

Tanggap Fisiologis dan Hasil Biji Berbagai Genotipe Kedelai terhadap Cekaman Salinitas

Physiological and Yield Responses of Some Soybean Genotypes on Salt Stress

Runik Dyah Purwaningrahayu^{1*}, Husni Thamrin Sebayang², Syekhfani², Nurul Aini²

¹Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, PO Box 66 Malang 65101 Indonesia *e-mail: runik_dpr@yahoo.com

²Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang Jawa Timur, Indonesia

NASKAH DITERIMA 28 JANUARI 2016; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN: 8 APRIL 2016

ABSTRAK

Genotipe kedelai (*Glycine max* L. Merr.) toleran cekaman salinitas merupakan komponen teknologi utama yang efektif dan efisien dalam pengembangan kedelai pada lahan pertanian yang terpengaruh salinitas. Selain itu, informasi karakter fisiologi dan hasil biji kedelai toleran salinitas bermanfaat bagi perakitan varietas toleran salinitas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan data dan informasi perubahan karakter fisiologi dan hasil biji kedelai akibat cekaman salinitas. Sebelas genotipe kedelai koleksi plasma nutfah Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi diuji pada empat cekaman salinitas tanah (0,5 dS/m, 5,8 dS/m, 8,4 dS/m dan 12,2 dS/m) pada percobaan di rumah kaca menggunakan rancangan percobaan acak kelompok, diulang tiga kali. Cekaman salinitas diberikan saat tanaman berumur 21 hari selama 31 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa genotipe yang diuji mempunyai tanggap yang berbeda terhadap tingkat salinitas tanah. Peningkatan salinitas tanah dari 0,5 dS/m hingga 12,2 dS/m menurunkan kadar air relatif daun, kadar klorofil ab daun, kadar K⁺ akar dan daun, nisbah K⁺/Na⁺ pada akar dan daun, serta hasil biji, tetapi juga meningkatkan kadar Na⁺ dan Cl⁻ tanaman pada semua genotipe kedelai yang diuji. Genotipe G5, G8, G9, G10 dan G11 mempunyai: KARD, kadar klorofil ab, kadar K⁺ daun, nisbah K/Na akar dan daun, serta hasil biji lebih tinggi serta kadar Na⁺ dan Cl⁻ akar dan daun lebih rendah dibandingkan genotipe/ varietas lainnya.

Kata kunci: salinitas, fisiologis, *Glycine max*

ABSTRACT

Physiological and yield responses of several soybean (*Glycine max* L. Merr.) genotypes on salt stress. Salt tolerant genotype is an effective and efficient component of technology in extending soybean area to saline soils. The information on physiological characters and seed yield is crucial in developing variety tolerant to salt stress, and therefore the study was undertaken. The pot experiment was conducted at the greenhouse of Iletri. Eleven Indonesian soybean genotypes were tested in four levels of soil salinity i.e. 0.5, 5.8, 8.4 and 12.2 dS/m. Salt stress was applied at 21 DAS during 31 days. The results showed that those genotypes respond differently to those

salinity levels. The increase of salinity from 0.5 to 12.2 dS/m decreased RWC and chlorophyll content of leaves, K⁺ concentrations and K⁺/Na⁺ ratio on leaves and roots, seed yield, but it increased Na⁺ and Cl⁻ concentrations that toxic to the crops. IAC100/Burangrang/Malabar-10-KP-21-50 and Argopuro//IAC100 genotypes indicated saline tolerant up to 12.2 dS/m. Genotypes tolerant to salinity experienced less decrease in KARD, chlorophyll and K⁺ content of leaves, Na⁺ and Cl⁻ contents compared to those of sensitive genotypes. The mechanism of salinity tolerance was shown by increasing the ability of plants to uptake more K⁺ ions and limited the uptake of Na⁺ and Cl⁻ (toxic ions). Dry seed weight per plant positively correlated with RWC and chlorophyll content of leaves, K⁺ concentration and K⁺/Na⁺ ratio of leaves and roots. Na⁺ and Cl⁻ concentrations in the leaves and roots had negative effect on the seed yield.

Keywords: salinity, physiological, *Glycine max*

PENDAHULUAN

Luas lahan salin di Indonesia diperkirakan 440.300 ha, terdiri atas agak salin 304.000 ha dan salin 140.300 ha (Rachman *et al.* 2007). Peningkatan garam terlarut dalam tanah dapat terjadi melalui hasil pelapukan batuan induk tanah, proses salinisasi, intrusi air laut, penggunaan pupuk kimia yang berlebihan, pengairan intensif dengan kualitas air buruk, pembukaan hutan, pembukaan ladang pengembalaan, dan pencemaran bahan kimia (Roesmarkam dan Yuwono 2002; Dajic 2006).

Peningkatan lahan yang terpengaruh garam diperkirakan akan terus meluas akibat tidak langsung dari perubahan iklim global. Peningkatan kadar garam dalam larutan tanah berdampak buruk bagi tanaman yang tumbuh di atasnya termasuk kedelai (*Glycine max* L. Merr.). Tanaman yang tercekam salinitas menghadapi setidaknya tiga masalah utama yaitu: kekurangan air, toksisitas ion, dan ketidakseimbangan ion. Ketersediaan air berkurang karena peningkatan potensial osmotik air tanah yang menyebabkan hilangnya turgor sel. Ion Na dan Cl yang berlebihan sehingga bersifat racun bagi tanaman. Ter-

ganggunya metabolisme dan pertumbuhan tanaman seperti aktivitas enzim, stabilitas membran, dan peningkatan produksi *Reactive Oxygen Species*/ROS (Marschner 1995).

Adaptasi tanaman pada lingkungan salin dapat melalui satu atau lebih mekanisme utama seperti yang dirangkum Dajic (2006): (1) penghindaran secara fenologi yang berkaitan dengan kemampuan menyelesaikan siklus hidup pada periode pertumbuhan yang menguntungkan, (2) penghindaran garam melalui pengeluaran/eksklusi garam misalnya natrium, (3) penghindaran garam melalui ekskresi garam melalui kelenjar dan kantung garam, (4) pengenceran konsentrasi garam dalam jaringan tanaman yang lebih sukulen/mengandung lebih banyak air, (5) mengakumulasi dan pengasingan garam ke dalam vakuola, (6) toleransi biokimia melalui adaptasi organel sel dan sistem makromolekul, dan (7) toleransi nutrisi, penggunaan K dan Ca untuk mengurangi pengaruh meracun ion natrium yang berlebihan. Bagi tanaman yang terpapar garam akan mengalami dua fase yaitu fase cepat dan fase lambat (Munns dan Tester 2008). Pada fase cepat, tanaman yang terpapar garam dalam waktu singkat akan mengalami penurunan ketersediaan air yang sangat cepat melalui komponen osmotik sehingga membatasi pertumbuhan tanaman. Pada fase lambat, setelah terpapar garam dalam waktu yang lama akan terjadi fase lambat ionik yaitu akumulasi ion Na^+/Cl^- pada jaringan tanaman yang menyebabkan keracunan dan atau ketidakseimbangan ion.

Kedelai termasuk tanaman yang agak peka terhadap cekaman salinitas (*moderately salt sensitive*). Hasil biji kedelai turun 20% dan 56% berturut-turut pada salinitas tanah 4,0 dS/m dan 6,7 dS/m (Katerji *et al.* 2003). Potensi hasil 50% pada kedelai dicapai pada salinitas tanah 7,5 dS/m, pada kacang tanah 4,9 dS/m, kacang 6,8 dS/m, kacang tunggak 4,9 dS/m dan kacang buncis 3,6 dS/m (Landon 1984). Pada kadar salinitas 120mM (setara 10 dS/m) terjadi perbedaan respons di antara genotipe kedelai yang berbeda (Valencia *et al.* 2008). Pada kadar NaCl (70, 80, 90 dan 100 mM) atau 6,1; 7,0; 7,9; dan 8,7 dS/m genotipe kedelai menunjukkan perbedaan respons terhadap cekaman salinitas selama fase perkecambahan (Yuniati 2004). Eksplan kedelai Wilis mampu tumbuh pada media kultur jaringan hingga konsentrasi NaCl 8 g/l atau sekitar 12 dS/m (Lubis 2005).

Kedelai berpotensi untuk dikembangkan di tanah salin. Hal ini karena batas toleransi cekaman salinitas pada kedelai lebih tinggi dibandingkan kacang tanah, kacang babi, kacang tunggak, dan kacang buncis. Selain itu juga peran strategis kedelai dalam memenuhi kebutuhan masyarakat akan protein nabati dan zat fungsional yang terdapat dalam kedelai. Penurunan

areal tanam kedelai di lahan optimal karena harus bersaing dengan padi, jagung, dan tebu mengharuskan alternatif pengembangan ke lahan sub optimal termasuk lahan salin. Untuk itu diperlukan penelitian untuk menguji beberapa genotipe kedelai terhadap cekaman salinitas. Dari penelitian ini diharapkan akan diperoleh data dan informasi karakter fisiologis serta hasil biji genotipe kedelai yang toleran terhadap salinitas untuk acuan perakitan varietas kedelai toleran salinitas.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan di rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi), Malang pada Februari hingga Juni 2013. Percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok faktorial, tiga ulangan. Faktor pertama adalah sebelas genotipe kedelai, dan faktor kedua adalah empat tingkat salinitas tanah. Genotipe/varietas kedelai, yaitu: Wilis, Tanggamus, Gema, (G4) LK/3474-403, (G5) SU-7-1014, (G6) MLG 2805-962, (G7) MLG 3474-991, (G8) IAC100/Burangrang/Malabar-10-KP-21-50, (G9) IAC100/Burangrang/Malabar-10-KP-30-75, (G10) Argomulyo/IAC100-10-KP-40-120 dan (G11) Argopuro/IAC100. Tingkat salinitas tanah terdiri atas: 0,5 dS/m (L1), 5,8 dS/m (L2), 8,4 dS/m (L3), dan 12,2 dS/m (L4).

Benih kedelai berasal dari koleksi plasma nutfah Balitkabi. Tanah untuk media tanam diambil dari Muneng, Probolinggo pada kedalaman 0-20 cm dengan DHL tanah 0,9-1,4 dS/m. Sifat kimia tanah sebelum tanam disajikan pada (Tabel 1). Tanah tersebut berstatus pH netral dengan kadar C-organik, N-total dan bahan organik berstatus rendah, sedangkan kadar P, K-dd, Na-dd, Ca-dd dan SO_4 berstatus tinggi serta Mg-dd berstatus sedang. Tanah ini termasuk dalam kelas tanah lempung berdebu dengan komposisi fraksi pasir, debu dan liat masing-masing 20, 61, dan 19%, serta kadar air tanah kapasitas lapang mencapai 30% (w/w) dan pada titik layu permanen sebesar 11% (w/w). Suhu udara di dalam rumah kaca rata-rata sebesar 29,6 °C dan rata-rata kelembaban udara 65,8%. Air laut diambil dari Pantai Selatan, Kabupaten Malang dengan DHL 56,2 dS/m.

Tingkat salinitas tanah diperoleh dengan cara menyiram tanah menggunakan air yang berbeda salinitasnya, yang dibuat dengan mengencerkan air laut yaitu: (1) 0% air laut, DHL air /ECw 0,3 dS/m untuk menyiram perlakuan L1, (2) 10% air laut DHL air (ECw 6,29 dS/m) untuk menyiram perlakuan L2, (3) 15% air laut (ECw 9,67 dS/m) untuk menyiram perlakuan L3, dan (4) 20% air laut (ECw 12,84 dS/m) untuk menyiram perlakuan L4.

Sebanyak 6 kg tanah setara kering udara dimasukkan ke dalam polibag berukuran tinggi 30 cm dan diameter 28 cm. Benih kedelai ditanam dua biji setiap polibag. Perlakuan salinitas diberikan setelah tanaman memasuki fase pertumbuhan V2 ke V3 (Fehr dan Caviness 1977) atau umur 21 hari setelah tanam, kemudian dihentikan setelah salinitas tanah mencapai nilai DHL sesuai perlakuan. Pada penelitian ini, DHL tanah sesuai perlakuan tercapai setelah 31 hari penyiraman. Penyiraman selanjutnya menggunakan air dari kran. Pemberian air menggunakan metode gravimetri, yaitu dengan menambahkan air sampai kapasitas lapang sesuai jumlah air yang hilang melalui proses evapotranspirasi yang diketahui dengan cara penimbangan. Tanaman dipelihara secara intensif dengan melakukan pengendalian hama, patogen, dan gulma sampai panen (95% polong berwarna kuning/coklat dan daun telah rontok).

Salinitas tanah diukur dengan mengambil contoh tanah dalam polibag pada kedalaman 10 cm. kemudian dikeringanginkan dan ditimbang 10 g serta dilakukan pengenceran dengan air bebas ion sebanyak 50 ml atau nisbah 1:5. Pengocokan dilakukan selama 30 menit kemudian diendapkan selama 2 jam dan disaring menggunakan kertas saring selanjutnya diukur menggunakan konduktometer. Hasil pengukuran ini kemudian dikonversi untuk penyetaraan pada kondisi ekstrak pasta tanah jenuh $ECs = \{(EC\ 1:5) \times 7.351\}$ 0.568 (Hachica 2005). Kadar air relatif daun (KARD) diukur saat 53 HST/32 hari setelah aplikasi salinitas ketika terlihat gejala keracunan garam pada skala 3 menurut (Dong Lee *et al.* 2008). Kadar air relatif daun diamati pada daun ketiga dari pucuk yang telah membuka sempurna, kemudian ditimbang bobot segarnya setelah itu direndam dalam air selama 12 jam untuk mendapatkan bobot jenuh. Contoh daun kemudian dioven selama 48 jam dengan suhu 70–80 °C untuk mendapatkan bobot kering oven.

Kadar klorofil daun, diukur pada saat tanaman kedelai sudah ada yang menunjukkan skor keracunan visual pada skala = 3 menurut (Dong Lee *et al.* 2008) dengan metode spektrofotometer pada daun ketiga dari daun paling atas. Penentuan kadar klorofil dalam jaringan tanaman dilakukan dengan mengekstrak pigmen klorofil dengan Aseton dan pengukuran menggunakan spektrofotometer pada λ 663 nm dan 645 nm.

Kadar Na^+ , K^+ dan Cl^- pada daun dan akar, diukur pada saat tanaman sudah ada yang menunjukkan skor keracunan visual pada skala = 3 dengan metode Spektrofotometer Serapan Atom (AAS). Penetapan unsur Na dan K jaringan tanaman dilakukan dengan pengabuan basah menggunakan HNO_3 dan $HClO_4$ sedangkan unsur Cl jaringan tanaman menggunakan metode Vogel pada λ 460 nm.

Bobot kering biji per tanaman ditimbang dari semua biji yang dihasilkan setiap tanaman setelah biji dikeringkan dalam oven pada suhu 40–50 °C selama 48 jam. Penurunan hasil biji dihitung dari selisih masing-masing level salinitas dengan kontrol (salinitas L1: 0,5 dS/m).

Untuk menentukan respons tanaman terhadap perlakuan, data dianalisis dengan sidik ragam menurut rancangan acak kelompok. Analisis dilanjutkan dengan uji F pada taraf ketelitian 5%. Apabila uji F nyata dan tidak ada interaksi antara genotipe dengan perlakuan, analisis dilanjutkan dengan uji DMRT antar-level tiap faktor secara terpisah dengan ketelitian 5%, bila terdapat interaksi analisis dilanjutkan dengan uji DMRT antarkombinasi perlakuan yang berinteraksi dengan ketelitian 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Air Relatif Daun (KARD)

Salinitas tanah dan genotipe berpengaruh terhadap kandungan air relatif daun. Peningkatan cekaman salinitas menurunkan KARD pada semua genotipe kedelai pada umur 32 hari setelah perlakuan atau 53 hari HST (Tabel 2). KARD terlihat semakin menurun dengan peningkatan kadar salinitas. Pada tingkat salinitas tertinggi 12,2 dS/m, genotipe G8 dan G11 mempunyai KARD lebih tinggi dibandingkan KARD genotipe yang lain. KARD varietas Gema (G3) terendah pada tingkat salinitas tertinggi (12,2 dS/m).

Penurunan KARD pada kedelai akibat peningkatan salinitas juga dilaporkan oleh Weisany *et al.* (2011); Wu *et al.* (2014), dan Ghoulam *et al.* (2002). Kadar air relatif daun berkorelasi nyata positif dengan hasil biji, kadar K^+ akar dan daun, nisbah K^+/Na^+ akar dan daun serta kadar klorofil ab daun, sebaliknya berkorelasi nyata negatif dengan kadar Na^+ akar maupun daun dan kadar Cl^- baik pada akar maupun daun (Tabel 2). Hal ini berarti bahwa dengan KARD yang tinggi, proses metabolisme tumbuhan akan berlangsung optimal, sesuai dengan penjelasan Katerji *et al.* (1997) bahwa penurunan kadar air relatif daun akibat cekaman salinitas mengindikasikan penurunan turgor akibat terbatasnya ketersediaan air untuk proses pertumbuhan sel.

Pada tingkat salinitas 12,2 dS/m, dua genotipe kedelai yaitu G8 dan G11 mempunyai KARD lebih tinggi dibandingkan genotipe yang lain, sehingga kemungkinan genotipe ini cukup toleran terhadap cekaman salinitas. Genotipe dengan KARD paling rendah adalah G3, kemungkinan genotipe ini terindikasi peka terhadap cekaman salinitas. Pada penelitian terdahulu kedelai liar menunjukkan toleransi terhadap cekaman salinitas lebih baik karena kemampuannya

Tabel 1. Sifat kimia tanah sebelum perlakuan salinitas pada sebelas genotipe kedelai di rumah kaca. Malang, 2013.

pH H ₂ O	C-organik	N total (%)	Bahan organik	P (Olsen)	K-dd	Ca-dd (ppm)	Mg-dd	SO ₄	Na-dd (Me/100 g)
6,5	0,88	0,14	1,51	23,70	0,77	11,24	1,16	94,18	0,99
N	R	R	R	T	T	T	S	T	T

Tanah dianalisis di Lab. Kimia Tanah. Universitas Brawijaya, Malang. N=netral, R=Rendah, S=Sedang, T=Tinggi.

Tabel 2. Kadar air relatif daun (KARD) sebelas genotipe kedelai umur 32 hari setelah penyiraman pada empat tingkat salinitas tanah.

Genotipe/ varietas	KARD (%)			
	0,5 dS/m	5,8 dS/m	8,4 dS/m	12,2 dS/m
Wilis	89,1 ab	83,6 b-j	77,9 h-p	72,1 o-r
Tanggamus	86,7 a-d	78,9 f-p	72,9 n-r	74,6 l-q
Gema	86,8 a-d	79,4 e-o	76,3 j-q	59,8 s
G4	92,3 a	78,7 f-p	78,3 g-p	66,0 r
G5	85,0 b-h	80,5 d-m	77,8 h-p	70,2 qr
G6	88,2 a-c	81,3 c-l	72,3 o-r	74,6 l-q
G7	85,4 a-g	79,9 d-n	73,2 m-q	72,5 o-r
G8	89,1 ab	83,7 b-i	81,5 c-l	76,7 i-q
G9	89,3 ab	82,1 b-k	72,9 n-r	70,0 q-r
G10	86,3 a-e	76,6 i-q	75,5 k-q	71,9 p-r
G11	89,2 ab	85,7 a-f	82,6 b-k	77,1 i-q

Angka yang diikuti oleh huruf sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT; notasi a-d sesuai huruf pada urutan abjad yaitu abcd; G=Genotipe.

dapat memelihara potensial air daun dan KARD lebih baik (Wu *et al.* 2014).

Kadar Klorofil Daun

Kadar klorofil ab daun masing-masing genotipe bervariasi akibat perbedaan tingkat salinitas (Tabel 3). Peningkatan salinitas tanah sampai 5,8 dS/m belum menurunkan kadar klorofil ab daun pada sebelas genotipe kedelai, tetapi pada salinitas 8,4 dS/m terjadi penurunan kadar klorofil sebesar 4,9%, dan turun 15% pada salinitas tanah 12,2 dS/m (Tabel 2). Secara umum terjadi penurunan kadar klorofil ab pada semua genotipe akibat peningkatan salinitas tanah 0,5 dS/m hingga 8,4 dS/m, sedangkan antara 8,4 dS/m hingga 12,2 dS/m relatif konstan. Pada tingkat salinitas 12,2 dS/m genotipe G10 mempunyai kadar klorofil ab tertinggi diikuti G7 sedangkan genotipe dengan kadar klorofil ab terendah adalah genotipe G4.

Berdasarkan kadar klorofil ab pada tingkat salinitas 8,4–12,2 dS/m genotipe G7, G8, G10 dan G11 berpeluang menjadi genotipe toleran terhadap cekaman salinitas, karena kadar klorofil daun relatif tetap tinggi meskipun terpapar garam dalam konsentrasi tinggi. Kondisi serupa terjadi pada tiga spesies kedelai *Glycine*

tomentela paling toleran dibandingkan *G. tabacina* dan *G. sojae* pada tingkat salinitas hingga 85 mM NaCl didasarkan pada aktivitas fotosintesis dan kadar klorofil daun yang lebih tinggi (Kao *et al.* 2003). Penurunan kandungan klorofil ini berkaitan dengan stabilitas membran yang terganggu akibat cekaman salinitas (Ashraf *et al.* 2005), kemungkinan disebabkan oleh peningkatan degradasi klorofil/peningkatan aktivitas enzim klorofilase, kerusakan struktur kloroplas dan hambatan sintesis pigmen (Stepien dan Klobus 2006; Reddy dan Vora 1986; Singh dan Dubey 1995). Kadar klorofil ab daun mempunyai hubungan kuat positif dengan KARD, kadar K⁺ akar dan daun, nisbah K⁺/Na⁺ akar dan daun serta hasil biji, tetapi berkorelasi kuat negatif dengan kadar Na⁺ dan Cl⁻ baik pada akar maupun daun (Tabel 3). Hal ini dapat berarti kadar klorofil daun yang tinggi memungkinkan kadar K tanaman lebih tinggi sehingga hasil biji yang dicapai tinggi pula.

Kadar K⁺, Na⁺ dan Cl⁻ Tanaman

Kadar K⁺ di dalam akar dan daun semua genotipe kedelai yang diuji cenderung turun dengan meningkatnya salinitas (Tabel 4 dan Tabel 5). Menurunnya

Tabel 3. Kadar klorofil ab sebelas genotipe kedelai pada umur 32 hari setelah penyiraman pada empat tingkat salinitas tanah.

Genotipe/ varietas	Kadar klorofil ab daun (mg/g bobot segar)			
	0,5 dS/m	5,8 dS/m	8,4 dS/m	12,2 dS/m
Wilis	2,19 p	2,40 lm	1,80 t	2,34 n
Tanggamus	2,28 o	2,30 o	1,35 w	1,67 v
Gema	1,97 r	2,08 q	1,84 s	1,81 t
G4	2,34 n	1,98 r	2,33 n	1,37 w
G5	2,57 j	2,74 cd	2,47 k	2,20 p
G6	2,30 o	2,42 l	2,20 p	2,38 m
G7	2,40 lm	2,82 a	2,64 h	2,77 b
G8	2,62 i	2,46 k	2,39 m	2,70 f
G9	2,70 f	1,76 u	1,82 st	1,77 u
G10	2,40 lm	2,20 p	2,73 de	2,80 a
G11	2,71 ef	2,62 hi	2,76 bc	2,68 g

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT; notasi a-d sesuai huruf pada urutan abjad yaitu abcd; G=Genotipe.

kadar K⁺ dalam akar maupun daun mengindikasikan penyerapan K⁺ terganggu akibat peningkatan salinitas tanah. Kadar K⁺ akar lebih rendah dibandingkan kadar K⁺ daun. Pada tingkat salinitas 12,2 dS/m, kadar K⁺ akar genotipe G11 dan G8 paling tinggi dibandingkan genotipe lainnya (Tabel 4). Varietas Wilis, Tanggamus dan genotipe G6 mempunyai kadar K⁺ akar lebih rendah dibandingkan genotipe kedelai lainnya, selain dua genotipe di atas.

Kadar K⁺ daun memperlihatkan pola kecenderungan sama dengan kadar K⁺ akar. Peningkatan salinitas tanah menurunkan kadar K⁺ daun semua genotipe kedelai (Tabel 5). Genotipe G11, G8, dan G9 mempunyai kadar K⁺ daun yang tetap tinggi meskipun pada tingkat salinitas tertinggi (12,2 dS/m), sedangkan varietas Tanggamus mempunyai kadar K⁺ daun paling rendah, diikuti varietas Wilis dan genotipe G6.

Kadar Na⁺ akar dan daun semua genotipe yang diuji meningkat dengan semakin tingginya salinitas tanah (Tabel 6). Kadar Na⁺ akar lebih tinggi dibandingkan kadar Na⁺ daun. Pada tingkat salinitas 12,2 dS/m, genotipe G5 dan varietas Tanggamus mempunyai kadar Na⁺ akar lebih tinggi dibandingkan genotipe lainnya, sedangkan varietas Gema, genotipe G7 dan G11 mempunyai kadar Na⁺ akar lebih rendah. Pada salinitas 12,2 dS/m, genotipe G11 dan G7 mempunyai kadar Na⁺ daun terendah, sedangkan varietas Tanggamus dan G5 mempunyai kadar Na⁺ daun tertinggi (Tabel 7).

Nisbah K⁺/Na⁺ pada akar lebih kecil daripada daun, dan nilainya beragam antargenotipe pada setiap

tingkat salinitas (Tabel 8). Peningkatan salinitas menurunkan kadar K⁺ akar dan daun semua genotipe yang diuji. Hal ini mengindikasikan penyerapan K⁺ tanaman terganggu akibat peningkatan salinitas tanah. Sebaliknya penyerapan Na⁺ cenderung meningkat dengan meningkatnya salinitas tanah. Pada tingkat salinitas 12,2 dS/m, genotipe G7, G8, G10, dan G11 mempunyai nisbah K⁺/Na⁺ akar lebih tinggi dibandingkan genotipe yang lain, sedangkan genotipe G4 mempunyai nisbah K⁺/Na⁺ paling rendah.

Tabel 4. Kadar K⁺ akar sebelas genotipe kedelai umur 32 hari setelah penyiraman pada empat tingkat salinitas tanah.

Genotipe/ varietas	Kadar K ⁺ akar (mg/g bobot kering)			
	0,5 dS/m	5,8 dS/m	8,4 dS/m	12,2 dS/m
Wilis	21,6 f-j	20,3 k-m	20,5 j-l	17,5 qr
Tanggamus	21,1 h-k	21,0 i-k	19,0 n-p	17,5 qr
Gema	22,4 d-g	21,9 e-i	18,3 pq	19,7 l-n
G4	22,1 d-i	22,6 d-f	17,7 q-r	20,3 k-m
G5	21,1 h-k	22,7 de	19,3 m-p	19,2 m-p
G6	21,6 e-j	19,5 l-o	21,8 e-i	18,5 o-q
G7	25,4 a	23,1 cd	25,1 a	20,2 k-m
G8	22,6 d-f	19,3 m-p	22,2 d-h	23,9 bc
G9	21,6 e-j	17,0 r	18,5 o-q	22,2 d-h
G10	21,3 g-k	24,7 ab	24,0 bc	20,3 k-m
G11	24,0 bc	23,8 bc	23,1 cd	24,5 ab

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT; notasi a-d sesuai huruf pada urutan abjad yaitu abcd; G=Genotipe.

Tabel 5 Kadar K⁺ daun sebelas genotipe kedelai umur 32 hari setelah penyiraman pada empat tingkat salinitas tanah.

Genotipe/ varietas	Kadar K ⁺ daun (mg/g bobot kering)			
	0,5 dS/m	5,8 dS/m	8,4 dS/m	12,2 dS/m
Wilis	30,0 l	28,4 p	28,2 q	25,2 x
Tanggamus	28,8 o	29,0 n	27,1 u	25,5 w
Gema	30,8 i	29,7 m	26,4 v	27,5 s
G4	30,0 l	30,6 j	25,6 w	28,1 qr
G5	29,0 n	30,8 i	27,5 s	27,1 u
G6	30,2 k	27,3 t	29,5 m	26,3 v
G7	33,3 a	31,2 gh	32,9 b	28,0 r
G8	30,6 j	27,1 u	31,1 h	31,6 f
G9	29,7 m	25,0 y	26,4 v	30,5 j
G10	29,1 n	33,0 b	32,1 de	28,4 p
G11	31,9 e	32,2 cd	31,3 g	32,3 c

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT; notasi a-d sesuai huruf pada urutan abjad yaitu abcd; G=Genotipe.

Tabel 6. Kadar Na⁺ akar sebelas genotipe kedelai umur 32 hari setelah penyiraman pada empat tingkat salinitas tanah.

Genotipe/ varietas	Na ⁺ akar (mg/g bobot kering)			
	0,5 dS/m	5,8 dS/m	8,4 dS/m	12,2 dS/m
Wilis	1,53 a-c	1,26 n-q	1,41 f-l	1,35 h-l
Tanggamus	1,46 c-g	1,42 e-h	1,40 g-j	1,56 ab
Gema	1,25 o-q	1,48 c-f	1,35 h-l	1,29 l-p
G4	1,20 q-s	1,56 ab	1,28 l-p	1,37 h-k
G5	1,25 o-q	1,32 k-o	1,27 m-o	1,60 a
G6	1,40 g-i	1,20 q-s	1,46 c-g	1,33 j-n
G7	1,23 p-r	1,08 u-w	1,18 r-t	1,29 l-p
G8	1,07 u-w	1,12 tu	1,52 b-d	1,34 i-m
G9	1,11 t-v	1,48 c-e	1,55 ab	1,39 g-k
G10	1,16 st	1,11 t-v	1,01 w	1,45 d-g
G11	1,05 vw	1,12 tu	1,16 st	1,30 l-p

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT; notasi a-d sesuai huruf pada urutan abjad yaitu abcd; G=Genotipe.

Tabel 7. Kadar Na⁺ daun sebelas genotipe kedelai umur 32 hari setelah penyiraman pada empat tingkat salinitas tanah.

Genotipe/ varietas	Na ⁺ (mg/g bobot kering) daun			
	0,5 dS/m	5,8 dS/m	8,4 dS/m	12,2 dS/m
Wilis	0,70 cd	0,57 p-r	0,66 g-i	0,63 jk
Tanggamus	0,68 c-f	0,66 f-i	0,64 ij	0,72 bc
Gema	0,56 q-s	0,69 de	0,62 kl	0,60 l-n
G4	0,54 s-o	0,73 ab	0,59 n-p	0,63 jk
G5	0,57 o-r	0,61 k-m	0,58 n-q	0,74 a
G6	0,64 ij	0,54 tu	0,67 e-g	0,63 jk
G7	0,55 r-t	0,47 y	0,53 tu	0,59 n-p
G8	0,47 y	0,53 uv	0,70 cd	0,61 k-m
G9	0,50 wx	0,69 de	0,73 ab	0,65 h-j
G10	0,53 uv	0,50 x	0,45 y	0,67 e-h
G11	0,46 y	0,51 u-x	0,52 u-w	0,59 m-o

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT; notasi a-d sesuai huruf pada urutan abjad yaitu abcd; G=Genotipe.

Peningkatan salinitas menurunkan nisbah K⁺/Na⁺ pada daun semua genotipe yang diuji (Tabel 9). Pada tingkat salinitas 12,22 dS/m, genotipe G7, G10, G11 dan G8 mempunyai nisbah K⁺/Na⁺ daun lebih tinggi dibandingkan genotipe lainnya, sedangkan genotipe G4 mempunyai nisbah K⁺/Na⁺ daun paling kecil.

Kadar Cl⁻ akar dan daun semua genotipe yang diuji meningkat dengan peningkatan salinitas tanah (Tabel 10 dan Tabel 11). Kadar Cl⁻ akar lebih tinggi daripada Cl⁻ daun. Pada tingkat salinitas 12,2 dS/

Tabel 8. Nisbah K⁺/Na⁺ akar sebelas genotipe kedelai umur 32 hari setelah penyiraman pada empat tingkat salinitas tanah.

Genotipe/ varietas	K ⁺ /Na ⁺ akar			
	0,5 dS/m	5,8 dS/m	8,4 dS/m	12,2 dS/m
Wilis	11,46 u	15,95 mn	14,41 q	16,33 l
Tanggamus	12,01 t	13,56 r	15,06 p	13,39 r
Gema	15,80 n	17,41 j	16,18 lm	12,48 s
G4	16,87 k	16,14 lm	17,59 j	11,38 u
G5	15,29 op	13,22 r	17,96 i	14,63 q
G6	13,24 r	16,32 l	13,37 r	18,16 i
G7	16,45 l	19,64 g	19,72 g	23,30 b
G8	22,22 c	16,86 k	12,69 s	19,74 g
G9	20,13 f	15,46 o	10,98 v	12,57 s
G10	20,13 j	14,69 q	24,29 a	21,71 d
G11	23,29 b	18,48 h	20,69 e	20,60 e

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT; notasi a-d sesuai huruf pada urutan abjad yaitu abcd; G=Genotipe.

Tabel 9. Nisbah K⁺/Na⁺ daun sebelas genotipe kedelai umur 32 hari setelah penyiraman pada empat tingkat salinitas tanah.

Genotipe/ varietas	K ⁺ /Na ⁺ daun			
	0,5 dS/m	5,8 dS/m	8,4 dS/m	12,2 dS/m
Wilis	35,65 v	47,08 o	43,22 r	49,83 l
Tanggamus	37,29 u	40,08 s	44,84 pq	40,80 s
Gema	48,76 mn	51,30 jk	48,04 no	38,22 tu
G4	51,78 j	47,66 no	52,10 j	35,10 vw
G5	47,35 o	38,88 t	53,13 i	44,70 q
G6	40,82 s	48,10 no	40,58 s	54,87 h
G7	50,54 kl	56,72 g	58,67 f	69,31 b
G8	66,88 c	49,70 lm	38,42 t	58,96 f
G9	60,80 e	45,78 p	34,14 w	38,50 t
G10	53,97 hi	43,54 r	72,61 a	64,64 d
G11	69,96 b	54,01 hi	61,08 e	61,60 e

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT; notasi a-d sesuai huruf pada urutan abjad yaitu abcd; G=Genotipe.

m genotipe G4, varietas Gema, dan G9 mempunyai kadar Cl⁻ akar lebih tinggi dibandingkan genotipe lainnya, sedangkan genotipe G7, G8, G10, dan G11 mempunyai kadar Cl⁻ akar lebih rendah (Tabel 10). Kadar Cl⁻ daun semakin meningkat dengan peningkatan salinitas tanah. Kadar Cl⁻ daun varietas Tanggamus dan genotipe G5 pada tingkat salinitas 12,2 dS/m lebih tinggi dibandingkan genotipe lainnya (Tabel 11). Genotipe G11 mempunyai kadar Cl⁻ daun lebih rendah dibandingkan genotipe lainnya pada tingkat salinitas 12,2 dS/m.

Tabel 10. Kadar Cl⁻ akar sebelas genotipe kedelai umur 32 hari setelah penyiraman pada empat tingkat salinitas tanah.

Genotipe/ varietas	Cl ⁻ akar (mg/g bobot kering)			
	0,5 dS/m	5,8 dS/m	8,4 dS/m	12,2 dS/m
Wilis	1,32 ab	1,19 e-h	1,23 d-f	1,14 g-k
Tanggamus	1,27 b-d	1,34 a	1,23 d-f	1,24 c-e
Gema	1,14 g-k	1,15 g-j	1,21 d-g	1,28 a-d
G4	1,10 i-n	1,21 d-g	1,16 f-i	1,34 ab
G5	1,14 g-k	1,32 ab	1,14 g-j	1,18 e-i
G6	1,23 d-f	1,18 e-i	1,28 a-d	1,11 i-m
G7	1,12 h-l	1,16 f-i	1,08 j-o	1,02 o-q
G8	1,02 o-q	1,19 e-h	1,31 a-c	1,04 m-q
G9	1,03 n-q	1,23 d-f	1,33 ab	1,28 a-d
G10	1,07 k-p	1,27 b-d	0,98 q	1,04 m-q
G11	1,00 pq	1,16 f-i	1,06 l-p	1,04 m-q

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT; notasi a-d sesuai huruf pada urutan abjad yaitu abcd; G=Genotipe.

Tabel 11. Kadar Cl⁻ daun sebelas genotipe kedelai umur 32 hari setelah penyiraman pada empat tingkat salinitas tanah.

Genotipe/ varietas	Cl ⁻ daun (mg/g bobot kering)			
	0,5 dS/m	5,8 dS/m	8,4 dS/m	12,2 dS/m
Wilis	1,24 bc	1,15 hi	1,17 fg	1,06 o-q
Tanggamus	1,21 de	1,26 ab	1,16 gh	1,18 fg
Gema	1,05 pq	1,10 kl	1,12 jk	1,22 cd
G4	1,03 rs	1,14 ij	1,08 l-n	1,27 a
G5	1,06 n-p	1,24 bc	1,07 m-p	1,12 jk
G6	1,16 gh	1,14 ij	1,19 ef	1,02 r-t
G7	1,04 qr	1,08 m-o	1,01 st	0,93 v
G8	0,93 v	1,12 jk	1,24 bc	1,00 t
G9	0,97 u	1,16 gh	1,28 a	1,21 de
G10	1,00 t	1,19 f	0,91 v	0,96 u
G11	0,92 v	1,09 lm	1,00 t	0,98 u

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT; notasi a-d sesuai huruf pada urutan abjad yaitu abcd; G=Genotipe.

Peningkatan cekaman salinitas menurunkan kadar K⁺ jaringan tanaman, tetapi meningkatkan kadar Na⁺ dan Cl⁻ baik pada akar maupun daun. Akar mengandung lebih banyak Na⁺ dan Cl⁻ dibandingkan daun. Genotipe G7, G8, G10, dan G11 mempunyai kadar Na⁺ dan Cl⁻ pada akar dan daun lebih sedikit dibanding genotipe lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa genotipe-genotipe tersebut mempunyai sifat toleran terhadap cekaman salinitas. Salah satu mekanisme toleransi tanaman terhadap cekaman salinitas adalah

dengan mengurangi akumulasi ion toksik seperti Na⁺ dan Cl⁻ (Munns dan Tester 2008). Pada kultivar toleran salinitas, kadar Na⁺, dan Cl⁻ pada jaringan tanaman lebih sedikit dibandingkan kultivar peka (Hussain *et al.* 2012; Chen *et al.* 2013; Kao *et al.* 2006). Tanaman yang toleran salinitas mempunyai laju transportasi Na⁺ dan Cl⁻ ke daun lebih rendah dan mempunyai kemampuan untuk mengasingkan (*compartments*) ion ke dalam vakuola sebagai upaya untuk melindungi sitoplasma atau dinding sel serta untuk menghindarkan diri dari keracunan garam (Munns 2002). Hal ini sesuai dengan pendapat Wyn Jones (1981), Ahsraf (1994), bahwa umumnya tanaman yang mengalami cekaman salinitas akan mengakumulasi ion Na⁺ dan Cl⁻ lebih banyak di akar dan mengeluarkannya melalui tajuk tanaman.

Pada kondisi cekaman salinitas, nisbah K⁺/Na⁺ tajuk yang tinggi merupakan indikator toleransi tanaman. Kadar Na yang berlebihan akan bersifat racun bagi tanaman. Pada genotipe yang toleran mengakumulasi Na dalam jumlah lebih sedikit. Nisbah K⁺/Na⁺ di dalam akar lebih kecil dibandingkan pada daun, tetapi keduanya memperlihatkan kecenderungan yang sama. Pada tingkat salinitas 12,2 dS/m, genotipe G7, G10, G11, dan G8 mempunyai nisbah K⁺/Na⁺ pada akar maupun daun lebih tinggi dibandingkan genotipe lainnya. Pengaturan K homeostasis dan kemampuan tanaman dalam mempertahankan nisbah K⁺/Na⁺ secara optimal merupakan hal penting dalam mekanisme toleransi/adaptasi terhadap cekaman salinitas (Munns dan Tester 2008). Berdasarkan data penelitian ini dapat dikatakan bahwa mekanisme toleransi salinitas pada genotipe kedelai yang diuji adalah melalui kemampuan tanaman menyerap ion K⁺ lebih banyak serta mampu membatasi penyerapan ion meracun seperti Na⁺ dan Cl⁻.

Dilihat dari korelasi antarkarakter fisiologi dan agronomis tanaman, kadar K⁺ daun mempunyai hubungan kuat bersifat positif dengan KARD, klorofil ab, nisbah K⁺/Na⁺ tanaman serta bobot biji, tetapi berkorelasi negatif dengan kadar Na⁺ dan Cl⁻ daun (Tabel 12). Peningkatan kadar K⁺ tanaman akan diikuti oleh penurunan kadar Na⁺ dan Cl⁻ tanaman, hal ini yang diharapkan pada pembentukan varietas tanaman yang toleran salinitas.

Hasil biji dan Korelasi Berbagai Karakter

Peningkatan salinitas tanah menurunkan hasil biji semua genotipe yang diuji (Tabel 13). Genotipe G8, G10, dan G11 masih mampu menghasilkan biji lebih tinggi dibandingkan genotipe yang lain meskipun pada tingkat salinitas tertinggi 12,2 dS/m, sebaliknya varietas Tanggamus tidak dapat menghasilkan biji karena polong yang terbentuk rontok dan mengering karena

Tabel 12. Korelasi berbagai karakter fisiologi dan agronomi kedelai akibat cekaman salinitas.

	KARD	Bobot biji	K daun	Na daun	K/Na daun	Cl daun	K akar	Na akar	K/Na akar	Cl akar	Klorofil ab
Kard	1										
Bobot biji	0,75*	1									
K daun	0,28*	0,43*	1								
Na daun	-0,32*	-0,38*	-0,46*	1							
K/Na daun	0,35*	0,46*	0,76*	-0,92*	1						
Cl daun	-0,29*	-0,38*	-0,46*	0,99*	-0,91*	1					
K akar	0,24*	0,41*	0,98*	-0,47*	0,75*	-0,47*	1				
Na akar	-0,28*	-0,37*	-0,44*	0,99*	-0,89*	0,98*	-0,45*	1			
K/Na akar	0,31*	0,45*	0,80*	-0,87*	0,99*	-0,87*	0,82*	-0,87*	1		
Cl akar	-0,24*	-0,36*	-0,42*	0,97*	-0,88*	0,98*	-0,43*	0,99*	-0,86*	1	
Klorofil ab	0,23*	0,34*	0,63*	-0,49*	0,62*	-0,50*	0,63*	-0,47*	0,64*	-0,48*	1

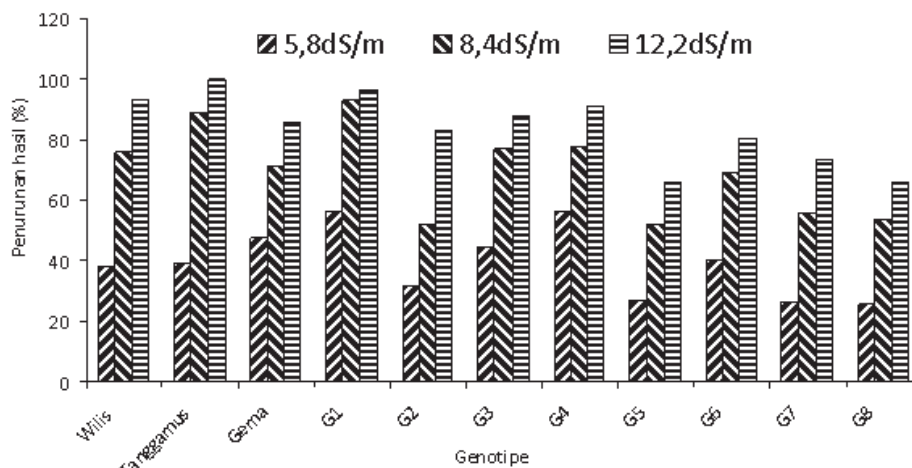
* nyata. r tabel ($\alpha = 0,05$ $n=86$) = 0,2096.

tanaman mati sebelum pengisian polong berakhir. Pengukuran toleransi terhadap cekaman salinitas salah satunya dapat dilakukan dengan melihat persentase penurunan hasilnya dibandingkan hasil biji pada kondisi optimal. Persentase penurunan hasil biji semakin meningkat dengan peningkatan kadar salinitas serta terjadi variasi persentase penurunan hasil biji pada semua genotipe yang diuji (Gambar 1). Pada tingkat salinitas 5,8 dS/m, hasil biji genotipe G4 dan G7 turun hingga 56,6% dibanding kontrol. Pada varietas Wilis, Tanggamus, Gema, genotipe G5, G6, dan G9 terjadi penurunan hasil biji sebesar 31,3–47,4%. Persentase penurunan biji paling sedikit terjadi pada genotipe G8, G10, dan G11 yaitu 25,6–26,8%. Pada tingkat salinitas 8,4 dS/m, genotipe yang mengalami penurunan hasil <56% hanya genotipe G5, G8, G10, dan G11, sedangkan genotipe lainnya mengalami penurunan hasil biji di atas 56%. Pada tingkat salinitas 12,2 dS/m, genotipe G8 dan G11 meng-

Tabel 13. Hasil biji kering per tanaman sebelas genotipe kedelai saat panen.

Genotipe/ varietas	Hasil biji kering per tanaman (g)			
	0,5 dS/m	5,8 dS/m	8,4 dS/m	12,2 dS/m
Wilis	8,7 a	5,4 d-f	2,1 l-p	0,6 q-r
Tanggamus	7,4 a-c	4,5 e-h	0,8 p-r	0,0 r
Gema	7,6 ab	4,0 f-i	2,2 k-p	1,1 o-r
G4	8,3 ab	3,6 h-k	0,6 q-r	0,3 r
G5	8,3 ab	5,7 de	4,0 f-i	1,4 n-r
G6	7,4 a-c	4,1 f-i	1,7 m-q	0,9 p-r
G7	7,6 ab	3,3 h-l	1,7 m-q	0,7 q-r
G8	7,1 bc	5,2 d-g	3,4 h-l	2,4 j-o
G9	8,7 a	5,2 d-f	2,7 i-n	1,7 m-q
G10	7,9 ab	5,8 d-e	3,5 h-l	2,1 l-p
G11	8,2 ab	6,1 cd	3,8 g-j	2,8 i-m

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT; notasi a-d sesuai huruf pada urutan abjad yaitu abcd; G=Genotipe.



Gambar 1. Penurunan hasil biji beberapa genotipe kedelai pada berbagai tingkat salinitas tanah.

alami penurunan hasil <66%, sedangkan genotipe lainnya mengalami penurunan hasil lebih dari 73%.

Berbagai karakter fisiologi dan agronomi kedelai akibat cekaman salinitas yang diamati mempunyai hubungan/korelasi yang kuat bersifat positif maupun negatif (Tabel 13). Bobot biji kering per tanaman mempunyai hubungan yang kuat bersifat positif dengan karakter KARD, K^+ akar dan daun, nisbah K^+/Na^+ akar dan daun, serta kadar klorofil ab daun. Semakin tinggi KARD akan berpengaruh positif terhadap hasil biji, demikian pula halnya dengan kadar K^+ akar dan daun, nisbah K^+/Na^+ akar dan daun serta kadar klorofil daun. Peranan K dalam tanaman sebagai unsur hara makro sangat penting demikian pula dengan klorofil daun dalam menjamin metabolisme tanaman berlangsung dengan baik mulai fase vegetatif hingga fase generatif. Lain halnya dengan unsur hara yang bersifat meracun jika terdapat dalam jumlah yang berlebihan seperti Na^+ dan Cl^- . Kadar Na^+ dan Cl^- baik pada akar maupun daun mempunyai hubungan kuat yang bersifat negatif dengan hasil biji. Pada tanah dengan kadar salinitas tinggi tanaman kedelai mengakumulasi unsur Na^+ dan Cl^- yang bersifat meracun sehingga terlihat jelas terjadi penurunan hasil biji apabila tanaman mengakumulasi banyak unsur Na^+ dan Cl^- , bahkan pada jenis yang tidak toleran tanaman akan mati.

Berdasarkan berbagai karakter fisiologi dan agronomi yang diamati genotipe (G8) IAC100/Burangrang/Malabar-10-KP-21-50, dan (G11) Argopuro/IAC100. Berdasarkan klasifikasi persentase penurunan hasil biji, indeks kepekaan cekaman dan skor keracunan visual (Purwaningrahayu *et al.* 2015) keduanya toleran hingga tingkat salinitas tanah 12,2 dS/m.

Gangguan pertumbuhan dan metabolisme selama tanaman mengalami cekaman salinitas berdampak negatif terhadap perkembangan tanaman pada fase generatif. Penurunan hasil biji lebih banyak terjadi pada genotipe yang peka terhadap cekaman salinitas. Penurunan hasil biji kedelai akibat cekaman salinitas disebabkan oleh rendahnya indeks klorofil daun dan aktivitas PS II, serta tingginya kadar prolin (Ghassemi *et al.* 2011). Hambatan fisiologis tanaman akibat gangguan osmotik dan toksisitas ion serta defisiensi nutrisi tertentu yang disebabkan oleh garam yang berlebihan mengakibatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman menjadi tidak optimal, bahkan kematian genotipe kedelai yang peka salinitas sehingga hasil bijinya sangat sedikit, atau bahkan gagal membentuk biji. Sebaliknya genotipe yang toleran salinitas masih mampu menghasilkan biji meskipun terjadi penurunan hasil biji dibandingkan kondisi optimal. Keragaman hasil biji di antara genotipe kedelai yang diuji pada

kadar salinitas yang berbeda bermanfaat untuk melakukan seleksi genotipe kedelai toleran salinitas yang berdaya hasil tinggi.

KESIMPULAN

Peningkatan salinitas tanah dari 0,5 dS/m hingga 12,2 dS/m menurunkan: (1) kadar air relatif daun, (2) kadar klorofil ab daun, (3) kadar K^+ akar dan daun, (4) nisbah K^+/Na^+ pada akar dan daun, dan (5) hasil biji; di samping itu juga meningkatkan kadar Na^+ dan Cl^- tanaman untuk semua genotipe kedelai yang diuji.

Genotipe G5, G8, G9, G10, dan G11 mempunyai karakter fisiologis dan hasil biji yang berpotensi menjadi genotipe kedelai toleran salinitas hingga tingkat salinitas 12,2 dS/m yaitu: KARD, kadar klorofil ab, kadar K^+ daun, nisbah K/Na akar dan daun, serta hasil biji lebih tinggi serta kadar Na^+ dan Cl^- akar dan daun rendah dibandingkan genotipe/varietas lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih dan penghargaan kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian atas pemberian beasiswa Program Doktor, kepada Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi atas bantuan fasilitas dan bahan penelitian serta kepada Dr. Titik Sundari, Suhartina, M.P. dan Abdullah Taufiq, M.P. atas bantuan benih kedelai dan saran-saran selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashraf, M. 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. *Crit. Rev. Plant Sci.* 13: 17–42.
- Ashraf, M.Y., K. Akhtar, G. Sarwar and M. Ashraf. 2005. Role of rooting system in salt tolerance potential of different guar accessions. *Agronomy for Sustainable Development*, 25: 243–249.
- Chen, P., K.Yan, H. Shao, S. Zhao. 2013. Physiological Mechanisms for High Salt Tolerance in Wild Soybean (*Glycine soja*) from Yellow River Delta, China: Photosynthesis, Osmotic Regulation, Ion Flux and antioxidant Capacity. *PLOS ONE* www.plosone.org. December 2013. Vol: 8. Issue: 12.
- Dajic, Z. 2006. Salt Stres. In K.V. M. Rao, A.S. Raghavendra, and K. J. Reddy (Eds). *Physiology and Molekuler Biology Stress Tolerance in Plants*. Springer. pp 41–99.
- Dong Lee, J., S.L. Smothers, D. Dunn, M. Villagarcia, C.R. Shumway, T.E. Carter, Jr., and J.G. Shannon. 2008. Evaluation of simple method to screen soybean genotypes for salt tolerance. *Crop Sci.* 48: 2194–2200.

- Fehr, W.R. and C.E. Caviness. 1977. Stages of Soybean Development. Cooperative Extension Service, Agriculture and Home Economics Exp. Stat., Iowa State Univ., Ames, Iowa.
- Ghassemi-Golezani, K., M. Taifeh-Noori, Sh. Oustan, M. Moghaddam and S. Rahmani Seyyed. 2011. Physiological Performance of Soybean Cultivars Under Salinity Stress. *J. of Plant Physiol. and Breeding*. 1(1): 1–7.
- Ghoulam, C., A. Foursy and K. Fares. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Env. and Exp. Bot.* 47(1): 39–50.
- Hachica, M. M. Mansour, S. Rejeb, R. Mougou, H. Askrim, and J. Abdelgawad. 2005. Applied research for the utilization of Brackish/saline water center of Tunisia: water use, salinity evolution and crop response. *In Proc. of Internat. Salinity Forum*. Riverside 25–27 April 2005. pp 213–216.
- Hussain S, Luro F, Costantino G, Ollitrault P, Morillon R. 2012. Physiological analysis of salt stress behaviour of citrus species and genera: Low chloride accumulation as an indicator of salt tolerance. *SAFR J Bot.* 81: 103–112.
- Kao, W-Y, T-T. Tsai, H-C. Tsai and C-N. Shih. 2006. Response of three *Glycine* species to salt stress. *Environ. and Exp. Bot.* 56: 120–126.
- Katerji, N., J.W. van Hoorn, A. Hamdy and M. Mastrorilli. 2003. Salinity effect on crop development and yield, analysis of salt tolerance according to several classification methods. *Agric Water Manage* 63: 37–66.
- Katerji, N., J.W. van Hoorn, A. Hamdy, M. Mastrorilli, E. Mou and Karzel. 1997. Osmotic adjustment of sugar beets in response to soil salinity and its influence on stomatal conductance, growth and yield. *Agric Water Manage.* 34(1): 57–69.
- Landon, J.R. 1984. *Booker Tropical Soil Manual. A Handbook for Soil Survey and Agricultural Land Evaluation in the Tropics and Subtropics*. Longman Inc. New York. USA.
- Lubis, K. 2005. Morfologi ultrastruktur akar kultur embrio beberapa varietas kedelai (*Glycine max* L. Merr) pada berbagai konsentrasi NaCl. *J. Ilmiah. Pert. Kultura.* 40(2): 84–88.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 2nd ed., Academic Press, London.
- Misra, N and A.K. Gupta. 2005. Effect of salt stress on proline metabolism in two high yielding genotypes of green gram. *Plant Sci.* 169(2): 331–339.
- Munns, R and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Ann. Rev. of Plant Biol.* 59: 651–681.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.* 25: 239–250.
- Rachman, A. IGM. Subiksa, dan Wahyunto. 2007. Perluasan Areal Tanaman Kedelai ke lahan sub-optimal. *Dalam Sumarno, Suyanto, A. Widjono, Hermanto dan H. Kasim (Eds.) Kedelai: Teknik Produksi dan Pengembangan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian Tanaman Pangan. pp 185–204.
- Reddy, M.P and A.B. Vora. 1986. Changes in pigment composition, hill reaction activity and saccharides metabolism in Bajra leaves under NaCl salinity. *Photosynthetica* 20: 331–334.
- Roesmarkam, A dan N.W. Yuwono. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius. Yogyakarta.
- Singh A.K. and R.S. Dubey. 1995. Changes in chlorophyll a and b contents and activities of photosystems 1 and 2 in rice seedlings induced by NaCl. *Photosynthetica* 31: 489–499.
- Valencia, R., P. Chen, T. Ishibashi and M. Conatser. 2008. A rapid and effective method for screening salt tolerance in soybean. *Crop Sci.* 48(5):1773–1779.
- Weisany, W., Y. Sohrabi, Y. Heidari, A. Siosemardeh and K. Ghassemi. 2011. Physiological responses of soybean (*Glycine max* L.) to zinc application under salinity stress. *Australian J. of Crop Sci.* 5: 1441–1447.
- Wu, G., Z. Zhou, P. Cheng., X. Tang., H. Shao and H. Wang. 2014. Comparative esophysiological study of salt stress for wild and cultivated soybean species from the yellow river delta, China. *Sci. World J.* Article ID 651745, 13 pages Doi: 10.1155/2014/651745.
- Wyn Jones, R.G. 1981. Salt tolerance. *In Johnson, C. B. (ed.): Physiological processes limiting plant productivity*. Butterworth Press, London. pp 271–292.
- Yuniati, R. 2004. Penapisan galur kedelai *Glycine max* (L.) Merrill toleran terhadap NaCl untuk penanaman lahan salin. *Makara Sains.* 9(1): 21–24.