

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Respon Tanaman Cabai Merah Keriting (*Capsicum annuum* L) Terhadap Cekaman Kering yang diberikan pada Pertumbuhan Vegetatif

a. Pendahuluan

Air merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Masalah ketersediaan air bagi tanaman menjadi perhatian utama karena sektor pertanian adalah salah satu pengguna utama sumberdaya air (Chaves *et al.*, 2003) dan ketersediaan air menjadi penting bagi pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Chaves *et al.*, 2009). Kekurangan air pada masa pertumbuhan tanaman menyebabkan gangguan morfologi maupun fisiologi tanaman yang pada akhirnya menurunkan produktivitas tanaman. Tanaman cabai (*Capsicum annuum* L) merupakan salah satu tanaman yang sangat sensitif terhadap kekurangan air pada zona perakarannya, sehingga kekurangan air berdampak pada penurunan produksi. Beberapa laporan menyebutkan bahwa cekaman kering menurunkan produksi tanaman cabai secara nyata (R'Him dan Radhouane, 2015; Aladenola dan Madramootoo, 2014; Showemimo dan Olarewaju, 2007; Dagdegelen *et al.*, 2004; Falcetti *et al.*, 1995).

Sifat tahan kekeringan yang dimiliki oleh suatu genotipe selalu berkaitan dengan perubahan-perubahan morfologis dan fisiologis sebagai bentuk adaptasi tanaman pada kondisi kekeringan, sehingga karakter/sifat morfologis maupun fisiologis dapat digunakan sebagai dasar penilaian sifat ketahanan tanaman terhadap kekeringan (Soemartono, 1985; Sammons *et al.*, 1980). Pada saat kekurangan air, tanaman melakukan efisiensi penggunaan air dengan mengontrol laju transpirasi melalui stomata dan menghindari kekurangan air pada saat berbunga (Yang *et al.*, 2010). Sebaliknya, ketika tanaman berada dalam kondisi tercekam air maka tekanan turgor tidak optimum, tekanan osmotik menjadi rendah pada daun sehingga

menurunkan transpirasi (Ban-al *et al.*, 2008). Terganggunya proses transpirasi maka proses fotosintesis juga terganggu yang pada akhirnya menurunkan fotosintat sehingga pembesaran sel dan sintesis selulosa penyusun dinding sel mengalami gangguan sehingga ukuran sel menjadi lebih kecil (Prasad *et al.*, 2008; Dagdelen *et al.*, 2004). Kekurangan air juga menurunkan produksi karbohidrat (dari fotosintesis) dan absorpsi ion-ion mineral dari dalam tanah (Achard *et al.*, 2006; Chaves dan Oliveira, 2004) sehingga menghambat pertumbuhan batang dan daun (Neumann, 1995 dan Achard *et al.*, 2006). Lebih lanjut dijelaskan bahwa kekurangan air mengganggu aktivitas enzim dan metabolisme sel, menghambat pemanjangan sel, menurunkan jumlah sel, menurunkan ukuran daun dan menurunkan indeks luas daun yang pada akhirnya mengurangi area untuk proses fotosintesis yang tentu menurunkan kandungan karbohidrat sebagai cadangan makanan (Farooq *et al.*, 2012). Oleh karena itu, pengembangan tanaman toleran kering sangat dibutuhkan agar ketersediaan pangan terjaga.

Respon tanaman terhadap cekaman cekaman kering sangat bervariasi dipengaruhi oleh intensitas cekaman, lama paparan, jenis tanaman, umur tanaman dan fase pertumbuhan tanaman. Untuk pengembangan tanaman toleran kekeringan perlu dipelajari lingkungan seleksi yang tepat, kriteria seleksi dan waktu terjadinya cekaman, serta perencanaan lapangan yang seragam dan tepat waktu (Bidingger, 2002 *in* Sopandie, 2014). Cekaman pada fase pertumbuhan yang berbeda memberikan respon yang berbeda dan memiliki tujuan serta kriteria seleksi yang berbeda, seperti menutup dan membukanya stomata hanya efektif dilakukan pada cekaman yang sangat kering tetapi pada cekaman yang moderat hanya menurunkan fotosintesis (Tardieu *et al.*, 2004). Penelitian ini ingin mempelajari respon genotipe terhadap cekaman kering pada dua fase pertumbuhan yang berbeda melalui beberapa level kapasitas lapang air tanah.

b. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mempelajari respon tanaman cabai merah keriting terhadap cekaman kekeringan yang diberikan pada fase vegetatif

2. Memperoleh nilai *critical level* (CL_{50}) cekaman sebagai dasar acuan seleksi pada skrining genotipe.

c. Metodologi Penelitian

1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Genetik dan Pemuliaan Tanaman dan *green house* Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau pada Oktober 2015 sampai Maret 2016.

2. Bahan dan Alat

Bahan tanaman yang digunakan dalam penelitian ini yaitu beberapa genotipe cabai koleksi Laboratorium Pemuliaan dan Genetika Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Pupuk dasar (TSP, KCl dan Urea), pupuk kandang. Fungisida yang digunakan Dithane M-45 (*Mankozeb* 80%) dan insektisida Curacron (*Profenofos*). Kutek bening untuk melihat stomata. Alat yang digunakan adalah polybag, *UV-Vis spectrofotometer*, Mikroskop cahaya (*Olympus*) mortal dan pestel, sentrifus dan gelas objek.

3. Rancangan Percobaan

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial yang terdiri atas 2 faktor, dimana faktor pertama adalah genotipe cabai merah terdiri dari 5 genotipe yaitu: UINK35, UINK36, UINK37, UINK38 dan UINK39 (kelima genotipe yang digunakan adalah cabai merah keriting yang berproduksi baik pada kondisi optimal). Faktor kedua adalah cekaman kekeringan yang terdiri atas 4 taraf kadar lengas tanah yaitu: 100% kapasitas lapang, 75% kapasitas lapang, 50% kapasitas lapang, dan 25% kapasitas lapang, sehingga diperoleh 20 kombinasi perlakuan. Setiap

kombinasi perlakuan diulang sebanyak 4 kali, sehingga didapat 80 unit percobaan.

4. Tatalaksana Penelitian

Benih cabai direndam dalam air hangat kuku (suhu 43 °C) selama \pm 24 jam. Hal tersebut bertujuan untuk mempercepat perkecambahan benih, selain itu untuk memisahkan benih yang terendam dan benih yang terapung. Benih cabai ditanam dalam polibag ukuran 15 x 10 cm. Media tanam berupa campuran topsoil yang telah diayak bersama pupuk kompos dengan perbandingan volume 3:1. Penyemaian dilakukan sampai bibit berumur 4 Minggu. Selanjutnya bibit dipindah dalam polibag (35 cm x 40 cm) yang telah berisi media tanam (Pupuk kandang dan tanah mineral dengan rasio 1:1, dimana berat total media adalah 10 kg/polibag).

Penentuan kapasitas lapang dilakukan dua hari sebelum bibit dipindahkan pada media. Media yang telah dipersiapkan masing-masing ditimbang beratnya (sebagai berat awal). Penentuan kondisi kapasitas lapang menggunakan metode gravimetrik. Metode ini dilakukan dengan menyiramkan air pada media sampai jenuh, dan dibiarkan sampai air berhenti menetes dari polybag, kemudian berat masing-masing media ditimbang (sebagai berat akhir). Kapasitas lapang 100% ditentukan dengan mengurangi berat akhir masing-masing media dengan berat awal masing-masing media. Kapasitas lapang 25%, 50% dan 75% ditentukan berdasarkan rerata kapasitas lapang 100% yang telah diperoleh.

Perlakuan cekaman kekeringan atau penyiraman diberikan satu hari setelah pindah tanam. Pemberian air dilakukan menurut metode gravimetrik yaitu dengan menimbang polibag (tanah+tanaman) yang dilakukan setiap hari. Perlakuan penyiraman air dilakukan sesuai tingkat ketersediaan air yang diujikan.

5. Pengamatan

Pada percobaan ini pengamatan dilakukan terhadap karakter:

1. Tinggi tanaman (cm). Tinggi tanaman diukur pada minggu ke-4 setelah cekaman. Pengukuran dilakukan dimulai dari pangkal batang sampai pucuk utama dari cabang tertinggi.
2. Diameter batang (cm). Diameter batang diukur 5 cm dari permukaan tanah. Pengamatan dilakukan pada minggu ke-4 setelah cekaman
3. Lebar daun dan panjang daun (cm). Pengukuran lebar dan panjang daun dilakukan setelah panen pertama, diambil masing-masing 10 daun bagian atas yaitu pada daun ke 3 dan ke 4.
4. Kerapatan stomata (buah). Pengamatan stomata dilakukan satu kali pada saat 50 HST. Pengamatan dilakukan menggunakan metode *inprint* yaitu dengan mengoleskan kutek bening (cat kuku) pada daun bagian bawah setelah itu dilepaskan perlahan dan dilakukan perhitungan menggunakan mikroskop. Pada pembesaran 200 kali
5. Kandungan klorofil. Pengujian kandungan klorofil dilakukan pada 40 HST. Analisis klorofil mengikuti metode Arnon (1949).
6. Umur berbunga (HST), dihitung pada saat tanaman mulai berbunga
7. Jumlah bunga rontok, diamati setiap hari sampai minggu ke-4 setelah perlakuan
8. Umur Panen (HST). Umur panen dihitung pada saat tanaman telah menunjukkan kriteria panen.
9. Jumlah buah per tanaman. Pengamatan dilakukan dengan menghitung setiap buah yang terbentuk pada setiap tanaman.
10. Bobot buah per buah (g), berat per buah ditimbang dari masing-masing buah yang terbentuk.
11. Bobot buah per tanaman (g), hasil penjumlahan dari berat buah setiap panen (dari panen pertama sampai panen terakhir) semua tanaman.
12. Panjang buah (cm), panjang buah diukur dari pangkal hingga ujung

- buah. Dihitung dari rata-rata dari 10 buah masak pada saat panen kedua.
13. Diameter buah (cm), diameter buah diukur pada bagian tengah buah.
 14. Jumlah biji per buah. Jumlah biji per buah dihitung dengan menghitung jumlah biji per 10 buah setiap tanaman.
 15. Bobot basah tajuk (g), pengukuran berat basah tajuk dilakukan pada akhir penelitian dengan cara tanaman dipotong hingga batas leher akar kemudian ditimbang.
 16. Bobot kering tajuk (g). Tanaman dipotong hingga batas leher akar, kemudian dikeringkan dalam oven selama 24 jam dengan suhu 80°C, selanjutnya ditimbang bobot kering tajuknya.
 17. Panjang akar (cm), pengukuran panjang akar dilakukan dengan mengukur akar terpanjang setelah dibersihkan dari tanah yang menempel. Pengukuran dilakukan saat terakhir pengamatan.
 18. Bobot basah akar (g), Berat basah akar ditimbang pada saat akhir penelitian.
 19. Bobot kering akar (g), penimbangan berat kering akar dilakukan setelah akar per rumpun dikeringkan dalam oven selama 2 x 24 jam dengan suhu 80°C, lalu ditimbang berat keringnya.

6. Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis dengan menggunakan sidik ragam berdasarkan model linier $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$ dimana:

- Y_{ijk} = Nilai pengamatan pada perlakuan genotipe taraf ke-i, perlakuan kadar lengas tanah ke-j dan ulangan ke-k
- μ = Nilai rata-rata umum
- α_i = Pengaruh genotipe ke-i
- β_j = Pengaruh kadar lengas tanah ke-j

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Pengaruh interaksi genotipe ke-i dan kadar lengas tanah ke-j

ϵ_{ijk} = Galat percobaan

Analisis ragam dilakukan dengan menggunakan uji F, yaitu untuk mengetahui pengaruh masing-masing perlakuan. Apabila menunjukkan perbedaan nyata maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan *Duncan's multiple range test* (DMRT) pada taraf 5%. Selanjutnya penentuan titik kritis dilihat dengan menentukan 50% tingkat penurunan pada masing-masing parameter yang berbeda signifikan secara statistik menggunakan regresi linier.

d. Hasil dan Pembahasan

Kondisi Umum

Suhu selama penelitian sekitar $\pm 28,5^{\circ}\text{C}$ pada pagi hari (07:00-08:00 WIB). $\pm 32^{\circ}\text{C}$ - 36°C pada siang hari (pengukuran pada 12:00-13:00) dan rata-rata suhu siang sekitar $33,2^{\circ}\text{C}$, dan $31,8^{\circ}\text{C}$ pada sore hari (16:00-17:00 WIB). Kelembapan selama penelitian sekitar $\pm 78,7\%$ pada pagi hari (7:00-8:00 WIB), $\pm 61,2\%$ pada siang hari (12:00-13:00 WIB), $\pm 63\%$ pada sore hari (16:00-17:00 WIB). Tanaman cabai cocok hidup di daerah dengan kelembapan 70-80%, terutama saat pembentukan bunga dan buah. Kelembapan selama penelitian sekitar $\pm 78,7\%$ pada pagi hari (7.00-8.00 wib), $\pm 61,2\%$ pada siang hari (12.00-13.00 wib), $\pm 63\%$ pada sore hari (16.00-17.00 wib).. Kelembapan yang tinggi atau lebih dari 80% memacu pertumbuhan cendawan yang berpotensi menyerang dan merusak tanaman. Sebaliknya kelembapan yang kurang dari 70% membuat tanaman cabai terganggu pertumbuhan generatifnya, terutama saat pembentukan bunga, penyerbukan, dan pembentukan buah (Setiadi, 2006).

Tanaman cabai sangat sensitif terhadap kekurangan air, kekurangan air dapat mengganggu pertumbuhan, perkembangan serta menurunkan produktivitas. Cekaman yang diberikan pada awal pertumbuhan (fase vegetatif) berdampak terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman cabai.

Tabel 1. Rekapitulasi sidik ragam karakter-karakter pada pertumbuhan vegetatif dari lima genotipe cabai merah keriting (*Capsicum annuum*) pada cekaman di fase Vegetatif

No	Karakter	Genotipe	Cekaman	Genotipe Cekaman	Koefisien Keragaman
1	Tinggi tanaman 4 MSP	**	**	tn	6.52
2	Tinggi dikotomus 2 MSP	**	**	tn	7.55
3	Diameter batang 4 MSP	**	**	tn	7.17
4	Panjang daun	**	**	tn	7.64
5	Lebar daun	**	*	**	8.08
6	Persen Bunga rontok 4 MSC	**	tn	tn	27.18
7	Umur berbunga	**	tn	tn	8.86
8	Umur panen	tn	tn	tn	28.88
9	Jumlah buah per tanaman	tn	**	tn	28.12
10	Persen buah terbentuk	*	*	tn	26.12
11	Bobot buah per tanaman (g)	*	*	tn	30.00
12	Bobot buah per buah (g)	**	tn	tn	18.37
13	Panjang Buah (cm)	**	tn	**	28.14
14	Diameter buah (mm)	**	tn	tn	29.69
15	Jumlah biji per buah	tn	tn	tn	20.85
16	Kerapatan stomata	**	**	tn	14.85
17	Kandungan klorofil a	tn	tn	**	14.41
18	Kandungan klorofil b	tn	tn	tn	29.56
19	Kandungan klorofil ab (total)	**	tn	**	14.9
21	Berat basah tajuk (g)	**	**	tn	20.44
21	Berat kering tajuk (g)	**	**	tn	17.61
22	Berat basah akar (g)	*	tn	tn	24.84
23	Berat kering akar (g)	tn	tn	tn	23.28
24	Panjang akar (cm)	tn	tn	tn	10.16

Keterangan: ** Berbeda signifikan pada taraf 1% ($P < 0.01$), * Berbeda signifikan pada taraf 5% ($P < 0.05$), ^{tn} tidak berbeda nyata.

Cekaman air dan genotipe yang diujikan berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman, tinggi dikotomus, diameter batang, lebar daun, jumlah buah pertanaman, persen buah terbentuk, bobot buah pertanaman, kerapatan stomata, berat basah tajuk dan berat kering tajuk. Interaksi genotipe dan cekaman berpengaruh signifikan terhadap lebar daun, panjang buah, kandungan klorofil a dan kandungan klorofil total. Perbedaan karakter persentase bunga rontok, umur berbunga, bobot buah/buah,

diameter buah dan berat basah akar hanya dipengaruhi oleh genotipe yang diujikan (Tabel 1). Secara umum cekaman kering menurunkan pertumbuhan tanaman melalui penurunan tinggi tanaman, tinggi dikotomus, lebar daun, panjang daun dan diameter batang (Gambar 3). Selain itu cekaman menyebabkan kerontokan bunga, penurunan kandungan klorofil, dan penurunan produksi.

Tinggi Tanaman, Tinggi Dikotomus, Diameter Batang dan Panjang Daun

Cekaman air dan genotipe yang diujikan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tinggi tanaman, tinggi dikotomus, diameter batang dan panjang daun. Interaksi antara genotipe dan cekaman tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, tinggi dikotomus dan diameter batang (Tabel 1).

Dari lima genotipe yang digunakan, genotipe UINK37 merupakan genotipe yang memiliki tinggi tanaman (80.00 cm), tinggi dikotomus (42.94 cm) dan diameter batang (6.86 mm) paling rendah (Tabel 2). Secara umum masing-masing genotipe memiliki respon yang sama yaitu penurunan karakter pertumbuhan terhadap cekaman yang diberikan tetapi semakin tinggi cekaman yang diberikan menyebabkan penurunan terhadap karakter pertumbuhan vegetatif seperti tinggi tanaman, tinggi dikotomus, diameter batang dan panjang daun, tetapi besarnya penurunan sangat dipengaruhi oleh genotipe yang diujikan.

Penurunan pertumbuhan tanaman terlihat secara nyata mulai terjadi pada 50% kapasitas lapang dan semakin tajam pada 25% kapasitas lapang sedangkan pada 75% kapasitas lapang tanaman masih terlihat normal. Dari beberapa parameter pertumbuhan vegetatif yang diamati, diameter batang mengalami penurunan paling besar yaitu mencapai 16.78% disusul tinggi tanaman menurun sebesar 11.37%, panjang daun menurun 6.38% dan tinggi dikotomus menurun sebesar 5.58% pada 25% kapasitas lapang dibandingkan dengan tanaman kontrol (Gambar 3). Genotipe UINK38 merupakan genotipe yang memiliki daun terpanjang (10.24 cm) dan berbeda signifikan dengan genotipe lainnya.

Yusnita *et al.*, (2008) melaporkan penurunan tinggi tanaman cabai akibat cekaman kering berkisar 6.46-25.47% dan sangat dipengaruhi oleh genotipe yang digunakan, beberapa genotipe mengalami peningkatan tinggi tanaman. Selanjutnya R'Him and Radhouane (2015) melaporkan bahwa cekaman air menyebabkan penurunan tinggi tanaman pada *Capsicum annuum* berkisar 13-15% dari tanaman kontrol. Penurunan tinggi tanaman akibat cekaman air juga dilaporkan oleh Swasono *et al.* (2012) pada tanaman bawang, Effendi (2008) dan Supriyanto (2013) pada tanaman padi, Prihastanti (2010) pada tanaman kakao dimana penurunan tinggi tanaman mulai signifikan pada 50% sampai 25% kapasitas lapang dan tanaman masih dapat tumbuh normal pada 75% kapasitas lapang.

Tabel 2. Rata-rata tinggi tanaman (cm), tinggi dikotomus (cm) dan diameter batang (mm), panjang daun (cm), lebar daun (cm), umur berbunga (HST) dan umur panen (HST) pada beberapa genotipe cabai merah keriting dan berbagai taraf cekaman air.

Perlakuan	Tinggi Tanaman	Tinggi Dikotomus	Diameter Batang	Panjang Daun	Lebar Daun	Umur berbunga	Umur Panen
Genotipe							
UIN K-35	94.09 ^a	56.47 ^a	6.58 ^c	9.69 ^b	3.24 ^{ab}	21.75 ^a	55.25 ^b
UIN K-36	91.91 ^a	47.03 ^c	7.44 ^a	9.90 ^b	3.34 ^a	18.88 ^{bc}	64.37 ^{ba}
UIN K-37	80.00 ^b	42.94 ^d	6.86 ^{bc}	9.86 ^b	3.10 ^b	17.94 ^c	78.12 ^a
UIN K-38	89.72 ^a	54.72 ^{ab}	6.92 ^{bc}	10.49 ^a	3.18 ^b	21.06 ^a	72.37 ^{ab}
UIN K-39	93.25 ^a	53.22 ^b	7.14 ^{ab}	10.03 ^b	3.10 ^b	19.69 ^b	71.75 ^{ab}
Cekaman kekeringan							
100% KL	94.13 ^a	52.30 ^a	7.57 ^a	10.5 ^a	3.24 ^a	19.35 ^a	75.90 ^a
75% KL	91.53 ^{ab}	51.15 ^{ab}	7.35 ^a	9.85 ^b	3.25 ^a	19.60 ^a	66.30 ^a
50% KL	90.10 ^b	50.68 ^{ab}	6.72 ^b	9.70 ^b	3.08 ^b	20.50 ^a	65.70 ^a
25% KL	83.43 ^c	49.38 ^b	6.30 ^c	9.83 ^b	3.17 ^{ab}	20.00 ^a	65.60 ^a

Keterangan: Nilai rata-rata pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa diameter batang merupakan karakter pertumbuhan vegetatif yang paling sensitif terhadap cekaman kekeringan yang diberikan di awal pertumbuhan. Persentase penurunan diameter batang terjadi paling besar dibandingkan karakter lainnya yaitu mencapai 16.78% (Gambar 3).

waktu pembungaan. Walaupun umur berbunga dan umur panen lebih dipengaruhi oleh genotipe yang digunakan tetapi secara umum cekaman kering yang diberikan mempercepat umur panen, cekaman yang diberikan pada fase vegetatif mempercepat umur panen rata-rata 9.6 hari lebih cepat pada 75% kapasitas lapang dan 10.3 hari lebih cepat pada 25% kapasitas lapang dibandingkan tanaman kontrol. Berdasarkan data ini terlihat bahwa cekaman air pada tanaman mengakibatkan tanaman mempercepat waktu panen untuk mempercepat siklus hidupnya. Beberapa tanaman mempercepat umur berbunga dan umur panen untuk mempersingkat siklus hidupnya agar dapat lolos (*escape*) dari stres kekeringan (Mitra, 2001) tetapi dari hasil ini terlihat bahwa cekaman kekeringan yang diberikan tidak mempengaruhi umur berbunga. Kisman, (2005) juga melaporkan pada tanaman kedelai bahwa umur berbunga lebih dipengaruhi oleh genotipe dan bukan cekaman kering yang diberikan.

Persentase Bunga rontok dan Persentase buah Terbentuk (Fruitset)

Persentase jumlah bunga rontok dipengaruhi oleh genotipe, cekaman serta interaksi antara genotipe dan cekaman. Genotipe UINK37 memiliki persentase bunga rontok terendah yaitu 75.90% pada 50% kapasitas lapang, tetapi ketika cekaman ditingkatkan menjadi 25% kapasitas lapang persentase kerontokan bunga meningkat hingga mencapai 93.56% dari total bunga yang terbentuk. Dari lima genotipe yang diujikan UINK37 merupakan genotipe yang memiliki persentase bunga rontok paling rendah yaitu 84.02% dan berbeda signifikan dengan genotipe lainnya (Tabel 3)

Tabel 3. Rata-rata persentase bunga rontok dari beberapa genotipe tanaman cabai merah keriting pada berbagai taraf cekaman (kapasitas lapang)

Cekaman	Persentase bunga rontok					Rataan Cekaman
	UINK35	UINK36	UINK37	UINK38	UINK39	
100% KL	91.69 ^{cde}	89.86 ^{ef}	85.91 ^f	89.79 ^{ef}	88.54 ^f	89.16 ^{bc}
75% KL	84.61 ^g	89.71 ^{ef}	80.72 ^h	84.66 ^g	94.55 ^b	86.85 ^c
50% KL	98.34 ^a	97.61 ^a	75.90 ⁱ	93.06 ^{bcd}	93.10 ^{bcd}	91.60 ^{ab}
25% KL	90.71 ^{def}	98.61 ^a	93.56 ^{cb}	89.59 ^{ef}	93.77 ^{cb}	93.24 ^a
Rataan Genotipe	91.34 ^{ab}	93.95 ^a	84.02 ^c	89.27 ^b	92.49 ^{ab}	

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Peningkatan persentase bunga rontok berdampak terhadap penurunan persen fruitset. Persen fruitset hanya dipengaruhi oleh cekaman dan genotipe yang diujikan (Tabel 1). Persen bunga rontok tertinggi terdapat pada 25% kapasitas lapang yang mencapai 93.24% dari total bunga yang terbentuk, pada 50% dan 75% kapasitas lapang persen bunga rontok masing-masing mencapai 91.60 dan 86.85%. Persen fruitset tertinggi terdapat pada 75% kapasitas lapang yaitu 13.14% dan tidak berbeda nyata dengan 100% kapasitas lapang yang memiliki persen fruitset sebesar 10.89%. Persen fruitset terendah terdapat pada 25% kapasitas lapang yaitu hanya 6.75% (Tabel 4).

Tabel 4. Rata-rata bunga rontok (%), jumlah buah terbentuk (% Fruitset), jumlah buah pertanaman, bobot buah pertanaman (g), bobot buah per buah (g), diameter buah (mm), jumlah biji pada cekaman di fase vegetatif tanaman cabai merah keriting pada berbagai taraf kapasitas lapang

Perlakuan	Fruitset	Jumlah buah per tanaman	Bobot buah per tanaman	Bobot buah per buah	Diameter buah	Jumlah biji
UINK35	8.66 ^{cb}	3.00 ^a	7.00 ^b	1.63 ^b	5.73 ^a	35.13 ^a
UINK36	6.02 ^c	3.50 ^a	6.88 ^b	1.83 ^b	3.92 ^c	33.97 ^a
UINK37	15.98 ^a	7.63 ^a	24.34 ^a	3.69 ^a	5.88 ^a	28.85 ^a
UINK38	10.72 ^b	4.63 ^a	9.41 ^b	2.00 ^b	5.30 ^b	28.73 ^a
UINK39	7.51 ^{cb}	7.88 ^a	16.18 ^{ab}	2.08 ^b	5.61 ^{ab}	33.97 ^a
Cekaman						
100% KL	10.89 ^a	9.10 ^a	20.94 ^a	2.33 ^a	5.56 ^a	33.62 ^a
75% KL	13.14 ^a	6.00 ^{ab}	14.65 ^{ab}	2.16 ^a	5.45 ^a	32.35 ^a
50% KL	8.40 ^b	3.40 ^b	9.46 ^b	2.22 ^a	4.57 ^a	30.68 ^a
25% KL	6.75 ^b	2.80 ^b	6.00 ^b	2.28 ^a	5.56 ^a	30.01 ^a

Keterangan: Nilai rata-rata pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Semakin tinggi cekaman yang diberikan, persen bunga rontok semakin tinggi dan fruitset semakin rendah. Genotipe yang digunakan sangat mempengaruhi persen bunga rontok dan persen fruitset. Dari kelima genotipe yang diujikan terlihat bahwa genotipe UINK37 memiliki persen bunga rontok terendah (Tabel 3) dan persen fruitset tertinggi (Tabel 4) yaitu masing-masing 84.02% dan 15.98% dan berbeda signifikan dengan 4 genotipe lainnya, diduga bahwa UINK37 lebih toleran terhadap cekaman yang diberikan. Secara umum semakin tinggi cekaman atau semakin sedikit air yang

tersedia maka persentase jumlah bunga rontok semakin tinggi dan fruitset semakin rendah.

Tingginya jumlah bunga yang rontok pada 100% kapasitas lapang mengindikasikan bahwa pada 100% kapasitas lapang tanaman sudah mengalami stres, artinya 100% kadar air tanah belum mencukupi untuk kebutuhan air pada tanaman cabai. Aladenola and Madramootoo, (2014) melaporkan bahwa produksi buah tertinggi pada tanaman *Capsicum annuum* L diperoleh pada 120% air. Pada 100% air tanaman telah mengalami penurunan produksi sebesar 23% dari 120% air. Hal ini juga pernah dilaporkan oleh Dalla Costa and Gianquinto (2002) bahwa *Capsicum annuum* telah mengalami cekaman/stress ringan pada 100% kapasitas lapang.

Jumlah buah per tanaman

Cekaman kekeringan pada fase vegetatif mempengaruhi jumlah buah yang terbentuk dan menyebabkan penurunan produksi, hal ini terlihat dari jumlah buah pertanaman dan bobot buah pertanaman yang menurun secara signifikan akibat cekaman air, tetapi cekaman tidak mempengaruhi bobot buah/buah. Jumlah buah mengalami penurunan akibat cekaman. Pada 100% kapasitas lapang, rata-rata tanaman menghasilkan 9.10 buah/tanaman, sedangkan pada 75% kapasitas lapang rata-rata tanaman menghasilkan 6.00 buah/tanaman atau menurun sebesar 34.10%, pada 50% kapasitas lapang tanaman hanya menghasilkan rata-rata 3.50 buah/tanaman atau menurun sebesar 62,6%. Jumlah buah/tanaman terus mengalami penurunan hingga 69.2% pada 25% KL, tanaman hanya mampu menghasilkan rata-rata 2.8 buah/tanaman (Tabel 4). Semakin sedikit kapasitas lapang air tanah maka produksi buah semakin rendah. Hal ini juga dilaporkan oleh Yusniwati (2008) dan Harsono *et al.*, (2003) pada tanaman cabai, dimana terjadi penurunan jumlah buah pada tanaman yang mengalami cekaman kekeringan. Besarnya penurunan jumlah buah sangat dipengaruhi oleh genotipe yang digunakan, genotipe yang berbeda mengalami persentase penurunan berbeda yaitu berkisar 15.10-51.38%. Penurunan jumlah buah pertanaman akibat cekaman air juga dilaporkan terjadi pada beberapa tanaman seperti gandum, kacang,

jagung manis dan *sweet bell pepper* (Ashraf *et al.*, 2015; R'Him dan Radhouane, 2015; Aladenola dan Madramootoo, 2014; Oktem 2008; Sezen *et al.*, 2008; Dorji *et al.*, 2005) dan semakin banyak suplai air yang diberikan maka jumlah buah yang dihasilkan akan semakin tinggi.

Bobot buah per tanaman

Cekaman dan genotipe yang diujikan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap bobot buah/tanaman tetapi, interaksi antara genotipe dan cekaman tidak berpengaruh signifikan terhadap bobot buah/tanaman. Bobot buah/tanaman dari 5 genotipe cabai yang diuji berkisar 24.34-6.88 g/tanaman (Tabel 4). Genotipe UIN-K37 memiliki berat buah paling berat yaitu 24.34 g/tanaman dan tidak berbeda nyata dengan UIN-K39 dengan bobot buah/tanaman 16.18 g. UIN-K36 merupakan genotipe yang memiliki bobot buah paling rendah yaitu 6.88 g/tanaman.

Penurunan jumlah buah/tanaman menyebabkan penurunan berat buah pertanaman. dimana penurunan berat buah pertanaman terbesar terjadi pada 25% kapasitas lapang yang mengalami penurunan sebesar 71.35% sedangkan pada 75% kapasitas lapang penurunan berat buah pertanaman terjadi sebesar 30.04% pertanaman. Dari data tersebut terlihat bahwa semakin kecil kapasitas lapang yang berarti bahwa jumlah air yang tersedia untuk tanaman semakin sedikit mengakibatkan penurunan produksi yang tajam. Kekurangan air sebesar 25% sudah menurunkan produksi sebesar 30.04%. Hal ini kembali menegaskan bahwa air merupakan faktor pembatas utama produksi pada tanaman cabai.

Bobot buah per buah, Panjang buah, Diameter Buah dan Jumlah biji

Bobot buah/buah hanya dipengaruhi oleh genotipe yang digunakan, cekaman dan interaksi antara genotipe dan cekaman tidak berpengaruh signifikan terhadap bobot buah/buah (Tabel 1). Genotipe UINK37 merupakan genotipe yang memiliki bobot buah/buah paling tinggi yaitu 3.69g dan berbeda signifikan dengan genotipe lainnya pada kedua fase cekaman yang diberikan (Tabel 4).

Tabel 5. Rata-rata panjang buah (cm) dari 5 genotipe tanaman cabai merah keriting pada berbagai taraf cekaman kekeringan yang dicekam pada fase vegetatif

Cekaman	Panjang Buah (cm)					Rataan Cekaman
	UINK35	UINK36	UINK37	UINK38	UINK39	
100% KL	11.88 ^b	11.05 ^b	12.57 ^b	10.01 ^b	10.77 ^b	11.25
75% KL	11.83 ^b	10.23 ^b	12.81 ^b	10.70 ^b	10.04 ^b	11.23
50% KL	11.50 ^b	9.45 ^b	18.360 ^a	10.62 ^b	10.04 ^b	14.62
25% KL	10.23 ^b	11.60 ^b	19.40 ^a	10.15 ^b	10.10 ^b	12.27
Rataan Genotipe	11.41 ^b	10.61 ^b	15.02 ^a	10.27 ^b	10.40 ^b	

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Panjang buah lebih dipengaruhi oleh genotipe serta interaksi genotipe dan cekaman (Tabel 1). Genotipe UINK37 selain memiliki ukuran buah yang besar juga memiliki panjang buah tertinggi yaitu rata-rata 15.02cm dan berbeda signifikan dengan genotipe lainnya (Tabel 5). Semua genotipe yang diujikan mengalami penurunan panjang buah akibat cekaman kering, kecuali Genotipe UINK37 mengalami peningkatan panjang buah pada taraf cekaman 50% kapasitas lapang dan 25% kapasitas lapang. Pada kasus ini buah menjadi lebih panjang tetapi ukuran buah menjadi lebih kecil (diameter buah) dan jumlah buah yang dihasilkan sedikit. Sedangkan 4 genotipe lainnya walaupun mengalami perubahan panjang buah tetapi tidak signifikan. Genotipe UINK36 pada 50% kapasitas lapang sudah tidak mampu membentuk buah. Genotipe ini merupakan genotipe yang memiliki diameter buah terkecil dan berbeda signifikan dengan 4 genotipe lainnya (Tabel 4).

Beberapa genotipe mengalami peningkatan panjang buah seperti UINK38 hal ini terjadi karena buah yang terbentuk semakin sedikit dan ukuran buah (diameter buah) semakin kecil (Tabel 5 dan Gambar 5). Akan tetapi secara umum semakin tinggi intensitas cekaman semakin pendek buah yang dihasilkan. Hal ini dilaporkan juga oleh Effendi dan Azrai (2008) bahwa kondisi cekaman kekeringan memengaruhi penurunan yang nyata terhadap panjang tongkol. Penurunan semakin besar bila periode cekaman kekeringan menjadi lebih lama. Diameter buah hanya dipengaruhi oleh genotipe yang

Berat basah dan berat kering tajuk

Berat basah tajuk dan berat kering tajuk dipengaruhi oleh genotipe dan cekaman, sedangkan interaksi antara genotipe dan cekaman tidak mempengaruhi berat basah dan berat kering tajuk (Tabel 1). Genotipe UINK36 adalah genotipe yang memiliki berat basah dan berat kering tajuk paling tinggi yaitu 141.58 g dan 28.51 g dan tidak berbeda nyata dengan genotipe UINK39 dengan berat basah dan berat kering tajuk masing-masing sebesar 124.58 g dan 28.89 g (Tabel 6).

Tabel 6. Rata-rata berat basah tajuk (g) dan berat kering tajuk (g) pada fase vegetatif dan cekaman fase generatif dari beberapa genotipe tanaman cabai merah keriting pada berbagai taraf kapasitas lapang (%).

Perlakuan	Berat basah tajuk	Berat kering tajuk	Berat basah akar	Berat kering akar	Panjang akar	Kerapatan Stomata
Genotipe						
UIN K-35	110.74 ^{bc}	22.37 ^b	4.22 ^c	1.76 ^a	30.70 ^a	212.74 ^{ab}
UIN K-36	141.85 ^a	28.51 ^a	6.40 ^a	1.89 ^a	32.28 ^a	204.84 ^{bc}
UIN K-37	97.03 ^c	20.14 ^b	5.80 ^{ab}	1.89 ^a	32.82 ^a	227.26 ^a
UIN K-38	100.27 ^{bc}	20.66 ^b	4.88 ^{bc}	1.83 ^a	31.40 ^a	190.06 ^{cd}
UIN K-39	124.58 ^{ab}	28.89 ^a	5.49 ^{abc}	1.94 ^a	32.12 ^a	181.91 ^d
Cekaman kekeringan						
100% KL	134.40 ^a	29.71 ^a	5.98 ^a	1.95 ^a	33.02 ^a	212.40 ^a
75% KL	121.52 ^{ab}	25.25 ^b	5.18 ^a	1.88 ^a	29.84 ^a	193.63 ^b
50% KL	110.36 ^{bc}	22.45 ^{bc}	5.58 ^a	1.86 ^a	32.08 ^a	213.40 ^{1a}
25% KL	93.30 ^c	19.05 ^c	4.69 ^a	1.75 ^a	32.52 ^a	193.63 ^b

Keterangan: Nilai rata-rata pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Penurunan berat basah dan berat kering tajuk terjadi signifikan pada 50% kapasitas lapang dengan persentase penurunan berat kering tajuk 17.89% dan semakin tajam pada 25% kapasitas lapang yang mencapai 30.58%. Berat kering tajuk menurun sebesar 24.44% pada 50% kapasitas lapang air tanah dan semakin tajam pada 25% kapasitas lapang mencapai 35.88% (Gambar 6). Pada gambar 6 terlihat persentase penurunan berat kering tajuk lebih besar (35.88%) dibandingkan berat basah tajuk yang menurun sebesar 30.58% pada 25% kapasitas lapang. Penurunan berat basah dan berat kering tajuk akibat cekaman kering pada tanaman cabai juga dilaporkan oleh

Cekaman yang diberikan sejak awal pertumbuhan (fase vegetatif) tidak berpengaruh nyata terhadap berat basah akar, berat kering akar dan panjang akar (Tabel 7). Diduga tanaman sudah menyesuaikan diri sejak awal pertumbuhan, pada 100% kapasitas lapang tanaman sudah mulai mengalami stres ringan, karena kalibrasi kapasitas lapang dikalibrasi tiap 2 hari dan 100% kapasitas lapang dipagi hari sudah tidak mencukupi kebutuhan air optimal untuk pertumbuhan tanaman.

Kandungan Klorofil

Cekaman pada fase vegetatif menunjukkan bahwa interaksi antara genotipe dan cekaman memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kandungan klorofil a dan kandungan klorofil total tetapi tidak memberikan respon yang berbeda terhadap kandungan klorofil b. Kandungan klorofil b hanya dipengaruhi oleh genotipe yang diujikan, hal ini menunjukkan bahwa klorofil b tidak sensitif terhadap cekaman kering. Hal yang juga dilaporkan oleh Mafakheri *et al.* (2010) pada tanaman chickpea yang dicekaman pada fase vegetatif dan fase pembungaan dimana kerusakan terbesar terjadi pada klorofil a, sedangkan klorofil b tidak terlalu sensitif terhadap cekaman kering dibandingkan klorofil a.

Klorofil a

Kandungan klorofil a akibat cekaman air yang diujikan pada beberapa genotipe cabai merah keriting yang diujikan. Hal ini menunjukkan bahwa masing-masing genotipe memberikan respon yang berbeda terhadap cekaman yang diberikan. Beberapa genotipe mengalami penurunan klorofil a akibat cekaman yang diberikan tetapi beberapa genotipe lainnya mengalami peningkatan. Genotipe UINK35, UINK37 dan UINK38 mengalami peningkatan klorofil a akibat cekaman, besarnya peningkatan masing-masing genotipe berbeda beda tergantung tingkat cekaman yang diberikan. UINK35 hanya mengalami peningkatan klorofil a pada 25% kapasitas lapang sebesar 8.94% sedangkan pada 75% dan 50% kapasitas lapang klorofil a tidak mengalami peningkatan. Genotipe UINK38 mengalami peningkatan klorofil a hingga 14.65% pada 50% kapasitas lapang, kemudian menurun tajam di 75% kapasitas lapang

(Gambar 7). Genotipe UINK35 dan UINK36 mengalami penurunan klorofil a akibat cekaman yang diberikan, besarnya penurunan klorofil a berbeda-beda tergantung tingkat cekaman yang diberikan (Gambar 7). Dari data ini menunjukkan bahwa respon cekaman terhadap klorofil a sangat tergantung dari genotipe yang digunakan dan cekaman yang diberikan.

Tabel 7. Rata-rata kandungan klorofil a (mg/l) dari beberapa genotipe tanaman cabai merah keriting pada berbagai taraf kapasitas lapang (%) pada cekaman di fase vegetatif

Cekaman	Kandungan Klorofil a					Rataan Cekaman
	UINK35	UINK36	UINK37	UINK38	UINK39	
100%	4.366 ^{abcde}	5.018 ^a	4.308 ^{abcde}	3.960 ^{de}	4.408 ^{abcde}	4.41
75%	4.361 ^{abcde}	3.904 ^e	4.848 ^{ab}	4.214 ^{bcde}	3.893 ^e	4.24
50%	4.381 ^{abcde}	4.086 ^{cde}	4.664 ^{abcd}	4.546 ^{abcde}	4.101 ^{bcde}	4.35
25%	4.754 ^{abc}	4.430 ^{abcde}	4.274 ^{bcde}	3.934 ^{de}	4.236 ^{bcde}	4.32
Rataan Genotipe	4.47 ^{ab}	4.36 ^{ab}	4.52 ^a	4.16 ^b	4.16 ^b	

Keterangan : Nilai pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Klorofil Total

Genotipe dan interaksi antara genotipe dan cekaman memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan klorofil total. Hal ini berarti bahwa genotipe yang berbeda menunjukkan respon yang berbeda terhadap kandungan klorofil total. Cekaman yang diberikan pada fase vegetatif terlihat bahwa genotipe UINK37 dan UINK38 memiliki kandungan klorofil tertinggi yaitu 6.74 mg/l dan 6.66 mg/l berbeda signifikan dengan genotipe UINK35 dan UINK39 yang memiliki kandungan klorofil total terendah yaitu 6.05 mg/l dan 6.11 mg/l (Tabel 8).

Persentase perubahan klorofil total memiliki pola yang sama dengan perubahan yang terjadi pada klorofil a. Genotipe UINK35 dan Genotipe UINK38 mengalami peningkatan kandungan klorofil total, peningkatan klorofil total ini terjadi karena adanya peningkatan klorofil a. Genotipe UINK36 dan UINK39 mengalami penurunan klorofil total, hal ini juga terjadi karena adanya penurunan klorofil a. Penurunan

kandungan klorofil (a, b dan total) akibat cekaman kering baik pada fase vegetatif dan anthesis (flowering) juga dilaporkan oleh Mafakheri *et al.*, (2010) pada tanaman chickpea. Manivannan *et al.*, (2007) pada tanaman bunga matahari. Selanjutnya dijelaskan Mafakheri *et al.*, (2010) bahwa perubahan kandungan klorofil b pada cekaman yang diberikan pada fase pembungaan sangat dipengaruhi oleh genotipe yang digunakan.

Tabel 8. Rata-rata kandungan klorofil total (mg/l) dari beberapa genotipe tanaman cabai merah keriting pada berbagai taraf kapasitas lapang (%) pada cekaman di fase vegetatif

Cekaman	Jumlah Klorofil Total					Rataan Genotipe
	UINK35	UINK36	UINK37	UINK38	UINK39	
100%	6.428 ^{abcd}	7.335 ^a	6.157 ^{bcd}	5.736 ^d	6.497 ^{abcd}	6.43 ^a
75%	6.432 ^{abcd}	6.534 ^{abcd}	7.112 ^{abc}	6.237 ^{abcd}	5.659 ^d	6.40 ^a
50%	6.428 ^{abcd}	5.929 ^d	7.264 ^{ab}	6.559 ^{abcd}	6.026 ^{dc}	6.44 ^a
25%	7.372 ^a	6.526 ^{abcd}	6.439 ^{abcd}	5.697 ^d	6.280 ^{abcd}	6.50 ^a
Rataan Cekaman	6.66 ^a	6.58 ^{ab}	6.74 ^a	6.06 ^c	6.11 ^{bc}	

Keterangan: Nilai pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Selanjutnya Akhkha *et al.*, (2011); Beltrano dan Ronco (2008); Sikuku *et al.*, (2010) melaporkan bahwa kandungan klorofil mengalami penurunan dengan semakin tingginya tingkat kekurangan air, akan tetapi genotipe yang berbeda menunjukkan respon yang berbeda terdapat genotipe yang mengalami penurunan dalam jumlah besar tetapi ada juga genotipe yang tidak terpengaruh dengan cekaman yang diberikan. Nikolaeva *et al.*, (2010) melaporkan pada tanaman gandum penurunan klorofil pada kondisi stres air mencapai 13% sampai 15% dibandingkan kondisi normal. Sangat kontras dengan laporan Shangguan *et al.*, (2000) yang melaporkan bahwa tidak terjadi perubahan kandungan klorofil pada berbagai tingkat cekaman air tanaman gandum. Hasil penelitian ini juga menunjukkan terdapat genotipe yang mengalami peningkatan kandungan klorofil akibat cekaman kering sebagai bentuk pertahanan, tetapi peningkatan ini hanya terjadi pada tingkat cekaman tertentu selanjutnya menurun

yang pada akhirnya menurunkan fotosintat sehingga pembesaran sel dan sintesis selulosa penyusun dinding sel mengalami gangguan sehingga ukuran sel menjadi lebih kecil (Prasad *et al.*, 2008; Dagdelen *et al.*, 2004). Kekurangan air menurunkan produksi karbohidrat (dari fotosintesis) dan absorpsi ion-ion mineral dari dalam tanah (Achard *et al.*, 2006; Chaves dan Oliveira, 2004), sehingga menghambat pertumbuhan batang dan daun (Neumann, 1995 dan Achard *et al.*, 2006). Selanjutnya dijelaskan bahwa kekurangan air mengganggu aktivitas enzim dan metabolisme sel, menghambat pemanjangan sel, menurunkan jumlah sel, menurunkan ukuran daun dan menurunkan indeks luas daun yang pada akhirnya mengurangi area untuk proses fotosintesis yang tentu menurunkan kandungan karbohidrat sebagai cadangan makanan (Farooq *et al.*, 2012). Penurunan fotosintat sebagai cadangan makanan terlihat dari penurunan bobot basah dan bobot kering tajuk dan akar, dimana semakin besar cekaman air pada kedua fase cekaman semakin kecil biomasa tanaman yang tergambar dalam bobot basah dan bobot kering tajuk dan akar.

e. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa respon tanaman cabai akibat kekeringan terlihat dari:

1. Penurunan beberapa karakter pertumbuhan seperti tinggi tanaman, diameter batang, panjang dan lebar daun, penurunan hasil, persen fruitset, jumlah buah dan bobot buah/tanaman, jumlah biji, panjang buah dan diameter buah dan peningkatan persentase bunga rontok.
2. Mengganggu fisiologi tanaman yang terlihat dari penurunan kandungan klorofil secara total, kerapatan stomata dan biomasa tanaman (berat basah tajuk dan akar serta berat kering tajuk dan akar)
3. Karakter jumlah buah/tanaman dan bobot buah pertanaman mengalami penurunan lebih dari 50%.

2. Respon Tanaman Cabai Merah Keriting (*Capsicum annuum* L) Terhadap Cekaman Kering Pada Fase Generatif

a. Pendahuluan

Tanaman cabai (*Capsicum annuum* L) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang sangat sensitif terhadap kekurangan air, kekurangan air tersebut berdampak pada penurunan produksinya. Beberapa laporan menyebutkan bahwa cekaman kering menurunkan produksi tanaman cabai secara nyata (R'Him dan Radhouane, 2015; Aladenola dan Madramootoo, 2014; Showemimo dan Olarewaju, 2007; Dagdegelen *et al.*, 2004; Falcetti *et al.*, 1995). Respon tanaman terhadap cekaman kekeringan sangat bervariasi tergantung pada genotipe tanaman, intensitas cekaman, lama cekaman, dan fase pertumbuhan tanaman. Perubahan secara morfologi, fisiologi dan fenologi sering ditunjukkan oleh tanaman sebagai bentuk adaptasi tanaman terhadap kondisi kekeringan, seperti terjadinya pemanjangan akar, banyaknya bunga rontok, pengurangan tinggi tanaman, menurunkan jumlah biji dan lain-lainnya sehingga karakter/sifat morfologis maupun fisiologis dapat digunakan sebagai dasar penilaian sifat ketahanan tanaman terhadap kekeringan dalam rangka pengembangan varietas tahan kering (Soemartono, 1985; Sammons *et al.*, 1980).

Kekurangan air pada tahap vegetatif mempunyai dampak yang besar terhadap tinggi tanaman, biomassa tanaman dan hasil. Ghassemi-Golezani and Mardfar (2008) melaporkan bahwa kekurangan air pada fase vegetatif menurunkan luas area daun, penurunan biomassa tanaman dan penurunan hasil tanaman. Cakir (2004) juga menyatakan bahwa kekurangan air dalam periode yang singkat pada fase vegetatif menyebabkan kehilangan hasil sebesar 28-32% pada tanaman jagung. Farooq *et al.*, (2012) menerangkan bahwa kekurangan air dapat mengganggu aktivitas enzim dan metabolisme sel, menghambat pemanjangan sel, menurunkan jumlah sel, menurunkan ukuran daun dan menurunkan indek luas daun yang pada akhirnya mengurangi area untuk proses fotosintesis yang menurunkan kandungan karbohidrat sebagai cadangan makanan.

Kekurangan air yang terjadi selama pertumbuhan generatif dianggap mempunyai pengaruh buruk pada hasil panen. Kekurangan air pada waktu penyerbukan umumnya menyebabkan banyaknya bunga rontok karena terganggu perkembangan embrio (Barnabas *et al.*, 2008). Xia, (1997) melaporkan bahwa kekurangan air pada fase generatif menurunkan jumlah bunga, jumlah polong dan jumlah biji per polong pada tanaman *Vicia faba* L, sedangkan Ghassemi-Golezani and Mardfar (2008) juga melaporkan bahwa kekurangan air pada fase generatif mempercepat periode berbunga dan pengisian biji yang berakibat pada rendahnya jumlah biji per tanaman, berat biji rata-rata dan hasil biji per unit area.

Untuk pengembangan tanaman toleran kekeringan perlu dipelajari lingkungan seleksi yang tepat, kriteria seleksi yang baik dan waktu terjadinya cekaman, serta perencanaan lapangan yang seragam dan tepat waktu (Bidinger, 2002 *in* Sopandie, 2014). Cekaman pada fase pertumbuhan yang berbeda memberikan respon yang berbeda dan memiliki tujuan serta kriteria seleksi yang berbeda, seperti menutup dan membukanya stomata hanya efektif dilakukan pada cekaman yang sangat kering tetapi pada cekaman yang moderat hanya menurunkan fotosintesis (Tardieu *et al.*, 2004).

b. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari respon tanaman cabai merah keriting terhadap cekaman kekeringan pada fase generatif

c. Metodologi Penelitian

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Genetik dan Pemuliaan Tanaman dan *green house* Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau pada Oktober 2015 sampai Maret 2016.

Bahan dan Alat

Bahan tanaman yang digunakan dalam penelitian ini yaitu beberapa genotipe cabai koleksi Laboratorium Pemuliaan dan Genetika Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Pupuk dasar (TSP, KCl dan Urea), pupuk kandang. Fungisida yang digunakan Dithane M-45 (*Mankozeb* 80%) dan insektisida Curacron (*Profenofos*). Bahan untuk analisis klorofil dan viabilitas polen yaitu Aseton 80% dan Acetocarmine 0.75%. Kutek bening untuk melihat stomata. Alat yang digunakan adalah polybag, *UV-Vis spectrofotometer*, Mikroskop cahaya (*Olympus*) mortal dan pestel, sentrifus dan gelas objek.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial yang terdiri dari 2 faktor, dimana faktor pertama adalah genotipe cabai merah terdiri dari 5 genotipe yaitu: UINK35, UINK36, UINK37, UINK38 dan UINK39, sedangkan faktor kedua adalah cekaman kekeringan yang terdiri atas 4 taraf kadar lengas tanah yaitu: 100% kapasitas lapang, 75% kapasitas lapang, 50% kapasitas lapang, dan 25% kapasitas lapang, sehingga diperoleh 20 kombinasi perlakuan. Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak 4 kali, sehingga didapat 80 unit percobaan.

Tatalaksana Penelitian

Benih cabai direndam dalam air hangat kuku selama ± 24 jam. Hal tersebut bertujuan untuk mempercepat perkecambahan benih, selain itu untuk memisahkan benih yang terendam dan benih yang terapung. Benih cabai ditanam dalam polibag ukuran 15 x 10 cm. Media tanam berupa campuran topsoil yang telah diayak bersama pupuk kompos dengan perbandingan volume 3:1. Penyemaian dilakukan sampai bibit berumur 4 Minggu. Selanjutnya bibit dipindah dalam polibag (35 cm x 40 cm) yang telah berisi media tanam (Pupuk kandang dan tanah mineral dengan rasio 1:1, dimana berat total media adalah 10 kg/polibag).

Perlakuan cekaman kekeringan lapang diberikan satu minggu setelah tanaman berbunga (fase generatif). Pemberian air dilakukan menurut metode gravimetrik yaitu dengan menimbang polibag (tanah+tanaman) yang dilakukan setiap 2 hari sekali. Perlakuan penyiraman air dilakukan sesuai tingkat ketersediaan air yang diujikan.

Parameter Pengamatan

Pada percobaan ini pengamatan dilakukan terhadap karakter tinggi tanaman (cm), tinggi dikotomus (cm), diameter batang, lebar daun, panjang daun, kerapatan stomata, kandungan klorofil (a, b dan total), jumlah bunga, umur panen, jumlah buah per tanaman, bobot buah, bobot buah per tanaman, panjang buah, diameter buah, jumlah biji/buah, bobot basah tajuk, bobot kering tajuk, panjang akar, bobot basah akar dan bobot kering akar.

Analisis Data

Analisis ragam dilakukan dengan menggunakan uji F, yaitu untuk mengetahui pengaruh masing-masing perlakuan. Apabila menunjukkan perbedaan nyata maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan *Duncan's multiple range test* (DMRT) pada taraf 5%.

d. Hasil dan Pembahasan

Kondisi umum penelitian ini sama dengan kondisi umum ketika cekaman diberikan pada fase vegetatif (Tahap 1). Rekapitulasi sidik ragam (Anova) dua puluh empat (24) karakter lima genotipe cabai merah keriting (*Capsicum annuum*) pada beberapa level cekaman di fase generatif dapat dilihat pada Tabel 1.

Tinggi Tanaman, Tinggi Dikotomus, Diameter Batang dan Lebar Daun

Cekaman dan genotipe yang diujikan memberikan pengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman, tinggi dikotomus, diameter batang, lebar daun (Tabel 9). Secara umum, masing-masing genotipe memiliki respon yang berbeda terhadap cekaman yang diberikan. Genotipe UINK35 merupakan genotipe yang memiliki tinggi tanaman dan tinggi dikotomus paling tinggi tetapi diameter batang yang terendah,

sedangkan genotipe UINK36 memiliki lebar daun terlebar yaitu 3.75 cm dan berbeda signifikan dengan 4 genotipe lainnya (Tabel 10). Semakin tinggi cekaman yang diberikan menyebabkan penurunan terhadap karakter pertumbuhan seperti tinggi tanaman, tinggi dikotomus dan diameter batang.

Tabel 9. Rekapitulasi sidik ragam 24 karakter lima genotipe cabai merah keriting yang diberi cekaman pada fase generatif.

No	Karakter	Genotipe	Cekaman	Genotipe x Cekaman	KK
1	Tinggi tanaman 4 MSP	**	**	tn	2.60
2	Tinggi dikotomus 2 MSP	**	**	tn	3.80
3	Diameter batang 4 MSP	**	**	tn	6.44
4	Panjang daun	**	**	*	8.18
5	Lebar daun	**	**	tn	6.13
6	Persen Bunga rontok 4 MSC	**	tn	tn	18.23
7	Umur berbunga	**	tn	tn	12.10
8	Umur panen	**	tn	*	25.15
9	Jumlah buah per tanaman	tn	tn	tn	23.39
10	Persen buah terbentuk	**	tn	tn	22.11
11	Bobot buah per tanaman (g)	*	tn	tn	27.07
12	Bobot buah per buah (g)	tn	tn	tn	25.48
13	Panjang Buah (cm)	**	tn	*	17.86
14	Diameter buah (mm)	**	tn	**	12.08
15	Jumlah biji per buah	tn	**	*	20.83
16	Kerapatan stomata	**	**	tn	14.85
17	Kandungan klorofil a	**	tn	**	12.83
18	Kandungan klorofil b	**	tn	tn	21.89
19	Kandungan klorofil ab (total)	**	tn	**	14.38
20	Berat basah tajuk (g)	**	**	tn	13.26
21	Berat kering tajuk (g)	**	**	tn	14.99
22	Berat basah akar (g)	**	**	tn	17.23
23	Berat kering akar (g)	**	**	tn	16.78
24	Panjang akar (cm)	**	**	*	7.63

Keterangan: **Berbeda signifikan pada taraf 1% ($P < 0.01$), *Berbeda signifikan pada taraf 5% ($P < 0.05$), ^{tn}tidak berbeda nyata.

Penurunan tinggi tanaman, tinggi dikotomus dan diameter batang dan lebar daun terlihat secara nyata mulai terjadi pada 75% kapasitas lapang dan semakin tajam

pada 25% kapasitas lapang. Diameter batang mengalami penurunan paling besar yaitu mencapai 15.72%, disusul oleh karakter lebar daun yang mengalami penurunan hingga 10.48%, tinggi dikotomus yang menurun sebesar 6.30% pada 25% kapasitas lapang dibandingkan dengan tanaman kontrol (Gambar 9). Penurunan tinggi tanaman pada studi ini hanya mencapai 5.75% lebih rendah dari cekaman yang diberikan difase vegetatif dimana penurunan tinggi tanaman mencapai 11.37% (Gambar 3), dan laporan yusniwati *et al*, (2008) pada tanaman cabai yang mencapai 25.47%, selanjutnya R'Him and Radhouane (2015) melaporkan bahwa cekaman air menyebabkan penurunan tinggi tanaman pada *Capsicum annuum* berkisar 13-15% dari tanaman kontrol. Selanjutnya Yusnitawati *et al*, (2008) menjelaskan bahwa besarnya penurunan tinggi tanaman akibat cekaman kering sangat dipengaruhi oleh genotipe yang digunakan, bahkan beberapa genotipe yang diujikan mengalami peningkatan tinggi tanaman.

Tabel 10. Rata-rata tinggi tanaman (cm), tinggi dikotomus (cm) dan diameter batang (mm), lebar daun (cm) pada beberapa genotipe cabai merah keriting dan berbagai taraf cekaman air pada fase generatif

Perlakuan	Tinggi Tanaman	Tinggi Dikotomus	Diameter Batang	Lebar Daun
Genotipe				
UIN K-35	98.34 ^a	55.84 ^a	6.67 ^c	3.43 ^c
UIN K-36	93.65 ^c	48.75 ^b	7.66 ^a	3.75 ^a
UIN K-37	87.00 ^d	43.94 ^c	6.82 ^c	3.62 ^b
UIN K-38	96.28 ^b	55.72 ^a	7.15 ^b	3.54 ^b
UIN K-39	97.40 ^b	55.63 ^a	7.36 ^{ab}	3.32 ^c
Cekaman kekeringan				
100% KL	97.37 ^a	53.65 ^a	7.76 ^a	3.72 ^a
75% KL	95.32 ^b	52.35 ^b	7.38 ^b	3.61 ^b
50% KL	93.67 ^c	51.63 ^b	6.84 ^c	3.41 ^c
25% KL	91.77 ^d	50.27 ^c	6.54 ^d	3.33 ^c

Keterangan: Nilai rata-rata pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Hasil studi ini menunjukkan bahwa karakter diameter batang dan lebar daun lebih sensitif dibandingkan dengan karakter tinggi tanaman dan tinggi dikotomus terhadap cekaman kekeringan yang diberikan pada fase generatif (fase berbunga), terlihat dari besarnya persentase penurunan diameter batang yaitu 15.72% dan lebar

yang peka/sensitif. Demiral & Tu'rkkan, (2005) menyatakan bahwa genotipe-genotipe yang sensitif akan mengalami penurunan yang lebih besar dibandingkan dengan genotipe yang toleran.

Kondisi cekaman air mengakibatkan tekanan turgor tidak optimum, rendahnya tekanan osmotik pada daun menurunkan transpirasi (Ban-al *et al.*, 2008), transpirasi terganggu maka proses fotosintesis juga terganggu yang pada akhirnya menurunkan fotosintat sehingga pembesaran sel dan sintesis selulosa penyusun dinding sel mengalami gangguan sehingga ukuran sel menjadi lebih kecil (Prasad *et al.*, 2008; Dagdelen *et al.*, 2004). Kekurangan air menurunkan produksi karbohidrat (dari fotosintesis) dan absorpsi ion-ion mineral dari dalam tanah (Achard *et al.*, 2006; Chaves dan Oliveira, 2004), sehingga menghambat pertumbuhan batang dan daun (Neumann, 1995 dan Achard *et al.*, 2006) serta menurunkan jumlah sel, menurunkan ukuran daun dan menurunkan indeks luas daun yang pada akhirnya mengurangi area untuk proses fotosintesis (Farooq *et al.*, 2012).

Tabel 11. Rata-rata panjang daun pada beberapa genotipe cabai merah keriting dan berbagai taraf cekaman air pada fase Generatif

Cekaman	UINK35	UINK36	UINK37	UINK38	UINK39	Rataan Cekaman
100%	9.67 ^{de}	9.983 ^{bcde}	10.91 ^a	10.94 ^a	10.81 ^{abc}	10.39 ^a
75%	9.68 ^{de}	9.93 ^{bcde}	9.82 ^{de}	10.68 ^{ab}	10.15 ^{abcd}	9.98 ^b
50%	9.52 ^{de}	9.63 ^{de}	9.52 ^{de}	9.68 ^{de}	9.59 ^{de}	9.58 ^c
25%	9.30 ^{de}	9.31 ^{de}	9.39 ^{de}	9.41 ^{de}	9.38 ^{de}	9.36 ^c
Rataan Genotipe	9.69 ^b	9.44 ^b	9.83 ^{ab}	10.24 ^a	10.04 ^a	

Keterangan: Nilai rata-rata pada kolom dan baris yang sama dan diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Umur Panen

Genotipe dan interaksi antara genotipe dengan cekaman berbeda nyata secara statistik terhadap umur panen sedangkan cekaman tidak berpengaruh nyata terhadap umur panen (Tabel 9). Genotipe UINK36 memiliki umur panen tercepat dibandingkan

dengan genotipe lain. Umur panen tercepat diamati pada interaksi antara genotipe UINK36 dengan cekaman 75% KL yaitu 36 hari setelah tanam dan umur panen terlama diamati pada interaksi genotipe UINK37 dengan cekaman 75%, yaitu 93.50 hari setelah tanam (Tabel 12). Cekaman yang diberikan pada fase generatif mempercepat umur panen hingga 14 hari lebih cepat pada 25% kapasitas lapang dibandingkan tanaman kontrol (100% KL). Berdasarkan data ini terlihat bahwa cekaman air pada tanaman mengakibatkan tanaman mempercepat waktu panen. Beberapa tanaman mempercepat umur berbunga dan umur panen untuk mempersingkat siklus hidupnya agar dapat lolos (*escape*) dari stres kekeringan (Mitra, 2001).

Tabel 12. Rata-rata umur panen dari beberapa genotipe tanaman cabai merah keriting pada berbagai taraf cekaman kekeringan (HST) pada fase generatif

Cekaman	UINK35	UINK36	UINK37	UINK38	UINK39	Rataan Cekaman
100%	79.50 ^a	72.00 ^{abc}	73.00 ^{abc}	37.00 ^{bed}	77.50 ^{ab}	74.60 ^a
75%	73.00 ^{abc}	36.00 ^{cd}	93.50 ^a	70.00 ^{abc}	72.50 ^{abc}	68.30 ^a
50%	73.00 ^{abc}	-	82.00 ^a	71.50 ^{abc}	75.00 ^{abc}	67.00 ^a
25%	37.00 ^{bcd}	73.50 ^{abc}	78.50 ^a	79.50 ^a	73.00 ^{abc}	60.30 ^a
Rataan Genotipe	65.62 ^a	45.37 ^b	79.25 ^a	73.00 ^a	74.50 ^a	

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak

- Tanaman tidak menghasilkan buah

Persentase Bunga rontok dan Persentase buah Terbentuk (*Fruitset*)

Genotipe yang digunakan berpengaruh signifikan terhadap persentase bunga rontok dan persen buah terbentuk (*fruitset*), sedangkan perlakuan cekaman dan interaksi antara genotipe dan cekaman tidak berpengaruh signifikan terhadap persentase jumlah bunga rontok dan persen buah terbentuk (Tabel 9). Persentase bunga rontok tertinggi terdapat pada genotipe UINK36 (94.73%) dan persentase bunga rontok terendah diamati pada genotipe UINK37 (85.34%), sedangkan persentase buah terbentuk tertinggi diamati pada genotipe UINK37 yaitu 14.66% dan persentase bunga terbentuk terendah diamati pada genotipe UINK36 yaitu 5.27% (Tabel 13)

Tingginya persentase bunga yang rontok pada 100% kapasitas lapang yaitu

89.49% (Tabel 13), mengindikasikan bahwa pada 100% kapasitas lapang tanaman sudah mengalami stres, artinya pada 100% KL kadar air tanah belum mencukupi untuk kebutuhan air pada tanaman cabai. Aladenola and Madramootoo (2014) melaporkan bahwa produksi buah tertinggi pada tanaman *Capsicum annuum* L diperoleh pada 120% kapasitas lapang, sedangkan pada 100% kapasitas lapang, tanaman telah mengalami penurunan produksi sebesar 23% dari 120% KL. Hal ini juga pernah dilaporkan oleh Dalla Costa and Gianquinto (2002) bahwa *Capsicum annuum* telah mengalami cekaman/stres ringan pada 100% kapasitas lapang. Persentase bunga rontok cenderung meningkat sampai pada cekaman 50% kemudian menurun setelah cekaman meningkat, begitu juga halnya dengan persentase buah terbentuk cenderung meningkat setelah 50% KL (Gambar 11).

Tabel 13. Rata-rata persentase bunga rontok (%) dan persentase jumlah buah terbentuk (*fruitset* (%)), jumlah buah pertanaman, bobot buah pertanaman (g), bobot buah per buah (g) genotipe tanaman cabai merah keriting pada cekaman di fase generative.

Perlakuan	Bunga rontok	Fruitset	Jumlah buah per tanaman	Bobot buah per tanaman	Bobot buah per buah
Genotipe					
UIN K35	90.51 ^{ab}	9.50 ^{ab}	5.88 ^a	14.36 ^{ab}	2.47 ^a
UIN K36	94.73 ^a	5.27 ^b	2.38 ^a	4.78 ^b	1.52 ^a
UIN K37	85.34 ^b	14.66 ^a	5.13 ^a	18.73 ^a	3.93 ^a
UIN K38	91.62 ^{ab}	8.39 ^{ab}	5.63 ^a	10.32 ^b	1.94 ^a
UIN K39	87.37 ^{ab}	12.64 ^{ab}	8.25 ^a	15.54 ^{ab}	2.03 ^a
Cekaman					
100% KL	89.49 ^a	10.51 ^a	6.60 ^a	15.78 ^a	2.52 ^a
75% KL	89.84 ^a	10.15 ^a	5.00 ^a	8.85 ^a	2.31 ^a
50% KL	92.52 ^a	7.48 ^a	3.90 ^a	11.43 ^a	2.28 ^a
25% KL	87.78 ^a	12.21 ^a	6.30 ^a	14.94 ^a	2.39 ^a

Keterangan: Nilai rata-rata pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Pada Gambar 11 mencerminkan adanya titik balik persentase bunga rontok dan persentase buah terbentuk, dimana setelah melewati titik balik atau titik puncak tersebut maka persentase bunga rontok cenderung menurun dan persentase bunga

dikalibrasi/2 hari tidak mencukupi kebutuhan air tanaman. Tanaman sudah mengalami cekaman yang tinggi dan hal inilah yang menyebabkan banyaknya bunga yang rontok. Owusu-Sekyere *et al.*, (2010) juga melaporkan kekurangan 20% air dari kebutuhan pada tanaman cabai mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, pembentukan buah dan produksi.

Jumlah buah per tanaman, Bobot buah per tanaman dan bobot Buah per buah

Genotipe, cekaman dan interaksi antara genotipe dan cekaman yang diberikan pada fase generatif tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah buah dan bobot buah per tanaman. Rata-rata tanaman hanya mampu memproduksi 2.38-8.25 buah/tanaman dengan bobot buah rata-rata 1.52g-3.93g per buah (Tabel 13). Bobot buah pertanaman dipengaruhi oleh genotipe yang diujikan. Genotipe UINK37 memiliki bobot buah per tanaman yang paling berat yaitu 18.73 g dan berbeda nyata dengan genotipe UINK36 yang memiliki berat buah yang paling ringan yaitu 4.78 g (Tabel 13). Hasil penelitian ini sejalan dengan Yusnitawati *et al.*, (2008) pada tanaman cabai, dimana masing-masing genotipe yang tercekam kering hanya mampu memproduksi 7.0-8.5 buah/tanaman dan Simanjuntak (2015) bahwa perlakuan cekaman kekeringan tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah polong pada tanaman kedelai dan berlawanan dengan hasil penelitian Mapegau (2006) yang melaporkan bahwa pengaruh cekaman air terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai bergantung pada kultivar. Beberapa penelitian lain melaporkan bahwa toleransi terhadap cekaman sangat bervariasi antar genotipe dalam suatu spesies (Gholami *et al.*, 2012; Corte's *et al.*, 2012; Siddiqui *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2015).

Penurunan jumlah buah pertanaman akibat cekaman air juga dilaporkan terjadi pada beberapa tanaman seperti gandum kacang dan sweet corn dan sweet bell pepper (Ashraf *et al.*, 2015; R'Him and Radhouane, 2015; Aladenola and Madramootoo, 2014; Oktem 2008; Sezen *et al.*, 2008; Dorji *et al.*, 2005) dan semakin banyak suplai air yang diberikan maka jumlah buah yang dihasilkan semakin tinggi. Aladenola and

Madramootoo, (2014) melaporkan bahwa produksi buah tertinggi pada tanaman *Capsicum annuum* L diperoleh pada 120% air.

Cekaman pada periode pembungaan dan perkembangan buah menurunkan produksi secara total, bobot buah, jumlah buah dan panjang buah (Dagdelen *et al.*, 2004; Sam-Amoah *et al.*, 2013). Cekaman yang berlangsung secara terus menerus menurunkan bobot buah (Della Costa dan Gianquinto, 2002; Jaimez *et al.*, 2000; Delfine *et al.*, 2001; Della Costa and Antony and Singandhupe, 2004)

Panjang Buah

Genotipe dan interaksi antara genotipe dan cekaman berpengaruh nyata terhadap panjang buah sedangkan cekaman tidak berpengaruh signifikan (Tabel 9). Genotipe UINK37 merupakan genotipe dengan panjang buah terpanjang (16.38 cm) dan berbeda signifikan dengan genotipe lainnya (Tabel 14). Cekaman air menyebabkan penurunan panjang buah pada masing-masing genotipe yang diujikan, genotipe UINK36 mengalami penurunan panjang buah yang paling ekstrim mencapai 100% disusul genotipe UINK37 yang mengalami penurunan panjang buah mencapai 30.70% pada 25% kapasitas lapang (Gambar 14). Genotipe UINK36 pada 50% KL sudah tidak mampu membentuk buah.

Tabel 14. Rata-rata panjang buah (cm) dari 5 genotipe tanaman cabai merah keriting pada berbagai taraf cekaman kekeringan pada fase generatif

Cekaman	UINK35	UINK36	UINK37	UINK38	UINK39	Rataan Cekaman
100% KL	11.73 ^b	9.67 ^{bc}	16.84 ^a	10.32 ^{bc}	9.96 ^{bc}	11.70 ^a
75% KL	11.21 ^b	9.78 ^{bc}	17.60 ^a	9.35 ^{bc}	9.24 ^{bc}	11.44 ^a
50% KL	11.72 ^b	0.00 ^d	15.84 ^a	9.17 ^{bc}	10.20 ^{bc}	9.39 ^a
25% KL	10.93 ^{bc}	11.67 ^{bc}	15.23 ^a	8.31 ^c	9.91 ^{bc}	11.21 ^a
Rataan Genotipe	11.40 ^b	7.78 ^c	16.38 ^a	9.29 ^c	9.83 ^c	

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Beberapa genotipe mengalami peningkatan panjang buah seperti UINK38 hal ini terjadi karena buah yang terbentuk semakin sedikit dan ukuran buah (diameter

(Tabel 15). Respon masing-masing genotipe yang diujikan terhadap cekaman yang diberikan berbeda-beda, besarnya diameter buah sangat dipengaruhi oleh interaksi keduanya.

Tabel 15. Rata-rata diameter buah dari 5 genotipe tanaman cabai merah keriting pada berbagai taraf cekaman kekeringan pada fase generatif

Cekaman	UINK35	UINK36	UINK37	UINK38	UINK39	Rataan Cekaman
100% KL	5.89 ^{ab}	5.05 ^b	5.86 ^{ab}	5.43 ^b	5.58 ^b	5.56 ^a
75% KL	5.60 ^{ab}	4.93 ^b	5.67 ^{ab}	5.40 ^b	5.63 ^{ab}	5.45 ^a
50% KL	5.80 ^{ab}	-	6.55 ^a	4.96 ^b	5.52 ^b	4.57 ^a
25% KL	5.61 ^{ab}	5.69 ^{ab}	5.42 ^b	5.38 ^b	5.71 ^{ab}	5.56 ^a
Rataan Genotipe	5.73 ^a	3.92 ^c	5.88 ^a	5.30 ^b	5.61 ^{ab}	

Keterangan: Nilai pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Jumlah Biji

Cekaman dan interaksi antara genotipe dan cekaman berpengaruh signifikan terhadap jumlah biji yang terbentuk sedangkan genotipe tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah biji. Pada cekaman 100% KL diperoleh jumlah biji tertinggi yaitu 34.42 biji dan berbeda nyata dengan perlakuan cekaman lainnya. Interaksi genotipe UINK36 dengan 100% KL diperoleh jumlah biji tertinggi yaitu 38.29 dan jumlah biji terendah diamati pada interaksi genotipe UINK36 dengan 50%KL (Tabel 16). Pada Tabel 16 terlihat bahwa secara umum jumlah biji telah mengalami penurunan yang signifikan pada 75% kapasitas lapang air tanah dan terus menurun seiring dengan penurunan kapasitas lapang air tanah, semakin tinggi cekaman yang diberikan jumlah biji yang terbentuk semakin sedikit.

Semua genotipe yang diujikan mengalami penurunan jumlah biji/buah tetapi besarnya penurunan berbeda dari masing-masing genotipe yang diujikan (Gambar 13). Genotipe UINK37 mengalami penurunan jumlah biji terbesar yaitu mencapai 64.45% disusul genotipe UINK36 sebesar 47.32%, sedangkan ketiga genotipe lainnya

(Suhartina *et al.*, 2004; Effendi dan Azrai, 2008; Kaswan dan Achmad, 2011). Biji merupakan salah satu komponen hasil yang paling terpengaruh akibat cekaman air pada fase pengisian biji (Gardner *et al.*, 1991).

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Suhartina *et al.*, (2004) bahwa cekaman kekeringan sebesar 40% dan 70% dari lengas tanah selama fase generatif menurunkan hasil biji dibanding 100% lengas tanah tersedia. Effendi dan Azrai (2008) melaporkan bahwa kondisi cekaman kekeringan memengaruhi penurunan yang nyata terhadap jumlah biji/tongkol, bobot 100 biji, dan bobot biji/tanaman. Penurunan semakin besar bila periode cekaman kekeringan menjadi lebih lama. Selain itu Kaswan dan Achmad (2011) melaporkan bahwa cekaman kekeringan pada fase reproduktif jagung menyebabkan penurunan jumlah biji. Gardner *et al.*, (1991) menyatakan bahwa, komponen hasil panen yang terpengaruh oleh kekurangan air pada fase generatif adalah pada tingkat akhir perkembangan polong dan pada pertengahan pengisian biji. Pada tingkat akhir perkembangan polong jika terjadi cekaman air menghasilkan perkembangan polong yang jelek (lebih sedikit biji dalam polong) dan menurunnya fotosintat (berkurangnya berat per biji). Pada tingkat lanjut pengisian polong pengaruh adanya cekaman air ialah menurunnya berat per biji.

Bobot basah tajuk dan bobot kering tajuk

Berat basah tajuk dan berat kering tajuk signifikan dipengaruhi oleh genotipe dan cekaman, sedangkan interaksi antara genotipe dan cekaman tidak mempengaruhi bobot basah dan bobot kering tajuk pada fase cekaman yang diberikan (Tabel 9). Pada saat cekaman diberi bobot basah dan bobot kering tajuk paling tinggi yaitu masing-masing 120.74 g dan 20.16 g tidak berbeda nyata dengan genotipe UINK38 (Tabel 17). Penurunan berat basah dan berat kering terjadi signifikan pada 75% kapasitas lapang, berat basah menurun sebesar 21.9% sedangkan berat kering telah menurun sebesar 30.42%. Hal ini berarti bahwa cekaman pada fase generatif lebih sensitif terhadap biomasa tanaman yang terlihat dari besarnya penurunan berat basah dan berat kering tajuk akibat cekaman air pada fase generatif. Semakin tinggi cekaman yang diberikan

menyebabkan penurunan berat basah dan berat kering tajuk yang semakin besar (Gambar 14).

Tabel 17. Rata-rata berat basah akar (g) dan berat kering akar (g) beberapa genotipe tanaman cabai merah keriting pada berbagai taraf kapasitas lapang (%) pada fase generative.

Perlakuan	Berat basah tajuk	Berat Kering tajuk	Berat basah Akar	Berat kering Akar	Klorofil b	Kerapatan stomata
Genotipe						
UIN K-35	86.55 ^b	14.72 ^b	5.97 ^c	1.53 ^b	1.65 ^b	232.36 ^a
UIN K-36	89.08 ^b	20.94 ^a	7.38 ^b	1.68 ^b	1.38 ^b	216.56 ^a
UIN K-37	72.73 ^c	14.53 ^b	5.83 ^c	1.60 ^b	1.75 ^{ab}	210.96 ^a
UIN K-38	112.59 ^a	22.31 ^a	9.75 ^a	2.11 ^a	1.76 ^{ab}	181.91 ^b
UIN K-39	120.74 ^a	20.16 ^a	7.94 ^b	1.69 ^b	1.91 ^a	169.68 ^b
Cekaman kekeringan						
100% KL	118.64 ^a	24.36 ^a	9.81 ^a	2.12 ^a	1.78 ^a	206.06 ^{ab}
75% KL	92.91 ^b	16.95 ^b	7.30 ^b	1.62 ^b	1.82 ^a	218.50 ^a
50% KL	90.21 ^b	16.78 ^b	6.65 ^{bc}	1.61 ^b	1.70 ^a	188.74 ^b
25% KL	83.59 ^b	16.03 ^b	5.73 ^c	1.54 ^b	1.63 ^a	195.87 ^{ab}

Keterangan : Nilai pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Pada gambar 14 terlihat bahwa penurunan berat kering tajuk lebih besar (31.12-34.20%) dibandingkan bobot basah tajuk (21.69-29.54%). Besarnya penurunan bobot basah dan bobot kering tajuk sangat dipengaruhi oleh genotipe yang digunakan (Yusnitawati *et al*, 2008), pada percobaan cekaman kering yang dilakukan pada beberapa genotipe tanaman cabai dilaporkan besarnya penurunan bervariasi yaitu 3.71%-44.59%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa air memegang peran penting terhadap biomasa tanaman. Pengurangan pertumbuhan tanaman akibat stres air atau kekurangan air terjadi karena rendahnya tekanan osmotik pada daun, sehingga menurunkan laju transpirasi (Ban-al *et al.*, 2008). Ketika transpirasi terganggu maka proses fotosintesis juga terganggu yang tentunya menurunkan kandungan karbohidrat sebagai cadangan makanan dan pada akhirnya menurunkan fotosintat yang berdampak secara langsung terhadap biomasa tanaman.

besar cekaman yang diberikan peningkatan panjang akar semakin tinggi. Besarnya peningkatan panjang akar bervariasi tergantung genotipe yang diujikan. Rata-rata genotipe mengalami peningkatan sebesar 40.71% pada 25% kapasitas lapang. Genotipe UINK37 mengalami peningkatan panjang akar hingga 67.50% pada 25% kapasitas lapang disusul genotipe UINK36 sebesar 51.72% (Gambar 15). Peningkatan panjang akar cekaman ini lebih tinggi dari yang dilaporkan oleh Yusnitawati *et al*, (2008) dimana akar tanaman cabai meningkat hingga 28.63%, tetapi berat kering akar mengalami penurunan yang tajam hingga 42.72% akibat cekaman kering

Tabel 18. Rata-rata panjang akar (cm) dari beberapa genotipe tanaman cabai merah keriting pada berbagai taraf kapasitas lapang (%) pada cekaman difase generatif

Cekaman	Panjang Akar (cm)					Rataan Cekaman
	UINK35	UINK36	UINK37	UINK38	UINK39	
100% KL	21.50 ^{gh}	21.75 ^{gh}	20.00 ^h	25.50 ^{defg}	24.25 ^{efgh}	22.60 ^c
75% KL	24.50 ^{efgh}	27.00 ^{cdef}	21.50 ^{gh}	23.50 ^{fgh}	25.50 ^{defg}	24.40 ^{bc}
50% KL	20.00 ^h	27.00 ^{cdef}	24.25 ^{efgh}	29.50 ^{abcd}	26.25 ^{defg}	25.40 ^b
25% KL	28.50 ^{bcde}	33.00 ^{ab}	33.50 ^a	32.50 ^{ab}	31.50 ^{abc}	31.80 ^a
Rataan Genotipe	23.63 ^c	27.19 ^a	24.82 ^{bc}	27.75 ^a	26.88 ^{ab}	

Keterangan: Nilai pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Cekaman yang diberikan pada fase generatif yaitu saat tanaman sudah mulai berbunga menunjukkan respon yang signifikan terhadap panjang akar, semakin sedikit air yang diberikan maka bobot basah dan bobot kering akar semakin kecil tetapi panjang akar semakin panjang. Peningkatan panjang akar akibat cekaman diduga merupakan salah satu mekanisme pertahanan yang dilakukan oleh tanaman untuk mendapatkan air. Herdiawan, (2013) melaporkan pada tanaman *I. zollingeriana* mengalami peningkatan panjang akar tertinggi pada 25% kapasitas lapang. Selain itu pada tanaman *Lonicera implexa* dan *Silene vulgaris* mengalami peningkatan panjang akar dan jumlah percabangan akar dan luas sebaran akar pada saat tercekam kering

Genotipe UINK35 menunjukkan respon peningkatan persentase klorofil a pada fase cekaman yang diberikan, yaitu mencapai 10.71% pada 50% kapasitas lapang, kemudian menurun menjadi 5.71% pada 25% kapasitas lapang. Genotipe UINK37 dan UINK39 mengalami penurunan pada saat cekaman diberikan (Gambar 16). Dari data ini menunjukkan bahwa respon cekaman terhadap klorofil a sangat tergantung dari genotipe yang digunakan dan cekaman yang diberikan. Perubahan kandungan klorofil sangat dipengaruhi oleh genotipe yang digunakan (Akhkha *et al.*, 2011; Mafakheri *et al.*, 2010; Sikuku *et al.*, 2010 dan Beltrano dan Ronco 2008). Mafakheri *et al.* (2010) melaporkan bahwa pada tanaman chickpea yang dicekam pada fase pembungaan menyebabkan kerusakan terbesar terjadi pada klorofil a. Hal tersebut sangat kontras dengan laporan Shangguan *et al.*, (2000) yang menyatakan bahwa tidak terjadi perubahan kandungan klorofil pada berbagai tingkat cekaman air tanaman gandum.

Tabel 19. Rata-rata kandungan klorofil a (mg/l) dari beberapa genotipe tanaman cabai merah keriting pada berbagai taraf kapasitas lapang (%) pada cekaman difase Generatif

Cekaman	UINK35	UINK36	UINK37	UINK38	UINK39	Rataan Cekaman
100%	3.50 ^{def}	3.61 ^{cdef}	4.34 ^{ba}	4.062 ^{abcd}	4.166 ^{abc}	3.93a
75%	3.51 ^{def}	3.73 ^{cdef}	3.96 ^{bcd}	4.555 ^a	3.72 ^{cdef}	3.89a
50%	3.87 ^{bcdef}	3.72 ^{cdef}	3.57 ^{cdef}	3.72 ^{cdef}	4.15 ^{abc}	3.80a
25%	3.70 ^{cdef}	3.34 ^{ef}	3.29 ^f	4.158 ^{abc}	3.93 ^{bcde}	3.68a
Rataan Genotipe	3.65 ^c	3.60 ^c	3.79 ^{bc}	4.12 ^a	4.00 ^{ba}	

Keterangan : Nilai pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Klorofil b

Kandungan klorofil b signifikan dipengaruhi oleh genotipe yang diujikan, sedangkan cekaman dan interaksi genotipe dan cekaman tidak berpengaruh nyata (Tabel 9). Genotipe UINK39 merupakan genotipe yang memiliki klorofil b tertinggi yaitu 1.91 mg/l berbeda nyata dengan genotipe UINK35 dan UINK36 dengan kandungan klorofil b masing masing adalah 1.65 mg/L dan 1.38 mg/L. Cekaman yang

diberikan tidak mempengaruhi kandungan klorofil b (Tabel 17). Dari data tersebut menunjukkan bahwa klorofil b tidak sensitif terhadap cekaman yang air. Hal sesuai dengan hasil penelitian Mafakheri *et al.* (2010) yang menyatakan bahwa klorofil b tidak terlalu sensitif terhadap cekaman kering.

Klorofil Total

Genotipe dan interaksi antara genotipe dan cekaman memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan klorofil total pada cekaman fase generatif. Hal ini berarti bahwa genotipe yang berbeda menunjukkan respon yang berbeda terhadap kandungan klorofil total. Persentase perubahan klorofil total memiliki pola yang sama dengan perubahan yang terjadi pada klorofil a. Genotipe UINK35 dan genotipe UINK38 mengalami peningkatan kandungan klorofil total kecuali pada 50% kapasitas lapang dimana genotipe UINK38 mengalami penurunan sebesar 7.96%, sedangkan genotipe UINK39 mengalami penurunan kandungan klorofil pada fase cekaman yang diujikan.

Tabel 20. Rata-rata kandungan klorofil total (mg/l) dari beberapa genotipe tanaman cabai merah keriting pada berbagai taraf kapasitas lapang (%) pada cekaman difase generatif

Cekaman	UINK35	UINK36	UINK37	UINK38	UINK39	Rataan genotipe
100%	5.09 ^{def}	5.15 ^{def}	6.41 ^{ab}	5.78 ^{abcd}	6.13 ^{abc}	5.72 ^a
75%	5.09 ^{def}	5.50 ^{bcdef}	5.78 ^{abcd}	6.48 ^a	5.73 ^{abcde}	5.72 ^a
50%	5.65 ^{abcdef}	5.37 ^{cdef}	5.16 ^{def}	5.32 ^{cdef}	6.05 ^{abcd}	5.51 ^a
25%	5.37 ^{cdef}	4.72 ^f	4.82 ^{ef}	5.95 ^{abcd}	5.71 ^{abcde}	5.31 ^a
Rataan Cekaman	5.30 ^b	5.18 ^b	5.54 ^{ab}	5.88 ^a	5.90 ^a	

Keterangan : Nilai pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Genotipe UINK36 mengalami peningkatan kandungan klorofil total sebesar 6.80% pada 75% kapasitas lapang dan 4.27% pada 50% kapasitas lapang. Peningkatan tersebut hanya terjadi sampai 50% kapasitas lapang. Ketika cekaman ditingkatkan

Hasil penelitian ini juga menunjukkan terdapat genotipe yang mengalami peningkatan kandungan klorofil akibat cekaman kering sebagai bentuk pertahanan, tetapi peningkatan ini hanya terjadi pada tingkat cekaman tertentu selanjutnya menurun tajam. Beberapa penelitian melaporkan bahwa cekaman kering menurunkan kandungan klorofil pada beberapa spesies tanaman (Parida dan Das, 2005; Logini *et al.*, 1999; Agastian *et al.*, 2000; Al Hassan *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2015) sehingga penurunan klorofil dapat digunakan sebagai indikator seleksi (Schiop *et al.*, 2015). Cicevan *et al.*, (2016) melaporkan bahwa penurunan kandungan klorofil berhubungan dengan penurunan pertumbuhan tanaman.

Kerapatan stomata

Kerapatan stomata dipengaruhi oleh cekaman dan genotype sedangkan interaksi antara genotipe dan cekaman tidak berpengaruh nyata. UINK35 memiliki kerapatan stoma yang tertinggi dibandingkan dengan genotipe lain, tetapi tidak berbeda nyata dengan genotipe UINK36 dan UINK37. Pada cekaman, 70% KL, tanaman memiliki kerapatan stoma tertinggi yaitu 218.50 (Tabel 17), kemudian kerapatan stomata menurun dengan naiknya intensitas cekaman. Tanaman yang tumbuh pada kondisi cekaman kekeringan mengurangi jumlah stomata sehingga menurunkan laju kehilangan air yang diikuti dengan penutupan stomata dan menurunnya serapan CO₂ bersih pada daun.

Stomata berperan dalam pertukaran CO₂ dalam proses fisiologi yang berhubungan dengan produksi. Jumlah dan kerapatan stomata mempengaruhi dua proses penting dalam tanaman yaitu fotosintesis dan transpirasi. Pada tanaman padi yang memiliki jumlah dan kerapatan stomata yang rendah, memiliki laju transpirasi yang rendah dan lebih tahan terhadap cekaman kekeringan (Lestari, 2005). Makin tinggi kerapatan stomata maka laju transpirasi makin besar dan diduga tanaman tidak tahan terhadap cekaman air (Winaryo *et al.*, 1997).

Air memiliki per penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman, tanaman cabai sangat sensitif terhadap kekurangan air di zona perakaran. Cekaman

yang diberikan pada dua fase pertumbuhan yang berbeda yaitu fase vegetatif dan fase generatif secara nyata mengganggu pertumbuhan tanaman seperti penurunan tinggi tanaman, tinggi dikotomus, diameter batang, panjang dan lebar daun, menurunkan biomasa tanaman (Berat basah dan berat kering tajuk dan akar), menurunkan jumlah buah/tanaman, persen buah terbentuk (fruitset) tetapi meningkatkan persentase bunga rontok dan panjang akar. Akan tetapi persentase penurunan masing-masing karakter berbeda, sangat dipengaruhi oleh genotipe yang digunakan dan fase cekaman yang diberikan.

Karakter vegetatif seperti tinggi tanaman, tinggi dikotomus, diameter batang, panjang daun dan lebar daun signifikan mengalami penurunan akibat cekaman di kedua fase yang diujikan. Panjang daun dan diameter batang mengalami penurunan paling besar masing-masing mencapai 20.60% dan 16.79% pada cekaman difase vegetatif (Gambar 3), tetapi ketika cekaman diberikan pada fase generatif panjang daun dan diameter batang hanya mengalami penurunan sebesar 15.72% (Gambar 10) dan 13.99% (Gambar 10). Hal ini menunjukkan bahwa panjang daun dan diameter batang merupakan karakter yang paling sensitif terhadap cekaman kering. Dari dua fase cekaman yang diberikan karakter-karakter vegetatif mengalami penurunan lebih besar ketika cekaman diberikan difase vegetatif. Hal ini karena fase vegetatif merupakan masa pertumbuhan tanaman dan kekurangan air pada fase ini menyebabkan gangguan terhadap pertumbuhan tanaman dan beberapa karakter agronomi penting lainnya. Vicente *et al.*, (2004) dan Cicevan *et al.*, (2016) melaporkan bahwa cekaman pada fase awal pertumbuhan lebih berpengaruh dibandingkan pada tahap generatif. Kondisi cekaman air mengakibatkan tekanan turgor tidak optimum, rendahnya tekanan osmotik pada daun menurunkan transpirasi (Ban-al *et al.*, 2008), transpirasi terganggu maka proses fotosintesis juga terganggu yang pada akhirnya menurunkan fotosintat sehingga pembesaran sel dan sintesis selulosa penyusun dinding sel mengalami gangguan sehingga ukuran sel menjadi lebih kecil (Prasad *et al.*, 2008; Dagdelen *et al.*, 2004). Kekurangan air menurunkan produksi karbohidrat (dari fotosintesis) dan absorpsi ion-ion mineral dari dalam tanah (Achard *et al.*, 2006; Chaves dan Oliveira, 2004),

sehingga menghambat pertumbuhan batang dan daun (Neumann, 1995 dan Achard *et al.*, 2006). Selanjutnya dijelaskan bahwa kekurangan air mengganggu aktivitas enzim dan metabolisme sel, menghambat pemanjangan sel, menurunkan jumlah sel, menurunkan ukuran daun dan menurunkan indeks luas daun yang pada akhirnya mengurangi area untuk proses fotosintesis yang tentu menurunkan kandungan karbohidrat sebagai cadangan makanan (Farooq *et al.*, 2012). Penurunan fotosintat sebagai cadangan makanan terlihat dari penurunan bobot basah dan bobot kering tajuk dan akar, dimana semakin besar cekaman air pada kedua fase cekaman semakin kecil biomasa tanaman yang tergambar dalam bobot basah dan bobot kering tajuk dan akar.

Berbeda dengan bobot basah dan bobot kering akar yang mengalami penurunan akibat cekaman kering, panjang akar mengalami peningkatan panjang pada saat cekaman diberikan difase generatif. Genotipe UINK37 mengalami peningkatan panjang akar hingga 67.50% pada 25% kapasitas lapang (Gambar 16) dibandingkan tanaman kontrol. Herdiawan, (2013) melaporkan pada tanaman *I. zollingeriana* mengalami peningkatan panjang akar tertinggi pada 25% kapasitas lapang. Selain itu pada tanaman *Lonicera implexa* dan *Silene vulgaris* mengalami peningkatan panjang akar dan jumlah percabangan akar dan luas sebaran akar pada saat tercekam kering (Navarro *et al.*, 2008; Fernandez *et al.*, 2006). Panjang akar merupakan indikator bahwa tanaman tersebut memiliki kemampuan yang tinggi untuk beradaptasi terhadap cekaman kekeringan, sehingga akar dapat mengabsorpsi air dari lapisan tanah paling dalam, sehingga tanaman dapat bertahan dalam kondisi kekeringan (Franco *et al.*, 2006).

Selain penurunan pada karakter vegetatif cekaman kekeringan juga meningkatkan persentase bunga rontok mencapai 93% pada 25% kapasitas lapang dari total bunga terbentuk pada cekaman difase vegetatif. Hasil ini lebih tinggi dari yang dilaporkan oleh Showemimo dan Olarewaju, (2007) melaporkan persentase kerontokan bunga pada tanaman cabai mencapai 81%. Akan tetapi genotipe yang berbeda memberikan respon yang berbeda, pada penelitian ini genotipe UINK37 memiliki persen bunga rontok terendah yaitu 84.02% dan berbeda signifikan dengan

genotipe lainnya. Cekaman difase generatif terlihat bahwa cekaman tidak berpengaruh nyata terhadap persen bunga rontok, diduga tanaman mengalami shock saat dicekam difase pembungan dan pada 100% kapasitas lapang tanaman telah mengalami stres. Aladenola and Madramootoo, (2014) melaporkan bahwa *Capsicum annum* L pada 100% kapasitas lapang telah mengalami penurunan produksi sebesar 23% dan tanaman telah mengalami cekaman/stress ringan pada 100% kapasitas lapang. Hal ini berarti bahwa 100% kapasitas lapang yang diberikan pada pagi hari tidak mencukupi kebutuhan air pada tanaman cabai yang telah memasuki fase generatif yaitu pembungaan dan pengisian biji. Dagdelen *et al.*, (2004) dan Sloane *et al.*, (1990) melaporkan bahwa masa pembungaan dan fase perkembangan reproduktif merupakan fase paling sensitif terhadap kebutuhan air pada tanaman cabai karena dapat menyebabkan aborsi bunga yang terbentuk menurunkan viabilitas pollen merusak pistil dan penurunan jumlah buah (Falcetti *et al.*, 1995). Cekaman kekeringan yang terjadi pada masa pembungaan menurunkan jumlah bunga yang terbentuk sebesar 28-32% dan menghambat pembentukan buah (Dagdelen *et al.*, 2004; Gençoğlu *et al.*, 2006).

Tingginya kerontokan bunga berdampak terhadap persen buah terbentuk (*fruitset*), jumlah buah/tanaman dan bobot buah/tanaman. Cekaman difase vegetatif menyebabkan penurunan jumlah buah hingga 69.23% dan bobot buah/tanaman menurun hingga 71.37%, sedangkan pada cekaman yang diberikan difase generatif penurunan jumlah buah dan bobot buah/tanaman lebih dipengaruhi oleh genotipe yang diujikan. Dari hasil ini terlihat bahwa cekaman pada fase yang berbeda dan genotipe yang berbeda memberikan respon yang berbeda. Beberapa referensi melaporkan bahwa toleransi terhadap cekaman sangat bervariasi antar genotipe dalam suatu spesies (Gholami *et al.*, 2012; Corte's *et al.*, 2012; Siddiqui *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2015). Sehingga untuk melihat respon terhadap karakter jumlah buah dan bobot buah/tanaman akibat cekaman kering pada tanaman cabai sebaiknya cekaman dilakukan pada fase vegetatif. Selain itu beberapa laporan juga menyebutkan bahwa cekaman pada fase awal pertumbuhan lebih berpengaruh dibandingkan pada tahap generatif (Vicente *et*

al., 2004), sehingga seleksi yang dilakukan pada tahap awal pertumbuhan lebih efektif (Cicevan *et al.*, 2016).

Penurunan jumlah buah pertanaman akibat cekaman air juga dilaporkan terjadi pada beberapa tanaman seperti gandum kacang dan *sweet corn* dan *sweet bell pepper* (Ashraf *et al.*, 2015; R'Him and Radhouane, 2015; Aladenola and Madramootoo, 2014; Oktem 2008; Sezen *et al.*, 2008; Dorji *et al.*, 2005) dan semakin banyak suplai air yang diberikan maka jumlah buah yang dihasilkan semakin tinggi. Aladenola and Madramootoo, (2014) melaporkan bahwa produksi buah tertinggi pada tanaman *Capsicum annuum* L diperoleh pada 120% air. Pada 100% kapasitas lapang, tanaman telah mengalami penurunan produksi sebesar 23%. Hal ini juga pernah dilaporkan oleh Dalla Costa and Gianquinto, (2002) bahwa *Capsicum annuum* telah mengalami cekaman/stress ringan pada 100% kapasitas lapang. Owusu-Sekyere *et al.*, (2010) juga melaporkan kekurangan 20% air dari kebutuhan pada tanaman cabai mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, pembentukan buah dan produksi.

Cekaman kekeringan yang diberikan pada dua fase cekaman yang berbeda menyebabkan penurunan diameter buah, panjang buah dan bobot buah/buah. Cekaman pada periode pembungaan dan perkembangan buah menurunkan produksi secara total, bobot buah, jumlah buah dan panjang buah (Jaimez *et al.*, 2000; Dagdelen *et al.*, 2004; Gençoğlu *et al.*, 2006; Sam-Amoah *et al.*, 2013). Cekaman yang berlangsung secara terus menerus menurunkan bobot buah (Antony dan Singandhupe, 2004; Della Costa dan Gianquinto, 2002; Jaimez *et al.*, 2000; Delfine *et al.*, 2001; Della Costa and Antony and Singandhupe, 2004; and Sezen *et al.*, 2006). Selain penurunan panjang buah, diameter buah dan bobot buah, cekaman difase generatif menyebabkan penurunan jumlah biji yang terbentuk hingga 64.45% pada genotipe UINK37 hasil ini lebih tinggi dari yang dilaporkan oleh Mafakheri *et al.* (2010), bahwa cekaman yang diberikan pada fase pembungaan menurunkan jumlah biji sebesar 10%. Secara umum semua genotipe mengalami penurunan jumlah biji/buah, tetapi besarnya penurunan tergantung genotipe yang diujikan. Kekurangan air pada saat pengisian biji menyebabkan jumlah biji yang terbentuk menjadi sedikit. Beberapa laporan menunjukkan bahwa kekurangan

air pada saat pengisian biji menghasilkan polong hampa atau biji tidak terbentuk sempurna. Cekaman kekeringan pada fase reproduktif menurunkan jumlah biji yang terbentuk dan penurunan semakin besar bila periode cekaman kekeringan lebih lama (Suhartina *et al.*, 2004; Effendi dan Azrai, 2008; Kaswan dan Achmad, 2011). Biji merupakan salah satu komponen hasil yang paling terpengaruh akibat cekaman air pada fase pengisian biji (Gardner *et al.*, 1991).

Tingginya persen bunga rontok dan rendahnya jumlah persen buah terbentuk juga diduga karena tanaman tidak hanya mengalami cekaman air, tetapi juga mengalami cekaman suhu tinggi. Lokasi penelitian yang terletak provinsi Riau memiliki suhu yang cukup ekstrim dengan suhu siang hari yang mencapai 32 s/d 36°C (selama penelitian berlangsung) menyebabkan kebutuhan air semakin tinggi karena tingginya laju transpirasi. Selanjutnya semakin besar tanaman, tajuknya semakin besar maka kebutuhan air juga semakin banyak. Sehingga diduga 100% kapasitas lapang yang dikalibrasi/2 hari tidak mencukupi kebutuhan air tanaman. tanaman sudah mengalami cekaman yang tinggi dan hal inilah yang menyebabkan banyaknya bunga yang rontok.

Cekaman yang diberikan pada fase vegetatif dan fase generatif tidak berpengaruh terhadap umur berbunga tetapi berpengaruh nyata terhadap umur panen hingga 10.6-14.3 hari lebih cepat dari tanaman kontrol. Beberapa tanaman mempercepat umur berbunga dan umur panen untuk mempersingkat siklus hidupnya agar dapat lolos (*escape*) dari stres kekeringan (Mitra, 2001) tetapi dari hasil ini terlihat bahwa cekaman kekeringan yang diberikan tidak mempengaruhi umur berbunga. Kisman, (2005) juga melaporkan pada tanaman kedelai bahwa umur berbunga lebih dipengaruhi oleh genotipe dan bukan cekaman kering yang diberikan.

Respon cekaman kering selain berpengaruh terhadap karakter pertumbuhan/vegetatif dan karakter agronomi lainnya juga terlihat mempengaruhi karakter fisiologi tanaman, hal ini terlihat dari kandungan klorofil dan kerapatan stomata. Kandungan klorofil total sangat dipengaruhi oleh genotipe yang diuji, Fase cekaman yang diberikan (vegetatif/generatif) dan interaksi antara cekaman dan

genotipe yang digunakan, yang berarti bahwa masing-masing geotipe memiliki respon yang berbeda terhadap cekaman yang dibeikan. Terdapat genotipe yang mengalami peningkatan kandungan klorofil pada kedua fase cekaman yang diberikan seperti genotipe UIN-K35 dan UIN-K38. Shangguan *et al.*, (2000) yang melaporkan pada tanaman gandum tidak terjadi perubahan kandungan klorofil pada berbagai tingkat cekaman air. Genotipe UIN-K37 mengalami peningkatan klorofil difase vegetatif dan penurunan yang tajam difase generatif, dan genotipe UIN-K39 mengalami penurunan kandungan klorofil pada kedua fase cekaman yang diberikan (Gambar 11).

Dari kedua fase cekaman yang diberikan cekaman pada fase generatif lebih menunjukkan kerusakan klorofil dibandingkan cekaman pada fase vegetatif. Penurunan kandungan klorofil (a, b dan total) akibat cekaman kering baik pada fase vegetatif dan anthesis (flowering) juga dilaporkan oleh Mafakheri *et al.*, (2010) pada tanaman chickpea, Manivannan *et al.*, (2007) pada tanaman bunga matahari dan Nikolaeva *et al.*, (2010) pada gandum. Selanjutnya dijelaskan bahwa perubahan kandungan klorofil sangat dipengaruhi oleh genotipe yang digunakan (Akhkha *et al.*, 2011; Mafakheri *et al.*, 2010; Sikuku *et al.*, 2010 dan Beltrano dan Ronco 2008). Hal tersebut sangat kontras dengan laporan Shangguan *et al.*, (2000) yang menyatakan bahwa tidak terjadi perubahan kandungan klorofil pada berbagai tingkat cekaman air tanaman gandum. Hasil penelitian ini juga menunjukkan terdapat genotipe yang mengalami peningkatan kandungan klorofil akibat cekaman kering sebagai bentuk pertahanan, tetapi peningkatan ini terjadi hanya pada tingkat cekaman tertentu selanjutnya menurun tajam. Beberapa penelitian melaporkan bahwa cekaman kering menurunkan kandungan klorofil pada beberapa spesies tanaman (Parida dan Das, 2005; Logini *et al.*, 1999; Agastian *et al.*, 2000; Al Hassan *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2015). Penurunan kandungan klorofil berhubungan dengan penurunan pertumbuhan tanaman (Cicevan *et al.*, 2016).

Sama halnya dengan kandungan klorofil, kerapatan stomata juga dipengaruhi oleh genotipe, cekaman dan interaksi keduanya. Cekaman difase generatif menunjukkan penurunan signifikan terhadap kerapatan stomata. Makin tinggi

vegetatif. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilaporkan oleh Vecente *et al.*, (2004) bahwa tanaman yang masih muda secara umum lebih berdampak terhadap cekaman kering dibandingkan pada tanaman yang telah berkembang (dewasa).

Dari semua parameter yang diamati hanya dua parameter yang mengalami penurunan lebih dari 50% akibat cekaman kering yaitu persen buah terbentuk dan bobot buah pertanaman. Karakter lainnya walaupun mengalami penurunan tetapi tidak mencapai 50%. Sehingga untuk melihat *critical level* (CL₅₀) cekaman (50% penurunan) hanya dapat dilakukan pada dua karakter tersebut. Persen buah terbentuk (fruitset) memiliki titik kritis di 51.03% dan kapasitas lapang dan bobot buah/tanaman memiliki titik kritis 53.48%, artinya pada 51.03% kapasitas lapang persen fruitset menurun sebesar 50% dan 53.48% kapasitas lapang bobot buah mengalami penurunan hingga 50%. Rataan dari kedua data ini diperoleh titik kritis pada 52.25% kapasitas lapang. *Critical level* ini digunakan sebagai dasar atau cekaman yang diberikan untuk skrining genotipe.

E. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan respon tanaman cabai akibat kekeringan terlihat dari:

1. Cekaman kering menyebabkan penurunan beberapa karakter agronomi seperti tinggi tanaman, diameter batang, panjang dan lebar daun, penurunan hasil, persen fruitset, jumlah buah dan bobot buah/tanaman, jumlah biji, panjang buah dan diameter buah
2. Cekaman kering menyebabkan terganggunya fisiologi tanaman yang terlihat dari penurunan kandungan klorofil secara total, kerapatan stomata dan biomasa tanaman (berat basah tajuk dan akar serta berat kering tajuk dan akar)

3. Cekaman kering di fase vegetatif tidak signifikan terhadap peningkatan panjang akar, tetapi cekaman difase generatif signifikan meningkatkan panjang akar tanaman
4. Pada 100% kapasitas lapang tanaman cabai sudah mengalami stress (cekaman ringan) hal ini terlihat dari tingginya bunga rontok, jumlah buah dan bobot buah yang terbentuk.
5. Seleksi di Fase Vegetatif sebaiknya dilakukan pada kapasitas lapang +/- 52.25% kapasitas lapang yang merupakan titik kritis, dimana penurunan produksi terjadi 50%.



3. Kriteria Seleksi Cabai (*Capsicum annuum* L) Toleran Kering Pada Dua Fase Pertumbuhan Berbeda Dengan Berbagai Tingkat Kapasitas Lapang

a. Pendahuluan

Perubahan iklim akibat meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer berdampak pada kenaikan suhu, berubah dalam pola presipitasi dan kelangkaan air di bumi. Fenomena ini dapat menyebabkan kegagalan produksi tanaman pertanian yang parah, seperti tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.) karena defisit air (kekeringan) merupakan faktor pembatas utama pertumbuhan dan produktivitas tanaman tersebut. Secara fisiologis, defisit air menurunkan aktivitas metabolisme, pertumbuhan dan perkembangan sel tanaman yang terganggu, penurunan fotosintesis, transpirasi, konduktivitas stomata, translokasi nutrisi dan aktivitas asimilasi pada tanaman (Hamad *et al.*, 2004; Gomes-Laranjo *et al.*, 2006; Ou dan Zou, 2012; Sam-Amoah *et al.*, 2013; Panella *et al.*, 2014) dan akhirnya menyebabkan kerugian besar dalam hasil panen dan kualitasnya. Namun, respon stres kering bergantung pada intensitas, laju dan durasi pemaparan, tahap pertumbuhan tanaman dan genotipe tanaman (Hamad *et al.*, 2004; Kalefetoglu dan Ekmekci, 2005; Kusvuran, 2012; Ou dan Zou, 2012).

Penelitian mengenai dampak kekurangan air pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman cabai telah banyak dilaporkan oleh peneliti dari berbagai negara, namun masih terbatas di Indonesia. Indonesia secara konsisten mengalami kondisi iklim kering dan kekeringan, terutama peristiwa El-Nino yang secara signifikan menurunkan produksi hortikultura. Cabai merupakan salah satu tanaman hortikultura yang paling sensitif terhadap cekaman kekeringan (Gonzalez-Dugo *et al.*, 2007). Pertumbuhan tanaman pada kondisi kekurangan air cenderung menurun drastis terutama hasil panen. Kehilangan hasil panen merupakan perhatian utama para pemulia. Tujuan utama program pemuliaan cabai adalah untuk meningkatkan potensi hasil, stabilitas, dan adaptasi, serta memperbaiki toleransi terhadap tekanan abiotik seperti kekeringan dan ketahanan terhadap hama dan penyakit. Oleh karena

itu, pengembangan cabai toleran kering sangat dibutuhkan, selain itu, penggunaan cabai toleran kekeringan di wilayah tropis akan menurunkan biaya pemeliharaan dan penyiraman, dan meningkatkan keberhasilan pertanian (Hakan dan Mehmet, 2015). Untuk efisiensi dan keberhasilan pemuliaan cabai toleran kering melalui pendekatan konvensional, dibutuhkan kriteria seleksi yang tepat yaitu kriteria seleksi dapat mengidentifikasi genotipe berdaya hasil tinggi pada kondisi tercekam. Kriteria seleksi yang tepat sangat membantu proses skrining genotipe pada kondisi tercekam, sehingga proses seleksi dapat efektif dan efisien. Seleksi adalah teknik utama yang digunakan dalam program pemuliaan yang didasarkan pada karakter fenotipik (Allard, 1961 dan Poelhman & Sleper, 1995).

Respon tanaman terhadap seleksi tergantung pada banyak faktor seperti keterkaitan atau hubungan antar karakter. Pengetahuan tentang keterkaitan antar karakter-karakter sangat berguna dalam pemuliaan tanaman untuk pemilihan (seleksi) langsung karakter yang tidak mudah diukur. Studi korelasi memberikan informasi tentang sifat dan besarnya hubungan antar karakter. Korelasi digunakan untuk mengukur hubungan timbal balik antara dua karakter tetapi tidak menggambarkan hubungan sebab-akibat dari sifat yang berkontribusi secara langsung atau tidak langsung terhadap hasil (Hasanuzzaman dan Golam, 2011). Tetapi dalam situasi yang kompleks, korelasi saja tidak cukup menjelaskan hubungan antar karakter sehingga analisis lintas antara komponen hasil dan hasil sangat penting dilakukan. Analisis lintas adalah alat yang dapat digunakan oleh pemulia untuk lebih memahami penyebab yang terlibat dalam hubungan antar sifat dan memisahkan korelasi yang signifikan menjadi pengaruh langsung dan tidak langsung terhadap hasil (Lorencetti *et al.*, 2006). Keuntungan dari analisis lintas adalah memungkinkan pembagian koefisien korelasi menjadi pengaruh langsung dan tidak langsung terhadap hasil (Dewey dan Lu, 1959). Korelasi total antara variabel prediktor dan variabel respon dipecah menjadi pengaruh langsung dan tidak langsung dengan analisis lintas.

Analisis koefisien lintas banyak digunakan oleh pemulia tanaman untuk membantu mengidentifikasi sifat-sifat yang berguna sebagai kriteria seleksi dalam

meningkatkan produksi beberapa tanaman pada kondisi tercekam kering seperti, pada cabai (Hasanuzzaman dan Qolam, 2011; Vikram *et al.*, 2014; Rodriguez *et al.*, 2008), Oat (*Avena sativa*) (Dumlupinar *et al.*, 2012), Okra (*Abelmoschus esculentus* L, Moench) (Akinyele dan Osekita, 2006), dan tanaman Padi (Ahmadikhah dan Marufinia, 2016). Penelitian ini bertujuan menentukan kriteria seleksi untuk skrining genotipe cabai toleran kering sebagai salah satu strategi program pemuliaan cabai berdaya hasil tinggi pada kondisi kekeringan.

b. Tujuan

Penelitian ini bertujuan menentukan kriteria seleksi untuk pengembangan cabai toleran kering yang dibagi menjadi dua tahapan:

1. Melihat seberapa besar hubungan antar karakter yang berkorelasi terhadap hasil pada kondisi normal dan tercekam.
2. Melihat karakter-karakter yang berpengaruh langsung terhadap hasil melalui analisis lintas (*Path analysis*).

c. Metodologi

1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di rumah kaca, Laboratorium Genetika dan Pemuliaan, Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dari bulan Maret sampai Agustus 2015. Suhu dan kelembaban relatif harian selama penelitian dicatat di pagi hari antara 07: 00-08: 00 jam (dengan rata-rata $\pm 28.5^{\circ}\text{C}$ dan $\pm 78.7\%$, masing-masing), siang hari antara pukul 12: 00-13:00 (dengan rata-rata $\pm 32^{\circ}\text{C}$ - 36°C dan $\pm 61.2\%$) dan di sore hari antara jam 16: 00-17: 00 (dengan rata-rata $\pm 31.8^{\circ}\text{C}$ dan $\pm 63\%$).

2. Bahan dan Alat

Bahan tanaman yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 5 genotipe cabai koleksi Laboratorium Pemuliaan dan Genetika Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Pupuk dasar (TSP, KCl dan Urea), pupuk kandang. Fungisida yang digunakan Dithane M-

45 (*Mankozeb* 80%) dan insektisida Curacron (*Profenofos*). Bahan untuk analisis klorofil dan viabilitas pollen yaitu Aseton 80% dan Acetocarmine 0.75%. Kutek bening untuk melihat stomata. Alat yang digunakan adalah polybag, *UV-Vis spectrofotometer*, Mikroskop cahaya (*Olympus*) mortal dan pestel, sentrifus dan gelas objek.

3. Rancangan Percobaan

Penelitian ini terdiri dari 2 percobaan terpisah yaitu 1) cekaman yang diberikan pada fase vegetatif dan cekaman yang diberikan pada fase generatif. Masing-masing percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial terdiri atas 2 faktor, dimana faktor pertama adalah genotipe cabai merah terdiri dari 5 genotipe yaitu: UINK35, UINK36, UINK37, UINK38 dan UINK39, sedangkan faktor kedua adalah cekaman kekeringan yang terdiri atas 4 taraf tingkat kadar lengas tanah yaitu: 100% kapasitas lapang, 75% kapasitas lapang, 50% kapasitas lapang, dan 25% kapasitas lapang, sehingga diperoleh 20 kombinasi perlakuan. Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak 4 kali, sehingga didapat 80 unit percobaan.

4. Tatalaksana Penelitian

Benih cabai direndam dalam air hangat kuku (suhu 43 °C) selama \pm 24 jam. Hal tersebut bertujuan untuk mempercepat pengecambahan benih, selain itu untuk memisahkan benih yang terendam dan benih yang terapung. Benih cabai ditanam dalam polibag ukuran 15 x 10 cm. Media tanam berupa campuran topsoil yang telah diayak bersama pupuk kompos dengan perbandingan volume 3:1. Penyemaian dilakukan hingga bibit berumur 4 Minggu. Selanjutnya bibit dipindah dalam polibag (35 cm x 40 cm) yang telah berisi media tanam (Pupuk kandang: tanah mineral dengan rasio 1:1, sebanyak 10 kg/polibag).

Penentuan kapasitas lapang dilakukan dua hari sebelum bibit dipindahkan pada media. Media yang telah dipersiapkan masing-masing

ditimbang beratnya sebagai (berat awal). Untuk menentukan kondisi kapasitas lapang digunakan metode gravimetrik. Metode ini dilakukan dengan cara menyiramkan air pada media sampai jenuh, dan dibiarkan sampai air berhenti menetes dari polybag. Kemudian berat masing-masing media ditimbang (sebagai berat akhir). Kapasitas lapang 100% ditentukan dengan mengurangi berat akhir masing-masing media dengan berat awal masing-masing media. Kapasitas lapang 25%, 50% dan 75% ditentukan berdasarkan rerata kapasitas lapang 100% yang telah diperoleh.

Perlakuan cekaman kekeringan atau penyiraman diberikan satu hari setelah pindah tanam untuk cekaman pada fase vegetatif dan satu minggu setelah tanaman berbunga untuk cekaman pada fase generatif. Penimbang polibag (tanah+tanaman) yang dilakukan setiap 2 hari sekali. Perlakuan penyiraman air dilakukan sesuai tingkat ketersediaan air yang diujikan.

5. Pengamatan

Pada percobaan ini pengamatan dilakukan terhadap karakter:

1. Tinggi tanaman (cm). Tinggi tanaman diukur pada minggu ke-4 setelah cekaman. Pengukuran dilakukan dimulai dari pangkal batang sampai pucuk utama dari cabang tertinggi.
2. Diameter batang (cm). Diameter batang diukur 5 cm dari permukaan tanah. Pengamatan dilakukan pada minggu ke-4 setelah cekaman
3. Lebar daun dan panjang daun (cm). Pengukuran lebar dan panjang daun segar dilakukan setelah panen pertama, diambil masing-masing 10 daun bagian atas yaitu pada daun ke 3 dan ke 4.
4. Kerapatan stomata (buah). Pengamatan stomata dilakukan satu kali pada saat 50 HST. Pengamatan dilakukan menggunakan metode *inprint* yaitu dengan mengoleskan kutek bening (cat kuku) pada daun bagian bawah setelah itu dilepaskan perlahan dan dilakukan perhitungan menggunakan mikroskop pada pembesaran 200 kali
5. Kandungan klorofil. Pengujian kandungan klorofil dilakukan pada 40 HST Analisis klorofil mengikuti metode Arnon (1949).
6. Umur berbunga (HST), dihitung pada saat tanaman mulai berbunga

7. Jumlah bunga rontok, diamati setiap hari sampai minggu ke-4 setelah perlakuan
8. Umur Panen (HST). Umur panen dihitung pada saat tanaman telah menunjukkan kriteria panen.
9. Jumlah buah per tanaman. Pengamatan dilakukan dengan menghitung setiap buah yang terbentuk pada setiap tanaman.
10. Bobot buah per buah (g), berat per buah ditimbang dari masing-masing buah yang terbentuk.
11. Bobot buah per tanaman (g), hasil penjumlahan dari berat buah setiap panen (dari panen pertama sampai panen terakhir) semua tanaman.
12. Panjang buah (cm), panjang buah diukur dari pangkal hingga ujung buah. Dihitung dari rata-rata dari 10 buah masak pada saat panen kedua.
13. Diameter buah (cm), diameter buah diukur pada bagian tengah buah.
14. Jumlah biji per buah. Jumlah biji per buah dihitung dengan menghitung jumlah biji per 10 buah setiap tanaman.
15. Bobot basah tajuk (g), pengukuran berat basah tajuk dilakukan pada akhir penelitian dengan cara tanaman dipotong hingga batas leher akar kemudian ditimbang.
16. Bobot kering tajuk (g). Tanaman dipotong hingga batas leher akar, kemudian dikeringkan dalam oven selama 24 jam dengan suhu 80°C, kemudian ditimbang bobot kering tajuknya.
17. Panjang akar (cm), pengukuran panjang akar dilakukan dengan mengukur akar terpanjang setelah dibersihkan dari tanah yang menempel. Pengukuran dilakukan saat terakhir pengamatan.
18. Bobot basah akar (g), Berat basah akar ditimbang pada saat akhir penelitian.
19. Bobot kering akar (g), penimbangan berat kering akar dilakukana setelah akar per rumpun dikeringkan dalam oven selama 2 x 24 jam dengan suhu 80°C, lalu ditimbang berat keringnya.

6. Data Analysis

Data yang diperoleh dilakukan analisis korelasi dan analisis lintas (Path analysis) mengikuti metode yang dikembangkan oleh Al-Jibouri et al. (1958) dan Dewey & Lu (1959). Semua perhitungan dilakukan menggunakan software SAS (2010).

d. Hasil dan Pembahasan

1. Koefisien Korelasi Antar Karakter

Produksi tanaman merupakan hasil interaksi beberapa karakter yang saling berhubungan. Korelasi antar karakter menunjukkan hubungan antara dua karakter dan hal ini sangat penting untuk menentukan kriteria seleksi dalam perbaikan tanaman. Dalam penelitian ini, analisis korelasi antar karakter telah dilakukan pada tiga tingkat kapasitas lapang air tanah, yaitu 100% (kontrol), 50% (*medium stress*) dan 25% (*extreme stress*) pada dua fase pertumbuhan yang berbeda yaitu fase vegetatif dan fase generatif. Dari 19 karakter yang diamati hanya 12 karakter yang berkorelasi signifikan terhadap bobot buah per tanaman. Koefisien korelasi antar karakter disajikan pada Tabel 21 dan Tabel 22.

Ada perubahan karakter yang mempengaruhi bobot buah/tanaman pada kondisi normal dan kondisi tercekam, baik cekaman tersebut diberikan pada fase vegetatif maupun pada fase generatif. Pada 100% kapasitas lapang cekaman pada fase vegetatif, terdapat enam karakter yang berkorelasi signifikan terhadap hasil yaitu jumlah bunga rontok (0.75), total bunga terbentuk (0.79), persentase bunga rontok (-0.87), bobot buah (0.71), persen buah terbentuk (0.87), bobot buah (0.71) dan jumlah buah (0.94) (Tabel 21), sedangkan pada saat cekaman diberikan difase generatif hanya empat karakter yang berkorelasi terhadap hasil yaitu diameter buah (0.73), persen bunga rontok (-0.93), persen fruitset (0.93) dan jumlah buah (0.70) seperti ditunjukkan pada Tabel 22.

Pada cekaman 50% kapasitas lapang difase vegetatif, hanya tujuh karakter berkorelasi signifikan terhadap hasil (Tabel 21), yaitu persentase bunga rontok (-0.92), panjang akar (-0.74), persentase fruit set (0.93), bobot buah/buah (0.89),

panjang buah (0.71), jumlah buah (0.94), dan bobot basah tajuk (-0.74). Sedangkan cekaman yang diberikan pada fase generatif hanya dua karakter yang berkorelasi positif terhadap hasil yaitu persen buah terbentuk (0.93) dan jumlah buah (0.92), sedangkan karakter persen bunga rontok berkorelasi signifikan negatif (-0.93) seperti ditunjukkan pada Tabel 22.

Pada cekaman ekstrim (25% kapasitas lapang) di fase vegetatif hanya dua karakter yang berkorelasi positif dan signifikan terhadap bobot buah pertanaman yaitu persentase fruitset (0.76) dan jumlah buah (0.83), sedangkan persentase bunga rontok (-0.75) berkorelasi negatif signifikan. Selanjutnya cekaman ekstrim di fase generatif hanya karakter jumlah buah (0.95) yang berkorelasi signifikan positif terhadap hasil, dua karakter lainnya berkorelasi signifikan negatif yaitu persen bunga rontok (-0.87) dan persen buah terbentuk (-0.87). Pada ketiga taraf cekaman yang diberikan di kedua fase pertumbuhan (vegetatif dan generatif) secara umum, karakter-karakter vegetatif tidak berkorelasi signifikan dengan produksi tanaman (bobot buah per tanaman), tetapi mereka saling berkorelasi antar karakter vegetatif lain.

Pada 100% (kontrol) dan 50% kapasitas lapang, karakter persen fruitset, bobot buah, jumlah buah, memiliki korelasi nyata positif terhadap bobot buah/tanaman, sedangkan persentase bunga rontok memiliki korelasi signifikan negatif. Beberapa peneliti lain juga melaporkan bahwa bobot buah, jumlah buah dan persen fruitset memiliki korelasi positif terhadap bobot buah/tanaman (Islam, 2017; Vaishnavi *et al.*, 2017; Jabeen *et al.*, 2012; Vijaya *et al.*, 2014; Hasanuzzaman dan Qolam, 2011; Sarkar *et al.*, 2009; Sharma *et al.*, 2009; 2010; Misrha *et al.*, 1998; Sreelathakumary and Rajmony, 2002; Smith dan Basavaraja, 2005), sedangkan karakter persen bunga rontok memiliki korelasi signifikan dan negatif terhadap bobot buah/tanaman, yang berarti semakin tinggi bunga rontok semakin rendah bobot buah/tanaman. Persentase bunga rontok, bobot basah tajuk dan panjang akar memiliki korelasi yang signifikan dan negatif terhadap hasil (bobot/buah per tanaman). Panjang akar memiliki korelasi yang signifikan dan negatif terhadap hasil (-0.70) namun berkorelasi signifikan dan positif terhadap

berat basah tajuk (0.98). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan panjang akar akan meningkatkan berat basah tajuk (biomassa), tetapi menurunkan hasil.

Tabel 21. Koefisien korelasi antar karakter pada berbagai tingkat kapasitas lapang air tanah (100%, 50% dan 25%) terhadap berat buah/tanaman pada cekaman di fase vegetatif.

	JBR	DB	TBT	%BR	BBT	PA	%FS	BB	PB	JB	BBPT
JBR ¹	1	0.49	0.99**	-0.41	0.49	0.55	0.41	0.19	-0.10	0.90**	0.75*
JBR ²	1	0.24	0.98**	0.30	0.15	0.08	-0.30	-0.35	-0.29	0.09	-0.15
JBR ³	1	0.32	0.99**	-0.24	0.49	0.20	0.24	-0.15	-0.29	0.59	0.52
DB ¹		1	0.49	-0.23	0.64*	0.49	0.23	-0.11	-0.12	0.44	0.35
DB ²		1	0.24	0.12	0.14	0.18	-0.12	0.06	0.40	0.04	-0.04
DB ³		1	0.28	0.31	0.64*	0.45	-0.31	-0.53	-0.63*	-0.01	-0.30
TBT ¹			1	-0.48	0.48	0.50	0.48	0.24	-0.08	0.93**	0.79*
TBT ²			1	0.14	0.03	-0.03	-0.14	-0.19	-0.18	0.27	0.03
TBT ³			1	-0.37	0.41	0.14	0.37	-0.10	-0.26	0.69	0.61
%BR ¹				1	0.12	0.28	-0.99**	-0.75*	-0.28	-0.74*	-0.87**
%BR ²				1	0.73	0.70	0.99**	-0.94**	-0.74*	-0.85**	-0.92**
%BR ³				1	0.44	0.42	-1.00	-0.41	-0.23	-0.91**	-0.76**
BBT ¹					1	0.65*	-0.12	-0.27	-0.44	0.37	0.21
BBT ²					1	0.98	-0.73*	-0.74*	-0.67*	-0.63	-0.74*
BBT ³					1	0.79**	-0.44	-0.58	-0.50	-0.18	-0.14
PA ¹						1	-0.28	-0.35	-0.45	0.24	0.05
PA ²						1	-0.70	-0.72*	-0.65*	-0.57	-0.70*
PA ³						1	-0.42	-0.72*	-0.62	-0.24	-0.15
%FS ¹							1	0.75*	0.28	0.74*	0.87**
%FS ²							1	0.94**	0.74*	0.85**	0.93**
%FS ³							1	0.41	0.23	0.91**	0.76*
BB ¹								1	0.30	0.46	0.71*
BB ²								1	0.90**	0.75*	0.89**
BB ³								1	0.90**	0.24	0.48
PB ¹									1	-0.01	0.20
PB ²									1	0.56	0.71*
PB ³									1	0.00	0.30
JB ¹										1	0.94**
JB ²										1	0.94**
JB ³										1	0.83**
BBPT ¹											1
BBPT ²											1
BBPT ³											1

Keterangan: ¹=100% kapasitas lapang, ²=50% kapasitas lapang, ³=25% kapasitas lapang, TFA = total bunga rontok, DB = diameter buah, TBT = total bunga terbentuk, %BR = persentase bunga rontok, BBT = berat basah tajuk, PA = panjang akar, %FS = persentase fruit set, BB = berat buah, PB=panjang buah, JB = jumlah buah, BBPT= berat buah per tanaman.

Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa perubahan panjang akar tidak berkorelasi dengan produksi, namun hanya berkorelasi dengan peningkatan biomassa tanaman sehingga panjang akar dapat digunakan sebagai parameter seleksi pada kemampuan tanaman untuk bertahan dalam kondisi kekeringan.

Beberapa laporan mengatakan bahwa panjang akar dapat digunakan sebagai salah satu kriteria seleksi untuk identifikasi tahan kekeringan pada tanaman (Uppuluri dan Krishna, 2015; Kashiwagi *et al.*, 2005).

Tabel 22. Koefisien korelasi antar karakter pada berbagai tingkat kapasitas lapang air tanah (100%, 50% dan 25%) terhadap bobot buah/tanaman pada cekaman di fase Genetatif.

	JBR	DB	TBT	%BR	BBT	PA	%PV	%BT	BB	PB	JB	BBPT
JBR ¹	1											
JBR ²	1											
JBR ³	1											
DB	0.49	1										
DB	0.24	1										
DB	0.32	1										
TBT ¹	0.01	0.19	1									
TBT ²	0.31	-0.05	1									
TBT ³	0.40	0.18	1									
%BR ¹	-0.02	-0.61	0.11	1								
%BR ²	-0.29	-0.22	-0.15	1								
%BR ³	-0.18	0.21	-0.21	1								
BBT ¹	-0.22	0.26	0.66*	0.19	1							
BBT ²	-0.41	-0.11	-0.34	0.57	1							
BBT ³	0.22	-0.28	0.40	-0.23	1							
PA ¹	-0.24	0.28	0.77*	0.10	0.49	1						
PA ²	-0.22	-0.23	-0.29	0.58	0.46	1						
PA ³	0.76	-0.20	0.20	0.79	0.29	1						
%PV ¹	0.23	-0.23	0.15	0.70*	0.23	0.13	1					
%PV ²	-0.42	-0.25	-0.08	0.39	0.25	-0.29	1					
%PV ³	0.15	0.04	0.20	0.26	0.01	-0.07	1					
%BT ¹	0.02	0.61	-0.11	-0.99**	-0.19	-0.10	0.99	1				
%BT ²	0.28	0.22	0.13	-0.99**	-0.57	-0.59	0.39	1				
%BT ³	0.18	-0.21	0.21	-0.99**	0.23	-0.10	0.18	1				
BB ¹	-0.08	-0.37	0.09	0.39	-0.15	-0.05	-0.40**	-0.39	1			
BB ²	-0.07	0.33	-0.25	0.42	-0.08	0.29	-0.44	-0.42	1			
BB ³	0.08	0.12	-0.06	0.37	-0.07	0.07	-0.45**	0.37*	1			
PB ¹	-0.13	-0.32	-0.42	0.08	-0.27	-0.30	-0.46**	-0.08	0.89**	1		
PB ²	-0.07	0.09	-0.55	0.48	0.00	0.62	-0.31	-0.48	0.81**	1		
PB ³	0.14	0.32	-0.10	0.21	-0.38	-0.38	-0.40	-0.21	0.70**	1		
JB ¹	0.04	0.58	0.74**	-0.56	0.39	0.57	-0.25	0.56	-0.21	0.11	1	
JB ²	0.39	0.20	0.43	-0.94**	-0.56	-0.64	0.31	0.94**	-0.38	-0.18	1	
JB ³	0.13	0.06	0.67*	-0.84**	0.34	-0.41	0.36	0.84**	0.23	-0.09	1	
BBPT ¹	0.04	0.73*	0.12	-0.93**	-0.02	0.00	-0.56	0.93**	-0.26	-0.06	0.70**	1
BBPT ²	0.17	0.19	0.25	-0.93**	-0.54	-0.46	0.39	0.93**	-0.23	-0.33	0.92**	1
BBPT ³	0.07	0.10	0.55	-0.87**	0.16	-0.35	0.28	-0.87**	0.26	-0.09	0.95**	1

Keterangan: ¹=100% kapasitas lapang, ²=50% kapasitas lapang, ³=25% kapasitas lapang, JBR = jumlah bunga rontok, DB = diameter buah, TBT = total bunga terbentuk, %BR = persentase bunga rontok, BBT = bobot basah tajuk, PA = panjang akar, %PV = persentase pollen viability, %BT = persentase bunga terbentuk, BB = bobot buah, PB = panjang buah, JB = jumlah buah, BBPT = bobot buah per tanaman.

Dari hasil penelitian ini terlihat panjang akar tidak efektif sebagai kriteria seleksi karena hanya meningkatkan bobot basah tajuk dan meningkatkan kemampuan tanaman bertahan pada kondisi tercekam kering, tetapi tidak meningkatkan produksi. Pada kondisi cekaman yang ekstrim (25% kapasitas

lapang), persentase bunga rontok signifikan dan berkorelasi negatif terhadap hasil pada tiga tingkat cekaman air pada dua fase pertumbuhan yang berbeda (vegetatif dan generatif). Data tersebut menjelaskan bahwa peningkatan jumlah bunga rontok bertanggung jawab terhadap penurunan hasil.

Korelasi antar karakter terhadap hasil sangat penting dalam penentuan kriteria seleksi yang efektif dalam pemilihan genotipe unggul, dimana hubungan/korelasi positif dan signifikan suatu karakter terhadap komponen utama (dalam hal ini hasil) sangat diinginkan, maka karakter tersebut sangat efektif dijadikan sebagai kriteria seleksi, tetapi jika hubungan korelasi negatif maka karakter tersebut tidak efektif digunakan sebagai kriteria seleksi dalam pengembangan suatu varietas (Akinyele dan Osekita, 2006).

Berdasarkan hasil penelitian ini juga terlihat bahwa terdapat perubahan karakter yang berkorelasi terhadap hasil pada kondisi tercekam dan itu sangat tergantung pada tingkat cekaman yang diberikan serta fase pertumbuhan tanaman saat cekaman dilakukan. Dalam kondisi normal, jumlah bunga rontok, jumlah bunga terbentuk berkorelasi signifikan terhadap hasil, namun semua karakter ini tidak berkorelasi secara signifikan dengan hasil pada kondisi tercekam, hal ini menunjukkan bahwa karakter ini sangat rentan terhadap kekurangan air. Karakter bobot basah tajuk, panjang akar dan panjang buah tidak berkorelasi signifikan dengan hasil pada kondisi normal, tetapi karakter ini berkorelasi signifikan terhadap hasil pada tingkat cekaman medium (50% kapasitas lapang) di fase vegetatif. Perubahan ini merupakan respon adaptasi tanaman untuk bertahan dalam kondisi tercekam. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Dwivedi *et al*, (2012) pada tanaman padi, Eid (2009) dan Razi & Assad (1999) pada tanaman gandum, dimana terjadi juga perubahan karakter yang saling berkorelasi pada lingkungan normal dan lingkungan yang tercekam kering. Perubahan tersebut merupakan respon adaptasi tanaman sebagai strategi untuk bertahan dan menyelesaikan siklus hidupnya, sehingga terjadi perubahan hubungan sebab-akibat antar karakter terhadap hasil pada kondisi tercekam. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan tingkat cekaman menginduksi interaksi genetik antar karakter tanaman. Cekaman kekeringan

memungkinkan atau menyebabkan korelasi positif antar karakter karena ekspresi gen baru yang merusak korelasi negatif sebelumnya (Sgro dan Hoffmann, 2004).

Dari sekian banyak karakter yang diamati, hanya empat karakter yang secara signifikan dan konsisten berkorelasi dengan kondisi normal (100% kapasitas lapang) dan tercekam (*medium stress* pada 50% kapasitas lapang) pada fase vegetatif, yaitu persentase bunga rontok, persentase fruit set, bobot buah dan jumlah buah. Hal ini berarti bahwa karakter tersebut dapat digunakan sebagai kriteria seleksi dalam pemilihan tanaman berdaya hasil tinggi pada kondisi normal dan kondisi tercekam kering di fase vegetatif. Cekaman pada generatif hanya 3 karakter yang konsisten berkorelasi terhadap hasil yaitu bunga rontok (%), fruitset (%) dan jumlah buah. Ashraf *et al.* (2015) menyatakan bahwa karakter yang berkorelasi positif dengan hasil pada kondisi tercekam dan kondisi normal dapat dipilih sebagai kriteria seleksi untuk meningkatkan produktivitas tanaman pada kondisi tercekam.

2. Analisis Lintas (*Path Analysis*)

Korelasi antar karakter merupakan suatu mekanisme interaksi yang kompleks. Untuk memisahkan karakter yang berpengaruh secara langsung dan tidak langsung terhadap hasil dapat ditentukan dengan analisis lintas. Hasil analisis lintas pada 100%, 50% dan 25% kapasitas lapang cekaman di fase vegetatif masing-masing ditunjukkan pada Tabel 23. Pada Tabel 23, 100% kapasitas lapang difase vegetatif terlihat bahwa jumlah bunga rontok memiliki pengaruh langsung tertinggi dan positif yaitu 2.51, diikuti oleh jumlah buah (1.04), bobot buah (0.29) dan persentase fruit set (0.10).

Analisis lintas pada 100% kapasitas lapang cekaman yang diberikan pada fase generatif disajikan pada Tabel 24. Persen buah terbentuk (fruitset) memiliki pengaruh langsung terbesar terhadap bobot buah pertanaman yaitu 0.36 disusul oleh jumlah buah (0.20) dan diameter buah (0.18), sedangkan persen bunga rontok memiliki pengaruh langsung negatif (-0.36) terhadap bobot buah per tanaman. Persen fruitset dan jumlah buah berpengaruh langsung dan bernilai positif terhadap bobot buah per tanaman pada cekaman pada fase vegetatif dan generatif. Sedangkan cekaman difase vegetatif terdapat lebih banyak karakter yang memiliki pengaruh

langsung dan positif terhadap jumlah buah per tanaman yaitu jumlah bunga rontok, bobot buah, jumlah buah dan persen fruitset. Karakter ini juga memiliki korelasi positif dan signifikan dengan bobot buah per tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan korelasi yang benar antar karakter dengan bobot buah pertanaman dan seleksi secara langsung efektif melalui karakter tersebut karena peningkatan salah satu dari karakter secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan hasil. Usman *et al.*, (2017) melaporkan bahwa berat buah dan jumlah buah merupakan variabel yang berkorelasi positif dengan hasil pada kondisi normal di daerah tropis dan dapat digunakan sebagai pilihan indikator seleksi untuk produktivitas tinggi. Selain itu Vaishnavi *et al.*, (2017) dan Chakrabarty & Islam, (2017) melaporkan bahwa jumlah buah dan bobot buah sebagai kriteria seleksi yang baik untuk *Capsicum* berdaya hasil tinggi. Pengaruh langsung dan bernilai negatif diperoleh pada karakter jumlah bunga terbentuk (-2.83) dan persentase bunga rontok (-0.10). Persentase bunga rontok memiliki pengaruh langsung negatif dan koefisien korelasi yang signifikan negatif, hal ini berarti semakin besar persentase bunga rontok dapat menurunkan hasil.

Table 23. Pengaruh langsung (**bold**) dan tidak langsung beberapa yang berkorelasi terhadap bobot buah per tanaman pada 100% kapasitas lapang pada cekaman difase vegetatif.

Karakter	Pengaruh langsung dan tidak langsung						Koefisien korelasi dengan hasil
	JBR	TBT	%BR	%BT	BB	JB	
JBR	2.51	2.50	-1.03	1.03	0.47	2.26	0.75*
TBT	-2.83	-2.83	1.35	-1.35	-0.68	-2.64	0.79*
%BR	0.04	0.05	-0.10	0.10	0.07	0.07	-0.87**
%BT	0.06	0.07	-0.10	0.10	0.07	0.07	0.87**
BB	0.94	0.97	-0.22	0.22	0.29	0.13	0.71*
JB	-2.83	0.05	-0.77	0.77	0.48	1.04	0.94**

Keterangan: JBR (jumlah bunga rontok); TBT (jumlah bunga terbentuk), %BR (persentase bunga rontok), %BT (persentase bunga terbentuk), BB (berat buah), JB (jumlah buah).

sisaan = 0.0825; *P < 0.05; **P < 0.01,

Tabel 24. Nilai Pengaruh langsung dan Pengaruh tidak langsung hasil Path Analisis pada 100% kapasitas lapang pada fase cekaman Generatif

Karakter	Pengaruh langsung dan tidak langsung				Coefficient correlation with yield
	DB	%BR	%BT	JB	
DB	0.18	-0.11	0.11	0.11	0.73*
%BR	0.22	-0.36	0.35	0.20	-0.93**
%BT	0.22	-0.35	0.36	0.20	0.93**
JB	0.11	-0.11	0.11	0.20	0.70*

Keterangan: DB (Diameter buah); %BR (persentase bunga rontok), %BT (persentase bunga terbentuk), JB (Jumlah buah).
 sisaan = 0.2595; *P < 0.05; **P < 0.01,

Pada cekaman medium (*medium stress*) yaitu 50% kapasitas lapang yang dicekam difase vegetatif terlihat bahwa, karakter bobot buah memiliki pengaruh langsung terbesar (1.43), diikuti oleh jumlah buah (0.68), persentase bunga rontok (0.36) dan panjang akar (0.21) sedangkan panjang buah, bobot basah tajuk dan persen buah terbentuk berpengaruh langsung dan negatif yaitu masing-masing -0.53, -0.33 dan -0.36 (Tabel 25). Pada saat cekaman yang diberikan pada fase generatif hanya 3 karakter yang berpengaruh langsung dan bernilai positif terhadap bobot buah per tanaman yaitu jumlah buah (0.37), persen bunga rontok (0.29) dan persen fruitset (0.29) (Tabel 26).

Table 25. Pengaruh langsung (bold) dan tidak langsung beberapa yang berkorelasi terhadap bobot buah per tanaman pada 50% kapasitas lapang cekaman difase vegetatif

Karakter	Pengaruh langsung dan tidak langsung							Koefisien korelasi dengan hasil
	%BR	BBT	PA	%FS	BB	PB	JB	
%BR	0.36	0.26	0.25	-0.36	-0.34	-0.27	-0.31	-0.92**
BBT	-0.25	-0.34	-0.34	0.25	0.25	0.23	0.22	-0.74*
PA	0.15	0.21	0.21	-0.15	-0.15	-0.14	-0.12	-0.70*
%FS	0.36	0.26	0.25	-0.36	-0.34	-0.27	-0.31	0.93**
BB	-1.35	-1.05	-1.03	1.35	1.43	1.29	1.07	0.89**
PB	0.39	0.35	0.34	-0.39	-0.48	-0.53	-0.30	0.71*
JB	-0.58	-0.43	-0.39	0.58	0.51	0.39	0.68	0.94**

Keterangan: %BR (persentase bunga rontok), BBT (bobot basah tajuk), PA (panjang akar), %FS (persentase buah terbentuk), BB (bobot buah), PB (panjang buah), JB jumlah buah),
 sisaan = 0.1344; *P < 0.05; **P < 0.01,

Dari dua fase pertumbuhan yang berbeda dengan cekaman yang sama terdapat perbedaan karakter yang berkorelasi dan berpengaruh langsung terhadap bobot buah pertanaman. Cekaman pada fase vegetatif terdapat tujuh karakter yang berkorelasi dan berpengaruh langsung terhadap hasil, tetapi pada cekaman difase generatif hanya tiga karakter yang berkorelasi dan berpengaruh langsung terhadap hasil. Karakter jumlah buah dan persen bunga rontok berpengaruh langsung dan positif terhadap bobot buah pertanaman pada dua fase cekaman, sedangkan persen fruitset hanya berpengaruh langsung dan positif terhadap bobot buah per tanaman pada fase generatif, tetapi bernilai negatif saat cekaman diberikan difase vegetatif.

Tabel 26. Pengaruh langsung (bold) dan tidak langsung beberapa yang berkorelasi terhadap bobot buah per tanaman pada 50% kapasitas lapang cekaman difase generatif.

Karakter	Pengaruh langsung dan tidak langsung			Koefisien korelasi dengan hasil
	% BR	% FS	JB	
%BR	0.29	0.25	0.28	-0.93**
%FS	-0.29	0.29	0.28	0.93**
JB	-0.35	0.35	0.37	0.92**

Keterangan: % BR (Persentase bunga rontok), % FS (persentase bunga terbentuk), JB (jumlah buah).

sisaan = 0.3391; *P < 0.05; **P < 0.01, respectively

Pada cekaman ekstrim (25% kapasitas lapang) di fase vegetatif dan generatif jumlah buah dan persen fruitset memiliki pengaruh langsung positif sedangkan persentase bunga rontok memiliki pengaruh langsung negatif (Tabel 27). Hasil analisis lintas pada cekaman yang diberikan pada fase pembungaan memiliki nilai sisaan yang relatif besar dibandingkan nilai sisaan cekaman yang diberikan pada fase vegetatif yaitu masing-masing 0.2595 pada 100 % kapasitas lapang, 0.3395 pada 50% kapasitas lapang dan 0.2821 pada 25% kapasitas lapang.

Dari hasil analisis lintas pada tiga taraf kapasitas lapang didua fase pertumbuhan vegetatif dan generatif terjadi perubahan karakter yang berpengaruh langsung terhadap produksi (bobot buah/tanaman). Hal ini menunjukkan bahwa perubahan kondisi lingkungan dapat merubah fenotipe tanaman, yang berarti terjadi

perubahan interaksi antara genetik dan lingkungan. Pada kondisi normal difase vegetatif (100% kapasitas lapang) terdapat 4 karakter yang memiliki pengaruh langsung dengan nilai koefisien korelasi positif terhadap bobot buah pertanaman yaitu jumlah bunga rontok, jumlah buah, bobot buah, persentase fruitset. Sedangkan pada cekaman difase generatif hanya 3 karakter yaitu diameter buah, persen fruitset dan jumlah buah. Hal ini mengindikasikan, adanya hubungan korelasi yang benar antar karakter tersebut terhadap hasil dan seleksi langsung melalui karakter ini efektif, karena peningkatan salah satu karakter tersebut secara langsung berkontribusi meningkatkan bobot buah per tanaman, sedangkan persentase bunga rontok memiliki pengaruh langsung negatif dan nilai koefisien korelasi signifikan negatif, yang berarti semakin besar persentase bunga rontok semakin rendah produktivitas tanaman (bobot buah per tanaman).

Tabel 27. Pengaruh langsung (bold) dan tidak langsung beberapa yang berkorelasi terhadap bobot buah per tanaman pada 25% kapasitas lapang cekaman difase vegetatif dan generatif

Characters	Cekaman difase Vegetatif				Cekaman difase Generatif			
	%BR	%BT	JB	CCY	%BR	%BT	JB	CCY
%BR	-0.03	-0.99	0.03	-0.76**	-0.12	0.12	-0.1	-0.89**
%BT	-0.03	0.03	0.03	-0.74*	-0.12	0.12	0.1	0.87**
JB	-0.70	0.90	0.78	0.83**	-0.62	0.62	0.74	0.95**
Residual effect	0.559				0.2821			

Keterangan: PL (pengaruh langsung), %BR (persen bunga rontok), %BT (persen buah terbentuk), BB (bobot buah), PB (panjang buah), JB (jumlah buah), CCY (Koefisien korelasi dengan hasil)

Pada kondisi *medium stress* (50% kapasitas lapang) yang dicekam pada fase vegetatif vegetatif hanya terdapat dua karakter yang memiliki nilai pengaruh langsung positif dan nilai koefisien korelasi signifikan positif yaitu bobot buah dan jumlah buah. Karakter persentase bunga rontok dan panjang akar dan berat basah tajuk memiliki pengaruh langsung positif tetapi memiliki nilai koefisien korelasi negatif, hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi tercekam (50% kapasitas lapang) semakin panjang akar dan semakin besar berat basah tajuk akan menurunkan bobot buah/tanaman, karena fotosintat akan dialihkan kearah pertumbuhan dan bukan ke

produksi, sedangkan pada kondisi tercekam yang ekstrim (25% kapasitas lapang) karakter karakter vegetatif sudah tidak lagi berpengaruh secara langsung terhadap bobot buah per tanaman, karena pada kondisi cekaman yang ekstrim pertumbuhan sudah sangat terhambat.

Karakter yang memiliki pengaruh langsung positif dan koefisien korelasi positif dapat dipilih sebagai kriteria seleksi, sedangkan karakter lainnya walaupun berkorelasi positif dapat diabaikan, sehingga karakter jumlah buah dan bobot buah dalam kondisi normal dan tercekam kering dapat digunakan sebagai kriteria seleksi untuk meningkatkan produktivitas cabai pada kondisi tercekam kering. Banyak peneliti juga melaporkan bahwa jumlah buah dan bobot buah sebagai kriteria seleksi untuk meningkatkan produksi cabai berdasarkan analisis lintas (Rohini dan Lakshamanan, 2015; Vijaya *et al.*, 2014; Sharma *et al.*, 2010; Sakkar *et al.*, 2009; Vani *et al.*, 2007; Ukkund *et al.*, 2007; Sreelathkumary and Rajamony, 2004).

Nilai sisaan atau nilai CS dari analisis lintas cekaman fase vegetatif pada cekaman 100%, 50% dan 25% masing-masing adalah 0.0825 (Tabel 23), 0.1344 (Tabel 25) dan 0.5590 (Tabel 27) atau 8.25% pada kondisi normal, 13.44% pada kondisi tercekam (50% kapasitas lapang) dan 55.90% pada kondisi tercekam ekstrim (25% kapasitas lapang). Nilai sisaan tersebut berarti bahwa model pada 100% dan 50% kapasitas lapang sangat bagus dan karakter-karakter yang berpengaruh langsung dan tidak langsung dapat menjelaskan sebesar 91.75% dan 86.56% terhadap bobot buah/tanaman, sisanya hanya 8.25% dan 13.44% merupakan faktor lain yang belum dapat dijelaskan oleh model tersebut. Pada kondisi tercekam ekstrim 25% kapasitas lapang model hanya mampu menjelaskan sebesar 55.90% dan 44.10% merupakan faktor lain yang tidak dapat dijelaskan oleh model tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa seleksi tidak efektif dilakukan pada kondisi tercekam yang ekstrim. Nilai residu atau sisaan pada cekaman difase generatif yaitu masing-masing yaitu 0.2595 pada 100% kapasitas lapang (Tabel 24), 0.3391 pada 50% kapasitas lapang (Tabel 26) dan 0.2821 pada 25% kapasitas lapang (Tabel 27). Nilai sisaan analisis sidik lintas ini lebih tinggi dari nilai sisaan yang dilaporkan pada tanaman cabe oleh Rohini dan Lakshamanan, (2015) ($r = 0.094$), dan Vikram *et al.*, (2014) ($r = 0.0062$).

e. Kesimpulan

1. Terdapat perbedaan karakter-karakter yang berkorelasi dan berpengaruh langsung terhadap hasil pada level kapasitas lapang yang berbeda pada dua fase pertumbuhan yang berbeda
2. Kriteria seleksi untuk cabai berproduktivitas tinggi yang tercekam di fase vegetatif adalah karakter jumlah bunga terbentuk, bobot buah dan jumlah buah pada 100% kapasitas lapang adalah, karakter bobot buah dan jumlah buah untuk 50% kapasitas lapang, dan karakter jumlah buah untuk 25% kapasitas lapang .
3. Kriteria seleksi untuk cabai berproduktivitas tinggi yang tercekam di fase generatif adalah karkater diameter buah, persen buah terbentuk dan jumlah buah untuk 100% kapasitas lapang, dan karakter persen buah terbentuk dan jumlah buah untuk 50% dan 25% kapasitas lapang.

4. Skrining genotipe cabai (*Capsicum annuum* L) toleran kering menggunakan beberapa indek toleransi

a. Pendahuluan

Cabai (*Capsicum annuum* L.) merupakan tanaman dikotil yang termasuk dalam famili Solanaceae dan genus *Capsicum* (Knapp, 2002). Tanaman cabai merupakan tanaman diploid ($2n = 24$) dengan sistem penyerbukan sendiri (*self-pollinated*) dan polinasi terjadi setelah bunga mekar (Lemma, 1998). Namun, cabai juga memiliki kemampuan menyerbuk silang yang berkisar 2 sampai 96% (AVRDC, 2000) dan penyerbukan silang tersebut dibantu oleh Apis ssp, ngengat, kupu-kupu, dan tawon sebagai vektor (Carr dan Davidar, 2015).

Tanaman cabai merupakan tanaman yang sangat penting di Indonesia dan telah dibudidayakan secara luas dan dalam waktu yang lama di seluruh wilayah Indonesia. Cabai merupakan tanaman hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi, dimana harga cabai di Indonesia sering berfluktuasi sekitar Rp 40.000 – Rp 200.000 per Kg, dan itu dapat memberikan kontribusi tertinggi terhadap inflasi nasional, seperti pada 2016 dan 2017 yaitu sebesar 0.47% dan 0.35% (BPS 2017). Oleh karena itu, produksi dan harga cabai harus dikontrol dengan baik, tetapi kontrol produksi relatif sulit dilakukan karena produksi cabai sangat dipengaruhi oleh musim. Indonesia sering mengalami musim kemarau karena peristiwa El-Nino, pada kondisi ini produksi berbagai produk pertanian khususnya cabai cenderung menurun.

Genotipe cabai toleran kering dibutuhkan untuk menjaga produksi cabai dengan kondisi curah hujan yang tidak menentu, tetapi sampai saat ini varietas cabai yang toleran kering masih belum tersedia. Oleh karena itu, sangat dibutuhkan pengembangan tanaman cabai toleran kering. Pemuliaan tanaman toleran kering merupakan salah satu tujuan dalam pemuliaan tanaman cabai untuk mengantisipasi perubahan iklim global melalui pengembangan kultivar yang efisien dalam penggunaan air (Shao *et al.*, 2016) sehingga kultivar mampu memproduksi relatif sama dalam kondisi tercekam (kekurangan air) dan kondisi normal (cukup air) dan

dapat ditanam pada saat curah hujan tidak menentu atau tidak terprediksi (Nouri *et al.*, 2011).

Program pemuliaan tanaman untuk toleran kering sulit dilakukan karena toleransi kekeringan bukan respon yang sederhana tetapi dikontrol oleh banyak gen (Blum, 2005; Pinto *et al.*, 2010), selain itu respon tanaman terhadap kekurangan air dipengaruhi waktu cekaman, intensitas cekaman, durasi dan frekuensi cekaman, dan jenis tanaman (Reynolds and Tuberosa, 2008; Hamad *et al.*, 2004; Kalefetoglu dan Ekmekci, 2005; Kusvuran 2012; Ou dan Zou, 2012). Seleksi secara simultan sulit dilakukan karena dibutuhkan suatu upaya yang besar untuk mengeliminasi gen yang tidak diinginkan dalam proses seleksi (Richards, 1996), ditambah lagi kurang efisiennya prosedur seleksi dilapangan (Kirigwi *et al.*, 2004). Respon tanaman akibat cekaman kering dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya yaitu tanaman yang berbeda memberikan respon yang berbeda terhadap suatu cekaman yang diberikan, selain itu intensitas dan durasi cekaman yang berbeda menyebabkan respon yang berbeda bahkan pada jenis tanaman yang sama.

Kehilangan hasil merupakan perhatian utama para pemulia tanaman, pemulia lebih menekankan pada potensi hasil di kondisi normal, tetapi variasi potensi hasil dapat muncul karena adanya interaksi beberapa faktor yang terkait dengan adaptasi tanaman dan toleransi tanaman terhadap cekaman kering. Dengan demikian, indeks toleransi kekeringan yang mengukur kehilangan hasil akibat cekaman kering dibandingkan kondisi normal dapat digunakan untuk skrining genotipe toleran terhadap kekeringan (Mitra, 2001). Identifikasi genotipe yang memiliki produktivitas stabil pada kondisi optimal dan kondisi tercekam sangat penting dilakukan pemulia tanaman untuk pengembangan tanaman toleran kering (Pirayvatlou, 2001). Genotipe yang memiliki hasil yang tinggi dalam kondisi tidak tercekam (normal), tidak menjamin memiliki hasil yang tinggi pada kondisi tercekam atau tidak toleran terhadap kekeringan (Blum, 1996; Sio-sio Mardeh *et al.*, 2006). Oleh karena itu, banyak penelitian melakukan seleksi pada kondisi tercekam dan kondisi normal atau non-stres (Fernandez, 1992; Byrne *et al.*, 1995, Rajaram dan Van Ginkle 2001).

Toleransi kekeringan didefinisikan sebagai kemampuan tanaman untuk tumbuh dan berproduksi secara maksimal pada kondisi air yang terbatas atau pada saat tanaman kekurangan air baik itu secara periodik (Fleury *et al.*, 2010).

Banyak penelitian yang telah menggunakan indeks toleransi untuk memilih genotipe yang stabil pada kondisi optimal dan kondisi tercekam (Moosavi *et al.*, 2008, Farshadfar *et al.*, 2013, Mursalova *et al.*, 2015). Beberapa peneliti menggunakan lebih dari satu indeks seleksi dalam melakukan skrining terhadap genotipe toleran (Thiry *et al.*, 2016; Ali and El-Sadek, 2016; Ashraf *et al.*, 2015; Subhani *et al.*, 2015; Atung *et al.*, 2015; Kumar *et al.*, 2014; Aliakbari *et al.*, 2014; Farshadfar *et al.*, 2013; Naghavi *et al.*, 2013; Dehbalaei *et al.*, 2013; Agili *et al.*, 2012; Farshadfar *et al.*, 2012a; Farshadfar *et al.*, 2012b; Mohammadi *et al.*, 2012; Khodarahmpour dan Hamidi, 2011; Yarnia *et al.*, 2011; Akcure dan Ceri, 2011; Mohammadi *et al.*, 2010; Nazari dan Pakniyat, 2010; Moosavi *et al.*, 2008; Showemimoo dan Olarewoju, 2007).

Beberapa indeks toleransi yang banyak digunakan yaitu *stress susceptibility index* (SSI) (Fischer dan Maurer, 1978), *tolerance index* (TOL) (Rosielle dan Hamblin 1981), *mean productivity* (MP) (Rosielle dan Hamblin, 1981), *geometric mean productivity* (GMP) (Fernandez, 1992), *stress tolerance index* (STI) (Fernandez, 1992), *yield index* (YI) (Gavuzzi *et al.*, 1997), *yield stability index* (YSI) (Bousslama and Schapaugh 1984), *harmonic mean* (HM) (Schneider *et al.*, 1997), *sensitivity drought index* (SDI) (Farshadfar and Javadinia 2011), *drought response index* (DSI) (Bidingier *et al.*, 1978), *drought resistance index* (DI) (Lan 1998), *relative drought index* (RDI) (Fischer and Maurer 1978), dan *stress susceptibility percentage index* (SSPI) (Moosavi *et al.*, 2008).

b. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui indeks toleransi yang tepat yang dapat digunakan untuk skrining genotipe cabai toleran kering
2. Mendapatkan kandidat genotipe toleran terhadap cekaman kering.

c. Metodologi

1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di rumah kaca, Laboratorium Genetika dan Pemuliaan, Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dari bulan Februari sampai Juni 2017.

2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Lima puluh lima (55) genotipe cabai koleksi Laboratorium Genetik dan Pemuliaan UIN Suska riau. *Topsoil*, kompos, Pupuk NPK mutiara dan Pestisida. Alat yang digunakan yaitu polibag ukuran 10 kg, timbangan dan soil moustirezer dan sepangkat alat tanam.

3. Rancangan Percobaan

Percobaan disusun berdasarkan rancangan acak kelompok. Lima puluh lima (55) genotipe cabai digunakan dalam penelitian ini sebagai perlakuan, dan setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali, sehingga terdapat 220 satuan percobaan. Daftar genotipe yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 30.

Tabel 28. Daftar genotipe yang diuji dalam kondisi stres dan non-stres

No	Genotipe	No	Genotipe	No	Genotipe	No	Genotipe	No	Genotipe
1	UIN-RFC008	12	UIN-GK061	23	UIN-RFC003	34	UIN-GK38	45	UIN-K057
2	UIN-RFC009	13	UIN-GK065M	24	UIN-KG096	35	UIN-GK39	46	UIN-K058
3	UIN-RFC010	14	UIN-GK071M	25	UIN-FRC005	36	UIN-GK098	47	UIN-GK059
4	UIN-RFC011	15	UIN-GK072M	26	UIN-RFC006	37	UIN-GK099	48	UIN-K064
5	UIN-RFC015	16	UIN-GK073M	27	UIN-GK097	38	UIN-GM100	49	UIN-GK065
6	UIN-RFC016	17	UIN-GK074	28	UIN-RFC012	39	UIN-GM101	50	UIN-GK066
7	UIN-RFC017	18	UIN-GM107	29	UIN-RFC013	40	UIN-GM102	51	UIN-GK067
8	UIN-RFC018	19	UIN-GR105	30	UIN-RFC014	41	UIN-GM103	52	UIN-GK070
9	UIN-RFC019	20	UIN-GR106M	31	UIN-KG035	42	UIN-KG041	53	UIN-GK071
10	UIN-RFC020	21	UIN-RFC001	32	UIN-KG036	43	UIN-KG048	54	UIN-GK072
11	UIN-GK059M	22	UIN-RFC002	33	UIN-KG037	44	UIN-KG055	55	UIN-GK073

4. Tatalaksana penelitian

Bibit tanaman cabai masing-masing genotipe disemai dalam polybag kecil, pada saat tanaman berumur 4 minggu, bibit dipindah polybag besar yang berisi media tanam 10 kg (campuran tanah dan kompos dengan perbandingan 3:1). Tanaman kontrol ditanam pada kondisi normal (disiram setiap hari), sedangkan perlakuan cekaman ditanam pada 50% kapasitas lapang (sesuai hasil pada Tahap 1).

5. Parameter pengamatan

Parameter pengamatan adalah bobot buah pertanaman di kedua lingkungan (kondisi normal dan kondisi tercekam pada 50% kapasitas lapang). Selanjutnya seleksi toleransi dilakukan menggunakan beberapa indeks toleransi yaitu:

1. *Stress susceptibility index* (SSI) = $\frac{1-(Y_s/Y_{ns})}{1-(\bar{Y}_s/\bar{Y}_{ns})}$... (Fischer and Maurer, 1978);
2. *Tolerance* (TOL) = $Y_{ns} - Y_s$... (Rosielle and Hamblin, 1981); Genotipe yang memiliki nilai indeks yang rendah, merupakan genotipe yang stabil pada dua kondisi yang berbeda.
3. *Stress Tolerance Index* (STI) = $\frac{Y_s \times Y_p}{\bar{Y}_{ns}^2}$ (Fernandez, 1992); genotypes dengan nilai indeks STI yang tinggi merupakan genotipe yang toleran terhadap cekaman kekeringan.
4. *Drought Tolerance Efficiency* (DTE) = $(Y_s/Y_{ns}) \times 100$ (Fischer and Wood, 1981); Genotipe yang memiliki nilai DTE yang tinggi, merupakan genotipe yang memiliki toleransi yang tinggi terhadap cekaman kekeringan.
5. *Mean productivity* (MP) = $\frac{Y_s + Y_{ns}}{2}$ (Rosielle and Hamblin, 1981); Genotipe dengan nilai MP yang tinggi sangat diharapkan karena dianggap toleran.
6. *Geometric Mean Productivity* (GMP) = $\sqrt{Y_s + Y_{ns}}$ (Fernandez, 1992); genotipe dengan nilai GMP yang tinggi dianggap toleran.

7. *Harmonic Mean* (HM) = $2 \frac{Y_s \times Y_{ns}}{Y_s + Y_{ns}}$ (Schneider et al., 1997); the Genotipe dengan nilai MP yang tinggi sangat diharapkan karena dianggap toleran
8. *Sensitivity Drought Index* (SDI) = $(Y_{ns} - Y_s)/Y_{ns}$ (Farshadfar and Javadinia, 2011); Genotipe dengan nilai SDI yang rendah sangat diharapkan karena dianggap toleran
9. *Drought Resistance Index* (DI) = $Y_s \times \left[\frac{Y_s/Y_{ns}}{\bar{Y}_s} \right]$ (Lan, 1998)
10. *Relative drought index* (RDI) = $[(Y_s/Y_{ns})/(\bar{Y}_s/\bar{Y}_{ns})]$ (Fisher and Maurer, 1978)
11. *Stress Susceptibility percentage Index* (SSPI) = $[(Y_{ns} - Y_s)/(2 \times \bar{Y}_{ns})] \times 100$ (Moosavi et al. 2008)
12. *Yield Stability Index* (YSI) = Y_s / Y_{NS} (Bouslama and Schapaugh, 1984); Genotipe dengan nilai YSI yang tinggi merupakan genotipe stabil pada kondisi normal dan kondisi tercekam.
13. *Yield index* (YI) = Y_s / \bar{Y}_s (Gavuzzi et al., 1997);
14. *Modified stress tolerance index* (KiSTI), $K_1 = Y_{NS}^2 / \bar{Y}_{NS}^2$ and $K_2 = Y_s^2 / \bar{Y}_s^2$ (Farshadar and Sutka, 2002)

Dimana Y_s, Y_{ns} , adalah rata-rata hasil pada kondisi tercekam dan kondisi normal untuk masing-masing genotipe dan \bar{Y}_s, \bar{Y}_{ns} , menunjukkan rata-rata hasil dalam kondisi tercekam dan kondisi normal dari semua genotipe yang diujikan.

6. Analisis data

Korelasi antara indeks toleransi dengan bobot buah pertanaman dan jumlah buah pada kedua kondisi lingkungan (normal dan tercekam) dilakukan menggunakan SAS ver. 9.1. Cluster analisis menggunakan PCA dan dendrogram UPGMA dilakukan dengan software MVSP.2.

d. Hasil Dan Pembahasan

1. Penilaian Genotipe toleran kekeringan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa cekaman kering menurunkan bobot buah pertanaman pada semua genotipe, kecuali genotipe UIN-RFC010, UIN-GM107, dan UIN-RFC006. Bobot buah pertanaman pada kondisi normal dan kondisi tercekam masing-masing genotipe ditunjukkan pada Tabel 29. Pada kondisi normal, genotipe UIN-GK066, UIN-GK059, UIN-RFC020, UIN-RFC011, dan UIN-RFC017 memiliki bobot buah pertanaman tertinggi sedangkan genotipe UIN-GK055, UIN-GK058, UIN-GK048, UIN-GM101, dan UIN-GM103 memiliki genotipe dengan bobot buah terendah. Pada kondisi tercekam kering, genotipe UIN-RFC009, UIN-RFC018, UIN-GK059, UIN-GK073M, UIN-GK074 UIN-GR105, UIN-GR106M, UIN-RFC012, UIN-RFC013, UIN-K38, UIN-K39, UIN-GM100, UIN-GM101, UIN-GK055, dan UIN-GK070 sangat rentan terhadap kekurangan air. Bahkan beberapa genotipe tidak mampu membentuk buah pada kondisi tercekam karena semua bunganya mengalami kerontokan/aborsi (data tidak ditunjukkan). Kerontokan bunga terjadi karena viabilitas polen/serbuk sari berkurang atau bahkan tidak viable akibat kekurangan air sehingga proses penyerbukan tidak terjadi. Selain itu, kekurangan air pada tahap perkembangan polen mengganggu proses miosis sehingga serbuk sari gagal berkembang (Jager *et al.*, 2008).

Beberapa indeks toleransi digunakan untuk melihat toleransi tanaman terhadap cekaman kering, yaitu: Y_{NS} , Y_S , TOL, SSI, STI, DTE, GMP, HM, SDI, DI, MP, SSPI, RDI YSI dan YI pada kedua kondisi (normal dan tercekam) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 29. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa analisis toleransi menggunakan indeks toleransi yang berbeda menghasilkan genotipe toleran yang berbeda. Dari 55 genotipe yang diujikan berdasarkan TOL, DTE, GMP, SDI, RDI, SSPI dan K_2STI diperoleh 3 genotipe toleran, berdasarkan STI terdapat 4 genotipe toleran, berdasarkan indeks SSI, HM dan YSI terdapat 5 genotipe toleran, berdasarkan indeks MP ada 6 genotipe toleran, sedangkan berdasarkan indeks RDI dan YI masing-masing terdapat 16 dan 17 genotipe toleran (Tabel 29). Data ini menunjukkan bahwa indeks yang berbeda memberikan hasil yang berbeda, tetapi

genotipe UIN-RFC010 dan UIN-GM107 toleran disemua indek yang digunakan, sedangkan genotipe lainnya toleran pada satu indek tetapi tidak toleran diindek yang lain.

Nilai TOL terendah (-114.59) terdapat pada genotipe UIN-RFC010 diikuti genotipe UIN-GM107, dan UIN-RFC006 sedangkan genotipe UIN-GK066 memiliki nilai TOL tertinggi (328.66) diikuti oleh UIN-GK059, Genotipe UIN-RFC017, UIN-RFC009 dan UIN-RFC020. Nilai TOL (*toleransi of stress*) yang rendah menunjukkan bahwa genotipe tersebut memiliki toleransi yang tinggi terhadap cekaman kering dan lebih stabil pada kedua kondisi (tercekam dan normal). Raman *et al.*, (2012) melaporkan hal yang sama pada tanaman padi yang ditanam pada dua lokasi yang berbeda.

Stress susceptibility index (SSI) digunakan untuk mengukur besarnya penurunan hasil pada kondisi normal dan dibandingkan dengan kondisi tercekam. Nilai SSI yang rendah menunjukkan perbedaan hasil panen yang rendah antara kondisi normal dan kondisi tercekam, atau jika nilai SSI suatu genotipe rendah maka genotipe tersebut dapat dikategorikan toleran terhadap kekeringan (Chauhan *et al.*, 2007; Prakash, 2007; Raman *et al.*, 2012). Genotipe UIN-RFC010 memiliki nilai SSI terendah yaitu -1.20, diikuti oleh genotipe UIN-RF1000 (-0.50) dan UIN-GM107 (-0.46) sedangkan genotipe UIN-RFC018, UIN-GK059, UIN-GK073M, UIN-GK074 UIN-GR105, UIN-RF100, UIN-RFC013, UIN-K38, UIN-K39, UIN-GM100, UIN-GM101, UIN-GK055 dan UIN-GK070 memiliki nilai SSI yang tinggi (1,25). Kumar *et al.*, (2014) menjelaskan bahwa nilai SSI dikelompokkan menjadi empat katagori yaitu *highly drought tolerant* ($SSI < 0.50$), *drought tolerant* ($SSI = 0.51-0.75$), *moderately drought tolerant* ($SSI = 0.76-1.00$) dan *drought susceptible* ($SSI > 1.00$). Berdasarkan pengelompokan tersebut, genotipe UIN-RFC010, UIN-GM107, UIN-RFC006, UIN-GK098 dan UIN-RFC019 dikategorikan sebagai genotipe *highly drought tolerant* ($SSI < 0.50$), UIN-GK072, UIN-RFC014 UIN-GK065M, UIN -RFC015, dan UIN-RFC011 diklasifikasikan sebagai genotipe *drought tolerant* ($SSI = 0.51-0.75$), sedangkan genotipe UIN-GK061, UIN-RFC002, UIN-GM102, UIN-071, UIN-GK073 dan UIN-RFC020 dikategorikan sebagai genotipe *moderately drought tolerant* ($SSI = 0.76-1.00$).

Beberapa penelitian lain juga menggunakan SSI untuk mengukur indeks toleransi (Akcura *et al.*, 2011; Fischer and Maurer., 1978; Winter *et al.*, 1988). Seleksi berdasarkan SSI memilih genotipe yang berdaya hasil tinggi pada kondisi tercekam tetapi berdaya hasil relatif rendah pada kondisi optimal (Moosavi *et al.*, 2008).

Indek TOL dan SSI menunjukkan genotipe dengan hasil panen yang baik pada kondisi tercekam kering, sehingga TOL dan SSI sering digunakan untuk mengidentifikasi genotipe yang berproduksi tinggi pada lingkungan tercekam. Nilai TOL dan SSI yang tinggi menunjukkan suatu genotipe tersebut sensitif terhadap cekaman seperti yang dilaporkan oleh Bruckner dan Froberg (1987); Solomon dan Labuschagne (2003) dan Moosavi *et al.*, (2008) pada tanaman gandum, sedangkan genotipe yang memiliki nilai TOL dan SSI rendah memiliki kemampuan produksi yang lebih stabil pada kondisi tercekam dan kondisi normal. Berdasarkan kedua indeks tersebut genotipe UIN-RFC010, UIN-GM107 dan UIN-RFC006 merupakan genotipe yang lebih toleran dibandingkan genotipe lainnya.

Stress tolerance index (STI) digunakan untuk mengidentifikasi genotipe yang berdaya hasil tinggi pada kondisi tercekam dan kondisi normal. Nilai STI yang tinggi menunjukkan bahwa genotipe memiliki toleransi yang tinggi pada kondisi tercekam. Untuk efisiensi seleksi dalam penelitian ini kami mengelompokkan nilai STI dalam 2 kelompok yaitu $STI > 1$ untuk genotipe toleran dan nilai $STI < 1$ dikelompokkan ke dalam genotipe sensitif. Berdasarkan pengelompokan tersebut hanya 4 genotipe yang memiliki nilai $STI > 1$ yaitu UIN-RFC010 (1.79), diikuti oleh UIN-RFC011 (1.75), UIN-GM107 (1.28), dan UIN-GK072 (1.25), sedangkan 51 genotipe lainnya memiliki nilai $STI < 1$. Genotipe dengan nilai STI yang tinggi biasanya memiliki daya hasil tinggi pada kondisi tercekam dan kondisi normal (Kumar *et al.*, 2014; Moosavi *et al.*, 2008). Penggunaan STI sebagai indikator seleksi terhadap genotipe toleran kering juga dilaporkan oleh Fernandez (1992); Moosavi *et al.*, (2008) dan Farshadfar *et al.*, (2012) pada tanaman gandum.

Yield Stability Index (YSI) digunakan membedakan genotipe toleran dan genotipe yang sensitif (rentan). Nilai YSI yang tinggi berarti bahwa genotipe tersebut memiliki hasil yang tinggi pada kondisi tercekam tetapi produktivitasnya

rendah pada kondisi normal, sehingga pemulia menggunakan YSI untuk memilih genotipe yang toleran pada kondisi tercekam. Nilai YSI dapat dikategorikan *highly stability in drought tolerant* ($YSI > 0.60$), *stable in drought tolerant* ($YSI = 0.41 - 0.60$), *moderately stability in drought tolerant* ($YSI = 0.20 - 0.40$) dan *drought susceptible* ($YSI < 0.20$). Berdasarkan kategori tersebut, UIN-RFC010, UIN-GM107, UIN-RFC006, UIN-GK098 dan UIN-RFC019 merupakan genotipe *highly stability in drought tolerant* ($YSI > 0.60$), UIN-GK072, UIN-RFC014, UIN-GK065M, UIN-RFC015, dan UIN-RFC011 merupakan genotipe *stable in drought tolerant* ($YSI = 0.41-0.60$), genotipe UIN-GK061, UIN-RFC002, UIN-GM102, UIN-GK071, UIN-GK073 dan UIN-RFC020 masuk dalam kelompok *moderately stability in drought tolerant* ($YSI = 0.2-0.40$), sedangkan genotipe lainnya dianggap tidak stabil ($YSI < 0.20$). Nilai YSI juga pernah digunakan oleh Naghavi *et al.*, (2013) pada tanaman jagung, Mohammadi *et al.*, (2010) pada tanaman gandum dan Khan & Dhurve, (2016) pada tanaman padi untuk melihat stabilitas tanaman pada kondisi tercekam kering.

Berdasarkan nilai *mean Productivity* (MP) genotipe toleran dilihat dari produksi yang tinggi pada kondisi normal dan relatif rendah pada saat tercekam. Nilai MP yang tinggi mengindikasikan genotipe tersebut toleran (Fernandez, 1992) nilai tertinggi terdapat pada UIN-GK066, UIN-RFC011, UIN-RFC010, dan UIN-RFC020, tetapi jika perbedaan hasil antara kondisi normal dan kondisi tercekam terlalu tinggi maka nilai MP bisa bias karena nilai MP dihitung berdasarkan rata-rata aritmatik. Pada kasus ini, genotipe UIN-GK066 dan UIN-RFC020 tergolong toleran, padahal perbedaan hasil pada kondisi normal dan tercekam sangat tinggi masing-masing mencapai 93.16% dan 79.41%. Penggunaan indeks *Mean Productivity* dengan hasil yang bias juga dilaporkan Moosavi *et al.*, (2008) pada tanaman gandum. MP memisahkan genotipe toleran berdasarkan hasil yang tinggi pada salah satu kondisi, sehingga tidak bisa memisahkan genotipe yang berpotensi hasil rendah pada kondisi tercekam jika potensi hasil tinggi. Genotipe UIN-RFC020, UIN-RFC008, UIN-RFC009 dan UIN-RFC011 tergolong toleran walaupun hasil pada kondisi tercekam sangat rendah, bahkan UIN-RFC009 tidak membentuk buah pada kondisi tercekam (Tabel 29).

Tabel 29. Nilai indeks toleran kering beberapa cabai merah berdasarkan hasil (bobot buah/tanaman)

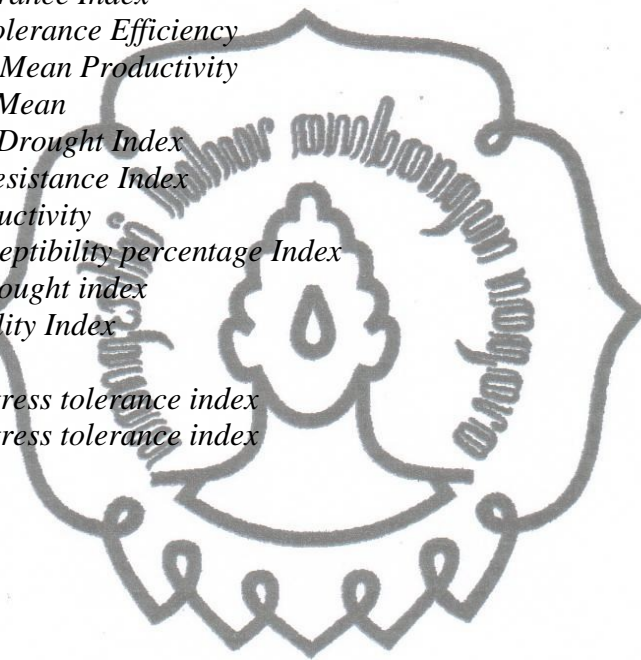
No	Genotype	Yns	Ys	TOL	SSI	STI	DTE	GMP	HM	SDI	DI	MP	SSPI	RDI	YSI	YI	K ₁ STI	K ₂ STI
1	UIN-RFC008	232.79	26.52	206.27	1.11	0.37	11.39	78.57	47.62	0.89	0.11	129.66	80.31	0.56	0.11	1.01	3.29	1.02
2	UIN-RFC009	236.48	0.00	236.48	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	118.24	92.07	0.00	0.00	0.00	3.39	0.00
3	UIN-RFC010	123.96	238.55	-114.59	-1.16	1.79	192.45	171.96	163.14	-0.92	17.46	181.25	-44.62	9.40	1.92	9.07	0.93	82.33
4	UIN-RFC011	267.90	107.68	160.23	0.75	1.75	40.19	169.84	153.61	0.60	1.65	187.79	62.38	1.96	0.40	4.10	4.35	16.77
5	UIN-RFC015	87.65	37.00	50.65	0.72	0.20	42.21	56.95	52.03	0.58	0.59	62.32	19.72	2.06	0.42	1.41	0.47	1.98
6	UIN-RFC016	229.35	8.69	220.65	1.20	0.12	3.79	44.65	16.75	0.96	0.01	119.02	85.91	0.19	0.04	0.33	3.19	0.11
7	UIN-RFC017	238.44	1.36	237.08	1.24	0.02	0.57	18.01	2.70	0.99	0.00	119.90	92.31	0.03	0.01	0.05	3.45	0.00
8	UIN-RFC018	41.83	0.00	41.83	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	20.91	16.28	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00
9	UIN-RFC019	73.09	46.26	26.83	0.46	0.21	63.30	58.15	56.66	0.37	1.11	59.67	10.44	3.09	0.63	1.76	0.32	3.10
10	UIN-RFC020	279.01	56.89	222.12	1.00	0.96	20.39	125.98	94.51	0.80	0.44	167.95	86.48	1.00	0.20	2.16	4.72	4.68
11	UIN-GK059	182.56	0.00	182.56	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	91.28	71.08	0.00	0.00	0.00	2.02	0.00
12	UIN-GK061	211.64	52.49	159.15	0.94	0.67	24.80	105.40	84.12	0.75	0.50	132.07	61.96	1.21	0.25	2.00	2.72	3.99
13	UIN-GK065M	169.75	76.57	93.19	0.69	0.79	45.11	114.01	105.53	0.55	1.31	123.16	36.28	2.20	0.45	2.91	1.75	8.48
14	UIN-GK071M	197.48	29.98	167.50	1.06	0.36	15.18	76.94	52.05	0.85	0.17	113.73	65.22	0.74	0.15	1.14	2.36	1.30
15	UIN-GK072M	131.86	13.48	118.38	1.12	0.11	10.22	42.16	24.46	0.90	0.05	72.67	46.09	0.50	0.10	0.51	1.05	0.26
16	UIN-GK073M	107.20	0.00	107.20	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	53.60	41.74	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00
17	UIN-GK074	189.54	0.00	189.54	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	94.77	73.80	0.00	0.00	0.00	2.18	0.00
18	UIN-GM107	123.98	169.75	-45.77	-0.46	1.28	136.92	145.07	143.30	-0.37	8.84	146.86	-17.82	6.69	1.37	6.46	0.93	41.69
19	UIN-GR105	113.32	0.00	113.32	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	56.66	44.12	0.00	0.00	0.00	0.78	0.00
20	UIN-GR106	73.40	0.00	73.40	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	36.70	28.58	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00
21	UIN-RFC001	146.15	2.59	143.56	1.23	0.02	1.77	19.46	5.09	0.98	0.00	74.37	55.89	0.09	0.02	0.10	1.30	0.01
22	UIN-RFC002	57.11	18.33	38.78	0.85	0.06	32.10	32.35	27.75	0.68	0.22	37.72	15.10	1.57	0.32	0.70	0.20	0.49
23	UIN-RFC003	86.35	7.29	79.06	1.14	0.04	8.44	25.09	13.44	0.92	0.02	46.82	30.78	0.41	0.08	0.28	0.45	0.08
24	UIN-GK096	85.67	7.29	78.38	1.14	0.04	8.51	24.99	13.44	0.91	0.02	46.48	30.52	0.42	0.09	0.28	0.45	0.08
25	UIN-FRC005	159.83	4.85	154.98	1.21	0.05	3.03	27.84	9.41	0.97	0.01	82.34	60.34	0.15	0.03	0.18	1.55	0.03
26	UIN-RFC006	56.57	79.39	-22.82	-0.50	0.27	140.34	67.02	66.07	-0.40	4.24	67.98	-8.89	6.86	1.40	3.02	0.19	9.12

No	Genotype	Yns	Ys	TOL	SSI	STI	DTE	GMP	HM	SDI	DI	MP	SSPI	RDI	YSI	YI	K ₁ STI	K ₂ STI
27	UIN-GK097	96.19	9.70	86.50	1.12	0.06	10.08	30.54	17.61	0.90	0.04	52.94	33.68	0.49	0.10	0.37	0.56	0.14
28	UIN-RFC012	106.09	0.00	106.09	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	53.05	41.31	0.00	0.00	0.00	0.68	0.00
29	UIN-RFC013	164.53	0.00	164.53	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	82.27	64.06	0.00	0.00	0.00	1.64	0.00
30	UIN-RFC014	165.69	95.65	70.04	0.53	0.96	57.73	125.89	121.28	0.42	2.10	130.67	27.27	2.82	0.58	3.64	1.66	13.24
31	UIN-GK035	65.35	1.40	63.95	1.22	0.01	2.14	9.56	2.74	0.98	0.00	33.37	24.90	0.10	0.02	0.05	0.26	0.00
32	UIN-GK036	71.51	4.37	67.14	1.17	0.02	6.11	17.67	8.23	0.94	0.01	37.94	26.14	0.30	0.06	0.17	0.31	0.03
33	UIN-GK37	116.76	21.01	95.75	1.03	0.15	17.99	49.53	35.61	0.82	0.14	68.88	37.28	0.88	0.18	0.80	0.83	0.64
34	UIN-GK38	95.93	0.00	95.93	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	47.97	37.35	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00
35	UIN-GK39	49.24	0.00	49.24	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	24.62	19.17	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00
36	UIN-GK098	39.27	27.43	11.84	0.38	0.07	69.85	32.82	32.30	0.30	0.73	33.35	4.61	3.41	0.70	1.04	0.09	1.09
37	UIN-GK099	132.78	8.15	124.63	1.17	0.07	6.14	32.90	15.36	0.94	0.02	70.47	48.52	0.30	0.06	0.31	1.07	0.10
38	UIN-GM100	145.06	0.00	145.06	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	72.53	56.48	0.00	0.00	0.00	1.28	0.00
39	UIN-GM101	37.73	0.00	37.73	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	18.86	14.69	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00
40	UIN-GM102	108.72	37.65	71.07	0.82	0.25	34.63	63.98	55.93	0.65	0.50	73.18	27.67	1.69	0.35	1.43	0.72	2.05
41	UIN-GM103	38.58	1.63	36.95	1.20	0.00	4.23	7.93	3.13	0.96	0.00	20.10	14.38	0.21	0.04	0.06	0.09	0.00
42	UIN-GK041	101.80	5.41	96.39	1.18	0.03	5.31	23.47	10.27	0.95	0.01	53.61	37.53	0.26	0.05	0.21	0.63	0.04
43	UIN-GK048	36.18	3.15	33.03	1.14	0.01	8.71	10.68	5.80	0.91	0.01	19.67	12.86	0.43	0.09	0.12	0.08	0.01
44	UIN-GK055	8.70	0.00	8.70	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	4.35	3.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
45	UIN-GK057	204.38	7.38	197.00	1.20	0.09	3.61	38.84	14.25	0.96	0.01	105.88	76.70	0.18	0.04	0.28	2.53	0.08
46	UIN-GK058	20.00	0.95	19.05	1.19	0.00	4.75	4.36	1.81	0.95	0.00	10.48	7.42	0.23	0.05	0.04	0.02	0.00
47	UIN-GK059	296.95	16.62	280.33	1.18	0.30	5.60	70.25	31.48	0.94	0.04	156.79	109.15	0.27	0.06	0.63	5.35	0.40
48	UIN-GK064	72.45	3.00	69.45	1.20	0.01	4.14	14.74	5.76	0.96	0.00	37.73	27.04	0.20	0.04	0.11	0.32	0.01
49	UIN-GK065	181.29	27.34	153.95	1.06	0.30	15.08	70.40	47.51	0.85	0.16	104.32	59.94	0.74	0.15	1.04	1.99	1.08
50	UIN-GK066	352.76	24.10	328.66	1.16	0.52	6.83	92.20	45.12	0.93	0.06	188.43	127.96	0.33	0.07	0.92	7.55	0.84
51	UIN-GK067	106.78	2.37	104.41	1.22	0.02	2.22	15.91	4.64	0.98	0.00	54.58	40.65	0.11	0.02	0.09	0.69	0.01
52	UIN-GK070	74.58	0.00	74.58	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	37.29	29.04	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00
53	UIN-GK071	71.80	26.93	44.87	0.78	0.12	37.51	43.97	39.17	0.62	0.38	49.37	17.47	1.83	0.38	1.02	0.31	1.05

No	Genotype	Yns	Ys	TOL	SSI	STI	DTE	GMP	HM	SDI	DI	MP	SSPI	RDI	YSI	YI	K ₁ STI	K ₂ STI
54	UIN-GK072	189.37	108.83	80.54	0.53	1.25	57.47	143.56	138.22	0.43	2.38	149.10	31.36	2.81	0.57	4.14	2.17	17.14
55	UIN-GK073	47.12	16.89	30.23	0.80	0.05	35.84	28.21	24.87	0.64	0.23	32.01	11.77	1.75	0.36	0.64	0.13	0.41

Keterangan :

Yns = Hasil pada kondisi normal
 Ys = Hasil pada kondisi tercekam
 TOL = *Tolerance*
 SSI = *Stress susceptibility index*
 STI = *Stress Tolerance Index*
 DTE = *Drought Tolerance Efficiency*
 GMP = *Geometric Mean Productivity*
 HM = *Harmonic Mean*
 SDI = *Sensitivity Drought Index*
 DI = *Drought Resistance Index*
 MP = *Mean productivity*
 SSPI = *Stress Susceptibility percentage Index*
 RDI = *Relative drought index*
 YSI = *Yield Stability Index*
 YI = *Yield index*
 K₁STI = *Modified stress tolerance index*
 K₂STI = *Modified stress tolerance index*



Berdasarkan indeks *Geometric Mean Productivity* (GMP), genotipe UIN-RFC010, UIN-RFC011, UIN-GM107, dan UIN-K072 diidentifikasi sebagai genotipe toleran kering, sementara genotipe lainnya menunjukkan jumlah GMP rendah (Tabel 31). Hasil penelitian ini menunjukkan GMP lebih baik dibandingkan MP dalam memisahkan genotipe toleran yaitu genotipe berdaya hasil tinggi relatif sama pada kedua kondisi. GMP juga banyak digunakan para pemulia dalam melakukan seleksi terhadap genotipe toleran pada berbagai lingkungan dan musim tanam yang berbeda (Fernandez, 1992; Rameshknia *et al.*, 2013; Habibpor *et al.*, 2011).

Berdasarkan *mean harmonik* (HM), UIN-RFC010, UIN-RFC011, UIN-GM107, dan UIN-GK072 teridentifikasi sebagai genotipe toleran kering, sedangkan genotipe lainnya memiliki nilai GMP yang rendah (Tabel 29). Analisis toleransi berdasarkan indeks GMP dan HM memberikan hasil yang sama dimana keempat genotipe yang toleran berdasarkan GMP juga toleran berdasarkan HM.

Drought tolerance efficiency (DTE) adalah ukuran terhadap mekanisme ketahanan kekeringan, DTE sering digunakan untuk mengukur konsistensi suatu genotipe pada kondisi tercekam dengan berbagai tingkat cekaman, waktu dan durasi yang berbeda, sehingga indeks ini diharapkan dapat mengidentifikasi genotipe-genotipe yang mampu beradaptasi pada kondisi tercekam kering. Nilai DTE yang diperoleh dari penelitian ini berkisar antara 0.00 sampai 192.45%. Nilai DTE tertinggi dicatat pada UIN-RFC010 (192.45%) diikuti oleh UIN-RFC006 (140.34%), dan UIN-GM107 (136.92%). Nilai DTE diatas 100 menunjukkan bahwa genotipe tersebut memiliki hasil yang lebih tinggi pada kondisi tercekam dibandingkan kondisi normal. Nilai DTE (0.00) berarti bahwa genotipe tidak mampu menghasilkan buah pada kondisi tercekam. Berdasarkan indeks ini genotipe dapat dikelompokkan kedalam 3 kelompok yaitu genotipe yang berdaya hasil tinggi pada kondisi tercekam (nilai DTE>100), genotipe yang memiliki hasil yang tidak terlalu jauh pada kondisi normal dan kondisi tercekam (nilai DTE>50) yaitu UIN-RFC019, UIN-RFC014, UIN-GK098 dan UIN-GK072. Genotipe yang berdaya hasil rendah pada kondisi tercekam (DTE<50). Nilai DTE terendah (0.00) terdapat pada UIN-RFC009, UIN-RFC018, UIN-GK059, UIN-GK073M, UIN-GK074

UIN-GR105, UIN-GR106, UIN-RFC012, UIN-RFC013, UIN-K38, UIN-K39, UIN-GM100, UIN-GM101, UIN-GK055 dan UIN-GK070. Hal ini mengindikasikan bahwa cekaman pada 50% kapasitas lapangan air terlalu tinggi untuk tanaman cabai, terutama pada studi ini. Dari penjelasan diatas terlihat bahwa DTE tidak bisa mengidentifikasi genotipe yang berdaya hasil tinggi pada kondisi normal tetapi memiliki hasil yang relatif rendah pada kondisi tercekam, karena indeks ini mengelompokkan genotipe berdasarkan kondisi tercekam (Ys). Indeks DTE lebih kuat dalam mengelompokkan genotipe toleran kering dibandingkan STI, MP, GMP dan HM.

Yield index (YI) dan *Relative Drought Index* (RDI) sangat baik digunakan untuk membedakan genotipe yang berdaya hasil tinggi pada kondisi tercekam kering. Menurut Khan dan Dhurpe (2016) bahwa genotipe yang memiliki nilai YI >1 dianggap toleran, sementara genotipe yang memiliki nilai YI <1 dikategorikan sebagai genotipe yang rentan. Demikian juga dengan nilai RDI >1 maka genotipe tersebut dianggap toleran dan genotipe yang memiliki nilai RDI < 1 dikelompokkan kedalam kelompok genotipe sensitif/rentan (Fisher *et al.*, 1979). Berdasarkan kriteria tersebut, dari 55 genotipe yang diujikan terdapat 16 genotipe toleran berdasarkan RDI dan 17 genotipe toleran berdasarkan YI sedangkan 39 genotipe lainnya merupakan genotipe yang rentan (Tabel 29). Bidinger *et al.*, (1978) menyatakan bahwa genotipe memiliki nilai RDI positif menunjukkan bahwa genotipe tersebut toleran pada kondisi tercekam. Jika mengikuti standar Bidinger *et al.*, (1978) maka semua genotipe yang diujikan tergolong toleran karena tidak ditemukan angka RDI yang negatif. Hasil analisis menggunakan indeks RDI dan YI dianggap tidak efisien dalam menyeleksi genotipe toleran pada kondisi tercekam kering. Moosavi *et al.* (2008) juga melaporkan RDI tidak efektif digunakan sebagai indikator seleksi toleran kering pada tanaman gandum.

Drought Resistance Index (DI) menunjukkan hasil yang tinggi pada kondisi tercekam, semakin tinggi nilai DI dari suatu genotipe menunjukkan hasil yang tinggi pada kondisi tercekam. Dari 55 genotipe yang diujikan hanya 3 genotipe yang menunjukkan nilai DI yang tinggi yaitu UIN-RFC010, UIN-GM107 dan UIN-

RFC006. Ketiga genotipe ini memiliki hasil yang lebih tinggi pada kondisi tercekam (Tabel 29).

Sensitivity Drought Index (SDI) memisahkan genotipe berdasarkan hasil pada kondisi tercekam. Nilai SDI yang rendah menunjukkan toleransi suatu genotipe atau dengan kata lain semakin rendah nilai SDI suatu genotipe menunjukkan genotipe tersebut berdaya hasil tinggi pada kondisi tercekam (kelompok B). Terdapat 3 genotipe dari 55 genotipe yang diujikan yang toleran kering berdasarkan indeks SDI yaitu genotipe UIN-RFC010, UIN-GM107 dan UIN-RFC006.

Berdasarkan indeks *toleransi stress* yang dimodifikasi (K_1 STI dan K_2 STI), K_1 STI adalah indeks seleksi yang dapat memisahkan genotipe berdaya hasil tinggi pada kondisi normal. Dalam studi ini nilai tertinggi K_1 STI diperoleh pada genotipe UIN-GK066, UIN-GK059, UIN-RFC020, UIN-RFC011, UIN-RFC008 dan UIN-RFC009. Keenam genotipe tersebut memiliki hasil yang tinggi pada kondisi normal. K_2 STI merupakan indeks seleksi yang memisahkan genotipe berdaya hasil tinggi pada kondisi tercekam. Genotipe UIN-RFC010, UIN-RFC011, UIN-GM107, UIN-GK072 dan UIN-RFC014 merupakan genotipe yang berdaya hasil tinggi pada kondisi tercekam. K_1 STI dan K_2 STI sangat efektif memisahkan genotipe yang berdaya hasil tinggi pada kondisi normal dan kondisi tercekam. Efektivitas K_1 STI dan K_2 STI dalam memisahkan genotipe berdaya hasil tinggi pada masing-masing kondisi lingkungan juga dilaporkan oleh Farshadar dan Sutka, (2002) pada tanaman jagung.

Stress Susceptibility percentage Index (SSPI) merupakan indeks seleksi yang menekankan pada stabilitas hasil pada kondisi tercekam dan normal, dan bukan produktivitas yang tinggi pada kedua kondisi (Moosavi *et al.*, 2008). Stabilitas hasil sangat bermanfaat jika terjadi perubahan lingkungan, sehingga SSPI lebih menekankan pada stabilitas hasil. Nilai SSPI merupakan persentase dari perubahan hasil dari kondisi normal dan kondisi tercekam sehingga semakin kecil nilai SSPI maka genotipe tergolong toleran. Berdasarkan standar tersebut genotipe UIN-RFC010, UIN-GM107 dan UIN-RFC006 memiliki nilai SSPI paling rendah dan berarti genotipe tersebut toleran. Kelemahan dari SSPI yaitu tidak dapat

membedakan genotipe yang berproduksi tinggi pada salah satu kondisi sehingga genotipe yang berproduksi rendah pada kedua kondisi (tercekam dan normal) dapat tetap masuk kriteria toleran.

Berdasarkan respon genotipe dalam kondisi tercekam dan kondisi normal dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok yaitu: 1). Genotipe yang menghasilkan respon yang hampir sama pada kondisi tercekam dan normal kelompok (A), 2). Genotipe yang memiliki performan lebih baik pada kondisi normal dibandingkan kondisi tercekam kelompok (B), 3). Genotipe yang memiliki performa relatif lebih baik pada kondisi tercekam kelompok (C), 4). Genotipe yang memiliki performa yang buruk pada kedua kondisi kelompok (D) (Fernandez, 1992). Kriteria seleksi yang baik adalah kriteria yang mampu memisahkan kelompok A dari tiga kelompok lainnya.

Fernandez (1992) menggunakan beberapa indeks seleksi yaitu MP, GMP, YI dan STI untuk membedakan genotipe yang tergolong dalam kelompok A, B, C dan D. Dalam studi ini, genotipe dengan nilai indeks MP, GMP, YI dan STI yang tinggi akan tergolong dalam kelompok A. Indeks ini terkait dengan perbedaan hasil yang tidak terlalu jauh antara tanaman di bawah kondisi tercekam (Y_s) dan kondisi normal (Y_{ns}), selain itu cekaman yang diberikan tidak terlalu parah. Nilai indeks MP, GMP, YI dan STI yang tinggi dari suatu genotipe menunjukkan genotipe tersebut memiliki nilai toleransi yang tinggi terhadap cekaman kering. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Fernandez (1992); Gavuzzi *et al.* (1997); Bouslama dan Schapaugh (1984) dan Hossain *et al.* (1990). MP merupakan hasil rata-rata genotipe dalam kondisi tercekam dan normal dimana nilai MP mengelompokkan genotipe dengan nilai Y_{ns} yang tinggi namun nilai Y_s yang relatif rendah (kelompok B) dan MP tidak dapat memisahkan kelompok A dan B. Penurunan nilai TOL dan peningkatan nilai MP maka toleransi relatif meningkat. Fernandez (1992) melaporkan STI merupakan indeks toleransi yang tinggi dan keuntungan lain dari STI yaitu kemampuannya untuk memisahkan kelompok A dari kelompok lain. GMP lebih baik daripada MP dalam memisahkan kelompok A dari kelompok yang lain tetapi memiliki kemampuan yang rendah untuk membedakan Y_s dan Y_{ns} . Nilai MP dihitung berdasarkan nilai rata-rata Y_{ns} dan Y_s sehingga nilai MP akan bias

bila perbedaan antara Y_s dan Y_{ns} terlalu tinggi, seperti yang dijelaskan oleh Hohls, (2001) bahwa MP tidak dapat mengelompokkan genotipe berdaya hasil tinggi baik dalam kondisi tercekam maupun kondisi normal, jika hasil korelasi pada lingkungan yang kontras bernilai negatif dan tinggi. Dalam studi ini, genotipe dengan MP yang tinggi tergolong dalam kelompok A yaitu UIN-RFC010, UIN-RFC011, UIN-GM107 dan UIN-GK072. Hal ini berarti MP dapat memisahkan genotipe kedalam kelompok A. Hasil studi ini bertentangan dengan hasil yang dilaporkan oleh Fernandez (1992) dan Hohls, (2001).

2. Analisis Korelasi antar Indeks Toleransi

Pendugaan genotipe toleran terhadap cekaman kering berdasarkan satu indeks saja akan membingungkan dan hasilnya dapat berbeda antar indeks dan sangat tergantung dari indeks yang digunakan (Farshadfar *et al.*, 2012) sehingga seleksi berdasarkan kombinasi beberapa indeks dapat memberikan kriteria yang lebih baik untuk seleksi dan perbaikan terhadap sifat toleransi tanaman terhadap cekaman kering. Untuk menentukan indeks toleransi kekeringan yang baik, diperlukan analisis korelasi antara hasil pada kondisi tercekam (Y_s) dan hasil pada kondisi normal (Y_{ns}) serta korelasi dengan semua indeks toleransi yang digunakan. Hasil analisis korelasi antar indeks toleransi tersebut disajikan pada Tabel 30. Analisis korelasi antara Y_s , Y_{ns} dan beberapa indeks toleransi yang digunakan, memberikan dua informasi penting yaitu genotipe terbaik toleran kering dan indeks terbaik yang dapat digunakan untuk seleksi.

Berdasarkan hasil korelasi terlihat bahwa hasil pada kondisi tercekam (Y_s) tidak berkorelasi dengan hasil pada kondisi normal (Y_{ns}) ($r = 0.19$), hal ini menunjukkan bahwa tingkat cekaman yang diberikan (50% kapasitas lapang) terlalu berat atau terlalu tinggi. Cekaman yang terlalu tinggi menyebabkan hasil pada kondisi tercekam dan normal tidak berkorelasi juga dilaporkan oleh Talebi *et al.* (2009) pada tanaman gandum, Bonea dan Urechean (2011) pada tanaman jagung, Agili *et al.* (2012) pada ubi jalar, Subhani *et al.* (2015) pada barley, dan Yasir *et al.* (2013) pada gandum. Zare (2012) melaporkan bahwa hasil tanaman Barley pada kondisi tercekam kering tidak berkorelasi dengan hasil pada kondisi

normal ($r = 0.39$), hal ini menunjukkan bahwa potensial hasil yang tinggi pada kondisi normal tidak mempengaruhi hasil pada kondisi tercekam. Dengan demikian, seleksi secara tidak langsung melalui pemilihan genotipe yang berdaya hasil tinggi pada kondisi normal tidak efisien atau tidak dapat digunakan untuk tanaman berdaya hasil tinggi pada kondisi tercekam. Berbeda dengan laporan Farshadfar *et al.*, (2012) dan Ali and El-Sadek (2016) dimana nilai Y_s berkorelasi positif dengan Y_{ns} yang berarti bahwa genotipe yang berproduksi tinggi pada kondisi normal juga akan memiliki produksi tinggi pada kondisi tercekam.

Koefisien korelasi indeks toleransi dengan Y_s dan Y_{NS} menunjukkan beberapa indeks berkorelasi signifikan dan positif dengan Y_s dan Y_{NS} yaitu, STI, GMP, HM dan MP. TOL, SSI, SDI dan SSPI signifikan negatif terhadap Y_s , tetapi TOL, SSPI dan K_1STI berkorelasi signifikan positif terhadap Y_P . Indeks DTE, DI, RDI, YSI, YI dan K_2STI memiliki korelasi signifikan positif terhadap Y_s tetapi tidak berkorelasi dengan Y_{ns} (Tabel 30).

Indeks STI, GMP, HM dan MP merupakan indeks toleransi yang memisahkan genotipe toleran berdasarkan potensi hasil yang tinggi pada kondisi normal dan kondisi tercekam. Keempat indeks ini terkait dengan perbedaan hasil pada kondisi tercekam dan kondisi normal yang tidak terpaut jauh. Nilai MP, GMP, HM dan STI yang tinggi menunjukkan toleransi yang lebih besar terhadap cekaman kekeringan, sehingga indeks ini ideal digunakan ketika berkorelasi positif signifikan terhadap hasil pada kedua kondisi. Korelasi positif signifikan Y_{ns} dengan STI, MP, GMP, HM dan MP juga dilaporkan Aliakbar *et al.* (2014) pada *Brassica*, Naghavi *et al.*, 2013 pada tanaman jagung dan Rahimi *et al.* (2013) pada tanaman padi.

Indeks TOL, SSI, SDI, DI, YI dan DTE memisahkan genotipe toleran dan genotipe sensitif berdasarkan hasil yang tinggi pada kondisi tercekam (kelompok C). Seleksi berdasarkan hasil pada kondisi tercekam dipisahkan menjadi dua kelompok yaitu indeks sensitivitas (kerentanan) dimana semakin rendah nilai indeks (TOL, SSI dan SDI) menunjukkan genotipe semakin toleran, atau dengan kata lain genotipe tersebut memiliki hasil yang tinggi pada kondisi tercekam, sehingga indeks tersebut efektif jika menunjukkan korelasi yang negatif terhadap Y_s .

Tabel 30. Coefisien korelasi antar indeks toleransi hasil pada kondisi normal (Yns) dan kondisi tercekam kering (Ys)

	Yns	Ys	TOL	SSI	STI	DTE	GMP	HM	SDI	DI	MP	SSPI	RDI	YSI	YI	K ₁ STI	K ₂ STI
Yns	1.00																
Ys	0.19	1.00															
TOL	0.84**	-0.36**	1.00														
SSI	0.12	-0.84**	0.57**	1.00													
STI	0.42**	0.92**	-0.09	-0.63**	1.00												
DTE	-0.12	0.84**	-0.57**	-0.99**	0.63**	1.00											
GMP	0.49**	0.87**	0.00	-0.61**	0.94**	0.61**	1.00										
HM	0.35**	0.93**	-0.17	-0.70**	0.96**	0.70**	0.97**	1.00									
SDI	0.12	-0.84**	0.57**	0.99**	-0.63**	-0.99**	-0.61**	-0.70**	1.00								
DI	0.00	0.89**	-0.48**	-0.84**	0.70**	0.84**	0.60**	0.67**	-0.84**	1.00							
MP	0.89**	0.62**	0.51**	-0.29*	0.76**	0.29**	0.80**	0.71**	-0.29*	0.41**	1.00						
SSPI	0.84**	-0.36**	1.00**	0.57**	-0.10	-0.57**	0.00	-0.17	0.57**	-0.48**	0.52**	1.00					
RDI	-0.12	0.84**	-0.57**	-0.99**	0.63**	1.00**	0.61**	0.70**	-1.00**	0.84**	0.29**	-0.57**	1.00				
YSI	-0.12	0.84**	-0.57**	-0.99**	0.63**	1.00**	0.61**	0.70**	-1.00**	0.84**	0.29**	-0.57**	1.00**	1.00			
YI	0.19	1.00**	-0.36**	-0.85**	0.92**	0.84**	0.87**	0.93**	-0.85**	0.89**	0.61**	-0.36**	0.85**	0.85**	1.00		
K₁STI	0.96**	0.14	0.83**	0.12	0.39**	-0.13	0.45**	0.30*	0.12	-0.04	0.83**	0.83**	-0.13	-0.12	0.14	1.00	
K₂STI	0.07	0.92**	-0.43**	-0.79**	0.78**	0.79**	0.66**	0.73**	-0.79**	0.98**	0.48**	-0.43**	0.79**	0.79**	0.92**	0.02	1.00

Keterangan : Yns (Hasil pada kondisi normal), Ys (Hasil pada kondisi tercekam), TOL (*Tolerance*), SSI (*Stress susceptibility index*), STI (*Stress Tolerance Index*), DTE (*Drought Tolerance Efficiency*), GMP (*Geometric Mean Productivity*), HM (*Harmonic Mean*), SDI (*Sensitivity Drought Index*), DI (*Drought Resistance Index*), MP (*Mean productivity*), SSPI (*Stress Susceptibility percentage Index*), RDI (*Relative drought index*), YSI (*Yield Stability Index*), YI (*Yield index*), K₁STI dan K₂STI (*Modified stress tolerance index*)

Kelompok yang kedua adalah yaitu DI, DTE dan YI, dimana semakin tinggi nilai indeksnya (DI, DTE dan YI) genotipe semakin toleran atau produksi lebih tinggi pada kondisi tercekam, sehingga ketiga indeks ini harus memiliki korelasi signifikan positif terhadap Y_s . Hasil studi ini menunjukkan korelasi negatif signifikan antara Y_s dengan TOL, SSI dan SDI dan korelasi signifikan positif antara DI, DTE dan YI terhadap Y_s (Tabel 30). Korelasi negatif signifikan antara Y_s dengan TOL, SSI dan YSI juga dilaporkan oleh Aliakbar *et al.*, (2014)

Indeks toleransi yang paling baik dalam menyeleksi genotipe toleran cekaman kekeringan adalah indeks yang memiliki hubungan korelasi yang relatif tinggi dengan hasil pada kondisi tercekam dan kondisi normal (Rameshknia *et al.*, 2013; Farshadfar *et al.*, 2011; Farshadfar *et al.*, 2001; Mitra, 2001). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil pada kondisi tercekam dan kondisi normal memiliki hubungan korelasi positif dan signifikan terhadap indeks STI, GMP, HM dan MP sehingga indeks toleransi tersebut dapat digunakan sebagai kriteria untuk melakukan seleksi terhadap genotipe toleran pada kondisi normal dan kondisi tercekam. Efektivitas indeks tersebut dalam skrining genotipe toleran kekeringan dengan hasil tinggi pada kondisi tercekam dan kondisi normal juga pernah direkomendasikan oleh beberapa peneliti (Akcura *et al.*, 2011; Ahmadizadeh *et al.*, 2012; Darvishzadeh *et al.*, 2010; Ali dan El-Sadek., 2016; Aliakbar *et al.*, 2014; Mohammadi *et al.*, 2003; Jafari *et al.*, 2009; Mohammadi *et al.*, 2009; Nazari dan Pakniat, 2010; Ilker *et al.*, 2011; Aliakbar *et al.*, 2014; Gavuzzi *et al.*, 1997). Sebaliknya, Khayatnezhad *et al.* (2010) dan Thiry *et al.* (2016) menyatakan hasil yang berlawanan, dimana tidak satupun indeks ini dapat membedakan kultivar yang berdaya hasil tinggi pada kondisi normal dan kondisi tercekam. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman berbeda dengan lokasi berbeda dan indeks seleksi yang sama memberikan hasil yang berbeda.

Korelasi positif antara TOL dan Y_{NS} tetapi berkorelasi negatif dengan Y_s menunjukkan bahwa seleksi pada indeks ini akan menurunkan hasil pada kondisi normal. Akan tetapi korelasi negatif antara SSI, TOL, SDI dan Y_s sangat diharapkan karena hal ini berarti genotipe mengalami kehilangan hasil yang rendah pada kondisi tercekam atau dengan kata lain hasil akan tinggi pada kondisi tercekam.

Seleksi berdasarkan ketiga indeks tersebut akan meningkatkan hasil pada kondisi tercekam. Indeks SSI telah banyak digunakan oleh beberapa peneliti sebelumnya untuk mengidentifikasi genotipe sensitif dan toleran (Akcura *et al.*, 2011; Subhani *et al.*, 2015). Kelemahan dari SSI tidak dapat memisahkan kelompok A dari kelompok lainnya dan TOL gagal memisahkan kelompok A dan C (Thiry *et al.*, 2016; Fernandez, 1992).

Korelasi signifikan negatif antara SSPI dan Y_s menunjukkan bahwa indeks ini tidak cukup baik sebagai indeks seleksi yang stabil pada kondisi tercekam pada studi ini. Moosavi *et al.* (2008) menyatakan indeks SSPI sangat baik jika SSPI, Y_{SN} dan Y_s berkorelasi signifikan dan positif. Korelasi signifikan positif SSPI pada Y_{SN} tetapi berkorelasi signifikan negatif pada Y_s menunjukkan bahwa potensi hasil yang tinggi pada kondisi normal tidak diikuti dengan potensi hasil yang tinggi pada kondisi tercekam. Hal ini menjelaskan indeks SSPI tidak efektif digunakan untuk seleksi genotipe berdaya hasil tinggi pada kedua kondisi yaitu normal dan tercekam atau dengan kata lain indeks SSPI dalam studi ini tidak dapat membedakan genotipe yang stabil berdaya hasil tinggi. Selain SSPI, beberapa indeks lain juga dianggap tidak efisien dalam memisahkan genotipe berdaya hasil tinggi pada kondisi tercekam yaitu YI, RDI dan YSI. YSI juga dilaporkan Aliakbar *et al.* (2014) tidak cocok digunakan untuk seleksi kultivar berdaya hasil tinggi pada kondisi optimal.

Korelasi signifikan positif Y_{ns} dan K_1STI yang merupakan indikator genotipe berdaya hasil tinggi pada kondisi normal dan korelasi antara Y_s dan K_2STI yang berkorelasi signifikan positif berarti bahwa genotipe berdaya hasil tinggi pada kondisi tercekam (Farshadar and Sutka, 2002). Berdasarkan indeks tersebut terdapat enam genotipe yang berdaya hasil tinggi pada kondisi normal berdasarkan K_1STI (UIN-RFC008, UIN-RFC009, UIN-RFC011, UIN-RFC020, UIN-GK059 dan UIN-GK006) dan Lima genotipe berdaya hasil tinggi pada kondisi tercekam berdasarkan K_2STI (UIN-RFC010, UIN-RFC011, UIN-GM107, UIN-RFC014 dan UIN-GK072). Kedua indeks ini dapat memisahkan genotipe berdaya hasil tinggi pada kondisi normal (kelompok B) dan genotipe yang berdaya hasil tinggi pada kondisi tercekam (kelompok C). Penggunaan indeks K_1STI dan K_2STI sebagai indikator yang baik juga dilaporkan oleh Khalili *et al.* (2012) dan Aliakbar *et al.*

(2014) pada tanaman *Brassica*, Naghavi *et al*, (2013) pada tanaman jagung dan Farshadar *et al*. 2013 pada gandum. Akan tetapi dalam studi ini kedua indeks tersebut gagal memisahkan kelompok A dengan kelompok lainnya. Hal ini karena cekaman yang diberikan terlalu berat yang terlihat dari tidak terdapat korelasi Y_{ns} dan Y_s , sehingga K_1STI hanya berkorelasi signifikan dengan Y_{ns} , sedangkan K_2STI hanya berkorelasi signifikan dengan Y_s . Data ini menunjukkan bahwa potensi hasil yang tinggi pada kondisi normal tidak menjamin hasil yang tinggi pada kondisi tercekam.

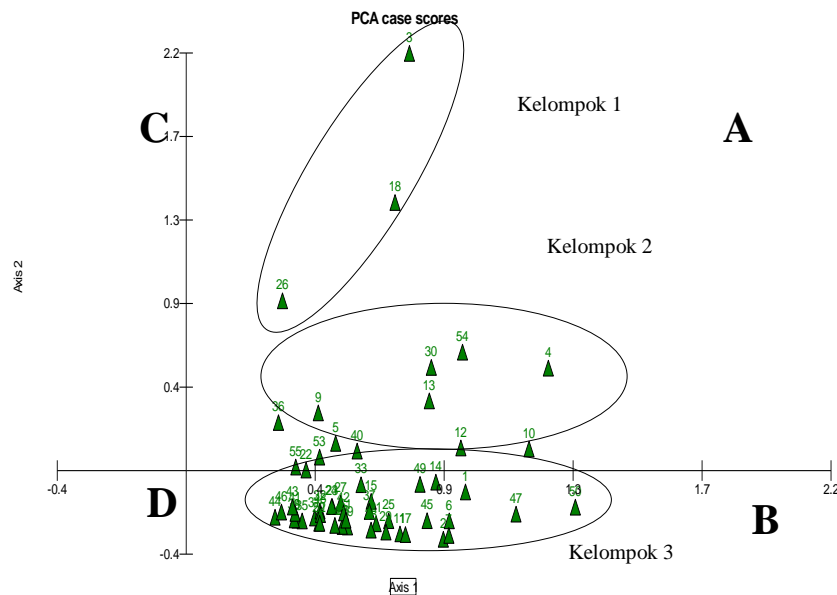
Berdasarkan penjelasan diatas terlihat bahwa indeks GM, GMP, HM dan STI dapat digunakan untuk seleksi genotipe berdaya hasil tinggi pada kondisi normal dan kondisi tercekam, sedangkan indeks SSI, TOL dan SDI dapat digunakan untuk seleksi genotipe berdaya hasil tinggi pada kondisi tercekam.

3. Principal Component Analysis (PCA)

Principle component analysis (PCA) digunakan untuk menilai hubungan antara genotipe dan indeks toleransi kekeringan (Gambar 18). Variasi total yang diperoleh dari dua komponen utama adalah 92.15%. Komponen utama pertama (PC1) menjelaskan 63.58% variasi dengan nilai positif dari semua indeks (Tabel 33) dan nilai tertinggi diperoleh pada indeks Y_{NS} , MP, SSI, dan SDI. Dengan demikian, dimensi pertama dapat disebut sebagai potensi hasil dan toleransi kekeringan. Genotipe yang memiliki nilai tinggi dan positif pada indeks tersebut, memiliki potensi hasil yang tinggi pada lingkungan tercekam dan kondisi normal.

Komponen utama kedua (PC2) menjelaskan 28.57% variabilitas total dan memiliki nilai positif antara Y_s , STI, DTE, GMP, HM, DI, RDI, YI, K2 dan YSI (Tabel 33). Komponen kedua dapat disebut sebagai dimensi toleran cekaman (*stress tolerant dimension*) dan memisahkan genotipe toleran dari genotipe yang tidak toleran. Genotipe yang memiliki nilai PC1 yang tinggi dan PC2 yang rendah sangat baik pada kondisi tercekam dan kondisi normal (Aliakbar *et al.*, 2014; Moosavi *et al.*, 2004; and Golabadi *et al.*, 2006). Berdasarkan nilai tersebut, maka genotipe

UIN-RFC010, UIN-GM107, dan UIN-RFC006 merupakan genotipe berproduksi tinggi pada kondisi normal dan tercekam (Gambar 18).



Gambar 18. Biplot 55 genotipe cabai, Δ : nama genotipe mengikuti daftar genotipe pada Tabel 30.

Analisis biplot pada Gambar 18 menunjukkan bahwa 55 genotipe yang diujikan mengelompok menjadi tiga kelompok. Jika mengacu pada Fernandez, (1992) 55 genotipe tersebut hanya tergolong kedalam dua kelompok yaitu kelompok A dan kelompok B. kelompok pertama dan kelompok kedua berada dalam satu kelompok A yaitu, genotipe yang memiliki daya hasil tinggi pada kondisi normal dan kondisi tercekam, sedangkan kelompok ketiga masuk dalam kelompok B yaitu genotipe yang berdaya hasil tinggi pada kondisi normal. Analisis biplot berdasarkan 14 indek toleransi tidak efektif memisahkan genotipe kelompok A dengan kelompok lainnya, walaupun kelompok pertama terpisah jauh dari kelompok kedua.

Berdasarkan hasil PCA dari 14 indek toleransi terlihat bahwa SSI dan SDI memiliki nilai PC1 yang tinggi dan nilai PC2 yang rendah (Tabel 31). Nilai PC-1 tinggi dan PC-2 rendah sesuai untuk kondisi lingkungan normal dan lingkungan tercekam (Golabadi *et al.* 2006 dan Kaya *et al.* 2002). Akcura *et al.* (2011)

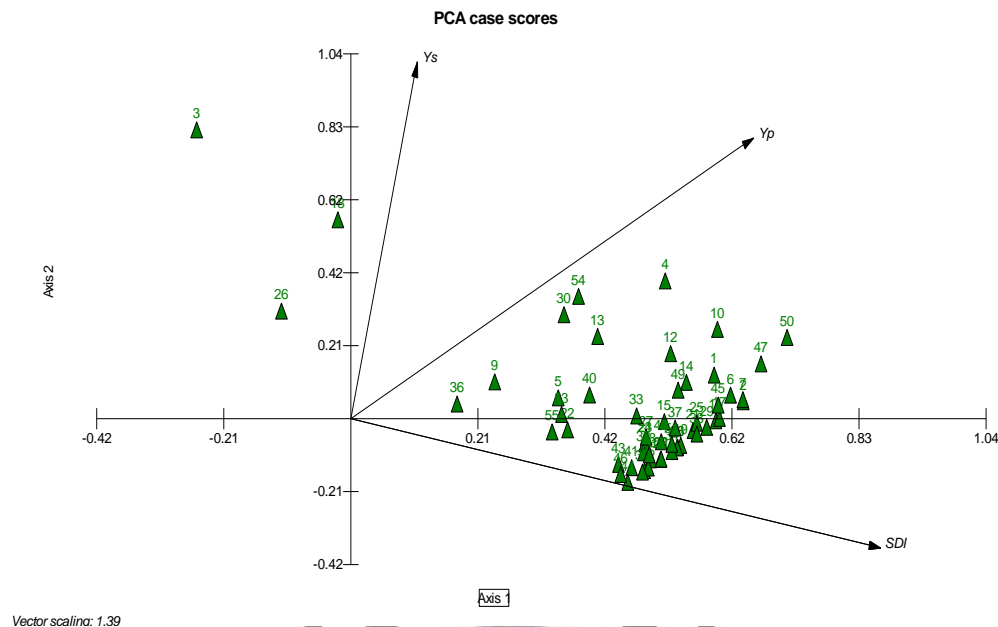
menyatakan pada tingkat stres yang tinggi indeks SSI dapat digunakan untuk membedakan genotipe yang rentan, sedangkan indeks MP, GMP, TOL, HM dan STI sebaiknya digunakan jika cekaman tidak terlalu ekstrim. Dalam studi ini, MP, GMP, HM, STI, SSI, SDI dan TOL dapat membedakan genotipe yang toleran terhadap cekaman kering berdasarkan analisis korelasi. Tetapi dari korelasi Y_s dan Y_{sn} terlihat bahwa cekaman yang diberikan terlalu berat, sehingga indeks SSI dianggap efektif membedakan genotipe yang rentan. Pada analisis PCA (Tabel 31) terlihat bahwa nilai PCA 1 yang tinggi dan Nilai PCA 2 yang relatif rendah terdapat pada indeks SSI dan SDI.

Tabel 31. Principal Component Analysis untuk hasil pada kondisi normal (Y_p), kondisi tercekam (Y_s) dan beberapa indeks toleransi terhadap 55 genotipe cabai merah.

Indek	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6
Y_{ns}	0.39	-0.03	-0.24	0.15	-0.01	-0.26
Y_s	0.13	0.28	0.06	-0.1	0.1	-0.1
TOL	0.29	-0.18	-0.26	0.2	-0.06	-0.19
SSI	0.39	-0.33	0.45	-0.11	0.08	0.12
STI	0.15	0.24	-0.12	-0.42	0.23	0.17
DTE	0.11	0.28	0.21	0.24	-0.33	0.1
GMP	0.22	0.22	-0.09	-0.4	-0.17	0.04
HM	0.18	0.25	-0.03	-0.43	-0.16	-0.14
SDI	0.39	-0.33	0.45	-0.11	0.08	0.12
DI	0.06	0.27	0.13	0.34	0.44	0.04
MP	0.37	0.11	-0.17	0.07	0.04	-0.25
SSPI	0.29	-0.18	-0.26	0.2	-0.06	-0.19
RDI	0.11	0.28	0.21	0.24	-0.33	0.1
YSI	0.11	0.28	0.21	0.24	-0.33	0.1
YI	0.13	0.28	0.06	-0.1	0.1	-0.1
K_1 STI	0.24	-0.02	-0.43	0.11	0.02	0.82
K_2 STI	0.07	0.27	0.09	0.17	0.58	-0.01
Eigenvalues	24.57	11.04	1.97	0.57	0.4	0.06
Variation (%)	63.58	28.57	5.09	1.49	1.03	0.15
Cum. Percentage(%)	63.58	92.15	97.24	98.72	99.76	99.91

Berdasarkan hasil korelasi dan analisis PCA pertama selanjutnya dilakukan analisis biplot untuk menegaskan genotipe toleran dengan indeks seleksi SDI dan SSI. Hasil biplot menunjukkan bahwa indeks SSI dan SDI dapat digunakan untuk membedakan genotipe yang rentan (Gambar 19). Analisis biplot berdasarkan dimensi PCA pertama menjelaskan 84.71% variasi dengan indeks SSI dan SDI (Tabel 34). Dengan demikian, dimensi pertama dapat disebut sebagai potensi hasil

dan toleransi kekeringan. Nilai positif dan tinggi pada biplot PCA menunjukkan bahwa, genotipe terpilih diduga berproduksi tinggi kondisi tercekam dan normal. PC2 kedua menjelaskan 12.85% dari total variabilitas dan memiliki korelasi positif dengan Y_{NS} (hasil pada kondisi normal) dan Y_S (hasil pada kondisi stres).



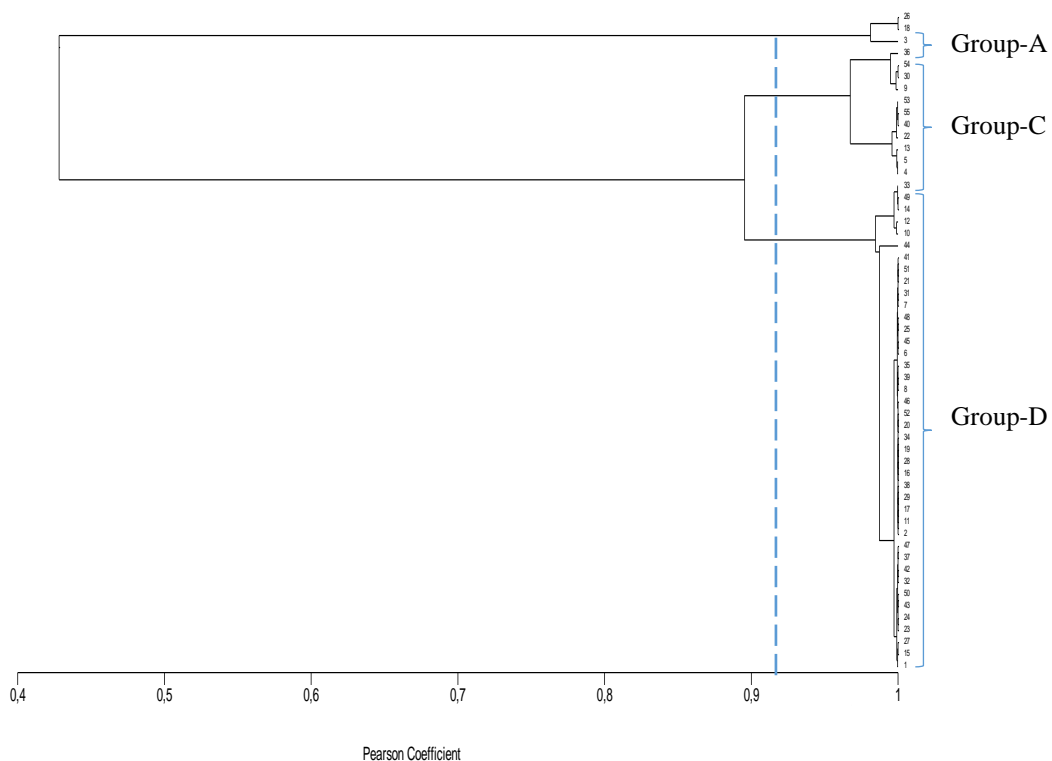
Gambar 19: Biplot untuk indeks kuantitatif genotipe cabai, Indeks Sys = Stress Susceptibility, SDI = *Sensitivity Drought Index*, Δ : nama genotipe mengikuti daftar genotipe pada Tabel 30.

Tabel 32. Principal Component Analysis untuk hasil pada kondisi normal (Y_p), kondisi tercekam (Y_s) dan indek toleransi SDI dan SSI terhadap 55 genotipe cabai merah

Indices	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
Y_{NS}	0.472	0.574	-0.669	0.000
Y_S	0.078	0.729	0.680	0.000
SSI	0.621	-0.264	0.212	-0.707
SDI	0.621	-0.264	0.212	0.707
Eigenvalues	13.383	2.031	0.386	0.000
Variance (%)	84.706	12.852	2.442	0.000
Cummulative Variance (%)	84.706	97.558	100.0	100.0

4. Analisis Kluster berdasarkan dendrogram UPGMA

Analisis kluster didasarkan pada Yns, Ys dan indeks kekeringan lainnya juga dilakukan menggunakan dendrogram UPGMA (Gambar 20). Pada Dendrogram UPGMA terlihat bahwa 55 genotipe yang diujikan dibagi menjadi tiga kelompok, masing-masing kelompok terdiri dari 3, 11 dan 41 genotipe.



Gambar 20. Dendrogram UPGMA Klasifikasi genotipe berdasarkan beberapa indeks toleransi. (Penomoran genotipe mengaju pada Tabel 28).

Dalam studi ini kami menggolongkan ketiga kelompok tersebut merupakan kelompok genotipe toleran, semi toleran dan sensitif. Kelompok pertama terdiri dari tiga genotipe yaitu nomor 3, 18 dan 26 termasuk dalam kelompok A. Genotipe ini juga memiliki nilai STI, GMP, MP dan HAM yang tinggi, sehingga dianggap sebagai genotipe yang paling baik untuk kedua kondisi (kelompok toleran). Kluster kedua yang terdiri dari genotipe nomor 4, 5, 13, 22, 40, 55, 53, 9, 30, 54 dan 36

(Tabel 28) digolongkan dalam kelompok C, yaitu genotipe semi-toleran atau semi sensitif genotipe. Sisanya tergolong dalam kelompok ketiga (D), semua genotipe dalam kelompok ini memiliki nilai SSI yang tinggi atau sangat rentan terhadap kekeringan dan hanya cocok untuk kondisi normal. Kering rentan dan memiliki rendemen rendah pada kedua kondisi (Grup D). Pengelompokan berdasarkan dendrogram ini berhasil mengelompokkan semua genotipe dalam 3 kelompok sama seperti analisis biplot menggunakan indek SSI dan SDI sebagai indikator seleksi. Zahravi (2009) melaporkan pada tanaman barley analisis kluster membagi genotipe dalam tiga kelompok yaitu resisten, semi-resisten dan rentan. Sedangkan El-Mohsen et al. (2015) juga melaporkan bahwa penggunaan kluster analisis semua genotipe yang diujikan tergolong kedalam 3 kelompok yaitu toleran, semi toleran dan rentan. Dari hasil penelitian ini analisis kluster UPGMA dapat digunakan untuk mengelompokkan genotipe berdasarkan indeks toleransi.

e. Kesimpulan

1. Berdasarkan 14 indek toleransi yang digunakan dalam studi ini genotipe UIN-RFC010, UIN-GM107 tergolong genotipe toleran disemua indek yang diujikan, sedangkan UIN-RFC006 dan UIN-GK072 merupakan genotipe toleran berdasarkan 8 indek toleransi (TOL, SSI, DTE, SDI, DI, SSPI, RDI, YSI dan YI).
2. Koefisien korelasi menunjukkan bahwa MP, GMP, HM, DTI, SSI, SDI dan TOL dapat digunakan sebagai indek seleksi tanaman toleran kekeringan.
3. Berdasarkan PCA dan dendogram diketahui bahwa Indek SSI dan SDI paling kuat membedakan genotipe toleran kering, selanjutnya genotipe RFC010, UIN-GM107 dan UIN-RFC006 merupakan genotipe terpilih sebagai kandidat genotipe toleran.

B. Pembahasan Umum

Kekurangan air mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman cabai. Cekaman yang diberikan pada dua fase pertumbuhan yang berbeda yaitu fase vegetatif dan fase generatif secara nyata mengganggu pertumbuhan tanaman dan menyebabkan penurunan beberapa karakter agronomi penting seperti tinggi tanaman, diameter batang, panjang dan lebar daun, penurunan hasil, persen fruitset, jumlah buah dan bobot buah/tanaman, jumlah biji, panjang buah dan diameter buah, mengganggu fisiologi tanaman yang terlihat dari penurunan kandungan klorofil secara total, kerapatan stomata, viabilitas polen, dan biomasa tanaman (berat basah tajuk dan akar serta berat kering tajuk dan akar serta meningkatkan persentase bunga rontok dan panjang akar (panjang akar hanya meningkat pada cekaman difase generatif).

Cekaman difase vegetatif lebih efektif untuk melihat respon tanaman terhadap cekaman kering, karena dapat membedakan secara signifikan antara tanaman yang tercekam pada berbagai kapasitas lapang dengan tanaman kontrol. Hal ini terlihat dari persen bunga rontok, persen fruit set, jumlah buah dan bobot buah per tanaman dan beberapa karakter vegetatif lainnya yang menurun signifikan dibandingkan tanaman kontrol. Tetapi cekaman difase generatif lebih dapat membedakan respon fisiologi (kandungan klorofil dan kerapatan stomata) dan panjang akar. Akumulasi dari respon tanaman akibat cekaman kering dapat dilihat pada produksi (jumlah buah dan bobot buah/tanaman), sehingga untuk melihat respon akibat cekaman kering terhadap produksi lebih efektif dilakukan pada fase vegetatif. Hasil ini penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Vecente *et al.* (2004) dan Cicevan *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa tanaman yang masih muda secara umum lebih berdampak terhadap cekaman kering dibandingkan pada tanaman yang telah berkembang (dewasa).

Tanaman yang diberi cekaman difase generatif menghasilkan respon yang tidak signifikan terhadap beberapa karakter penting seperti persen bunga rontok, persen fruitset, jumlah buah dan bobot buah per tanaman. Hal ini terjadi karena tanaman mengalami shock akibat cekaman di fase pembungaan dan 100% kapasitas

lapang (yang dianggap sebagai tanaman kontrol) pada kondisi ini tanaman telah mengalami stres. Aladenola and Madramootoo, (2014) melaporkan bahwa *Capsicum annuum* L pada 100% kapasitas lapang telah mengalami stres ringan dan penurunan produksi sebesar 23%, lebih lanjut dijelaskan bahwa *Capsicum* membutuhkan air minimal 120%. Hal ini berarti bahwa 100% kapasitas lapang yang diberikan pada pagi hari tidak mencukupi kebutuhan air pada tanaman cabai yang telah memasuki fase generatif. Dagdelegen *et al.*, (2004) dan Sloane *et al.*, (1990) melaporkan bahwa masa pembungaan dan fase perkembangan reproduktif merupakan fase paling sensitif terhadap kebutuhan air pada tanaman cabai karena dapat menyebabkan aborsi bunga yang terbentuk, menurunkan viabilitas pollen, merusak pistil dan penurunan jumlah buah (Falcetti *et al.*, 1995). Cekaman kekeringan yang terjadi pada masa pembungaan menurunkan jumlah bunga yang terbentuk sebesar 28-32% dan menghambat pembentukan buah (Dagdelen *et al.*, 2004; Gençoğlu *et al.*, 2006).

Kehilangan hasil panen merupakan perhatian utama para pemulia tanaman. Untuk efektivitas seleksi, tingkat kritis kapasitas lapang air tanah yang menurunkan 50% hasil panen penting untuk ditentukan. Level cekaman yang menurunkan hasil hingga 50% disebut sebagai level kritis (*critical level*) yang disingkat dengan CL₅₀. Nilai CL₅₀ adalah tingkat keamanan di mana tanaman menghasilkan setengah dari potensi hasilnya. Penentuan CL₅₀ berdasarkan data dasar yang akurat dari tanaman merupakan kunci untuk menjaga produktivitas tanaman. CL₅₀ akan digunakan sebagai titik seleksi dalam program pemuliaan. Cekaman yang terlalu tinggi akan menghambat pertumbuhan tanaman, menurun hasil bahkan tanaman tidak mampu berproduksi. Sebaliknya, cekaman yang terlalu rendah mengakibatkan respon tanaman yang hampir sama dengan tanaman kontrol sehingga sulit untuk mengidentifikasi tanaman toleran atau sensitive kekeringan.

Hasil studi ini menunjukkan hanya karakter jumlah buah dan bobot buah per tanaman (Tabel 4) yang mengalami penurunan lebih dari 50% dari tanaman kontrol. Sedangkan karakter-karakter lain (tinggi tanaman, panjang dan lebar daun, diameter dan panjang buah, berat basah dan berat kering tajuk) walaupun

mengalami penurunan yang signifikan akibat cekaman kering tetapi tidak sampai 50% penurunan dari kontrol, sehingga untuk penentuan CL_{50} hanya dapat dilakukan pada dua karakter tersebut. Jumlah buah memiliki critical level 53.34%, dan bobot buah/tanaman memiliki titik kritis 50.92%. Rataan dari kedua data ini diperoleh nilai CL_{50} pada 52.25% kapasitas lapang (Gambar 17). Nilai CL_{50} ini digunakan sebagai dasar atau cekaman yang diberikan untuk skrining genotipe. Penurunan jumlah buah pertanaman akibat cekaman air juga dilaporkan terjadi pada beberapa tanaman seperti gandum kacang dan *sweet corn* dan *sweet bell pepper* (Ashraf *et al.*, 2015; R'Him and Radhouane, 2015; Aladenola and Madramootoo, 2014; Oktem 2008; Sezen *et al.*, 2008; Dorji *et al.*, 2005) dan semakin banyak suplai air yang diberikan maka jumlah buah yang dihasilkan semakin tinggi.

Produksi tanaman merupakan hasil interaksi beberapa karakter yang saling berhubungan. Korelasi antar karakter menunjukkan hubungan antara dua karakter dan hal ini sangat penting untuk menentukan kriteria seleksi dalam perbaikan tanaman. Analisis korelasi yang dilakukan pada tiga level kapasitas lapang yaitu 100% kapasitas lapang (normal), 50% kapasitas lapang (medium stress) dan 25% kapasitas lapang (ekstrim stress) terdapat perubahan karakter yang mempengaruhi bobot buah/tanaman pada kondisi normal dan kondisi tercekam, baik cekaman tersebut diberikan pada fase vegetatif maupun fase generatif. Pada ketiga taraf cekaman yang diberikan di kedua fase pertumbuhan (vegetatif dan generatif) secara umum, karakter-karakter vegetative tidak berkorelasi signifikan dengan produksi tanaman (bobot buah per tanaman), tetapi mereka saling berkorelasi antar karakter vegetative lainnya.

Cekaman yang diberikan diawal pertumbuhan (vegetatif), pada 100% (kontrol) dan 50% kapasitas lapang, menunjukkan karakter fruit set (%), bobot buah, jumlah buah, memiliki korelasi signifikan positif terhadap bobot buah/tanaman, sedangkan persentase bunga rontok, bobot basah tajuk dan panjang akar memiliki korelasi yang signifikan negatif terhadap hasil (bobot/buah per tanaman). Hal tersebut berarti semakin tinggi bunga rontok, semakin panjang akar

dan bobot basah tajuk semakin rendah bobot buah/tanaman. Pada kondisi tercekam panjang akar memiliki korelasi yang signifikan dan negatif terhadap hasil (-0.70) namun berkorelasi signifikan dan positif terhadap bobot basah tajuk (0.98). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan panjang akar akan meningkatkan bobot basah tajuk (biomassa), tetapi menurunkan hasil. Beberapa laporan mengatakan bahwa panjang akar dapat digunakan sebagai salah satu kriteria seleksi untuk identifikasi tahan kekeringan pada tanaman (Uppuluri dan Krishna, 2015; Kashiwagi *et al.*, 2005). Hasil penelitian ini menjelaskan panjang akar dapat digunakan sebagai parameter seleksi pada kemampuan tanaman untuk bertahan dalam kondisi kekeringan tetapi tidak dapat digunakan sebagai indikator tanaman toleran kekeringan karena hanya meningkatkan bobot basah tajuk dan meningkatkan kemampuan tanaman bertahan pada kondisi tercekam kering, tetapi tidak meningkatkan produksi.

Terdapat perubahan karakter yang berkorelasi terhadap hasil pada kondisi normal dan kondisi tercekam (Tabel 21 dan Tabel 22). Responnya tanaman sangat tergantung tingkat cekaman yang diberikan serta fase pertumbuhan tanaman saat cekaman dilakukan. Pada kondisi normal, jumlah bunga rontok, jumlah bunga terbentuk berkorelasi signifikan terhadap hasil, namun semua karakter ini tidak berkorelasi secara signifikan dengan hasil pada kondisi tercekam, hal ini menunjukkan bahwa karakter ini sangat rentan terhadap kekurangan air. Karakter bobot basah tajuk, panjang akar dan panjang buah tidak berkorelasi signifikan dengan hasil pada kondisi normal, tetapi karakter ini berkorelasi signifikan terhadap hasil pada tingkat cekaman medium (50% kapasitas lapang) difase vegetatif. Perubahan ini merupakan respon adaptasi tanaman untuk bertahan dalam kondisi tercekam. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Dwivedi *et al.*, (2012) pada tanaman padi, Eid, (2009) dan Razi & Assad, (1999) pada gandum, dimana terjadi perubahan karakter yang saling berkorelasi pada lingkungan normal dan lingkungan yang tercekam kering. Perubahan tersebut merupakan respon adaptasi tanaman sebagai strategi untuk bertahan dan menyelesaikan siklus hidupnya, sehingga terjadi perubahan hubungan sebab-akibat antar karakter terhadap hasil pada kondisi tercekam. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan tingkat cekaman menginduksi

interaksi genetik antar karakter tanaman. Cekaman kekeringan memungkinkan atau menyebabkan korelasi positif antar karakter karena ekspresi gen baru yang merusak korelasi negatif sebelumnya (SGRO dan Hoffmann, 2004).

Hanya empat karakter yang signifikan dan konsisten berkorelasi dengan hasil pada kondisi normal (100% kapasitas lapang) dan kondisi tercekam (*medium stress* pada 50% kapasitas lapang) difase vegetatif, yaitu persentase bunga rontok, persentase fruit set, bobot buah dan jumlah buah (Tabel 21). Karakter tersebut dapat digunakan sebagai kriteria seleksi dalam pemilihan tanaman berdaya hasil tinggi pada kondisi normal dan kondisi tercekam kering di fase vegetatif. Cekaman yang diberikan pada fase generatif, menunjukkan 3 karakter yang konsisten berkorelasi terhadap hasil yaitu bunga rontok (%), fruitset (%) dan jumlah buah. Ashraf *et al.*, (2015) menyatakan bahwa karakter yang berkorelasi positif dengan hasil pada kondisi tercekam dan kondisi normal dapat dipilih sebagai kriteria seleksi untuk meningkatkan produktivitas tanaman pada kondisi tercekam. Beberapa peneliti lain juga melaporkan bahwa bobot buah, jumlah buah dan persentase fruitset memiliki korelasi positif terhadap bobot buah/tanaman (Islam, 2017; Vaishnavi *et al.*, 2017; Jabeen *et al.*, 2012; Vijaya *et al.*, 2014; Hasanuzzaman dan Qolam, 2011; Sarkar *et al.*, 2009; Sharma *et al.*, 2009; 2010; Misra *et al.*, 1998; Sreelathakumary and Rajmony, 2002; Smith dan Basavaraja, 2005).

Toleransi kekeringan didefinisikan sebagai hasil relatif dari suatu genotipe dibandingkan genotipe lain yang mengalami kondisi stres yang sama (Balai, 1993). Banyak penelitian yang telah menggunakan indeks toleransi untuk memilih genotipe yang stabil pada kondisi optimal dan kondisi tercekam (Moosavi *et al.*, 2008, Farshadfar *et al.*, 2013, Mursalova *et al.*, 2015). Identifikasi genotipe yang memiliki produktivitas stabil pada kondisi optimal dan kondisi tercekam sangat penting dilakukan pemulia tanaman untuk pengembangan tanaman toleran kering (Pirayvatlou, 2001). Genotipe yang memiliki hasil yang tinggi dalam kondisi normal, belum tentu memiliki hasil yang tinggi pada kondisi tercekam (Blum, 1996; Sio-sio Mardeh *et al.*, 2006). Oleh karena itu, banyak penelitian melakukan seleksi pada kondisi normal (non-stres) dan kondisi tercekam (Fernandez, 1992; Byrne *et*

al., 1995, Rajaram dan Van Ginkle 2001). Seleksi penting dilakukan untuk mendapatkan kandidat genotipe toleran terhadap cekaman kering.

Penggunaan satu indek seleksi akan sangat rancu karena beberapa genotipe dapat dikategorikan toleran berdasarkan suatu indek tetapi tidak toleran berdasarkan indek lainnya, sehingga banyak peneliti menggunakan beberapa indek seleksi dalam skrining genotipe (Ali and El-Sadek, 2016; Ashraf *et al.*, 2015; Subhani *et al.*, 2015; Kumar *et al.*, 2014; Farshadfar *et al.*, 2013; Naghavi *et al.*, 2013; Dehbalaei *et al.*, 2013; Agili *et al.*, 2012; Farshadfar *et al.*, 2012a; Farshadfar *et al.*, 2012b; Mohammadi *et al.*, 2012; Khodarahmpour dan Hamidi, 2011; Yarnia *et al.*, 2011; Akcure dan Ceri, 2011; Mohammadi *et al.*, 2010; Nazari dan Pakniyat, 2010; Moosavi *et al.*, 2008; Showemimoo dan Olarewoju, 2007). Penggunaan beberapa indek seleksi ini juga bertujuan untuk mengetahui indek toleransi yang tepat yang dapat digunakan untuk skrining genotipe cabai toleran kering. Dalam seleksi genotipe digunakan 14 indek seleksi untuk melihat genotipe toleran kering.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa penggunaan indek seleksi yang berbeda menghasilkan genotipe toleran yang berbeda, (Tabel 29) sehingga penting dilakukan analisis korelasi antar indek (Tabel 30). Untuk menentukan indek toleransi kekeringan yang baik, diperlukan analisis korelasi antara hasil pada kondisi tercekam (Y_s) dan hasil pada kondisi normal (Y_n) serta korelasi dengan semua indek toleransi yang digunakan.

Berdasarkan hasil korelasi terlihat bahwa hasil pada kondisi tercekam (Y_s) tidak berkorelasi dengan hasil pada kondisi normal (Y_n) ($r = 0.19$) (Tabel 30), hal ini menunjukkan bahwa tingkat cekaman yang diberikan (50% kapasitas lapang) terlalu berat atau terlalu tinggi karena potensial hasil yang tinggi pada kondisi optimum tidak mempengaruhi hasil pada kondisi tercekam. Data tersebut menjelaskan pemilihan genotipe yang berdaya hasil tinggi pada kondisi optimum tidak efisien atau tidak dapat digunakan untuk tanaman berdaya hasil tinggi pada kondisi tercekam. Hal ini berarti bahwa seleksi pada 50% kapasitas lapang terlalu berat untuk mendapatkan genotipe toleran kering, sehingga kedepan seleksi sebaiknya seleksi dilakukan diatas 50% kapasitas lapang.

Indeks yang paling baik dalam menyeleksi genotipe toleran cekaman kekeringan adalah indeks yang memiliki hubungan korelasi yang relatif tinggi dengan hasil pada kondisi tercekam dan kondisi normal (Farshadfar *et al.*, 2011; Farshadfar *et al.*, 2001; Mitra, 2001). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil pada kondisi tercekam dan kondisi normal memiliki hubungan korelasi positif dan signifikan terhadap indeks STI, GMP, HM dan MP (Tabel 30) sehingga indeks toleransi tersebut dapat digunakan sebagai kriteria untuk melakukan seleksi terhadap genotipe toleran (berdaya hasil tinggi) pada kondisi normal dan kondisi tercekam. Moosavi *et al.* (2008) juga melaporkan indeks MP, GMP dan STI merupakan indeks yang efektif untuk membedakan genotipe berdaya hasil tinggi pada kondisi tercekam. Akcura *et al.* (2011) menyatakan pada tingkat stres yang tidak terlalu ekstrim indeks MP, GMP, TOL, HM dan STI dapat digunakan sebagai indikator seleksi genotipe toleran kering dan SSI dapat digunakan pada cekaman yang ekstrim.

Berdasarkan nilai *Principle component analysis* menggunakan semua indeks toleransi yang diujikan (Tabel. 31) diperoleh nilai PC1 yang tinggi dan nilai PC2 yang rendah terdapat pada indeks SSI dan SDI. Indeks yang memiliki nilai PC1 yang tinggi dan PC2 yang rendah sangat baik pada kondisi tercekam dan kondisi normal (Aliakbar *et al.*, 2014; Moosavi *et al.*, 2008; and Golabadi *et al.*, 2006) sehingga, indeks SSI dan SDI dapat digunakan untuk memisahkan genotipe berproduksi tinggi pada kondisi normal dan tercekam. Indeks SSI dan SDI juga mampu memisahkan kelompok A (genotipe yang berdaya hasil tinggi pada kondisi normal dan kondisi tercekam) dengan kelompok lainnya (Tabel 32 dan Gambar 19). Berdasarkan PCA kedua (berdasarkan indeks SSI dan SDI) dan berdasarkan analisis kluster (dendogram UPGMA) (Gambar 20) didasarkan pada Y_{ns} , Y_s dan indeks kekeringan lainnya diperoleh tiga pengelompokan genotipe yaitu genotipe toleran, semi toleran dan sensitif. Kelompok pertama terdiri dari tiga genotipe yaitu nomor 3 (UIN RFC010), 18 (UINGM107) dan 26 (UIN RFC006) (Tabel 28) termasuk dalam kelompok A. Genotipe ini juga memiliki nilai STI, GMP, MP dan HM yang tinggi, sehingga dianggap sebagai genotipe yang paling baik untuk kedua kondisi (kelompok toleran). Kluster kedua yang terdiri dari genotipe nomor 4, 5, 13, 22,

40, 55, 53, 9, 30, 54 dan 36 (kode genotipe Tabel 28) digolongkan dalam kelompok C, yaitu genotipe semi-toleran atau semi sensitif genotipe. Sisanya tergolong dalam kelompok ketiga (D), semua genotipe dalam kelompok ini memiliki nilai SSI yang tinggi atau sangat sensitif terhadap kekeringan dan hanya cocok untuk kondisi normal.

Temuan dari penelitian ini adalah: 1) seleksi terhadap cekaman kering tanaman cabai merah keriting lebih efektif dilakukan di fase vegetatif dengan *critical level* 52.39%; 2) kriteria seleksi terpilih untuk tanaman cabai merah keriting pada kondisi normal dan tercekam adalah bobot buah dan jumlah buah per tanaman; 3) karakter panjang akar pada tanaman cabai merah keriting tidak dapat dijadikan sebagai kriteria seleksi untuk tanaman toleran kering; 4) terdapat dua indeks toleransi yaitu *stress susceptibility index* (SSI) dan *sensitivity drought index* (SDI) yang dapat digunakan sebagai indikator seleksi yang tepat pada tanaman cabai merah keriting dengan intensitas cekaman yang tinggi; dan 5) diperoleh kandidat genotipe toleran yaitu; UIN-RFC010, UIN-GM107 dan UIN-RFC006 yang memiliki potensi produksi yang tinggi pada kondisi tercekam dan kondisi optimum.