

Respon Morfologi Empat Genotip Kedelai Terhadap Cekaman Salinitas (Morphological Responses of Four Soybean Genotypes to Salinity Stress)

Runik D. Purwaningrahayu & Abdullah Taufiq

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi,
Jl. Raya Kendalpayak km 8, PO BOX 66 Malang, Indonesia 65101
E-mail: runik_dpr@yahoo.com

Memasukkan: Oktober 2016; Diterima : Januari 2017

ABSTRACT

Salinity stress affects metabolic processes of plants and it can cause changes in plant morphology. Information on soybean morphological characters due to salinity stress is important for breeding programs of soybean salinity tolerant. The objective of research was to study the response of morphological characters of four soybean genotypes to salinity stress. The research was conducted in a greenhouse at Iletri (Indonesian Legumes and Tuber Crops Research Institute), Malang in 2013/2014. Four soybean genotypes consisted of Wilis and Tanggamus varieties (salinity sensitive), IAC100/Bur//Mal-10-KP-21-50 (G1) and Argopuro // IAC100 (G2) that are tolerant to salinity. The genotypes were tested at five levels of soil salinity i.e. 1.5 dS/m, 6.6 dS/m, 10.9 dS/m, 13.4 dS/m and 15.6 dS/m. Treatments arranged in randomized complete block design, replicated three times. The results showed that increasing salinity decreased plant height, leaf chlorophyll content index (CCI) and seed size, and increased scorch score in all genotypes. Increasing salinity reduced CCI by 45% on sensitive genotypes, but no symptoms on tolerant genotypes. Density and length of trichomes of G1 and G2 genotypes were higher than Wilis and Tanggamus. Stomata of G1 and G2 genotypes opened 93% wider than Wilis and Tanggamus. At salinity level 15.6 dS/m, seed size of G1 was 9.4 g/100 seeds and G2 was 10.2 g/100 seeds, while Wilis and Tanggamus could not perform seeds. G1 and G2 genotypes are potential to be developed as new soybean variety tolerant to salinity up to 15.6 dS/m.

Keywords: salinity, morphological character, *Glycine max* L.Merr

ABSTRAK

Cekaman salinitas mengganggu proses metabolisme tanaman dan dapat menyebabkan perubahan morfologi tanaman. Informasi karakter morfologis tanaman kedelai akibat cekaman salinitas bermanfaat bagi program pemuliaan untuk menghasilkan varietas kedelai toleran salinitas. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui respon karakter morfologi dari empat genotip kedelai terhadap cekaman salinitas. Penelitian dilakukan di rumah kaca Balitkabi, Malang pada tahun 2014. Empat genotip kedelai, yaitu varietas Wilis dan Tanggamus (terindikasi peka salinitas), IAC100/Bur//Mal-10-KP-21-50 (G1) dan Argopuro//IAC100 (G2) yang terindikasi toleran salinitas. Genotip-genotip tersebut diuji pada lima tingkat salinitas tanah atau DHL (Daya Hantar Listrik, yaitu 1,5 dS/m, 6,6 dS/m, 10,9 dS/m,13,4 dS/m dan 15,6 dS/m. Penempatan perlakuan berdasarkan rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan salinitas menurunkan tinggi batang, indek klorofil daun dan ukuran biji, serta meningkatkan keracunan garam pada semua genotip. Peningkatan salinitas menurunkan indek klorofil daun 45% pada genotip peka. Peningkatan salinitas meningkatkan skor keracunan garam secara visual pada varietas Wilis dan Tanggamus, sedangkan pada genotip G1 dan G2 tidak terlihat gejala keracunan. Genotip G1 dan G2 memiliki trikoma lebih rapat dan panjang dibanding varietas Wilis dan Tanggamus. Stomata genotip G1 dan G2 membuka 93% lebih lebar dibanding Wilis dan Tanggamus. Ukuran biji genotip G1 dan G2 pada salinitas 15,6 dS/m masing-masing 9,4 dan 10,2 g/100 biji, sedangkan varietas Wilis dan Tanggamus tidak membentuk biji. Genotip G1 dan G2 berpotensi dikembangkan menjadi varietas unggul baru toleran salinitas hingga DHL tanah 15,6 dS/m.

Kata Kunci: salinitas, morfologi, *Glycine max* L.Merr

PENDAHULUAN

Salinitas merupakan salah satu bentuk cekaman abiotik yang mengancam keberlanjutan pertanian hampir semua negara di dunia, termasuk Indonesia. Luas lahan yang terpengaruh garam di Indonesia diperkirakan sekitar 440.300 ha

dengan kriteria agak salin 304.000 ha dan salin 140.300 ha (Rachman *et al.* 2007). Tanah dikategorikan salin apabila mempunyai konduktivitas / daya hantar listrik (DHL) atau (*electrical conductivity*) dari ekstrak pasta tanah jenuh (ECe) lebih dari 4 dS/m (mmho/cm) setara dengan 40 mM NaCl per liter serta persentase

Natrium dapat ditukar atau (*Exchangeable Sodium Percentage/ESP*) kurang dari 15 (Marschner 1985; Sposito 2008; Gorham 2007). Peningkatan salinitas tanah dapat terjadi dari hasil pelapukan batuan induk tanah, proses salinisasi, intrusi air laut, penggunaan pupuk kimia berlebihan, pengairan intensif dengan air yang mengandung garam, pembukaan hutan, serta pencemaran bahan kimia (Roesmarkam & Yuwono 2002; Dajic 2006).

Cekaman salinitas berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman apalagi terhadap tanaman yang termasuk kelompok glikofita yaitu tidak tahan garam. Pengaruh negatif dari salinitas karena rendahnya potensial osmotik larutan tanah, ketidakseimbangan unsur hara, pengaruh ion spesifik, dan kombinasi dari berbagai faktor tersebut (Munns & Tester 2008; Arzani 2008; Attia *et al.* 2011). Kadar garam dalam tanah yang tinggi berpengaruh terhadap fisiologi, morfologi dan biokimia tanaman (Levitt 1980; Gorham *et al.* 1985; Munns 2002), dan bahkan ke tingkat molekuler tanaman (Mansour 2000). Akumulasi ion Na dan Cl pada konsentrasi meracun akan menyebabkan daun berwarna kuning/klorosis, nekrosis serta tepi daun mengering dan menggulung (Levitt 1980).

Keseimbangan osmotik sangat penting bagi tanaman yang tumbuh pada kondisi cekaman salinitas. Ketidakseimbangan osmotik berpengaruh terhadap turgor, dehidrasi sel, hingga berakibat kematian sel (Gorham 1995). Cekaman salinitas menyebabkan tanaman menderita kekeringan fisiologis sehingga tanaman tidak dapat menyerap air secara optimal, sehingga kadar air relatif tanaman akan menurun. Penurunan kadar air relatif daun menunjukkan tekanan turgor menurun sehingga mengganggu proses perluasan sel (Katerji *et al.* 1997).

Ambang batas salinitas untuk kedelai menurut Chinusamy *et al.* (2005) adalah pada 5,0 dS/m. Hasil biji kedelai menurun 20% pada salinitas tanah 4,0 dS/m dan penurunan 56% pada 6,7 dS/m dibandingkan hasil pada salinitas 0,8 dS/m (Katerji *et al.* 2003). Spesies kedelai berbeda tanggapnya terhadap cekaman salinitas. *Glycine soja* paling peka, *Glycine tabacina* tanggap sedang dan *Glycine tomentella* sedikit peka terhadap perlakuan NaCl (Kao *et al.* 2006). *Glycine soja* tidak peka terhadap toksisitas Cl⁻

dibandingkan *Glycine max*, sehingga dimungkinkan menggunakan (*Glycine soja*) untuk memperbaiki toleransi terhadap salinitas pada *Glycine max* (Luo *et al.* 2005). Pada skrining genotip kedelai toleran NaCl fase perkecambahan (70, 80, 90 dan 100 mM NaCl) setara dengan (6,1; 7,0; 7,9 dan 8,9 dS/m) galur kedelai toleran garam adalah Wilis, Malabar dan Sindoro, galur peka salinitas adalah Lumut, Yellow Biloxi, Si Cinang dan Sriyono serta agak toleran (sedang) adalah Genjah Jepang, Lokon dan Tidar (Yuniati 2004). Berdasarkan persentase penurunan hasil biji, indek kepekaan cekaman dan skor keracunan visual sebelas genotip kedelai diklasifikasikan sebagai berikut: var Wilis, Tanggamus, Gema, LK/3474-403, MLG3474-991, IAC100/Burangrang//Malabar-10-KP-30-75 dan MLG2805-962 toleran hingga salinitas 5,8 dS/m; genotip SU-7-1014 dan Argomulyo//IAC100-10-KP-40-120 toleran hingga 8,4 dS/m dan genotip IAC100/Burangrang//Malabar-10-KP-21-50 dan Argopuro//IAC100 toleran hingga 12,2 dS/m (Purwaningrahayu *et al.* 2015). Berdasarkan hasil penelitian yang terakhir inilah dua genotip yaitu IAC100/Burangrang//Malabar-10-KP-21-50 dan Argopuro//IAC100 dipilih mewakili genotip toleran salinitas pada penelitian ini.

Penelitian ditujukan untuk mengetahui respon morfologi empat genotip kedelai terhadap cekaman salinitas. Informasi karakter morfologi tersebut kedepan bermanfaat bagi perakitan varietas kedelai toleran salinitas yang hingga saat ini belum dilakukan.

BAHAN DAN CARA KERJA

Percobaan dilakukan di rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, di Malang pada tahun 2014. Selama penelitian berlangsung, suhu rata-rata 28°C dan kelembaban udara rata-rata 65%. Perlakuan terdiri atas dua faktor yang disusun dalam rancangan acak kelompok faktorial. Faktor ke-1 adalah empat genotip kedelai terdiri atas dua varietas terindikasi peka salinitas (varietas Wilis dan Tanggamus), dan dua galur yang terindikasi toleran salinitas yaitu IAC100/Burangrang//Malabar-10-KP-21-50 (G1) dan Argopuro//IAC100 (G2). Faktor ke-2 adalah lima tingkat salinitas tanah yaitu 1,5 dS/m (S1); 6,6 dS/m (S2); 10,9 dS/m (S3); 13,4 dS/m (S4)

dan 15,6 dS/m (S5). Dengan demikian akan diperoleh 20 kombinasi perlakuan yang diulang tiga kali. Tanah Alfisol berasal dari Muneng, Probolinggo yang diambil pada kedalaman 0-20 cm digunakan untuk perlakuan kontrol (daya hantar listrik tanah 1,87 dS/m) atau perlakuan S1. Perlakuan S2 sampai S5 menggunakan tanah Alfisol dari Brondong, Lamongan dengan DHL tanah awal tanam 6,54 dS/m. Untuk memperoleh DHL tanah sesuai perlakuan S3 hingga S5 dilakukan dengan menyiram media tanam menggunakan air laut yang diencerkan. Pengenceran menggunakan air kran dengan DHL air 0,27 dS/m. Air laut diambil dari Pantai Selatan Kabupaten Malang (DHL 55,45 dS/m). Perlakuan S1 dan S2 disiram dengan air kran (DHL air 0,27 dS/m) diperoleh DHL tanah 1-7 dS/m. Perlakuan S3 disiram dengan larutan air laut dengan konsentrasi 5% (DHL air 4,17 dS/m) hingga diperoleh DHL tanah 10-11 dS/m. Perlakuan S4 diperoleh dengan penyiraman menggunakan larutan air laut konsentrasi 10% (DHL air 7,17dS/m) hingga dicapai DHL tanah 12-13 dS/m. Perlakuan S5 diperoleh dengan penyiraman menggunakan larutan air laut konsentrasi 15% (DHL air 10,30dS/m) hingga dicapai DHL tanah 14-15 dS/m. Tingkat salinitas tanah tersebut ialah S1=1,5 dS/m; S2=6,7 dS/m; S3=10,9 dS/m; S4=13,4 dS/m dan S5=15,6 dS/m. Apabila diklasifikasikan menurut Jones (2002) tingkat salinitas tanah tersebut ialah : S1: non salin, S2: salin, S3-S5 : salin tinggi.

Setiap polibag diisi dengan tanah kering udara sebanyak 6 kg. Benih kedelai ditanam dua biji setiap polibag. Kadar air pada media tanah dipertahankan pada kondisi kapasitas lapang hingga menjelang panen. Jumlah air yang diberikan disesuaikan dengan jumlah evapotranspirasi tanah dan tanaman dengan cara penimbangan. Penyiraman menggunakan air kran (DHL 0,27 dS/m) sejak tanam hingga tanaman memasuki fase pertumbuhan V2 ke V3 atau telah terbentuk daun trifoliolate yang berkembang penuh pada buku ketiga dan daun pada buku keempat telah membuka (Fehr & Caviness 1977). Penyiraman selanjutnya menggunakan air dengan salinitasnya yang berbeda hasil pengenceran air laut seperti yang telah dijelaskan di atas. Pada 48 hari setelah tanam atau 27 hari

setelah perlakuan (HSP) telah dicapai DHL tanah sesuai dengan perlakuan, sehingga penyiraman selanjutnya menggunakan air kran.

Pengamatan meliputi tinggi tanaman, luas daun, bobot kering tajuk dan akar pada saat tanaman berumur 10 dan 40 HSP. Luas daun dari tanaman contoh diukur menggunakan metode gravimetrik (Sitompul & Guritno 1995). Pengamatan skor keracunan visual tanaman berdasarkan Pantalone *et al.* (1997) dengan skala: (1) = tidak ada gejala klorosis, (2) gejala ringan (25% daun klorosis), (3)= gejala sedang (50% daun klorosis dan nekrosis) dan (4)=klorosis parah (75% daun terlihat klorosis dan nekrosis parah) dan 5= tanaman mati (daun terlihat nekrosis parah). Rata-rata skor keracunan visual setiap genotip dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Keracunan visual} = \frac{\sum(LSSi) \times (\text{Jumlah tanaman})}{\text{Total jumlah tanaman per ulangan}}$$

LSSi = Penilaian skor : toleran jika skor $\leq 2,0$ dan peka jika skor $\geq 3,0$.

Pengamatan jumlah dan lebar bukaan stomata dilakukan pada daun ketiga dari atas yang telah membuka sempurna. Pengamatan dilakukan sekitar tengah hari dengan cara mengoleskan cat kuku bening, kemudian setelah kering cat kuku dilepaskan dengan menempelkan selotif bening dan mengangkatnya. Cetakan stomata dari cat kuku tersebut dilekatkan pada kaca objek dan diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran lemah (100x). Jumlah stomata diamati dengan okuler yang dilengkapi mikrometer berbentuk jaring. Lebar bukaan stomata diamati menggunakan okuler yang dilengkapi mikrometer berbentuk pagar. Mikrometer tersebut kemudian ditera dengan mikrometer objektif.

Kerapatan trikoma pada permukaan atas dan bawah daun diamati dengan memotong daun segar seluas 1 cm² kemudian diletakkan di atas kaca objek mikroskop lalu trikoma daun dihitung yang diamati pada 4 sisi pengamatan yang berbeda. Panjang trikoma diamati dengan menempelkan selotif transparan pada permukaan bawah daun, kemudian menariknya secara hati-hati agar rambut daun menempel pada selotif dan melekatkannya pada kaca objek dan mengamatinya dengan mikroskop pada perbesaran 100x. Panjang trikoma diamati menggunakan

mikroskop yang dilengkapi mikrometer serta peneraan dengan mikrometer objektif.

Pengamatan sifat kimia tanah sebelum tanam yang meliputi DHL, pH, N, P, K, S, C-organik, Na, Ca dan Mg. Saat panen juga dilakukan pengamatan sifat kimia tanah yang meliputi DHL, pH, K, Na, Ca dan Mg.

Untuk menentukan respon tanaman terhadap perlakuan, data dianalisis dengan sidik ragam menurut rancangan acak kelompok. Analisis dilanjutkan dengan uji F pada ketelitian 5%. Apabila uji F nyata dan tidak ada interaksi antara genotip dengan perlakuan DHL, maka analisis dilanjutkan dengan uji DMRT antar level tiap faktor secara terpisah dengan ketelitian 5%. Bila terdapat interaksi, analisis dilanjutkan dengan uji DMRT antar kombinasi perlakuan yang berinteraksi dengan ketelitian 5%.

HASIL

Sifat Kimia Tanah

Percobaan menggunakan dua jenis tanah karena tanah yang berasal dari Brondong, Kab. Lamongan mempunyai kadar salinitas tinggi (DHL 6,54 dS/m) sehingga untuk membuat perlakuan kontrol (tanah dengan DHL <4 dS/m) digunakan tanah jenis Alfisol dari Probolinggo yang mempunyai DHL tanah 1,87 dS/m. Berdasarkan nilai DHL, tanah Alfisol Probolinggo dikategorikan tidak salin, sedangkan tanah Alfisol Lamongan dikategorikan tanah salin. Tanah Alfisol asal Probolinggo dan Lamongan mempunyai kadar N total rendah, kadar K tinggi hingga sangat tinggi, kadar Na, Ca dan Mg tinggi hingga sangat tinggi, dan bahan organik rendah hingga sedang. Kadar P tanah dari Lamongan sangat rendah dan yang berasal dari Probolinggo tinggi (Tabel 1).

Pada saat panen, tidak terjadi interaksi perlakuan antara tingkat salinitas dengan genotip kedelai terhadap karakteristik kimiawi tanah (Tabel 2). Perlakuan salinitas menyebabkan keragaman sifat kimia tanah yang ditunjukkan oleh beragamnya kadar pH, DHL, Cl⁻, K-dd, Na-dd, Ca-dd dan Mg-dd, sedangkan genotip hampir tidak mempengaruhi perubahan karakteristik kimiawi tanah kecuali pH (Tabel 2). Peningkatan salinitas tanah diikuti oleh peningkatan pH, DHL, Cl⁻, K-dd, Na-dd, Ca-dd dan Mg-dd tanah saat panen.

Tabel 1. Hasil analisis kimia dari dua jenis tanah sebelum tanam kedelai.

Perlakuan	Asal tanah		
	Satuan	Probolinggo	Lamongan
pH H ₂ O		6,5 (N)	7,2 (N)
DHL/EC	dS/m	1,87 (R)	6,54 (T)
C organik	%	0,88 (SR)	1,40 (R)
N total	%	0,14 (R)	0,16 (R)
C/N		6 (R)	9 (R)
Bahan Organik	%	1,51 (SR)	2,42 (R)
P Olsen	mg/kg	23,70 (T)	4,30 (SR)
K-dd	me/100g	0,77 (T)	1,55 (ST)
Na-dd	me/100g	0,99 (T)	1,81 (ST)
Ca-dd	me/100g	11,24 (T)	14,85 (T)
Mg-dd	me/100g	1,16 (S)	4,92 (T)

Keterangan: N: netral; SR: sangat rendah; R: rendah; S: sedang; ST: sangat tinggi; T: tinggi

Pemberian air salin selama 27 hari meningkatkan pH serta unsur-unsur kimia tanah tersebut. Pada tingkat salinitas tertinggi 15,6 dS/m karakter kimia tanah seperti : pH, DHL, Cl⁻, K-dd, Na-dd, Ca-dd dan Mg-dd mempunyai nilai terbanyak.

Akar dan Tajuk

Cekaman salinitas menyebabkan gangguan pertumbuhan pada tanaman kedelai. Berdasarkan analisis statistika pada peubah akar dan tajuk, tidak terjadi interaksi antara tingkat salinitas dengan genotip kedelai (Tabel 3). Perlakuan salinitas selama sepuluh hari atau 30 hari setelah tanam belum berpengaruh terhadap biomasa akar, tetapi menurunkan bobot tajuk mulai salinitas tanah 13,4-15,6 dS/m (Tabel 3). Penyiraman menggunakan air salin menyebabkan kadar salinitas tanah semakin tinggi yang akhirnya mempengaruhi pertumbuhan biomasa akar dan tajuk tanaman. Biomasa akar pada 13,4 dS/m turun 34% dan biomasa tajuk turun 24% dibandingkan salinitas 1,5 dS/m pada umur 60 hst. Masing-masing genotip kedelai berbeda dalam kemampuan mengakumulasi biomasa pada akar maupun pada tajuk. Pada 30 dan 60 hst, genotip G1 mempunyai biomasa akar dan tajuk paling rendah dibandingkan tiga genotip lainnya (Tabel 3).

Tabel 2. Karakter kimia tanah saat panen pada berbagai perlakuan tingkat salinitas dan beberapa genotip kedelai.

Perlakuan	pH	DHL	Cl ⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	H ₂ O	d S/m			Me/100g		
Tingkat salinitas							
1,5 dS/m	6,45 d	1,4 e	23,54 e	0,45 e	0,43 e	10,04 e	3,60 e
6,6 dS/m	7,49 c	6,3 d	25,77 d	0,50 d	0,47 d	10,52 d	3,75 d
10,9 dS/m	7,64 c	10,5 c	29,13 c	0,56 c	0,48 c	11,37 c	4,05 c
13,4 dS/m	7,83 b	13,4 b	30,71 b	0,60 b	0,51 b	12,43 b	4,43 b
15,6 dS/m	8,05 a	15,3 a	33,58 a	0,62 a	0,54 a	12,88 a	4,58 a
Genotip							
Wilis	7,62 a	9,5 a	28,62a	0,54 a	0,49 a	11,48 a	4,09 a
Tanggamus	7,52 ab	9,4 a	28,59a	0,54 a	0,48 a	11,44 a	4,08 a
G1	7,40 b	9,3 a	28,51a	0,55 a	0,49 a	11,44 a	4,08 a
G2	7,43 b	9,4 a	28,46a	0,55 a	0,48 a	11,45 a	4,09 a

Keterangan: Angka sekolom pada masing-masing kelompok perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT

Tabel 3. Pengaruh tingkat salinitas dan genotip kedelai terhadap bobot kering akar dan tajuk tanaman kedelai pada 30 dan 60 hst (Hari Setelah Tanam).

Perlakuan	Bobot kering (g)			
	akar		tajuk	
	30 hst	60 hst	30 hst	60 hst
Tingkat salinitas				
1,5 dS/m	0,59 a	0,91 a	7,23 a	9,22 a
6,6 dS/m	0,65 a	0,67 b	8,14 a	9,60 a
10,9 dS/m	0,59 a	0,65 b	7,27 a	9,71 a
13,4 dS/m	0,56 a	0,60 bc	5,62 b	6,97 b
15,6 dS/m	0,54 a	0,44 c	5,18 b	6,32 b
Genotip				
Wilis	0,70 a	0,80 a	7,51 a	10,06 a
Tanggamus	0,73 a	0,85 a	6,39 bc	8,06 b
G1	0,31 b	0,34 c	5,66 c	6,31 c
G2	0,60 a	0,62 b	7,19 ab	9,03 ab

Keterangan: Angka sekolom pada masing-masing kelompok perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT

Pada tinggi tanaman tidak terjadi interaksi antara tingkat salinitas dengan genotip kedelai pada 30 dan 60 hst, tetapi pada saat panen terjadi interaksi antara perlakuan salinitas dengan genotip kedelai (Tabel 4 dan 5). Peningkatan salinitas hingga 10,9 dS/m mulai berpengaruh terhadap tinggi tanaman pada umur 30 maupun

60 hst, diantara genotip kedelai terjadi perbedaan tinggi tanaman (Tabel 4). Pada 30 hst tinggi tanaman turun 10% pada tingkat salinitas 13,4 dS/m dan 21% pada 15,6 dS/m, bahkan pada 60 hst terjadi penurunan hingga 27% pada 15,6 dS/m. Genotip kedelai yang diuji berbeda pertumbuhannya yang ditunjukkan dengan perbedaan tinggi tanaman pada umur 30 dan 60 hst (Tabel 4). Varietas Wilis dan Tanggamus tumbuh lebih tinggi dibandingkan genotip G1 dan G2. Genotip G2 mempunyai batang paling pendek. Terjadi interaksi antara kadar salinitas dengan genotip terhadap tinggi tanaman saat panen (Tabel 5). Pada tingkat salinitas 15,6 dS/m pertumbuhan semua genotip kedelai sangat terhambat (Tabel 5). Varietas Wilis mempunyai batang tertinggi meskipun pada tingkat salinitas tertinggi, diikuti oleh Tanggamus. Genotip G1 dan G2 mempunyai batang lebih pendek meskipun pada kondisi DHL tanah terendah.

Luas daun dipengaruhi oleh tingkat salinitas tanah dan genotip (Tabel 4) dan tidak terjadi interaksi antara kedua perlakuan tersebut baik pada 30 maupun 60 hst. Daun terluas pada 30 hst terdapat pada perlakuan tingkat salinitas 6,6 dS/m, sedangkan daun paling sempit pada tingkat salinitas 15,6 dS/m. Setelah 60 hst, luas daun tanaman turun 28% pada salinitas 13,4 dS/m dibandingkan pada salinitas 1,5 dS/m.

Varietas Wilis dan Tanggamus mempunyai

Tabel 4. Pengaruh peningkatan salinitas terhadap tinggi tanaman dan luas daun tanaman kedelai pada 30 dan 60 hst

	Tinggi tanaman (cm)		Luas daun (cm ²)	
	30 hst	60 hst	30 hst	60 hst
Tingkat salinitas				
1,5 dS/m	66,8 a	77,3 a	921,3 b	1098,5 a
6,6 dS/m	65,9 a	75,8 a	1090,5 a	1159,9 a
10,9 dS/m	64,4 ab	72,8 a	888,0 b	1043,4 a
13,4 dS/m	59,6 b	67,4 b	794,3 b	782,4 b
15,6 dS/m	52,0 c	55,3 c	487,9 c	595,1 b
Genotip				
Wilis	74,20 a	87,1 a	956,4 a	1208,1 a
Tanggamus	67,33 b	81,1 a	891,9 ab	1044,4 a
G1	51,30 c	52,6 d	777,0 bc	705,6 b
G2	54,13 c	57,9 c	720,3 c	785,3 b

Tabel 5. Tinggi tanaman saat panen empat genotip kedelai pada beberapa tingkat salinitas tanah.

Genotip	Tinggi tanaman (cm)				
	1,5	6,6	10,9	13,4	15,6
	(dS/m)				
Wilis	88, ab	86,8 ab	90,7 a	82,7ab	74,2 c
Tanggamus	81,7 bc	81,5 bc	87,7 ab	80,0 bc	66,2 d
G1	64,5 de	57,2 efg	55,4 fgh	48,58 hi	33,7 j
G2	62,5 def	62,9 def	54,7 fgh	52,5 gh	43,4 i

Keterangan: Tabel 4, 5 & 6, angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT.

daun yang lebih luas dibanding genotip G1 dan G2 pada umur 30 maupun 60 hst. Selain itu varietas Wilis dan Tanggamus juga memiliki batang yang lebih panjang disertai jumlah daun yang lebih banyak sehingga total luas daun relatif lebih tinggi dibandingkan genotip G1 dan G2.

Indek Klorofil Daun

Tanaman yang mengalami cekaman salinitas umumnya menunjukkan klorosis pada daun dengan tingkat kerusakan yang berbeda. Indek klorofil (kehijauan) daun diukur menggunakan *chlorophyllmeter SPAD 502*. Pada 30 hst tidak terjadi interaksi antara tingkat salinitas dengan genotip tanaman, hanya genotip kedelai yang

Tabel 6. Indek klorofil daun kedelai pada berbagai tingkat salinitas pada umur 30 hst

Perlakuan	Indeks klorofil daun
Tingkat salinitas	
1,5 dS/m	36,8 a
6,6 dS/m	36,4 a
10,9 dS/m	36,5 a
13,4 dS/m	36,0 a
15,6 dS/m	35,6 a
Genotip	
Wilis	34,9 b
Tanggamus	35,3 b
G1	37,2 a
G2	37,8 a

mempengaruhi terjadinya perbedaan indek klorofil daun (Tabel 6). Hal ini kemungkinan disebabkan pada 30 hst atau dengan perlakuan salinitas selama 10 hari, indek klorofil tanaman belum banyak mengalami perubahan akibat efek merusak dari tingginya salinitas tanah. Indek klorofil tanaman berkisar antara 35,6-36,8. Genotip mempengaruhi perbedaan indek klorofil pada 30 hst, genotip G1 dan G2 memiliki indek klorofil lebih tinggi dibandingkan Wilis dan Tanggamus (Tabel 6).

Pada jangka waktu cekaman salinitas yang semakin lama saat tanaman berumur 60 dan 70 hst, terjadi interaksi antara tingkat salinitas tanah dengan varietas/genotip (Tabel 7). Genotip G1 dan G2 cenderung mempunyai indek klorofil lebih tinggi dibandingkan varietas Wilis dan Tanggamus pada tingkat salinitas 6,6-15,6 dS/m. Indek klorofil daun setelah 60 hst akan semakin menurun akibat dari pengaruh cekaman salinitas serta umur tanaman semakin tua mendekati masa panen contohnya G2 pada tingkat salinitas 15,6 dS/m.

Skor Keracunan Visual

Pada skor keracunan secara visual terjadi interaksi antara tingkat salinitas dengan genotip tanaman (Tabel 8). Dari tabel tersebut terlihat bahwa pada tanaman yang peka salinitas, semakin bertambah umur tanaman maka tingkat keracunan salinitas semakin tinggi. Keracunan garam mulai terlihat setelah 10 hari perlakuan salinitas atau saat tanaman berumur 30 hst. Pada umur 30 hst terlihat adanya keracunan salinitas

Tabel 7. Indek klorofil daun empat genotip kedelai pada beberapa tingkat salinitas tanah pada 60 dan 70 hst

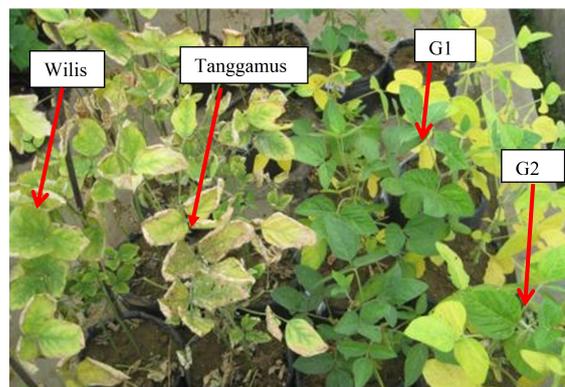
Genotip/ varietas	Indeks klorofil daun pada tingkat salinitas				
	1,5	6,6	10,9	13,4	15,6
(dS/m)					
60 hst					
Wilis	35,7 de	27,6 ghi	23,0 ij	28,8 fgh	26,2 ghi
Tanggamus	37,3 d	30,5 fg	32,4 ef	20,2 j	24,9 hi
G1	39,8 bcd	44,8 a	45,5 a	43,5 ab	38,1 cd
G2	42,2 abc	39,1 bcd	44,0 ab	42,5 abc	42,9 abc
70 hst					
Wilis	39,1 a	24,9 bcde	23,2 cde	18,4 def	10,2 fgh
Tanggamus	41,9 a	30,3 bc	26,2 bcd	16,7 efg	4,2 h
G1	41,4 a	30,5 bc	33,7 ab	30,1bc	28,8 bc
G2	42,1 a	19,2 2 df	9,2 gh	18,4 def	17,3 def

Tabel 8. Skor keracunan visual empat genotip kedelai pada beberapatingkat salinitas tanah pada 30,60 dan 70 hst

Waktu Pengamatan / Genotip	Skor keracunan visual pada tingkat salinitas				
	1,5	6,6	10,9	13,4	15,6
dS/m					
30 hst					
Wilis	1,0 d	1,0 d	1,4 abc	1,6 a	1,7 a
Tanggamus	1,0 d	1,0 d	1,3bc	1,5 ba	1,6 a
G1	1,0 d	1,0 d	1,0d	1,2 cd	1,0 d
G2	1,0 d	1,0 d	1,0 d	1,0 d	1,0 d
60 hst					
Wilis	1,0 f	1,6 g	2,3 c	2,0d	2,3 c
Tanggamus	1,0 f	1,4g	1,5e	3,0 a	2,7 b
G1	1,0 f	1,0 f	1,0 f	1,0 f	1,0 f
G2	1,0 f	1,3 f	1,0f	1,0 f	1,0f
70 hst					
Wilis	1,0 d	2,7 b	2,6 b	2,7 b	3,1 ab
Tanggamus	1,0 d	2,2 bc	3,0 ab	3,1 ab	3,7a
G1	1,0 d	1,5 cd	1,3 d	1,0 d	1,3 d
G2	1,0 d	1,7cd	1,3 d	1,3 d	1,3 d

Keterangan: Tabel 7 & 8., angka pada masing-masing kelompok waktu pengamatan yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT

pada varietas Wilis dan Tanggamus mulai tingkat salinitas 10,9 dS/m dan semakin meningkat dengan peningkatan tingkat salinitas



Gambar 1. Keragaan empat genotip/varietas kedelai pada tingkat salinitas 15,6 dS/m pada saat umur 71 HST

(Tabel 8). Skor keracunan salinitas pada varietas Tanggamus mencapai skala 3,0 pada tingkat salinitas 13,4 dS/m saat 60 hst, bahkan pada umur 70 hst mencapai skor keracunan tertinggi 3,7. Pada umur 70 hst varietas Tanggamus dan Wilis mempunyai skor keracunan visual tertinggi di atas 3,0 (klorosis parah), sebaliknya genotip G1 dan G2 tidak terlihat gejala keracunan garam meskipun hingga tingkat salinitas tertinggi.

Pada Gambar (1) terlihat bahwa pada genotip G1 dan G2 kondisi daun tetap normal baik warna maupun penampilan daun serta keragaan keseluruhan tanaman meskipun pada tingkat salinitas tertinggi 15,6 dS/m. Sebaliknya varietas Wilis dan Tanggamus menunjukkan terjadinya keracunan garam mulai 10 hari setelah perlakuan penyiraman air laut hingga pada umur 70 hst terlihat daun mulai dari bagian bawah menguning/klorosis, tepi daun mengering dan menggulung ke bagian dalam, daun rontok sebelum waktunya, tanaman layu bahkan kemudian mati.

Trikoma Daun

Terjadi interaksi antara tingkat salinitas dengan genotip kedelai terhadap kerapatan dan panjang trikoma daun (Tabel 9-10). Varietas Wilis dan Tanggamus mempunyai kerapatan trikoma lebih sedikit dibandingkan genotip G1 dan G2 pada semua tingkat salinitas. Trikoma pada permukaan bawah daun cenderung lebih banyak dibandingkan pada permukaan atas daun. Varietas Tanggamus mempunyai trikoma permukaan bawah daun yang sama pada semua

Tabel 9. Kerapatan trikoma permukaan atas daun empat genotip pada beberapa tingkat salinitas tanah kedelai pada 60 hst

Posisi/ Genotip	Kerapatan trikoma /mm ² pada tingkat salinitas				
	1,5	6,6	10,9	13,4	15,6
	dS/m				
Permukaan atas daun					
Wilis	18,1 ef	16,0 efg	12,7 fgh	14,6 efgh	15,7 efg
Tanggamus	12,1 fgh	12,4 fgh	11,3 fgh	7,9 h	9,7 gh
G1	26,9 cd	34,6 b	29,7 bc	35,5 b	56,8 a
G2	29,3 bc	20,6 de	32,3 bc	34,6 b	36,2 b
Permukaan bawah daun					
Wilis	33,0 def	34,7 def	29,5 efg	34,2 def	33,1 def
Tanggamus	24,8 fgh	24,1 fgh	24,0 fgh	19,2 gh	17,3 h
G1	37,2 cde	40,1 bcde	46,2 bc	50,4 b	61,2 a
G2	33,7 def	30,4 def	41,0 bcd	38,5 cde	50,9 b

Keterangan: Angka pada kelompok peubah yang sama, yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT

Tabel 10. Panjang trikoma daun empat genotip kedelai pada beberapa tingkat salinitas tanah pada 60 hst

Genotip	Panjang trikoma daun (mm) pada tingkat salinitas (dS/m)				
	1,5	6,6	10,9	13,4	15,6
Wilis	0,83 h	1,11 gh	1,25 fgh	1,77 def	0,95 h
Tanggamus	1,50 efg	2,30 abc	2,56 ab	1,97 cde	1,54 efg
G1	1,54 efg	1,70 ef	2,63 ab	1,67 ef	2,82 a
G2	2,52 abc	2,25 bcd	2,35 abc	2,49 abc	2,34 abc

Keterangan: Tabel 9 & 10, angka pada kelompok peubah yang sama, yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT

tingkat salinitas. Genotip G1 dan G2 pada semua tingkat salinitas mempunyai kerapatan trikoma bagian bawah daun yang lebih banyak dibandingkan kedua varietas kedelai. Panjang trikoma daun dipengaruhi oleh genotip dan tingkat salinitas tanah (Tabel 10). Varietas Wilis mempunyai trikoma daun rata-rata paling pendek diantara ketiga genotip lainnya pada semua tingkat salinitas, sedangkan genotip G2 mempunyai trikoma daun paling panjang pada semua tingkat salinitas tanah.

Stomata Daun

Kerapatan stomata daun tidak berbeda

diantara tingkat salinitas tanah, dan diantara genotip kedelai serta tidak terjadi interaksi antar perlakuan salinitas dan genotip kedelai (Tabel 11). Kerapatan stomata daun pada tingkat salinitas 1,5-15,6 dS/m berkisar 350-375 stomata/mm, sedangkan pada empat genotip berkisar 355,2-364,6 stomata/mm.

Lebar bukaan stomata berbeda diantara tingkat salinitas tanah dan genotip kedelai serta tidak terjadi interaksi diantara keduanya (Tabel 11). Pada tingkat salinitas 10,9 dS/m stomata membuka lebih lebar dibandingkan tingkat salinitas tanah 13,4 dan 15,6 dS/m. Lebar bukaan stomata pada G1 dan G2 lebih lebar dibandingkan Wilis dan Tanggamus (Tabel 11).

Ukuran biji

Salinitas tanah yang tinggi menyebabkan hambatan dan gangguan pertumbuhan tanaman baik pada fase vegetatif maupun generatif. Kondisi

Tabel 11. Pengaruh peningkatan salinitas terhadap kerapatan stomata dan lebar bukaan stomata daun kedelai pada 60 hst

Perlakuan	Kerapatan stomata daun/mm	Lebar bukaan stomata (µm)
Tingkat salinitas		
1,5 dS/m	375,9 a	2,47 ab
6,6 dS/m	350,0 a	2,61 ab
10,9 dS/m	363,0 a	2,84 a
13,4 dS/m	357,2 a	2,16 b
15,6 dS/m	360,7 a	2,25 b
Genotip/varietas		
Wilis	364,2 a	1,87 b
Tanggamus	361,5 a	1,99 b
G1	364,6 a	3,15 a
G2	355,2 a	2,85 a

Tabel 12. Bobot kering biji 100 biji empat genotip kedelai pada beberapa tingkat salinitas tanah

Genotip/ varietas	B. kering 100 biji (g) pada tingkat salinitas (dS/m)				
	1,5	6,6	10,9	13,4	15,6
Wilis	8,8 bc	5,3 d	3,0 e	0,7 f	0,0 f
Tangga mus	8,3 c	6,2 d	3,1 e	0,6 f	0,0 f
G1	10,3 b	9,7 bc	10,6 b	10,2 b	9,4 bc
G2	16,4 a	10,7 b	9,7 bc	9,8 bc	10,2 b

Keterangan: Tabel 11 & 12, angka pada kelompok peubah yang sama, yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT

ini berakibat produksi biji kurang optimal, yang terlihat dari ukuran biji yang dihasilkan. Pada bobot 100 biji terjadi interaksi antara tingkat salinitas tanah dengan genotip kedelai (Tabel 12). Peningkatan salinitas berpengaruh kecil terhadap ukuran biji genotip G1 dan G2 hampir, sebaliknya pada varietas Wilis dan Tanggamus terjadi penurunan ukuran biji mulai salinitas tanah 6,6 dS/m, bahkan pada tingkat salinitas tertinggi 15,6 dS/m kedua genotip tidak mampu menghasilkan biji.

Korelasi Berbagai karakter

Korelasi berbagai karakter morfologi kedelai akibat cekaman salinitas mempunyai hubungan/korelasi yang kuat bersifat positif maupun negatif (Tabel 13). Tinggi tanaman mempunyai hubungan kuat bersifat positif dengan bobot tajuk, bobot akar, luas daun, skor keracunan dan tinggi tanaman panen serta berkorelasi kuat bersifat negatif dengan indeks klorofil, bobot 100 biji, DHL tanah, pH tanah, kerapatan trikoma atas dan bawah panjang trikoma dan lebar bukaan stomata. Bobot tajuk juga mempunyai hubungan kuat positif dengan bobot akar, luas daun, tinggi tanaman serta berkorelasi kuat negatif dengan DHL dan pH tanah. Bobot akar berkorelasi kuat positif dengan luas daun dan indeks klorofil 70 hst, tetapi berkorelasi kuat negatif dengan indeks klorofil 60 hst, DHL tanah, pH, kerapatan trikoma dan lebar bukaan stomata. Adapun luas daun berkorelasi kuat positif dengan indeks klorofil 70 hst dan tinggi tanaman, tetapi berkorelasi kuat negatif dengan lebih banyak karakter seperti indeks klorofil 60 hst, DHL, pH, kerapatan trikoma, panjang trikoma dan lebar bukaan stomata. Indeks klorofil daun 60 hst mempunyai hubungan kuat bersifat positif dengan indeks klorofil 70 hst, kerapatan trikoma, panjang trikoma maupun lebar bukaan stomata. Bobot 100 biji berkorelasi kuat positif dengan indeks klorofil daun, kerapatan trikoma dan lebar bukaan stomata, tetapi berkorelasi negatif dengan tinggi tanaman, skor keracunan, DHL dan pH tanah.

PEMBAHASAN

Peningkatan daya hantar listrik tanah disebabkan oleh penyiraman menggunakan air

laut yang berbeda kadar salinitasnya. Perlakuan penyiraman dengan air salin (EC_w : 0,27-10,03 dS/m) membuat variasi salinitas tanah pada saat dilakukan penghentian penyiraman air salin selama 23 hari penyiraman. Perubahan sifat kimia tanah saat panen terlihat dengan peningkatan salinitas tanah mulai 1,5 hingga 15,6 dS/m, juga menyebabkan peningkatan pH, Cl⁻, K⁺, Na⁺, Ca²⁺ dan Mg²⁺ tanah. Sedangkan genotip kedelai tidak mempengaruhi sifat kimia tanah saat panen. Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh sifat genetik tanaman dan faktor lingkungan. Peningkatan salinitas tanah mulai 1,5 hingga 15,6 dS/m, mengakibatkan gangguan metabolisme tanaman dengan tingkat gangguan/hambatan tersebut berbeda pengaruhnya diantara genotip kedelai. Secara visual tanaman mengalami keracunan garam dengan ciri-ciri pertumbuhan terhambat, daun mengalami klorosis, nekrosis, penebaran daun dipercepat, polong rontok dan tanaman berangsur-angsur mati.

Peningkatan cekaman salinitas berakibat pada penurunan pertumbuhan (tinggi tanaman, luas daun, bobot kering tanaman). Tiga puluh hari setelah perlakuan pengaruh cekaman salinitas terhadap pertumbuhan masih sama di antara tingkat salinitas tanah dan genotip kedelai, tetapi setelah 40 hari setelah perlakuan terlihat perbedaan karakter morfologi masing-masing genotip. Tanaman kedelai mengalami hambatan pertumbuhan seperti terlihat pada batang yang lebih pendek, daun lebih sempit, dan bobot kering akar dan tajuk lebih kecil mulai salinitas 13,4-15,6 dS/m (Tabel 3,4,5). Hambatan pertumbuhan karena cekaman salinitas menginduksi cekaman osmotik yang berakibat pada dehidrasi osmotik. Dehidrasi menurunkan osmotik dan potensial sel serta volume sel tanaman yang terpapar salinitas (Levitt 1980). Ukuran volume sel salah satunya dapat diukur melalui morfologi tanaman seperti tinggi tanaman, biomasa, dan luas daun.

Cekaman salinitas menyebabkan tanaman menderita kekeringan fisiologis, sehingga tanaman tidak dapat menyerap air secara optimal akibatnya kadar air relatif daun akan menurun. Penurunan kadar air relatif daun ditunjukkan dengan tekanan turgor yang menurun, yang kemudian berakibat pada terganggunya proses perluasan sel karena sel kehilangan banyak air (Katerji *et*

Tabel 13. Korelasi karakter morfologi dan kimiawi tanah akibat pengaruh tingkat salinitas terhadap empat genotip kedelai di tanah salin

	TI 60	BTJ 60	BAK 60	LD 60	SPAD 60	SPAD 70	SC 60	SC 70	TTP	BK 100	DHL	pH Krp	TkA Krp	TkB Krp	Pj.Tk Krp	Stm Krp	L Stm
TI 60	1																
BTJ 60	0,62*	1															
BAK60	0,68*	0,65*	1														
LD 60	0,74*	0,75*	0,60*	1													
SPAD60	-0,62*	-0,11	-0,27*	-0,33*	1												
SPAD70	0,14	0,15	0,30*	0,23	0,35*	1											
SC 60	0,35*	-0,14	0,01	0,05	-0,86*	-0,54*	1										
SC 70	0,38*	-0,08	-0,03	0,10	-0,78*	-0,59*	0,79*	1									
TTP	0,93*	0,49*	0,56*	0,67*	-0,68*	0,07	0,46*	0,48*	1								
BK 100	-0,47*	0,07	-0,10	-0,18	0,84*	0,53*	-0,81*	-0,81*	-0,56*	1							
DHL	-0,38*	-0,38*	-0,43*	-0,45*	-0,22	-0,74*	0,41*	0,43*	-0,34*	-0,47*	1						
pH	-0,18	-0,27*	-0,31*	-0,29*	-0,32*	-0,67*	0,45*	0,53*	-0,16	-0,53*	0,88*	1					
KrpTkA	-0,77*	-0,29*	-0,46*	-0,54*	0,69*	0,15	-0,60*	-0,58*	-0,84*	0,63*	0,17	0,05	1				
KrpTkB	-0,64*	-0,20	-0,41*	-0,41*	0,57*	0,13	-0,50*	-0,47*	-0,71*	0,49*	0,23	0,09	0,85*	1			
PJK	-0,50*	-0,17	-0,17	-0,34*	0,39*	0,02	-0,30*	-0,17	-0,50*	0,40*	0,24	0,16	0,42*	0,29*	1		
KrpStm	0,04	0,07	0,13	0,04	-0,05	0,20	0,04	-0,07	0,03	0,05	-0,07	-0,12	-0,04	0,10	0,09	1	
L Stm	-0,47*	-0,16	-0,34*	-0,28*	0,60*	0,12	-0,45*	-0,36*	-0,45*	0,49*	-0,09	-0,12	0,46*	0,39*	0,31*	-0,29*	1

al. 1997). Terganggunya perluasan sel diantaranya terlihat dari penurunan luas daun akibat cekaman salinitas.

Daun adalah organ fotosintetik yang mudah dikenali akibat keracunan garam. Gejala keracunan garam termasuk perkecambahan biji yang lambat dan benih rusak, layu mendadak, pertumbuhan kerdil, daun yang tua terbakar, daun menguning, daun rontok, perkembangan akar terhambat, kematian tanaman secara mendadak atau bertahap. Daun tanaman kedelai yang terpapar garam dalam konsentrasi tinggi dalam durasi yang lama akan mengalami kerusakan klorofil. Hal ini seperti yang terlihat dari indek klorofil daun yang lebih rendah pada tingkat salinitas tanah yang lebih tinggi. Pada tingkat salinitas 10,9 dS/m terjadi penurunan indek klorofil daun pada semua genotip kedelai, terutama genotip peka salinitas seperti Wilis dan Tanggamus. Genotip G1 dan G2 tumbuh normal dengan daun lebih hijau dan tidak mengalami gejala terbakar atau menggulung pada tepi daun serta mampu menyelesaikan siklus hidupnya pada tingkat salinitas tertinggi 15,6 dS/m. Sebaliknya varietas Wilis dan Tanggamus menunjukkan keracunan salinitas parah seperti daun menguning dimulai dari daun paling bawah, tepi daun menggulung, kering seperti terbakar mulai sepuluh hari setelah perlakuan dan pada tingkat salinitas 13,4-15,6 dS/m tanaman telah mati sebelum polong terisi penuh. Kondisi ini seperti yang dijelaskan oleh Dong-Lee *et al.* (2008) pada genotip yang toleran terhadap salinitas menunjukkan tingkat keracunan garam sangat rendah atau bahkan tidak terlihat keracunan garam. Hal yang sama terjadi pada mentimun yang tumbuh pada kondisi salinitas mengalami klorosis yang mungkin disebabkan oleh peningkatan degradasi klorofil dan hambatan sintesis pigmen (Stepien & Klobus 2006) juga pada *Phaseolus aureus* dibawah kondisi cekaman NaCl (Misra & Gupta 2005). Penilaian keracunan secara visual ini dapat digunakan untuk menggolongkan tipe kepekaan tanaman terhadap unsur Cl (Valencia *et al.* 2008).

Pada penelitian ini genotip kedelai toleran salinitas mempunyai kerapatan trikoma daun baik permukaan atas maupun bawah daun lebih rapat dibandingkan genotip yang peka terhadap salinitas. Dolatabadian *et al.* (2011) mendapatkan hal

yang sama pada tanaman mentimun yang tumbuh pada kondisi cekaman salinitas, peningkatan kadar salinitas akan memacu lebih banyak terbentuknya trikoma pada lapisan epidermal dibandingkan tanaman kontrol. Hal yang sama didapatkan oleh Lu *et al.* (1998) pada kedelai liar (*Glycine soja*) yang tumbuh di muara sungai Kuning di Propinsi Shandong China ditemukan semacam struktur kelenjar garam pada daun dan batangnya, juga pada kedelai yang telah lama dibudidayakan dilaporkan terdapat semacam struktur kelenjar garam ini (Li *et al.* 2003). Trikoma pada tanaman berupa struktur khusus yang bersifat uniseluler maupun multiseluler yang berasal dari lapisan sel epidermis dan sering berbentuk kelenjar untuk mengeluarkan berbagai senyawa organik, polisakarida, terpen, nektar maupun garam (Werker 2000). Peningkatan kerapatan trikoma kemungkinan merupakan mekanisme tanaman untuk meningkatkan toleransinya terhadap cekaman garam, seperti yang dijelaskan oleh (Gucci *et al.* 1997) trikoma glandular daun berperan dalam pengeluaran ion sehingga dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap garam.

Karakter lain adalah stomata yang merupakan pori mikroskopis pada permukaan daun yang berfungsi sebagai organ transpirasi bagi tanaman. Cekaman salinitas menyebabkan cekaman osmotik dengan penurunan turgor tanaman. Pengaruh cekaman salinitas terhadap stomata daun menurunkan jumlah stomata pada tanaman peka salinitas serta penutupan stomata untuk mengatur keseimbangan air dalam jaringan daun. Pada penelitian ini kerapatan stomata sama diantara genotip kedelai dan tingkat salinitas tanah. Stomata pada genotip toleran salinitas membuka lebih lebar, sedangkan genotip yang peka salinitas stomata membuka lebih sempit. Penutupan stomata merupakan upaya tanaman untuk menghindarkan transpirasi yang berlebihan. Seperti pada spesies *Crotalaria*, cekaman salinitas menyebabkan penurunan jumlah stomata dan genotip yang peka salinitas stomata akan menutup (Kadam & Pravin 2010).

Peningkatan salinitas menyebabkan penghambatan pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman. Pada kondisi cekaman salinitas menyebabkan terjadinya penuaan daun yang lebih cepat sehingga sangat menurunkan hasil biji (Cabot *et al.* 2014). Komponen hasil biji yang penting adalah ukuran biji, yang semakin menurun dengan

dengan peningkatan salinitas. Pada genotip toleran penurunan ukuran biji relatif lebih kecil dibandingkan genotip yang peka terhadap salinitas. Genotip G1 dan G2 mempunyai ukuran biji pertanaman yang lebih banyak dibandingkan varietas Wilis dan Tanggamus pada tingkat salinitas 6,6-15,6 dS/m. Varietas Wilis dan Tanggamus pada tingkat salinitas 13,4-15,6 dS/m tidak berhasil membentuk biji karena polong rontok atau polong hampa serta tanaman mati sebelum pengisian polong berakhir. Kriteria ukuran biji disamping merupakan komponen hasil yang penting untuk mengetahui tingkat toleransi tanaman budidaya terhadap salinitas juga berguna untuk melakukan skrining terhadap genotip toleran salinitas. Hal sama dilaporkan pada skrining cekaman salinitas pada kacang tanah (Singh *et al.* 2008) dan kacang hijau (Ahmed 2009). Varietas Wilis dan Tanggamus yang diidentifikasi sebagai varietas peka salinitas menghasilkan bobot biji yang lebih rendah dibandingkan genotip yang toleran yaitu G1 dan G2. Kedua genotip G1 dan G2 ini mampu tumbuh dan menghasilkan biji lebih baik meskipun pada DHL tanah paling tinggi 15,6 dS/m tinggi, sehingga genotip ini berpotensi dikembangkan menjadi genotip kedelai toleran salinitas.

Korelasi antar karakter morfologi tanaman dan kimia tanah (DHL dan pH) menghasilkan beragam hubungan baik bersifat positif maupun negatif. Tingkat salinitas tanah (DHL) tanah berperan penting dalam pembentukan karakter morfologi tanaman kedelai hal ini terlihat dari keeratan hubungan yaitu DHL tanah berkorelasi kuat negatif dengan hampir semua karakter morfologi (tinggi tanaman, bobot tajuk, luas daun, indek klorofil, dan bobot 100 biji). Tingginya cekaman salinitas akan sangat menurunkan pertumbuhan dan hasil tanaman yang dapat diketahui dari tinggi tanaman, biomasa, luas daun, kehijauan daun maupun hasil bijinya, sebaliknya semakin tinggi tingkat salinitas tanah menyebabkan tingkat keracunan garam semakin tinggi yang diketahui dari korelasi kuat bersifat negatif dengan skor keracunan visual tanaman terhadap salinitas. Hal ini disebabkan karena peningkatan salinitas tanah berpengaruh terhadap karakter kimia tanah seperti peningkatan kadar K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- dan Mg^{2+} tanah. Kadar Na^+ dan Cl^-

yang tinggi pada tanah berpotensi meracuni tanaman. Pada tanaman yang tumbuh di tanah salin akan mengakumulasi banyak ion Na^+ dan Cl^- yang akan mengganggu penyerapan hara lain seperti ion Ca^{2+} , K^+ , N dan P.

Ukuran biji yang merupakan salah satu peubah morfologi tanaman yang erat kaitannya dengan hasil tanaman yang bernilai ekonomi mempunyai korelasi kuat bersifat positif dengan karakter indek klorofil, kerapatan trikoma, panjang trikoma dan lebar bukaan stomata. Ukuran biji semakin besar dengan meningkatnya indek klorofil daun, hal ini berarti daun dengan indek klorofil lebih tinggi (hijau) tanaman lebih mampu menjamin terjadinya proses fotosintesis sehingga berlangsung lebih baik selanjutnya asimilat yang disimpan dalam biji juga lebih baik (bernas). Adapun trikoma daun (kerapatan dan panjang trikoma) mempunyai kontribusi penting bagi ketahanan tanaman terhadap cekaman salinitas. Semakin rapat dan panjang trikoma daun maka ketahanan terhadap cekaman salinitas semakin meningkat sehingga ukuran bijinyapun juga semakin besar.

KESIMPULAN

Cekaman salinitas menyebabkan perubahan morfologi genotip kedelai. Cekaman salinitas mempengaruhi perakaran dan tajuk tanaman kedelai. Terjadi penurunan bobot akar dan tajuk tanaman mulai 6,6 dS/m. Penurunan tinggi tanaman mulai terjadi pada 10,9 dS/m. Secara genetik varietas Wilis dan Tanggamus mempunyai batang lebih tinggi dibandingkan dua genotip lainnya G1 dan G2, sehingga bobot akar, bobot tajuk dan total luas daun juga lebih tinggi. Penurunan indek klorofil daun terjadi pada semua genotip akibat cekaman salinitas. Pada tingkat salinitas mulai 6,6 dS/m-15,6 dS/m genotip G1 dan G2 mempunyai indek klorofil daun lebih tinggi, skor keracunan visual lebih rendah, kerapatan dan panjang trikoma daun lebih tinggi serta ukuran biji lebih besar. Kerapatan stomata tidak dipengaruhi oleh tingkat salinitas dan genotip kedelai. Lebar bukaan stomata genotip G1 dan G2 lebih besar 93% dibandingkan pada varietas Wilis dan Tanggamus. Genotip G1 dan G2 berpotensi menjadi genotip kedelai toleran salinitas hingga 15,6 dS/m.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S. 2009. Effect of salinity on the yield and yield component of mungbean. *Pakistan Journal of Botany* 41 (1) : 263-268.
- Arzani, A. 2008. Improving salinity tolerance in crop plants: a biotechnological review. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*. 44 (5): 373-383.
- Attia, H., N. Karray, N. Msilini & M. Lachaal. 2011. Effect of salt stress on gene expression of superoxide dismutases and copper chaperone in *Arabidopsis thaliana*. *Biologia Plantarum*. 55 (1): 159-163.
- Cabot, C., JV. Sibole, J. Barcelo & C. Poschenrieder. 2014. Lessons from crop plants struggling with salinity. *Plant Science*. 226: 2-13.
- Chinusamy, V., A. Jagendorf & JK. Zhu. 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science*. 45 (2): 437-448.
- Dajic, Z. 2006. Salt Stres. In. KVM. Rao, AS. Raghavendra & KJ. Reddy (Eds). *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Springer. Netherland. 41-99.
- Dolatabadian, A., SAM. Modaresanavi & F. Ghanati. 2011. Effect of salinity on growth, xylem structure and anatomical characteristics of soybean. *Notulae Scientia Biologicae*. 3(1): 41-45.
- Dong-Lee, J, SL. Smothers, D. Dunn, M. Villagarcia, CR. Shumway, TE. Carter, Jr. & JG. Shannon. 2008. Evaluation of simple method to screen soybean genotypes for salt tolerance. *Crop Science* 48: 2194-2200
- Fehr, WR. & CE. Caviness. 1977. *Stages of Soybean Development*. Special Report No. 80. Cooperative Extension Service, Agriculture and Home Economics Experiment Station Ames, Iowa, Iowa State University. 11pp.
- Gorham, J., E. McDonnel, E. Budrewicz & RG. Wyn-Jones. 1985. Salt tolerance in the Triticeae: Growth and solute accumulation in leaves of *Thinophyrum bessarabicum*. *Journal of Experimental Botany* 36: 1021-1031.
- Gorham, J. 1995. Mechanisms of salt tolerance in halophytes. In Choukr-Allah, R, CV. Malcolm & A. Hamdy (Eds.). *Halophytes and Biosaline Agriculture*. Marcel Dekker, Inc. New York. USA. 31-53.
- Gorham, J. 2007. Sodium. In Barker, AV & D.J Pilbeam (eds). *Handbook of Plant Nutrition*. Taylor & Francis Group. 569-575 .
- Gucci, RG. Aronne, L. Lambordini, & M. Tattini. 1997. Salinity tolerance in *Phyllyrea* species. *New Phytologist* 135: 227-234.
- Jones, JB. Jr. 2002. *Agronomic Handbook. Management of Crops, Soils and Their Fertility*. CRC. Press Boca Raton London New York Washington DC. 482p
- Kadam, P. & C. Pravin. 2010. Effect of NaCl salinity on stomatal density and stomatal behaviour of *Crotalaria* Species. *Bionano Frontier* 3(2): 300-303.
- Kao, W-Y., T-T. Tsai, H-C. Tsai & C-N. Shih. 2006. Response of three Glycine species to salt stress. *Environmental and Experimental Botany*. 56:120-126.
- Katerji, N., JW. van Hoorn, A. Hamdy & M. Mastrorilli. 2003. Salinity effect on crop development and yield, analysis of salt tolerance according to several classification methods. *Agricultural water Management*. 62: 37-66.
- Katerji, N., JW. van Hoorn, A. Hamdy, M. Mastrorilli, E. Mou & Karzel. 1997. Osmotic adjustment of sugar beets in response to soil salinity and its influence on stomatal conductance, growth and yield. *Agricultural Water Management*. 34: 57-69.
- Levitt, L. 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses Vol II : water, radiation, salt and other stresses*. Department of Plant Biology, Carnegie Institution Of Washington Stanford, California. USA 607pp.
- Li, F, GY. Zhang, JZ. Son, H. Gao & JM. Lu. 2003. Salt resistant structures of leaves from *Glycine max* cultivar Fendou 16. *Journal of Northeast Normal University*. 4: 109-111.
- Lu, JM, YL. Liu, B. Hu & BC Zhuang. 1998. The discovery of salt gland-like structure in *Glycine soja*. *Chinese Science. Bulletin* 43: 2074-2078.
- Luo, QY., BJ. Yu & YL. Liu. 2005. Differential sensitivity to chloride and sodium ions in seedlings of *Glycine max* and *G. soja*

- under NaCl stress. *Journal of Plant Physiology*. 162 : 1003-1012.
- Mansour, MMF., PR. Van Hasselt & PJC . Kuiper. 2000. NaCl effects on root plasma membrane ATPase of salt tolerant wheat. *Biologia Plantarum*. 43: 61-66.
- Marschner, H. 1985. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press. London. 674p.
- Misra, N & AK. Gupta. 2005. Effect of salt stress on proline metabolism in two high yielding genotypes of green gram. *Plant Science*. 169(2): 331-339.
- Munns, R. & M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*. 59: 651-681.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*. 25 (2): 239-250.
- Pantalone, VR., WJ. Kenworthy, LH. Slaughter & B.R. James. 1997. Chloride tolerance in soybean and perennial Glycine accessions. *Euphytica*. 97: 235-239.
- Purwaningrahayu, RD., HT. Sebayang, Syekhfani & N. Aini. 2015. Resistance level of some soybean (*Glycine max* L.Merr) genotypes toward salt stress. *Journal of Biological Researches*. 20:7-14.
- Rachman, A. IGM. Subiksa & Wahyunto. 2007. Perluasan Areal Tanaman Kedelai ke lahan suboptimal. Dalam Sumarno, Suyanto, A.Widjono, Hermanto & H.Kasim(Eds.) *Kedelai : Teknik Produksi dan Pengembangan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian Tanaman Pangan. pp185-204
- Roesmarkam, A. & NW. Yuwono. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius. Yogyakarta. 219 hlm.
- Singh, AL, K. Hariprassana & RM. Solanki. 2008. Screening and selection of groundnut genotypes for tolerance of soil salinity. *Australian Journal of Crop Science*. 1(3): 69-77.
- Sitompul, SM. & B. Guritno. 1995. *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Gajah Mada University Press. 412hlm.
- Sposito, G. 2008. *The Chemistry of Soil*. Oxford University Press Inc. Madison Avenue, New York. 329p.
- Stepien, P & Klobus. 2006. Water relations and photosynthesis in *cucumis sativus* L. Leaves under salt stress. *Biologia Plantarum*. 50 (4): 610-616.
- Valencia, R., P. Chen, T. Ishibashi & M. Conatser. 2008. A rapid and effective method for screening salt tolerance in soybean. *Crop science*. 48 (5): 1773-1779.
- Werker, E. 2000. Trichome diversity and development. In : Hallahan DI, JC Gray (Eds). *Advances in Botanical Research. Plant Trichomes*. Academic Press. New York. pp 1-35.
- Yuniati, R. 2004. Penapisan galur kedelai *Glycine max* (L.) Merrill toleran terhadap NaCl untuk penanaman lahan salin. *Makara Sains*. 9 (1): 21-24