

Karakter Agronomi dan Fisiologi Varietas Cabai Merah pada Kondisi Cekaman Genangan

Agronomic and Physiological Characteristics of Red Chilli Varieties under Waterlogging Stress

Susilawati*, Rujito Agus Suwignyo, Munandar, dan Mery Hasmeda

Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya
Jl. Palembang-Prabumulih Km. 32 Indralaya, Sumatera Selatan, Indonesia

Diterima 14 Juni 2012/Disetujui 18 Oktober 2012

ABSTRACT

*The research objective was to study the agronomic and physiological characteristics of red chilli (*Capsicum annuum* L.) varieties under waterlogging stress. These studies were conducted at two locations: in Palembang, South Sumatra, from February to August 2010 and in Bogor in West Java, from September to November 2010. Experiments in Palembang was using split plot design with three replications. The main plot was waterlogging treatment for 1, 2, 3 and 4 days. The subplot was red chilli varieties: Kiyo F1, Riawan, Ferosa, Bravo F1 and Laris. Experiments in Bogor was conducted without the use of experimental design; the same plant varieties were waterlogged for 2 and 4 days. The results showed that waterlogging caused root damages on all varieties. Kiyo F1 had better agronomic characters and high levels of tolerance than other varieties. The content of ethylene in all varieties increased with increasing time of waterlogging, except for Laris. In all varieties both leaf chlorophyll and tissue N content tend to decline with the increase in waterlogging duration. However Bravo F1 experienced an increase in the chlorophyll content whereas Kiyo F1 had an increase in N in the plant tissue.*

Keywords: agronomic character, physiological character, red chili, waterlogging

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh genangan terhadap karakter agronomi dan fisiologi serta tingkat toleransi beberapa varietas cabai merah. Penelitian dilakukan pada dua lokasi yaitu di Palembang Sumatera Selatan, pada bulan Februari sampai Agustus 2010 dan di Bogor Jawa Barat pada bulan September sampai November 2010. Percobaan di Palembang menggunakan rancangan petak terbagi (split plot design) dengan tiga ulangan. Petak utama adalah kondisi tercekam genangan yaitu tanaman yang tercekam genangan selama 1, 2, 3 dan 4 hari, sedangkan anak petak adalah varietas cabai merah terdiri atas Kiyo F1, Riawan, Ferosa, Bravo F1 dan Laris. Percobaan di Bogor tanpa menggunakan rancangan percobaan, menggunakan varietas yang sama dan lama genangan 2 dan 4 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan genangan menyebabkan adanya kerusakan akar pada semua varietas cabai merah. Kandungan etilen pada semua varietas meningkat sejalan dengan peningkatan waktu tergenang, kecuali pada varietas Laris. Kandungan klorofil daun dan N jaringan cenderung menurun pada semua varietas, akan tetapi varietas Bravo F1 mengalami peningkatan kandungan klorofil dan varietas Kiyo F1 mengalami peningkatan kandungan N jaringan. Varietas Kiyo F1 memiliki karakter agronomi yang lebih baik dan tingkat toleransi yang tinggi dibandingkan varietas lain.

Kata kunci: cabai merah, genangan, karakter agronomi, karakter fisiologi

PENDAHULUAN

Genangan merupakan cekaman lingkungan abiotik yang menurunkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Hal ini telah menjadi masalah besar di beberapa bagian dunia. Genangan sering terjadi di ekosistem dengan curah hujan yang tinggi, terutama pada tanah dengan drainase yang buruk (Visser *et al.*, 2003). Genangan dapat dibedakan menjadi dua, pertama hanya akar tanaman yang tergenang air (*waterlogging*), dan kedua seluruh bagian

tanaman terendam air (*submergence*) (Shimamura *et al.*, 2002). Sekitar 20% air dalam tanah melebihi kapasitas lapang pada kondisi tergenang akibatnya tanah kekurangan oksigen (Colmer dan Voeselek, 2009). Tanaman mampu hidup dan tumbuh pada kondisi tanah tergenang melalui adaptasi anatomi, morfologi dan mekanisme metabolik (Pourabdol *et al.*, 2008). Cekaman genangan menyebabkan meningkatnya produksi hormon etilen pada tanaman *Rumex palustris* (Voeselek *et al.*, 2003; Sairam *et al.*, 2008).

Tanaman cabai sangat peka terhadap genangan. Tanaman cabai yang tercekam genangan satu hari menginduksi penutupan stomata lebih awal, dan peningkatan cekaman sampai enam hari menyebabkan pertumbuhan

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: susiamri@yahoo.com

daun berkurang. Hal ini dikarenakan ABA dalam xilem meningkat dengan cepat seiring dengan peningkatan lama genangan (Ismail dan Davies, 1997). Hasil penelitian pada tanaman tomat menunjukkan terjadinya penurunan jumlah buah yang terbentuk dari 2.5-9.7 menjadi 0-3.15 jika lama genangan diperpanjang dari 2 hari menjadi 8 hari (Rao dan Yuncong Li, 2003). Untuk itu diperlukan penelitian yang bertujuan mengetahui pengaruh genangan terhadap karakter agronomi dan fisiologi serta tingkat toleransi beberapa varietas cabai merah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada dua lokasi yaitu di Palembang, Sumatera Selatan (bulan Februari sampai dengan Agustus 2010) dan di Bogor, Jawa Barat (September sampai dengan November 2010). Percobaan di Palembang menggunakan rancangan petak terbagi (*split plot design*) dengan tiga ulangan. Petak utama adalah kondisi tercekam genangan yaitu tanaman yang tercekam genangan selama 1, 2, 3 dan 4 hari, sedangkan anak petak adalah varietas cabai merah terdiri dari Kiyu F1, Riawan, Ferosa, Bravo F1 dan Laris. Percobaan di Bogor menggunakan lama genangan 2 dan 4 hari, dengan varietas yang sama.

Penyemaian benih pada kedua lokasi dilakukan dengan cara yang sama. Benih cabai direndam dalam air selama \pm 24 jam, lalu disemai dalam baki semai ukuran 34 cm x 25.5 cm x 7 cm. Setelah 1 minggu, bibit dipindah dan dipelihara dalam *polybag* berukuran 14.5 cm x 6 cm selama 3 minggu.

Penanaman di Palembang, menggunakan tanah podsolik merah-kuning yang dicampur dengan pupuk kotoran ayam dengan perbandingan 2:1 (v:v). Campuran media dimasukkan ke dalam *polybag* berukuran 20 cm x 40 cm dengan total media sebanyak 10 kg dan tinggi media \pm 23 cm. Pemupukan SP-36 dilakukan satu minggu sebelum tanam dengan dosis 150 kg ha⁻¹. Pupuk lain diaplikasikan dengan dosis (kg ha⁻¹) urea 50, ZA 300 dan KCl 150. Pemupukan dilakukan sebanyak tiga kali, pertama 1/3 dosis pada saat tanam, kedua 1/3 dosis pada saat umur tanaman 1 bulan setelah tanam (BST) dan ketiga 1/3 dosis pada saat umur tanaman 2 BST. Penanaman di Bogor menggunakan tanah latosol yang dicampur dengan kotoran ayam dengan perbandingan 2:1 (v:v). Campuran media dimasukkan ke dalam *polybag* berukuran 10 cm x 30 cm dengan total media sebanyak 5 kg dan tinggi media \pm 18 cm. Pemupukan SP-36 dilakukan satu minggu sebelum tanam dengan dosis 100 kg ha⁻¹. Pupuk lain diaplikasikan dengan dosis (kg ha⁻¹) urea 100, ZA 200 dan KCl 100. Pemupukan diberikan sebanyak dua kali, pertama 1/2 dosis pada saat tanam dan tahap kedua 1/2 dosis pada saat umur tanaman 1 BST.

Perlakuan genangan untuk kedua lokasi dilakukan pada saat umur tanaman 4 MST dengan cara merendam *polybag* sampai ke permukaan media (tinggi air genangan \pm 3 cm dari permukaan media). Pada percobaan di Palembang, genangan diaplikasikan menggunakan bak genangan yang terbuat dari plastik terpal yang diberi penyangga siku besi dengan ukuran 10 m x 8 m x 0.3 m. Pada percobaan di

Bogor, menggunakan bak genangan berukuran ukuran 4 m x 1 m x 0.25 m yang terbuat dari plastik hitam yang disangga dengan papan.

Pengamatan di Palembang terdiri dari karakter agronomi dan fisiologi. Karakter agronomi meliputi kemampuan tanaman bertahan hidup (hari), jumlah tanaman hidup (%), tinggi tanaman (cm), umur berbunga (hari), jumlah cabang, rasio tajuk:akar, jumlah buah per tanaman, bobot buah per tanaman per periode panen dan total bobot buah per tanaman, dan karakter fisiologi meliputi kandungan klorofil (mg dm⁻²) dan nitrogen (N) jaringan (g kg⁻¹). Penetapan kandungan klorofil menggunakan metode perendaman menggunakan metanol (Hall dan Rao, 1987). Secara umum, kandungan klorofil ditetapkan dengan merendam daun segar (ukuran 2 cm x 2 cm) dalam metanol 10 mL selama 48 jam, kemudian ditentukan absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 650 dan 665 nm. Nitrogen jaringan ditetapkan dengan metode Kjeldahl, yaitu 0.1 g sampel kering oven ditambah 5 mL asam sulfat pekat dipanaskan dalam ruang asam. Destilasi menggunakan asam borak dan indikator. Kemudian larutan dititrasi dengan asam sulfat 0.01 N sampai berwarna merah (Lorenz, 1978). Analisa kandungan klorofil dan N jaringan dilakukan di Laboratorium Fisiologi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan.

Penentuan kategori toleransi tanaman terhadap cekaman genangan dimulai dengan mengkategorikan satu karakter agronomi yang sama pada semua varietas berdasarkan standar deviasi (std) yang dibedakan menjadi tiga kriteria, yaitu:

Toleran (T) : $(xi > x + std)$

Semi toleran (ST) : $(x - std \leq xi \leq x + std)$

Tidak toleran (TT) : $(xi < x - std)$

dengan

xi = nilai rata-rata satu karakter agronomi pada satu varietas

x = nilai rata-rata satu karakter agronomi dari semua varietas

std = standar deviasi

Kriteria yang didapat pada satu varietas dijumlahkan. Bila satu varietas dominan memiliki kriteria toleran atau semi toleran dari jumlah karakter disebut toleran atau semi toleran dan tidak toleran bila memiliki kriteria tidak toleran yang lebih dominan diantara semua varietas (Munir, 2008). Data karakter agronomi dianalisis secara statistik menggunakan program Excel dan SPSS 16.0. Untuk mengetahui respon akibat genangan pada beberapa varietas digunakan uji ortogonal polinomial. Data karakter fisiologi tidak dianalisis secara statistik, hanya ditampilkan dalam bentuk tabulasi.

Pengamatan di Bogor berupa karakter fisiologi yang terdiri dari kandungan ACC (asam 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid) dan etilen. Bahan untuk analisa ACC dan etilen diambil contoh akar segar yang dipotong dari leher akar. Akar digerus dan diambil 1 g untuk diekstrak

dalam 30 mL aseton pada suhu 60 °C selama 1 jam. Residu kering hasil evaporasi dilarutkan dalam 3 mL air dan 2 mL kloroform. Larutan diinjeksi dalam botol melalui tutup karet dan diinkubasi selama 18 jam. Pengukuran gas dengan Gas Chromatograph HITACHI 263-50 mengikuti metode Lizada dan Yang (1979). Untuk analisis kandungan etilen, sampel akar segar dipotong dari leher akar, dimasukkan dalam tabung erlenmeyer yang ditutup dengan karet lalu diinkubasi selama 6 jam. Pengukuran gas etilen dilakukan menggunakan Gas Chromatograph HITACHI 263-50. Analisis ACC dan etilen dilakukan di Laboratorium Pengujian Balai Besar Pasca Panen Cimanggu Bogor, Jawa Barat. Data ACC dan etilen tidak dianalisis secara statistik, hanya ditampilkan dalam bentuk tabulasi. Akar tanaman yang telah digenangi selama 4 hari, selain dianalisis ACC dan etilen juga diamati anatominya. Akar segar dipotong dibawah mikroskop stereo binokuler dan pengamatan anatomi menggunakan mikroskop trinokuler BX 51. Pengamatan dilakukan di Laboratorium Mikroteknik Departemen Agronomi dan Hortikultura, IPB, Bogor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Anatomi Akar

Akar cabai yang digenangi selama 4 hari mengalami kerusakan di sebagian atau seluruh jaringan penyusun akar (epidermis, korteks dan endodermis). Kerusakan akar pada varietas Kiyoo F1 dan Riawan hanya terjadi di bagian endodermis dimana sel-selnya membusuk (warna hitam), sedangkan pada varietas Ferosa, Bravo F1 dan Laris kerusakan terjadi pada bagian epidermis, korteks dan endodermis (Gambar 1). Adanya bagian akar yang membusuk dan hancur dapat mengganggu proses masuknya air dan hara ke dalam jaringan akar. Secara morfologi, kerusakan jaringan akar ditandai dengan warna akar yang menghitam pada bagian epidermis, korteks dan endodermis. Dijelaskan oleh Rao dan Li (2003), salah satu respon tanaman cabai akibat genangan adalah ujung akar menghitam.

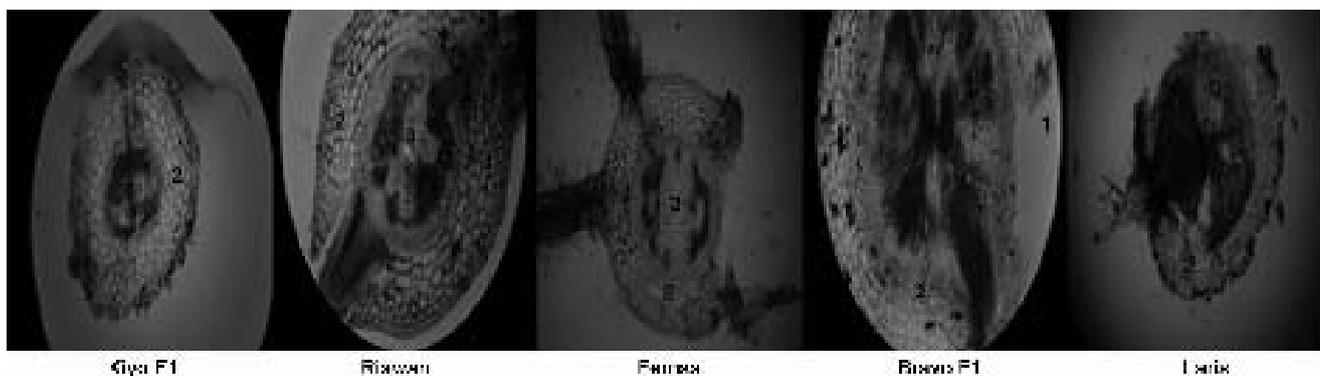
Rendahnya oksigen akibat genangan menyebabkan energi yang dihasilkan oleh akar rendah. Pada sel tanaman yang menerima oksigen cukup oksidasi karbohidrat terjadi dalam 3 tahap. Tahap pertama, konversi 1 molekul glukosa

menghasilkan 2 molekul asam piruvat, 2 ATP dan 2 NADH₂ (glikolisis). Tahap kedua, oksidasi satu molekul asam piruvat ke karbondioksida, 1 ATP dan 5 NADH₂ (siklus Krebs). Tahap ketiga, setiap NADH₂ akan digunakan untuk sintesa 3 molekul ATP melalui rantai sitokrom dari NADH₂ ke oksigen dengan melepaskan air. Respirasi aerobik dari 1 molekul glukosa menghasilkan 38 molekul ATP. Bila kondisi tergenang, rantai sitokrom terputus karena tidak ada oksigen yang menyebabkan akumulasi NADH₂ dan tertekannya siklus Krebs. Rendahnya oksigen akibat genangan menyebabkan energi yang dihasilkan oleh akar rendah. Energi yang rendah akibat dari proses fosforilasi oksidatif penghasil adenosine triphospat (ATP) terhenti, tetapi beberapa ATP dapat diproduksi dalam glikolisis tergantung pada proses pembentukan kembali NAD⁺ (konversi piruvat menjadi etanol). Namun, produksi ATP melalui glikolisis lebih rendah dibandingkan proses fosforilasi oksidatif (Gibbs dan Greenway, 2003). Rendahnya energi menyebabkan respirasi akar terhambat akibatnya pertumbuhan akar juga terhambat.

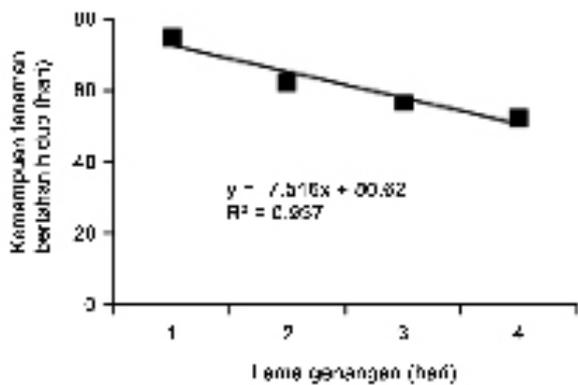
Karakter Agronomi

Peningkatan lama genangan menyebabkan penurunan kemampuan bertahan dan jumlah tanaman hidup dengan persamaan linier negatif (Gambar 2 dan 3). Kemampuan bertahan hidup varietas yang diuji lebih tinggi pada genangan satu hari dan lebih rendah pada genangan empat hari, walaupun fluktuasi perubahannya tidak mengikuti pola peningkatan lamanya genangan. Akibat genangan empat hari, kemampuan bertahan dan jumlah tanaman hidup varietas Kiyoo F1 lebih tinggi dibandingkan empat varietas lain. Keadaan tersebut didukung oleh kondisi akar, dimana pada varietas Kiyoo F1 kerusakan akar hanya sebagian dari endodermis. Disamping itu, terlihat adanya rongga-rongga sel korteks yang besar, hal ini mengindikasikan adanya proses pembentukan aerenkima (Voesenek *et al.*, 2006).

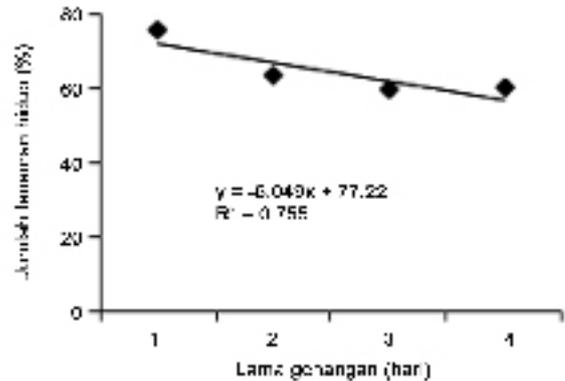
Daun-daun pada tanaman yang tergenang pada hari ketiga mengalami kelayuan. Secara morfologi daun-daun layu akibat akar yang membusuk dan hancur. Prosesnya adalah akar tidak mampu menyerap air dan unsur hara khususnya N, sehingga kebutuhan air dan N tajuk tidak terpenuhi akibatnya daun layu dan menguning. Hasil



Gambar 1. Warna hitam bagian endodermis yang membusuk pada Kiyoo F1 dan Riawan serta bagian epidermis, korteks dan endodermis yang hancur pada Ferosa, Bravo F1 dan Laris; 1 = epidermis; 2 = korteks; 3 = endodermis



Gambar 2. Kemampuan tanaman bertahan hidup berdasarkan lama genangan



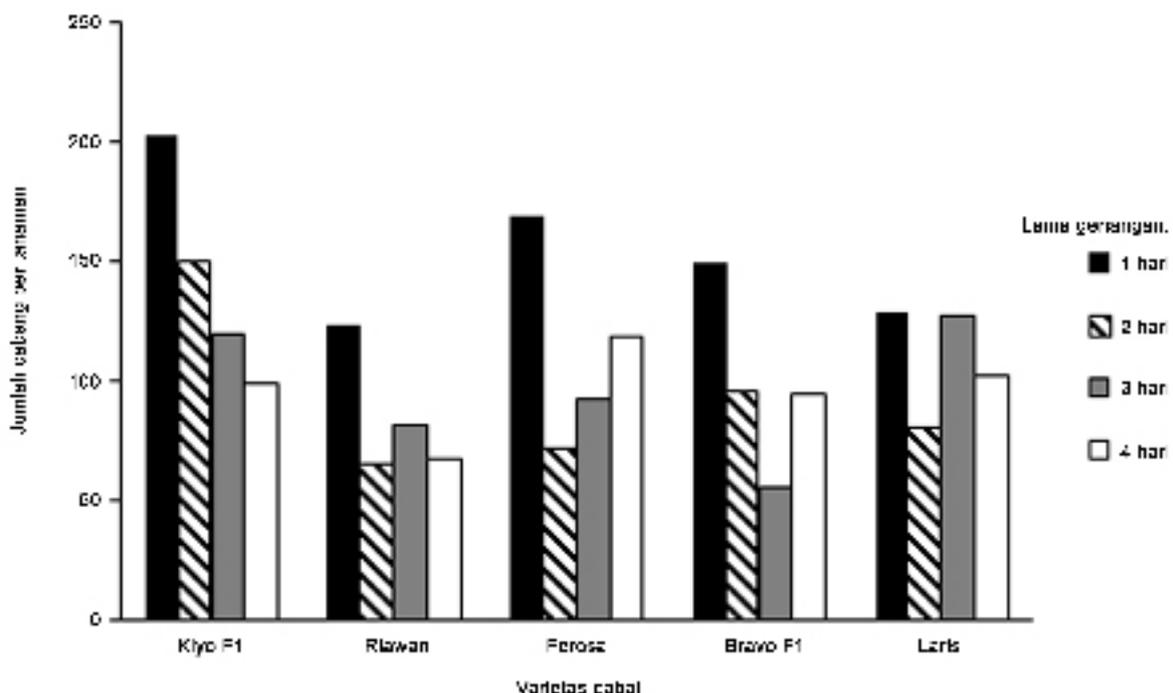
Gambar 3. Jumlah tanaman hidup berdasarkan lama genangan

penelitian pada tanaman kedelai menunjukkan bahwa tanaman yang tergenang selama satu sampai dua hari tidak menyebabkan pengurangan hasil, tetapi tanaman yang tergenang selama tiga hari mengakibatkan daun klorosis, gugur, pertumbuhan terhenti dan akhirnya tanaman mati (Boru *et al.*, 2003). Hasil penelitian lain pada tanaman tebu menunjukkan bahwa tanaman tebu yang tergenang selama dua hari tidak mengalami kehilangan hasil yang signifikan dibandingkan tanaman yang tergenang selama tujuh hari (Glaz *et al.*, 2004).

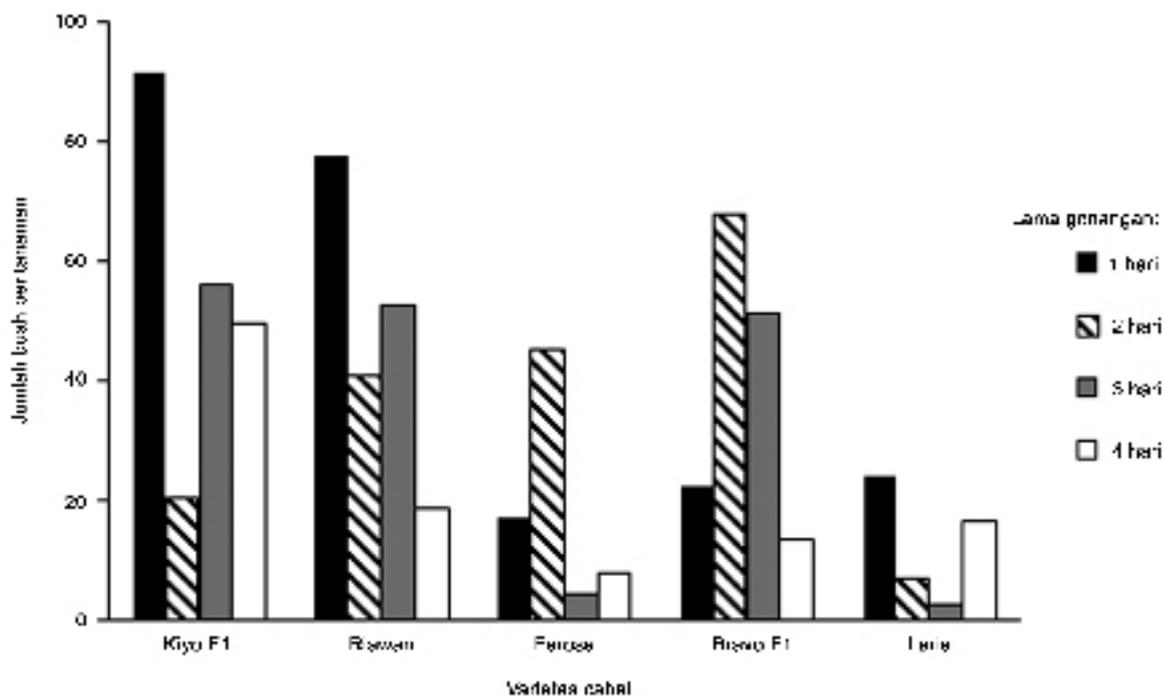
Secara fisiologi, daun-daun layu mengindikasikan ketidakmampuan tanaman untuk mengimbangi proses transpirasi. Kekurangan air dalam tubuh tanaman terjadi akibat kekurangan oksigen pada akar. Menurut Sairam *et al.* (2009) kekurangan oksigen akibat genangan merupakan faktor pembatas pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Kekurangan oksigen menggeser metabolisme energi dari aerob menjadi anaerob sehingga berpengaruh kurang

baik terhadap serapan air. Akibatnya tanaman kekurangan air walaupun tersedia banyak air. Pengaruh lain akibat kekurangan oksigen pada akar diteliti oleh Jackson (2002) yang menunjukkan bahwa penghentian oksigen selama 4 sampai 6 jam di akar tomat dapat memacu pemanjangan sel pada daun yang dikenal dengan epinasti.

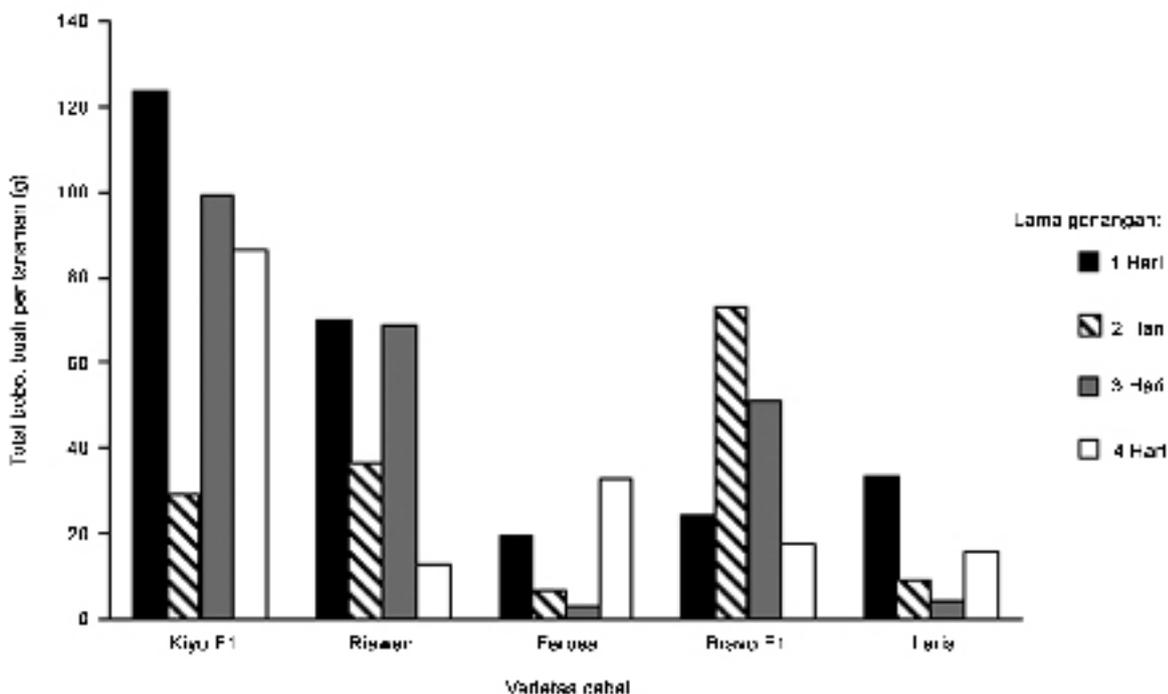
Pengaruh genangan terhadap tanaman cabai juga tercermin pada jumlah cabang, jumlah buah dan bobot buah (Gambar 4, 5 dan 6). Jumlah cabang pada semua varietas yang diuji tertinggi pada genangan satu hari. Akibat genangan empat hari jumlah cabang tertinggi didapat pada varietas Laris, namun jumlah cabang yang tinggi tersebut tidak didukung oleh kondisi akar akibatnya jumlah dan bobot buah yang terbentuk lebih rendah dibandingkan varietas Kiyo F1. Pada varietas Riawan, walaupun kondisi akar baik namun jumlah cabang yang terbentuk rendah dibandingkan empat varietas lain. Akibatnya, jumlah dan bobot buah yang dihasilkan juga rendah. Untuk varietas Ferosa dan Bravo F1



Gambar 4. Jumlah cabang tanaman tiap varietas cabai berdasarkan lama genangan



Gambar 5. Jumlah buah tiap varietas cabai berdasarkan lama genangan



Gambar 6. Bobot buah tiap varietas cabai berdasarkan lama genangan

sama seperti varietas Laris jumlah cabang yang terbentuk tidak didukung oleh kondisi akar sehingga jumlah dan berat buah lebih rendah dibandingkan Kiyo F1.

Berdasarkan beberapa karakter agronomi, varietas Kiyo F1 tergolong toleran, varietas Ferosa, Bravo F1, dan Laris tergolong semi toleran, sedangkan varietas Riawan tergolong tidak toleran (Tabel 1). Varietas Kiyo F1 yang tergolong toleran memiliki sistem perakaran yang baik.

Zhou *et al.* (2007) melaporkan bahwa pada tanaman barley toleran genangan sistem perakarannya lebih baik karena adanya pembentukan aerenkima, sedangkan pada tanaman yang tidak toleran terjadi kerusakan akar. Akan tetapi varietas Riawan yang tergolong tidak toleran juga memiliki sistem perakaran yang baik seperti Kiyo F1. Hal ini menunjukkan bahwa varietas toleran genangan ditandai dengan sedikitnya kerusakan akar pada bagian endodermis,

Tabel 1. Tingkat toleransi varietas cabai merah menggunakan karakter agronomi berdasarkan standar deviasi

Karakter agronomi	Varietas				
	Kiyo F1	Riawan	Ferosa	Bravo F1	Laris
Kemampuan tanaman					
bertahan hidup (hari)	58.72	73.36	64.31	50.5	61.83
(61.74 ± 8.32)	ST	T	ST	TT	ST
Jumlah tanaman hidup	61.11	75.00	61.11	44.45	66.67
(61.67 ± 11.18)	ST	T	ST	TT	ST
Tinggi tanaman (cm)	46.41	45.22	49.24	46.5	48.24
(47.12 ± 1.6)	ST	TT	T	ST	ST
Umur berbunga (hari)	35.61	42.03	36.67	35.38	39.11
(37.80 ± 2.77)	ST	TT	ST	ST	ST
Jumlah cabang	130.58	73.75	105.67	75.33	109.92
(99.05 ± 24.28)	T	TT	ST	ST	ST
Rasio tajuk:akar	9.36	5.96	7.93	7.55	5.81
(7.32 ± 1.48)	T	ST	ST	ST	TT
Jumlah buah tanaman ⁻¹	52.75	42.58	13.58	32.08	10.75
(30.35 ± 18.16)	T	ST	ST	ST	TT
Bobot buah tanaman ⁻¹	9.14	6.13	3.09	5.41	3.12
panen ⁻¹ (5.34 ± 2.51) (g)	T	ST	ST	ST	ST
Total bobot buah tanaman ⁻¹ (g)	82.09	43.82	12.60	34.13	13.04
(37.14 ± 28.54)	T	ST	ST	ST	ST
Total kriteria	5 T	2 T	1 T	0 T	0 T
	4 ST	4 ST	8 ST	7 ST	7 ST
	0 TT	3 TT	0 TT	2 TT	2 TT

Keterangan: Total kriteria : 0-9 = jumlah kriteria; T = toleran; ST = semi toleran; TT = tidak toleran

memiliki kemampuan tumbuh dan berproduksi tinggi (jumlah dan bobot buah). Kriteria lain varietas toleran adalah kemampuan untuk tumbuh dan berproduksi. Menurut Van Toai *et al.* (2001), toleransi terhadap genangan merupakan suatu kemampuan tanaman untuk mempertahankan hasil pada kondisi tergenang, walaupun hasilnya tidak optimal. Pendapat ini mendukung Kiyo F1 sebagai varietas toleran genangan. Sedangkan varietas rentan (tidak toleran) akan mengalami gangguan fisiologi akibat genangan sehingga mempengaruhi pertumbuhan baik pada fase vegetatif maupun generatif (Ezin *et al.*, 2010).

Karakter Fisiologi

Penurunan ACC dan peningkatan etilen sejalan dengan peningkatan lama genangan mengindikasikan adanya oksigen yang merubah ACC menjadi etilen (Tabel 2). Kondisi ini menggambarkan adanya pertumbuhan akar karena ketersediaan oksigen. Menurut Bradford (2008) ACC merupakan prekursor etilen, perubahan ACC menjadi etilen tergantung ketersediaan oksigen dan dikatalisis oleh enzim ACC oksidase. Hasil penelitian Peeters *et al.* (2002), pada tanaman *Rumex palustris* menunjukkan bahwa

genangan selama satu jam mengakibatkan peningkatan konsentrasi etilen 20 kali dari 0.05 µL L⁻¹ menjadi 1.0 µL L⁻¹ dibandingkan yang tidak tergenang. Perubahan ACC dan etilen berkorelasi dengan kerusakan akar, pada varietas Kiyo F1 dan Riawan sangat didukung oleh kondisi akar yang tidak mengalami kerusakan dibandingkan Ferosa, Bravo F1 dan Laris.

Perubahan kandungan klorofil dan N jaringan dengan peningkatan lama genangan mengalami fluktuasi untuk semua varietas yang diuji, kecuali kandungan klorofil untuk varietas Ferosa yang menurun sejalan dengan peningkatan lama genangan (Tabel 3). Genangan selama 4 hari pada varietas Kiyo F1, Riawan dan menyebabkan penurunan kandungan klorofil. Kandungan N jaringan menurun untuk semua varietas kecuali Kiyo F1. Hubungan perubahan kandungan klorofil dan N jaringan dengan kondisi akar tercermin pada varietas Kiyo F1. Akar Kiyo F1 relatif mengalami kerusakan yang lebih sedikit dan tidak hancur, hal ini sangat mendukung tanaman dalam menyerap air dan unsur hara untuk proses fotosintesis. Disamping itu, tingginya N jaringan mencerminkan adanya konsentrasi protein yang tinggi. Protein yang paling banyak dijumpai adalah Rubisco, yang berperan sebagai katalisator dalam

fiksasi CO₂ untuk proses fotosintesis. Menurut Irfan *et al.* (2010) genangan dapat mengurangi aktivitas Rubisco dan kemampuan fotosintesis sel mesofil. Hasil penelitian pada tanaman kedelai menunjukkan bahwa kadar N total tanaman

yang tinggi mencerminkan kemampuan tanaman untuk mempertahankan serapan N, melakukan reduksi nitrat dan fiksasi N simbiosis yang tinggi (Komariah *et al.*, 2004).

Tabel 2. Kandungan ACC dan etilen pada akar berdasarkan varietas dan lama genangan

Varietas	Lama genangan		Lama genangan	
	2 hari	4 hari	2 hari	4 hari
ACC (µL L ⁻¹).....	Etilen (µL L ⁻¹).....	
Kiyo F1	1.02	0.95	0.31	0.35
Riawan	1.08	1.00	0.18	0.31
Ferosa	0.90	1.16	0.42	0.53
Bravo F1	0.96	1.15	0.39	0.42
Laris	1.12	0.87	0.51	0.42

Tabel 3. Kandungan klorofil dan N jaringan berdasarkan varietas dan lama genangan

Varietas	Lama genangan			
	1 hari	2 hari	3 hari	4 hari
Klorofil (mg dm ⁻²).....			
Kiyo F1	79.9	91.03	80.73	76.33
Riawan	53.98	56.63	77.18	23.00
Ferosa	107.55	91.83	79.03	74.25
Bravo F1	96.53	89.85	108.38	102.83
Laris	77.79	90.73	77.1	84.2
N jaringan (g kg ⁻¹).....			
Kiyo F1	31.78	22.28	31.78	63.42
Riawan	34.72	28.00	21.00	22.82
Ferosa	26.32	17.36	23.66	22.84
Bravo F1	27.02	4.34	24.92	22.96
Laris	27.44	25.20	15.12	32.48

KESIMPULAN

Cekaman genangan menyebabkan kerusakan akar dengan tingkat kerusakan yang berbeda pada semua varietas yang diuji. Kerusakan akar berkorelasi dengan karakter agronomi dan fisiologi. Berdasarkan karakter agronomi yang diamati, varietas Kiyo F1 terkategori toleran, varietas Ferosa, Bravo F1 dan Laris terkategori semi toleran, dan varietas Riawan terkategori tidak toleran. Varietas toleran genangan ditandai dengan sedikitnya kerusakan akar pada bagian endodermis, serta menghasilkan jumlah dan bobot buah tertinggi. Peningkatan etilen terjadi seiring dengan meningkatnya lama genangan dan tidak berkorelasi dengan toleransi tanaman cabai terhadap cekaman genangan. Tingginya kandungan N jaringan merupakan indikator karakter fisiologi pada tanaman cabai toleran genangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional yang telah mendanai penelitian ini melalui program Hibah Doktor tahun anggaran 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- Boru, G, T.T. Van Toai. J. Alves, D. Hua. M. Knee. 2003. Response of soybeans to oxygen deficiency and elevated root-zone carbondioxide concentration. *Ann. Bot.* 91:447-453.
- Bradford, K.J. 2008. Shang Fa Yang: Pioneer in plant ethylene biochemistry. *Plant Sci.* 172:2-7.

- Colmer, T.D., L.A.C.J. Voesenek. 2009. Flooding tolerance: suites of plant traits in variable environments. *Funct. Plant Biol.* 36:665-681.
- Ezin, V., R. De la Pena, A. Ahanchede. 2010. Flooding tolerance of tomato genotypes during vegetative and reproductive stages. *Braz. J. Plant Physiol.* 22:131-142.
- Gibbs, J., H. Greenway. 2003. Mechanisms of anoxia tolerance in plants. I. Growth, survival and anaerobic catabolism. *Funct. Plant Biol.* 30:1-47.
- Glaz, B., D.R. Morris, S.H. Daroub. 2004. Periodic flooding and water table effects on two sugarcane genotypes. *Agron. J.* 96:832-838.
- Hall, D.O., K.K. Rao. 1987. *Photosynthesis*. 4th ed King's College, University of London, London.
- Irfan, M., S. Hayat, Q. Hayat. 2010. Physiological and biochemical changes in plants under waterlogging. *Protoplasma* 24:3-17.
- Ismail, M.R., W.J. Davies. 1997. Reduction in leaf growth and stomatal conductance of capsicum (*Capsicum annuum*) grown in flooded soil and its relation to abscisic acid. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 20:101-106.
- Jackson, M.B. 2002. Long-distance signalling from roots to shoots assessed: the flooding story. *J. Exp. Bot.* 53:175-181.
- Komariah, A., A. Baihaki, R. Setiamihardja. 2004. Hubungan antara aktivitas nitrat reduktase, kadar N total dan karakter penting lainnya dengan toleransi tanaman kedelai terhadap genangan. *Zuriat* 15:163-169.
- Lizada M.C.C., S.F. Yang. 1979. A simple sensitive assay for 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. *Anal. Biochem.* 100:140-145.
- Lorenz, O.A. 1978. Potential nitrate level in edible plant parts. p. 201-219. *In* D.R. Nielsen . J. G. MacDonald (Eds.) *Nitrogen in The Environment*. Academic Press, New York.
- Munir, S. 2008. *Statistik I: Ukuran Variasi (Dispersi)*. Bahan Ajar. Pusat Pengembangan Bahan Ajar. Fakultas Ekonomi, Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- Peeters, A.J.M., C.H. Cox., J.J. Benschop., R.A.M. Vreeburg., J. Bou, L.A.C.J. Voesenek. 2002. Submergence research using *Rumex palustris* as a model: looking back and going forward. *J. Exp. Bot.* 53:391-398.
- Pourabdol, L., R. Heidary, T. Farboodnia. 2008. The effect of flooding stress on induction of oxidative stress and antioxidant enzymes activity in *Zea mays* L. seedlings. *Res. J. Biol. Sci.* 3:391-493.
- Rao, R., Y. Li. 2003. Management of flooding effects on growth of vegetable and selected field crops. *Hortechol.* 13:610-616.
- Sairam R, K., D. Kumutha, K. Ezhilmathi, P.S. Deshmukh, G.C. Srivastava. 2008. Physiology and biochemistry of waterlogging tolerance in plants *Biol. Plantarum* 52:401-412.
- Sairam, R.K., D. Kumutha, K. Ezhilmathi. 2009. Waterlogging tolerance: nonsymbiotic haemoglobin-nitric oxide homeostatis and antioxidants. *Curr. Sci.* 96:674-682.
- Shimamura, S., T. Mochizuki, Y. Nada, M. Fukuyama. 2002. Secondary aerenchyma formation and its relation to nitrogen fixation in root nodules of soybean plant (*Glycine max*) grown under flooded condition. *Plant Prod. Sci.* 5:294-300.
- Van-Toai, T.T., K. Steven, St. Martin, K. Chase, G. Boru, V. Schnipke, A.F. Schmitthenner, K.G. Lark. 2001. Identification of a QTL associated with tolerance of soybean to soil waterlogging. *Crop Sci.* 41:1247-1252.
- Visser, E.J.W., L.A.C.J. Voesenek., B.B. Vartapetian, M.B. Jackson. 2003. Flooding and plant growth. *Ann. Bot.* 91:107-109.
- Voesenek, L.A.C.J., J.J. Benschop, J. Bou, M.C.H. Cox, H.W. Groeneveld, F.F. Millenaar, R.A.M. Vreeburg, A.J. Peeters. 2003. Interaction between plant hormones regulate submergence-induced shoot elongation in the flooding-tolerant dicot *Rumex palustris*. *Ann. Bot.* 91:205-211.
- Voesenek, L.A.C.J., T.D. Colmer, R. Pierik, F.F. Millenaar, A.J.M. Peeters. 2006. How plants cope with complete submergence. *New Phytol.* 170:213-226.
- Zhou, M.X., H.B. Li, N.J. Mendham. 2007. Combining ability of waterlogging tolerance in barley. *Crop Sci.* 47:278-284.