuran Kerapatan Stomata dan Kerapatan Trikoma

Kuteks tanpa warna dioleskan merata di bagian ujung, tengah, dan pangkal permukaan daun bagian bawah (tanpa tulang daun) antara pukul 9-11. Setelah kuteks mengering, lapisan kuteks secara hati-hati dilepas menggunakan selotip bening, ditempelkan pada kaca preparat, dan diamati di bawah mikroskop cahaya (perbesaran total 400x) (Koch *et al.*, 2019). Kerapatan stomata (KS) dihitung dengan membagi jumlah stomata terhadap luas bidang pandang (0.12 mm). Kerapatan stomata diklasifikasikan menjadi rendah (<300 buah mm<sup>-2</sup>), sedang (300-500 buah.mm<sup>-2</sup>), dan tinggi (>500 buah mm<sup>-2</sup>) berdasarkan Haryanti (2010).

Pengukuran trikoma dilakukan secara destruktif. Daun di sekitar dikotom dipetik, dimasukkan plastik klip, dan dibawa ke laboratorium. Jumlah trikoma di bagian pangkal dan tengah permukaan daun bagian bawah, tanpa tulang daun, dihitung di bawah mikroskop stereo Nikon SMZ1000 dengan perbesaran 2x. Kerapatan trikoma diklasifikasikan menjadi rendah (<5 buah mm<sup>-2</sup>), sedang (5-10 buah mm<sup>-2</sup>), dan tinggi (>10 buah mm<sup>-2</sup>).

### Analisa Data

Data dianalisa berdasarkan uji ragam dengan uji lanjut BNT ( $\alpha=5\%$ ) (www.PBSTAT.com). Nilai ISK (Indeks Sensitifitas Kekeringan) dihitung dengan membandingkan nilai hasil setiap kultivar pada kondisi kontrol dan defisit air, serta membandingkan nilai hasil rerata populasi pada kondisi kontrol dan defisit air (Fernandez, 1992). Varietas toleran defisit air memiliki nilai ISK <0.50, medium jika ISK 0.50 ≤ ISK ≤1.00, dan peka jika nilai ISK >1.00.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Fase Vegetatif Tanaman

Tanaman cabai besar secara alami memiliki tinggi dikotomus lebih pendek dan ukuran daun lebih besar dibandingkan cabai rawit. Tinggi dikotomus dan ukuran daun cabai keriting berada diantara keduanya. Pada penelitian ini, tinggi akhir tanaman diukur ketika kuncup bunga muncul pada fase 1, dimana kuncup bunga baru terlihat kelopak, sedangkan mahkota dan tangkai bunga belum terlihat (Ji *et al.*, 2013). Pada saat itu, tinggi tanaman serupa dengan tinggi dikotomus. Tinggi dikotomus berhubungan dengan waktu berbunga, sebab bunga perdana cabai muncul pada percabangan dikotomus pertama.

Kekurangan air menyebabkan pertumbuhan enam kultivar cabai terhambat, terutama pada ukuran batang (tinggi tanaman, tinggi dikotomus, diameter batang) dan daun (panjang, lebar, dan jumlah daun). Besarnya bervariasi antar kultivar. Tinggi dikotomus berkurang 13.26% akibat kekeringan, sedangkan diameter batang berkurang 21.16% (Tabel 1 dan Gambar 1). Adelina berada di posisi terendah untuk kedua karakter ini, baik pada kondisi kontrol maupun kekurangan air. Ukuran dan jumlah daun juga berkurang saat tanaman kekurangan air. Panjang dan lebar daun memendek dari 7.30-9.24 cm dan 3.12-4.25 cm menjadi 5.39-6.71 cm dan 2.07-2.86 cm. Jumlah daun berkurang dari 15-26 helai per tanaman menjadi 12-17 helai per tanaman (Tabel 2).

Cekaman kekeringan mempengaruhi vegetatif tanaman, termasuk tanaman cabai (Widuri *et al.*, 2020; Lestari *et al.*, 2023b) dan stroberi (Yenni *et al.*, 2022). Hal ini tidak terlepas dari peranan air dalam pertumbuhan sel tanaman. Air berperan besar dalam proses penyerapan unsur hara, distribusi sejumlah unsur dan hasil fotosintesis ke seluruh bagian tanaman, bahkan menjaga turgor sel terutama pada tanaman herba. Proses-proses fisiologis tersebut berkaitan erat dengan transpirasi.

Bila air tersedia dalam jumlah cukup, stomata daun akan membuka semakin lebar seiring dengan peningkatan suhu dan intensitas cahaya yang diterima tanaman. Sejumlah air ditranspirasikan keluar melalui lubang stomata, bersamaan dengan distribusi molekul ke seluruh tubuh tanaman, dan menyebabkan air masuk ke dalam akar tanaman (Hamim 2012). Masuk dan keluarnya air terjadi melalui perbedaan potensial air. Perbedaan nilai potensial air antara akar dan tanah menjadi semakin besar pada kondisi kekurangan air (Lambers and Oliveira, 2019), menyebabkan air sulit masuk ke dalam akar, transportasi sejumlah molekul menjadi terganggu (Basu *et al.*, 2016), dan memberi sinyal pada stomata untuk menutup. Hal ini mengawali terjadinya gangguan mitosis, pemanjangan dan perluasan sel tanaman (Basu *et al.*, 2016; Lestari *et al.*, 2023a). Pada akhirnya menyebabkan ukuran organ mengecil.

Ukuran daun yang lebih kecil kemudian membatasi laju fotosintesis, sehingga menurunkan laju pertumbuhan. Penurunan konduktansi stomata, ukuran batang, serta ukuran dan jumlah daun merupakan bentuk *dehydration tolerance*, yaitu strategi tanaman mengurangi transpirasi agar jaringan tetap terhidrasi dan proses metabolisme tetap berlangsung meskipun kondisi kurang air (Sopandie, 2013).

Daun merupakan organ atas tanah yang paling terdampak kekeringan (Widuri *et al.*, 2020b). Daun cabai memiliki kadar air tinggi (mencapai 80% bobot segar), sehingga sangat mudah layu (Lestari *et al.*, 2023a). Pengamatan anatomi terhadap kerapatan stomata, tebal mesofil, dan kerapatan trikoma memberi informasi lebih detil mengenai kemampuan setiap kultivar cabai menjaga hidrasi jaringan di bawah kondisi kekurangan air (Galdon-Armero *et al.*, 2018). Hasil pengamatan menunjukkan tanaman mengalami kekurangan air melalui kerapatan stomata lebih rendah, mesofil lebih

tebal, dan trikoma lebih rapat, dibandingkan kondisi tanpa cekaman (Tabel 3).

Stomata yang jarang, disertai dengan daun yang lebih tebal dan trikoma yang rapat akan mengurangi transpirasi dan membantu tanaman mempertahankan keseimbangan air di musim kering. Kultivar cabai rawit pada penelitian ini mengalami penurunan kerapatan stomata lebih banyak dibandingkan kultivar cabai keriting dan cabai besar (Gambar 2). Menariknya, SSP tidak mengalami perubahan rata-rata kerapatan stomata (332.30 buah mm<sup>-2</sup>, kategori sedang).

Berbeda dengan SSP, Adelina justru memiliki stomata lebih rapat dan trikoma lebih jarang pada kondisi kering, yang mengindikasikan peka terhadap kekeringan. Penurunan kerapatan stomata hingga 33.70 % akibat cekaman kekeringan juga dilaporkan pada padi hitam (Mudhor *et al.*, 2022).

**Fase reproduktif**

Waktu muncul percabangan dikotomus, disusul kuncup bunga menjadi tanda morfologi awal peralihan fase vegetatif ke fase reproduktif pada cabai. Uji ragam menunjukkan

Tabel 1. Rerata tinggi dikotomus dan diameter batang enam kultivar cabai pada kondisi tanpa cekaman dan kondisi kekurangan + air saat kuncup bunga keluar

Kelembaban media	Kultivar	Tinggi Dikotomus (cm)	Diameter Batang (cm)
Tanpa cekaman (80% KL)	Anies	22.38 c	0.35
	Hot Banana	28.72 b	0.41
	Adelina	22.00 c	0.29
	SSP	28.88 b	0.31
	Bara	29.63 b	0.32
	Genie	38.22 a	0.35
Kekurangan air (35% KL)	Anies	22.62 b	0.28
	Hot Banana	21.33 bc	0.31
	Adelina	17.97 c	0.24
	SSP	23.50 b	0.24
	Bara	28.92 a	0.25
	Genie	32.28 a	0.28

Keterangan: Nilai rerata yang diikuti huruf berbeda pada kolom dan perlakuan yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf alpha 5%.

Tabel 2. Rerata panjang daun, lebar daun, dan jumlah daun enam kultivar cabai pada kondisi tanpa cekaman dan kondisi kekurangan air

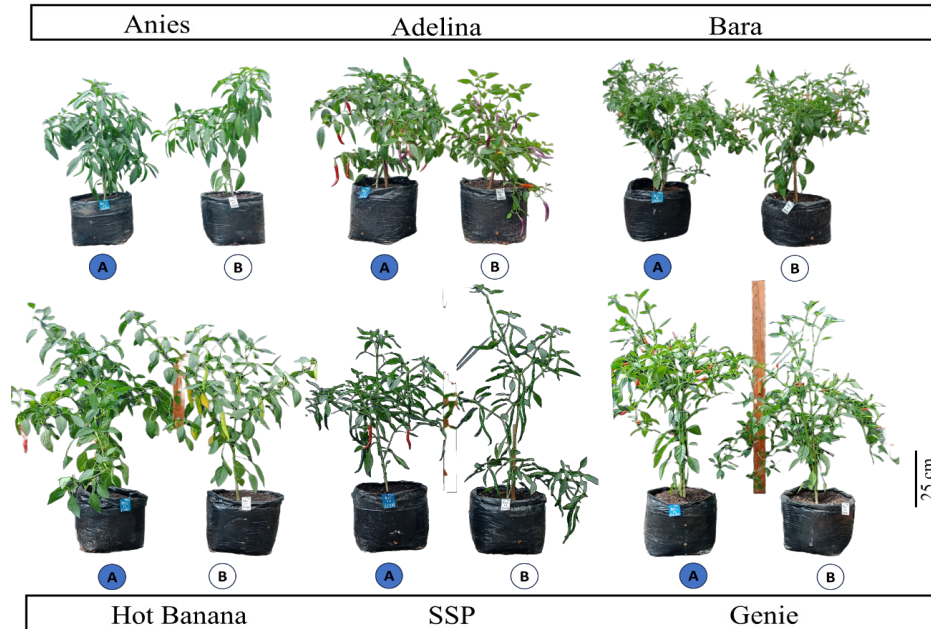
Kelembaban media	Kultivar	Panjang daun (cm)	Lebar daun (cm)	Jumlah daun (helai)
Tanpa cekaman (80% KL)	Anies	9.24 a	3.71 c	22.33 a
	Hot Banana	8.68 ab	4.25 d	25.89 a
	Adelina	8.51 b	3.60 bc	15.22 b
	SSP	7.81 c	3.12 a	18.56 ab
	Bara	7.30 d	3.25 ab	18.55 ab
	Genie	8.22 bc	3.55 b	19.33 ab
Kekurangan air (35% KL)	Anies	6.71 a	2.82 a	14.00 ab
	Hot Banana	6.14 ab	2.86 a	17.11 a
	Adelina	5.77 bc	2.68 a	12.22 b
	SSP	5.48 c	2.07 b	12.56 b
	Bara	5.39 c	2.47 ab	14.45 ab
	Genie	5.72 bc	2.66 a	15.45 ab

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf berbeda pada kolom dan perlakuan yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf alpha 5%.

kekurangan air nyata menunda umur berbunga dan umur panen, mulai 9 hari dan 19 hari (Bara) hingga 18 hari dan 36 hari (Anies) (Tabel 4).

Fase reproduktif yang tertunda termasuk bagian dari mekanisme toleransi tanaman terhadap kekeringan (Sopandie, 2013). Pada kondisi kering, tanaman mengalami dormansi untuk menghemat energi pertumbuhan. Dormansi dapat

diamati pada stagnansi pertambahan panjang batang, juga penundaan pertumbuhan kuncup, termasuk kuncup bunga dan daun. Dormansi menyebabkan tanaman tidak optimal membentuk organ-organ vegetatif, yang berdampak pada biomassa. Pada penelitian ini tampak bahwa biomassa tanaman menurun dari 7.63 g (SSP) - 10.46 g (Anies) menjadi 1.94 g (Genie) - 5.46 g (Anies) akibat kekurangan air.

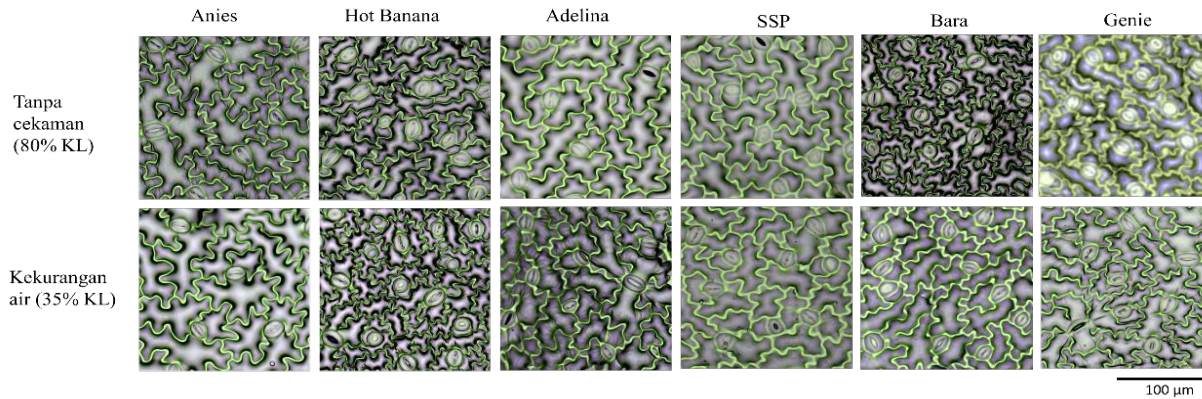


Gambar 1. Penampilan tanaman enam kultivar cabai pada 80% Kapasitas Lapang (80% KL) (A) dan 35% KL (B)

Tabel 3. Rerata kerapatan stomata, krapatan trikoma, dan tebal mesofil enam kultivar cabai pada kondisi tanpa cekaman dan kondisi kekurangan air

Kelembaban media	Kultivar	Kerapatan stomata (buah mm <sup>-2</sup> )	Kerapatan trikoma (buah mm <sup>-2</sup> )	Tebal mesofil (µm)
Tanpa cekaman (80% KL)	Anies	200.60 c	0.20 d	282.42 cd
	Hot Banana	433.37 a	0.97 cd	365.36 b
	Adelina	235.82 c	1.32 b	208.11 e
	SSP	332.30 b	1.04 c	237.80 de
	Bara	430.31 a	2.05 ab	318.61 bc
	Genie	402.74 a	2.44 a	423.57 a
Kekurangan air (35% KL)	Anies	168.44 c	0.76 c	424.18 c
	Hot Banana	378.24 a	1.24 b	598.05 a
	Adelina	260.33 b	1.21 b	396.58 c
	SSP	332.30 a	2.88 a	365.54 c
	Bara	343.02 a	2.12 ab	514.05 b
	Genie	248.07 b	2.63 a	492.89 bc

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf berbeda pada kolom dan perlakuan yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada alpha 5%.



Gambar 2. Bentuk dan kerapatan stomata enam kultivar cabai pada kondisi tanpa cekaman dan kekurangan air

Tabel 4. Rerata umur berbunga, umur panen, dan biomass tanaman enam kultivar cabai pada kondisi tanpa cekaman dan kondisi kekurangan air

Kelembaban media	Kultivar	Umur berbunga (HST)	Umur panen (HST)	Biomass tanaman (g)
Tanpa cekaman (80% KL)	Anies	46.67 c	66.00 c	10.47 a
	Hot Banana	51.33 b	82.33 ab	9.01 c
	Adelina	46.33 c	86.33 a	10.33 ab
	SSP	45.67 c	72.67 c	7.64 d
	Bara	51.00 b	70.33 c	10.00 abc
	Genie	54.67 a	75.00 bc	9.37 bc
Kekurangan air (35% KL)	Anies	64.00 bc	102.00 b	5.46 a
	Hot Banana	67.00 a	107.67 ab	4.19 b
	Adelina	62.67 cd	114.67 a	3.07 c
	SSP	65.00 b	95.67 cd	2.59 cd
	Bara	60.67 d	89.67 d	2.90 cd
	Genie	66.00 ab	101.67 bc	1.95 d

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom dan perlakuan yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf alpha 5%.

Pada penelitian ini tidak diamati proses pemulihan tanaman, tetapi Lestari (2023b) mengungkapkan bahwa salah satu identifikasi tanaman toleran kering terletak pada kemampuan pulih pasca kekeringan. Pada penelitiannya diketahui bahwa tanaman cabai toleran akan segera berbunga ketika kondisi air tersedia, sementara genotipe peka akan cenderung membentuk organ-organ vegetatif.

### Hasil dan komponen hasil

Penurunan produksi buah akibat kekurangan air telah dilaporkan pada lintas spesies, termasuk cabai (Rosmaina *et al.*, 2019; Pamirelli dan Rao, 2021). Kekurangan air menyebabkan ukuran buah memendek dan jumlah buah berkurang, baik pada cabai besar (Anies dan Hot Banana), cabai keriting (Adelina dan SSP), dan cabai rawit (Genie dan Bara). Sebagai hasilnya, total bobot buah segar per tanaman menjadi lebih kecil dibandingkan kontrol.

Peubah jumlah buah tampak lebih mempengaruhi hasil dibandingkan ukuran per individu buah, sebab bobot total buah menurun seiring dengan pengurangan jumlah buah. Penurunan hasil terbesar terjadi pada Hot Banana dan Adelina yang memproduksi buah lebih sedikit pada kondisi kekurangan air. Cabai SSP memiliki hasil stabil di bawah kondisi kering maupun tanpa cekaman. Cabai Genie bahkan mengalami peningkatan hasil sebesar 29.34 g tanaman<sup>-1</sup> pada kondisi kering dibandingkan kontrolnya (Tabel 5). Genie dan SSP teridentifikasi sebagai cabai toleran kekeringan berdasarkan stabilitas daya hasil pada kedua lingkungan, seperti dilaporkan Widuri *et al.* (2020a) dan Lestari *et al.* (2023a).

Indeks sensitivitas kekeringan (ISK) juga menunjukkan bahwa cabai Genie (ISK = -3.13) dan SSP (ISK = -0.05) toleran kekeringan. Genie dan SSP dapat dipertimbangkan untuk dibudidayakan pada musim kemarau atau pada lahan kering.



Tabel 5. Rerata jumlah buah, bobot buah, dan panjang buah enam kultivar cabai pada kondisi tanpa cekaman dan kondisi kekurangan air

Kelembaban media	Kultivar	Jumlah buah per tan	Bobot buah per tan (g)	Panjang Buah (cm)
Tanpa cekaman (80% KL)	Anies	14.33 d	84.78 a	11.21 c
	Hot Banana	7.33 e	72.67 ab	11.96 b
	Adelina	22.83 c	74.38 ab	9.97 d
	SSP	24.17 c	76.78 b	14.45 a
	Bara	70.67 a	55.10 bc	3.49 e
	Genie	43.33 b	34.46 c	3.28 e
Kekurangan air (35% KL)	Anies	13.33 e	67.44 a	10.60 c
	Hot Banana	3.83 e	45.25 ab	11.94 b
	Adelina	13.33 d	46.87 ab	9.20 d
	SSP	24.33 c	77.46 a	14.36 a
	Bara	54.17 b	39.61 b	3.34 e
	Genie	72.67 a	53.02 b	3.12 e

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom dan perlakuan yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf alpha 5%.

Produktivitas keduanya stabil tinggi pada kondisi kekurangan air. Secara morfologi, Genie dan SSP memiliki ukuran tanaman sedang serta ukuran daun kecil dan sedikit, baik pada kondisi tanpa maupun dengan cekaman kering. Berdasarkan penelitian ini diduga bahwa tipe buah cabai tidak berhubungan secara langsung dengan toleransi tanaman terhadap kekeringan. Apabila genotipe cabai uji diperbanyak, terdapat kemungkinan menemukan genotipe cabai besar toleran kekeringan.

Ukuran tanaman dan daun merupakan karakter kunci yang dimiliki genotipe toleran kekeringan (Farooq *et al.*, 2012; Yavas *et al.*, 2024), selain stomata lebih jarang dan umur berbunga lebih lambat sebagai respon terhadap lingkungan kering (Yavas *et al.*, 2024). Bagaimanapun, SSP memiliki jumlah stomata dan trikoma lebih sedikit dibandingkan Genie, yang mengindikasikan perbedaan kemampuan atau mekanisme adaptasi. Cabai Hot Banana (ISK=2.19) dan Adelina (ISK=2.15), sebaliknya, memiliki daun besar dengan trikoma lebih jarang dibandingkan Genie dan SPP, ditetapkan sebagai kultivar cabai peka kekeringan berdasarkan ISK.

ISK merupakan indeks toleransi tanaman terhadap kekeringan yang bekerja berdasarkan perbandingan hasil pada kondisi cekaman dan tanpa cekaman, serta berdasarkan nilai rerata populasi pada kedua kondisi. ISK telah terbukti berhasil mengidentifikasi genotipe toleran kekeringan pada cabai (Rosmaina *et al.*, 2019), dan mengidentifikasi kelompok genotipe yang memproduksi lebih baik pada kondisi kering dari kelompok genotipe yang stabil baik pada kedua kondisi (Fernandez, 1992). Bagaimanapun penetapan tingkat toleransi berdasarkan ISK melibatkan nilai rerata populasi, sehingga pemilihan genotipe pembanding perlu dipertimbangkan. Pengujian toleransi kekeringan pada populasi yang berbeda tetap diperlukan sebagai validasi.

## KESIMPULAN

Kekurangan air menyebabkan pertumbuhan tanaman cabai merah terhambat. Ukuran tanaman dan daun memendek, kerapatan stomata berkurang, sedangkan kerapatan trikoma bertambah. Kekurangan air menyebabkan waktu muncul kuncup bunga dan waktu panen pada enam kultivar cabai tertunda serta menyebabkan ukuran buah lebih pendek dengan jumlah lebih sedikit, sehingga menurunkan hasil. Genie dan SSP teridentifikasi sebagai kultivar cabai toleran kekeringan berdasarkan ISK.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N.I., Y.N. Bunga, Y. Bare. 2021. Etnobotani tanaman cabai merah keriting (*Capsicum annuum* L.) Desa Waiwuring, Kecamatan Witiham, Kabupaten Flores Timur. *Spizaetus* 2(2): 8-17. Doi: <https://doi.org/10.55241/spibio.v2i2.46>
- Basu, S., V. Ramegowda, A. Kumar, A. Pereira. 2016. Plant adaptation to drought stress. *F1000Res* 5: 1–10. Doi: <https://doi.org/10.12688/F1000RESEARCH.7678.1>
- Farooq, M., M. Hussain, A. Wahid, K.H.M. Siddique. 2012. Drought stress in plants: An overview. In: *Plant Responses to Drought Stress: From Morphological to Molecular Features*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp 1–33.

- Fernandez, G.C.J. 1992. Effective Selection Criteria for Assessing Plant Stress Tolerance. In: Kuo CG (ed) International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. World Vegetable Organization, Taiwan AVRDC, pp 257–270.
- Galdon-Armero, J., M. Fullana-Pericas, P.A. Mulet, M.A. Conesa, C. Martin, J. Galmes. 2018. The ratio of trichomes to stomata is associated with water use efficiency in *Solanum lycopersicum* (tomato). The Plant Journal 96: 607–619. Doi: <https://doi.org/10.1111/tj.14055>
- Haryanti, S. 2010. Jumlah dan distribusi stomata pada daun beberapa spesies tanaman dikotil dan monokotil. Bul. Anatomi dan Fisiologi. 18(2): 21–28. Doi: <https://doi.org/10.14710/baf.v18i2.2600>
- Koch, G., R. Gaele, M. Dauzat, A. Bédiée, V. Baldazzi, N. Bertin, Y. Guédon, C. Granier. 2019. Leaf production and expansion : a generalized response to drought stresses from cells to whole leaf biomass — a case study in the tomato compound leaf. Plants. 8: 1–17. Doi: <https://doi.org/10.3390/plants8100409>
- Lambers, H., R.S. Oliveira. 2019. Plant Physiological Ecology, Third Ed. Springer Verlaag, Switzerland. Doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-29639-1>
- Lestari, P. 2021. Not just a spice, this is another function of capsaicin in chilies during a pandemic. Biotrends. 12: 10–15.
- Lestari, P., M. Syukur, Trikoesoemaningtyas, W. Widiyono. 2023a. The effect of mild and severe drought on genie chili (*Capsicum annuum* L. cv. genie) leaf cell growth. In: Harmoko Ri, Nuryana I, Izzati FN, *et al.* (eds) The 8th International Symposium of Innovative Bio-Production Indonesia on Biotechnology and Bioengineering (ISIBio-8). Bogor, Indonesia, p 040010. Doi: <https://doi.org/10.1063/5.0118403>
- Lestari, P., M. Syukur, T. Trikoesoemaningtyas, W. Widiyono. 2023b. Morpho-physiological-based selection criteria for chili (*Capsicum annuum*) under drought stress during vegetative to generative phase. Biodiversitas 24: 2315–2323. Doi: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240445>
- Liyanage, D.K., I. Chathuranga, B.A. Mori, M.S. Thilakarathna. 2022. A simple, semi-automated, gravimetric method to simulate drought stress on plants. Agronomy. 12: 349. Doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy12020349>
- Mudhor, M.A., P. Dewanti, T. Handoyo, T. Ratnasari. 2022. Pengaruh cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman padi hitam varietas Jeliteng. J. Agrikultura. 33(3): 247–256. Doi: <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v33i3.40361>
- Okunlola, G.O., O.A. Olatunji, R.O. Akinwale RO, A. Tariq, A.A. Adelusi. 2017. Physiological response of the three most cultivated pepper species (*Capsicum spp.*) in Africa to drought stress imposed at three stages of growth and development. Sci. Hortic. 224: 198–205. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.020>
- Pamirelli, R., M.S. Rao. 2021. Breeding for Drought Resistance. In: Cheng Y-L, Lee C-Y, Huang Y-L, *et al.* (eds) Plant Breeding-Current and Future Views. Intechopen, pp 1–11.
- Puspitasari, D.A., N. Malahayati, Z.N. Fadillah. 2022. Distribusi perdagangan komoditas cabai merah Indonesia (R. Suerlianto & L. I. Fadilah (eds.). Badan Pusat Statistik: Jakarta [24 April 2024].
- Rosmaina, R., P. Parjanto, S. Sobir S, A. Yunus. 2019. Screening of *Capsicum annuum* L. Genotypes for drought tolerance based on drought tolerance indices. SABRAO J. Breed Genet. 51: 205–224.
- Saleh, BK., A. Omer, B. Teweldemedhin. 2018. Medicinal uses and health benefits of chili pepper (*Capsicum sp.*): a review. MOJ Food Process. Technol. 6(4): 325–328. Doi: <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2018.06.00183>
- Sobir, Miftahudin, S. Helmi. 2018. Respon morfologi dan fisiologi genotipe terung (*Solanum melongena* L.) terhadap cekaman salinitas. J. Hort. Indonesia. 9: 131–138. Doi: <https://doi.org/10.29244/jhi.9.2.131-138>
- Sopandie, D. 2013. Fisiologi Adaptasi Tanaman Terhadap Cekaman Abiotik Pada Agroekosistem Tropika. IPB Press, Bogor.
- Supriadi, D.R., A.D. Susila, E. Sulistyono. 2018. Penetapan kebutuhan air tanaman cabai merah (*Capsicum annuum* L.) dan cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). J. Hort. Indonesia. 9: 38–46. Doi: <https://doi.org/10.29244/jhi.9.1.38-46>
- Susila, A.D., K. Suketi, M. Pratama. 2023. Penggunaan Sensor Kelembaban Tanah untuk Penetapan Jadwal Penyiraman Tanaman Cabai Melalui Irigasi Tetes. J. Hort. Indonesia. 14(3): 126-132. Doi: <http://doi.org/10.29244/jhi.14.3.126-132>



- Widuri, L.I., B. Lakitan B, M. Hasmeda, E. Sodikin, A. Wijaya, M. Meihana, E. Siaga. 2017. Relative leaf expansion rate and other leaf-related indicators for detection of drought stress in chili pepper ("*Capsicum annuum*" L.). *Aust. J. Crop. Sci.* 11:1617–1625. Doi: <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.12.pne800>
- Widuri, L.I., B. Lakitan, J. Sakagami, S. Yabuta, K. Kartika, E. Siaga. 2020. Short-term drought exposure decelerated growth and photosynthetic activities in chili pepper (*Capsicum annuum* L.). *Ann. Agric. Sci.* 65: 149–158. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aos.2020.09.002>
- Wijaya, C.H., M. Harda, B. Rana. 2020. Diversity and Potency of *Capsicum spp.* Grown in Indonesia. In: *Capsicum*. IntechOpen. pp 1-22. Doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.92991>
- Yavas, I, M.A. Jamal, K.U. Din. 2024. Drought-induced changes in leaf morphology and anatomy: overview, implications and perspectives. *Pol. J. Environ Stud.* 33: 1517–1530. Doi: <https://doi.org/10.15244/pjoes/174476>
- Yenni, M.H. Ibrahim, R. Nulit, S.Z. Sakimin. 2022. Influence of drought stress on growth, biochemical changes and leaf gas exchange of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) in Indonesia. *AIMS Agriculture and Food.* 7: 37–60. Doi: <https://doi.org/10.3934/agrfood.2022003>