

Skrining Klon-Klon Tebu Potensial Rendemen Tinggi Terhadap Salinitas

Tantri Dyah Ayu Anggraeni dan Bambang Heliyanto

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang
E-mail: tantrianggraeni210@gmail.com

Diterima: 23 Januari 2018; direvisi: 13 Februari 2018; disetujui: 28 Februari 2018

ABSTRAK

Pengembangan tebu saat ini terdorong ke lahan-lahan marginal, salah satunya lahan dengan cekaman salinitas. Penanaman tebu pada lahan salinitas dapat mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan dan kehilangan hasil sampai 37%. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan skrining klon-klon tebu rendemen tinggi terhadap cekaman garam (salinitas). Penelitian menguji 58 klon tebu rendemen tinggi hasil seleksi dari persilangan seri D tahun 2004-2006 beserta empat varietas pembanding terhadap perlakuan cekaman salinitas dengan 3 konsentrasi NaCl, 1) kontrol/ $EC \pm 0,1$ dS/m), 2) $EC \pm 2$ dS/m dan 3) $EC > 4$ dS/m). Penelitian disusun dalam rancangan kelompok lengkap faktorial dengan faktor pertama klon tebudan faktor kedua perlakuan NaCl dengan 3 taraf konsentrasi. Hasil analisis varian menunjukkan adanya perbedaan respon klon tebu pada semua parameter pertumbuhan yang diamati terhadap salinitas pada cekaman dengan nilai EC diatas 4 dS/m). Dibandingkan kontrol, rata-rata panjang akar dari semua klon mengalami penurunan sebesar 3,41 %, rata-rata berat kering akar menurun sebesar 8,05 % dan tajuk mengalami penurunan sebesar 9,46%. Sedangkan pertumbuhan diameter batang serta berat kering tajuk tidak mengalami perubahan yang signifikan. Berdasarkan kajian indeks toleransi akar dan tajuk terhadap salinitas secara bersama-sama, terdapat delapan klon yang tergolong toleran, yaitu PS.06.195, PS.04.259, PS.05.311, PS.06.188, PS.04.165, PS.05.258, PS.05.455, PS.06.334, dan PS.04.162. Klon-klon ini dapat diuji lebih lanjut untuk dapat diusulkan sebagai klon toleran salinitas atau sebagai sumber introgresi gen toleran salinitas untuk varietas varietas unggul yang berproduksi dan rendemen tinggi.

Kata kunci: klon tebu, salinitas, skrining, toleran

Screening of Potential Sugarcane Clones with High Sugar Content to Salinity

ABSTRACT

Sugarcane development is currently being pushed to marginal areas, one of it is soil with salinity stress. Salinity stress could limit sugarcane growth and cause yield loss until 37 %. This study aimed to screen sugarcane clone clones subjected to salinity stress. The research evaluated fiftyeight sugarcane clones with high yield, derived from series D hybridization, along with four control varieties to salinity stress with 3 NaCl concentrations: 1) control / $EC \pm 0,1$ dS/m, 2) $EC \pm 2$ dS/m and 3) $EC > 4$ dS/m. The research was arranged ion Factorial Completely Randomize Design with Two factors. The first factor were sugarcane clones and the second factor were NaCl concentrations. Analysis of variance resulted in difference responses of sugarcane clones on all growth parameters observed in $EC > 4$ dS/m. Comparison As compared to with control/ $EC \pm 0,1$ dS/m, average of root length average derived from all tested clones significantly decreased by 3,4 %, root dry weight decreased by 8,05 %, and shoot length decreased by 9,46 %. Whereas stem diameter and shoot dry weight did not has show significant changes. Based on tolerance index of root and shoot parameters, eight clones had been determined as salinity tolerance to salinity, i.e. PS.06.195, PS.04.259, PS.05.311, PS.06.188, PS.04.165, PS.05.258, PS.05.455, PS.06.334 and PS.04.162. These clones

could be tested, and then proposed as sugarcane clones that tolerant to salinity or become genetic resources for introgression salinity tolerance genes to high yielding variety.

Keywords: sugarcane clones, salinity, screening, tolerance

PENDAHULUAN

Tebu merupakan salah satu komoditas strategis nasional karena menjadi bahan baku industri gula. Kebutuhan gula dalam negeri diperkirakan akan semakin meningkat sejalan dengan bertambahnya penduduk. Produksi tebu pada tahun 2015 mencapai 2,53 juta ton, mengalami penurunan 1,57% dari tahun sebelumnya. Jumlah ini tidak dapat memenuhi kebutuhan gula dalam negeri, oleh karena itu pemerintah mengimpor gula dari berbagai Negara (Badan Pusat Statistik, 2015). Dalam usaha memenuhi pasokan gula dalam negeri, pemerintah telah mencanangkan prog-ram swasembada gula melalui upaya on-farm, yaitu peningkatan produktivitas gula dan perluasan areal penanaman tebu (Mastur et al., 2015). Perluasan areal tebu terkendala persaingan dalam penggunaan lahan dengan tanaman pangan, seperti padi, jagung dan kedelai, sehingga pengembangan tebu terdorong ke lahan-lahan marginal. Lahan marginal didefinisikan sebagai lahan yang mempunyai potensi rendah sampai sangat rendah untuk dimanfaatkan sebagai lahan pertanian, karena adanya cekaman lingkungan yang berdampak pada penurunan produktivitas tanaman tebu (Harsanti et al., 2015; Santoso et al., 2015). Salah satu lahan marginal potensial adalah lahan dengan cekaman salinitas.

Tanah dengan cekaman salinitas didefinisikan sebagai tanah dengan nilai konduktivitas elektrik ($EC = \text{Electrical Conductivity} / \text{DHL} = \text{Daya Hantar Listrik}$) mencapai 4 desiSiemens/m (dS/m) pada suhu 25°C (Shrivastava & Kumar, 2015). Nilai EC yang tinggi tersebut disebabkan oleh kandungan garam-garam terlarut terutama NaCl yang merupakan unsur salinitas yang mendominasi

kandungan air tanah. Salinitas tanah dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman melalui dua cara, yaitu 1) dengan meningkatkan tekanan osmosis dari air tanah, sehingga membatasi pengambilan air oleh tanaman, dan 2) meningkatkan kandungan ion toksik dari air tanah yang dapat meracuni tanaman (Sheldon et al., 2004; Shrivastava & Kumar, 2015). Tanaman tebu digolongkan sebagai tanaman glikofit, karena menunjukkan gejala keracunan akibat cekaman salinitas, diantaranya terhambatnya perkecambahan bibit, ketidakseimbangan nutrisi dalam sel tanaman dan penurunan pertumbuhan antara 15-86 % pada cekaman NaCl 200 mM (Cha-um et al., 2012), yang akhirnya dapat menurunkan produktivitas tanaman hingga 37% pada populasi jumlah batang terpanen sebesar 37% (Tiku et al., 2014). Tanaman tebu menunjukkan sensitivitas yang tinggi terhadap cekaman salinitas pada berbagai tahap pertumbuhan. Simoes et al. (2016) melaporkan peningkatan nilai EC tanah sebesar 4–8 dS/m telah menurunkan tinggi tanaman dan jumlah batang tebu hingga lebih dari 30%. Beberapa penelitian lain juga melaporkan penurunan komponen pertumbuhan dan proses fisiologis (laju fotosintesis, konduktansi stomata dan sintesis klorofil) tanaman tebu akibat peningkatan nilai EC tanah (Wahid, 2004; Patade et al., 2011).

Cara paling efisien mengatasi permasalahan salinitas adalah dengan menanam varietas toleran (Oyiga et al., 2016). Tanaman memiliki mekanisme tertentu dalam mengatasi cekaman salinitas, yaitu melalui: 1) toleransi pada tekanan osmosis, 2) eksklusi ion, dan 3) toleransi dari jaringan tanaman (Roy et al., 2014). Penggunaan varietas toleran dapat mengurangi penurunan pertumbuhan dan kehilangan hasil tanaman padi yang tercekam salinitas (Ferreira et al., 2015; Hariadi et al.,

2015). Oleh karena itu penggunaan varietas tebu yang toleran terhadap salinitas juga diharapkan mampu mengatasi masalah cekaman salinitas pada pertanaman tebu.

Pengujian cekaman salinitas pada tanaman dapat dilakukan dengan menggunakan larutan NaCl atau Na₂SO₄ dengan berbagai cara pemberian perlakuan, salah satunya adalah memberikan penyiraman larutan NaCl pada konsentrasi yang mengakibatkan cekaman salinitas sebesar 2–4 dS/m pada periode tertentu (Tanimoto & Nickell, 1965; Putri et al., 2012; Dachlan et al., 2013). Karakter biomasa pertumbuhan dan fisiologis digunakan sebagai kriteria untuk mengidentifikasi klon-klon yang toleran salinitas (Wahid et al., 1997; Cha-um et al., 2012; Oyiga et al., 2016). Program persilangan untuk merakit varietas tebu unggul rendemen tinggi dan sesuai untuk lahan marginal sedang dilakukan di Balittas dan saat ini telah diperoleh 58 klon potensial rendemen tinggi namun belum diketahui tingkat toleransinya terhadap cekaman salinitas (Heliyanto et al., 2014). Penelitian ini bertujuan untuk menguji respon klon klon-klon terpilih tebu rendemen tinggi terhadap cekaman salinitas sehingga dapat diketahui tingkat toleransi klon tebu tersebut.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Kelompok Peneliti Pemuliaan Tanaman, Plasma Nutfah dan Perbenihan, Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat Malang pada bulan Januari–Desember 2013. Bahan penelitian terdiri dari 58 klon tebu potensial rendemen tinggi, hasil seleksi dari persilangan seri D tahun 2004–2006, beserta empat varietas pembandingnya (Tabel 1). Bahan tanaman berupa bagal tebu mata satu (budset). Budset ditanam pada media tanah dengan komposisi media tanah alluvial steril dalam polybag ukuran 5 kg yang telah dilubangi bagian bawah dan sampingnya. Sebelum ditanami, media diberi SP36 seba-

nyak 8 g/polibag dan disiram air. Perlakuan disusun dalam rancangan kelompok lengkap faktorial dengan faktor pertama klon tebu, sebanyak 62 klon (Tabel 1) dan faktor kedua perlakuan NaCl dengan 3 taraf konsentrasi yaitu: 1) 0 g/5 kg tanah (kontrol); 2) 7,69 g/5 kg tanah, dan 3) 17,95 g/5 kg tanah (Tanimoto & Nickell, 1965; Putri et al., 2012), sehingga terdapat 186 set perlakuan yang diulang 2 kali. Tiap set perlakuan terdiri dari dua polybag tanaman.

Tabel 1. Klon-klon potensial tebu rendemen tinggi dan varietas pembandingnya

No	Klon	No	Klon	No	Klon
1	PS.04.401	22	PS.05.251	43	PS.04.162
2	PS.06.195	23	PS.04.194	44	PS.06.305
3	PS.04.120	24	PS.05.258	45	PS.06.199
4	PS.04.129	25	PS.04.237	46	PS.06.281
5	PS.04.259	26	PS.06.400	47	PS.06.290
6	PS.04.257	27	PS.04.380	48	PS.06.222
7	PS.05.390	28	PS.05.333	49	PS.06.391
8	PS.06.356	29	PS.05.124	50	PS.06.365
9	PS.04.125	30	PS.04.253	51	PS.04.158
10	PS.05.311	31	PS.05.246	52	PS.06.370
11	PS.06.188	32	PS.05.455	53	PS.05.166
12	PS.04.117	33	PS.05.327	54	PS.04.244
13	PS.05.526	34	PS.05.393	55	PS.06.103
14	PS.06.395	35	PS.05.193	56	PS.04.303
15	PS.06.401	36	PS.04.392	57	PS.05.130
16	PS.05.123	37	PS.05.465	58	PS.05.551
17	PS.06.324	38	PS.06.204	59	PSJT 941 (K/AT)
18	PS.05.165	39	PS.06.181	60	PS 862 (K/AT)
19	PS.04.165	40	PS.06.334	61	BL (K/L)
20	PS.06.121	41	PS.05.428	62	Kentung (K/AT)
21	PS.06.369	42	PS.04.430		

Keterangan: no. 1–58 adalah klon tebu rendemen tinggi yang diuji, no. 59–62 adalah varietas pembanding. AT: Kategori masak awal tengah, L: Kategori masak lambat

Perlakuan Cekaman Salinitas

Perlakuan cekaman salinitas menggunakan NaCl diberikan pada saat tanaman berumur 3,5 bulan. Perlakuan terdiri atas 3 konsentrasi NaCl, yaitu perlakuan 1 = 0 g/5 kg tanah (kontrol), perlakuan 2 = 7,69 g/5 kg tanah, dan perlakuan 3 = 17,95 g/5 kg tanah (Tanimoto & Nickell, 1965; Putri et al., 2012). Cekaman NaCl diberikan dalam bentuk penyiraman sebanyak 5 kali dalam kurun waktu 21 hari. Penyiraman diberikan sesuai dengan volume air kapasitas lapang dari media tanah yang digunakan. Penghitungan kapasitas lapang dilakukan menurut metode

penetapan kadar air tanah kapasitas lapang menurut Hakim et al. (1984). Pasir dimasukkan kedalam gelas piala hingga tingginya kira-kira 1/4 bagian dari dasar gelas, selanjutnya pipa kaca diletakkan di tengah-tengahnya, kemudian dituangkan kembali sejumlah tanah contoh kering udara dengan tinggi 3/4 dari dasar gelas. Pipa kaca berfungsi untuk mengalirkan udara. Selanjutnya air disiramkan dengan hati-hati ke permukaan tanah, sampai air merembes ke batas pasir. Kemudian, gelas piala ditutup dengan lembaran plastik untuk mencegah penguapan air dan diletakkan di tempat yang sejuk, selama 24 jam. Setelah 24 jam, sejumlah contoh tanah dipindahkan ke cawan timbang. Setelah menyisihkan tanah di permukaan, contoh tanah ditimbang (w), sebanyak 6 ulangan. Kemudian contoh tanah tersebut dimasukkan ke dalam oven bersuhu 105°C selama 3 jam atau sampai tidak terjadi penurunan berat, kemudian ditimbang (x).

Perhitungan kapasitas lapang dilakukan mengikuti rumus berikut:

$$\text{Kapasitas lapang } (a) = \frac{w-x}{x} \times 100\%$$

Keterangan:

kapasitas lapang tanah 5 kg = a x X massa jenis air (1 gram/cm³) x 5.000 gram.

Hasil perhitungan kapasitas lapang adalah 1,25 l (Tabel 2). Jadi NaCl sesuai dengan konsentrasi yang dikehendaki dilarutkan dalam 1,25 l air dan diberikan pada tiap polybag setiap tiga hari sekali selama 21 hari (Putri et al., 2012; Oyiga et al., 2016). Satu hari setelah perlakuan penyiraman, dilakukan pengukuran EC tanah untuk mengetahui kadar garam dalam tanah akibat perlakuan cekaman NaCl.

Tabel 2. Perhitungan kapasitas lapang

Ulang-an	Berat awal (w) (dalam gram)	Berat akhir (x) (dalam gram)	Kapasitas lapang (a) (dalam %)	kapasitas lapang untuk tanah 5 kg (dalam liter)
1	82,8062	65,4677	26,48	1,324
2	87,8940	70,7931	24,15	1,207
3	91,8500	74,8667	22,68	1,134
4	93,8194	75,3771	24,26	1,223
5	93,7628	76,9496	21,84	1,092
6	89,0755	71,3853	12,39	1,239
Rata-rata				1,25 liter

Pengamatan karakter pertumbuhan

Pengamatan karakter pertumbuhan dilakukan pada 3 HSP (hari setelah penyiraman larutan NaCl terakhir). Pengamatan dilaksanakan secara destruktif pada 4 tanaman sampel dari tiap klon dan tiap perlakuan NaCl. Pengamatan meliputi panjang akar (cm), berat kering akar (gram), panjang tajuk (cm), diameter batang (cm), dan berat kering tajuk (gram).

Analisa data

Data karakter pertumbuhan yang diamati di analisis ANOVA menggunakan program R versi 3.3.3 (R Core Team, 2017). Indeks toleransi klon terhadap cekaman salinitas ditentukan dengan menggunakan rumus yang dimodifikasi oleh Sulistyowati et al. (2010), yaitu sebagai berikut:

$$S = \frac{1 - \frac{YD}{YP}}{D}$$

Keterangan:

YD: pengamatan pertumbuhan pada perlakuan dengan NaCl,

YP: pengamatan pertumbuhan pada perlakuan kontrol,

D : intensitas cekaman salinitas yang nilainya adalah

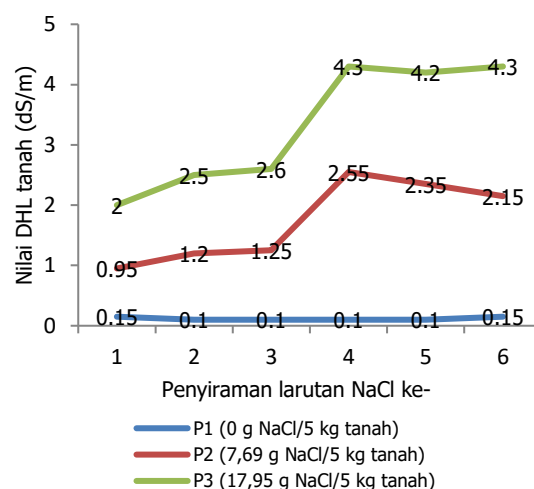
$$1 - \frac{\text{rata - rata hasil YD semua genotipe}}{\text{rata - rata hasil YP semua genotipe}}$$

Kategori toleransi terhadap perlakuan cekaman salinitas ditentukan berdasarkan (Clarke et al., 1984; Sulistyowati et al., 2010) sebagai berikut: relatif toleran terhadap salinitas bila $S < 0,95$, toleransi moderat bila $S 0,95-1,10$, dan relatif tidak toleran terhadap salinitas (atau peka) bila $S > 1,10$. Analisa korelasi dilakukan antara parameter pertumbuhan pada kondisi cekaman $EC > 4$ dS/m dengan skor kriteria toleransi yang didapatkan dari perhitungan kategori menggunakan indeks toleransi (S). Skor kriteria toleransi terhadap cekaman salinitas ditetapkan sebagai berikut: 1 untuk kategori peka, 2 untuk kategori moderat, dan 3 untuk kategori toleran. Korelasi dihitung berdasar koefisien korelasi Pearson dengan software Minitab 17 Statistical Software (Minitab 17 Statistical Software, 2010)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai konduktivitas listrik (EC) tanah akibat perlakuan salinitas

Untuk memastikan bahwa respon tanaman disebabkan oleh perlakuan salinitas dan bukan oleh faktor yang lain, maka dilakukan pengukuran terhadap konduktivitas listrik (EC) media tanah. Pada kontrol yang tidak diberi larutan NaCl (P1), nilai EC tanah stabil dari awal perlakuan sampai akhir. Sedangkan nilai EC pada P2, meningkat sampai penyiraman keempat (0,95–2,55 dS/m), dan mengalami penurunan pada penyiraman kelima dan keenam, namun nilai EC masih di atas 2 dS/m. Sedangkan pada P3 nilai EC tanah meningkat sampai penyiraman terakhir (Gambar 1). Hasil ini menunjukkan pemberian NaCl pada kedua konsentrasi yang diuji berhasil mengkondisikan media tanah menjadi tanah dengan cekaman salinitas. Tanah dengan nilai EC di bawah 2 dS/m (perlakuan kontrol) dilaporkan tidak memberikan cekaman pada tanaman. Sedangkan EC antara 2–4 dS/m menyebabkan



Gambar 1. Hasil pengukuran nilai EC media tanah akibat perlakuan penyiraman larutan NaCl

beberapa pengaruh tanaman tercekam namun dapat pulih kembali. EC di atas 4 dS/m menyebabkan pengaruh cekaman yang cukup besar pada pertumbuhan tanaman hingga menyebabkan kematian jaringan dan kehilangan hasil (Wahid, 2004; Patel et al., 2010; Joseph & Mohanan, 2013).

Pengaruh cekaman salinitas NaCl pada parameter pertumbuhan klon-klon tebu

Hasil analisis varian menunjukkan adanya perbedaan respon klon-klon tebu pada semua parameter pertumbuhan yang diamati terhadap salinitas pada cekaman dengan nilai EC diatas 4 dS/m (Tabel 3).

Tabel 3. Pengaruh klon, salinitas, interaksi klon dan salinitas terhadap parameter pertumbuhan genotipa tebu

Sumber keragaman	PA	BKA	PT	DB	BKT
Klon	**	**	**	**	**
Salinitas	*	**	**	ns	ns
Klon* Salinitas	Ns	ns	ns	ns	ns

Keterangan: PA panjang akar, BKA berat kering akar, PT panjang tajuk, DB diameter batang, BKT berat kering tajuk.

** berbeda sangat nyata pada taraf 1%, * berbeda nyata pada taraf 5%, ns tidak berbeda nyata pada taraf

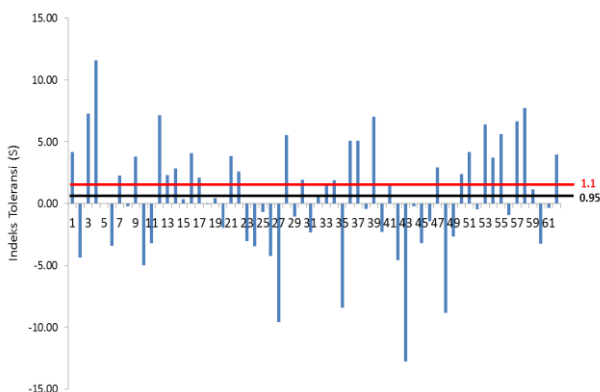
Jika dibandingkan dengan kontrol yang tidak diberi cekaman, rata-rata panjang akar dari semua klon mengalami penurunan

sebesar 3,41%, rata-rata berat kering akar menurun sebesar 8,05% dan tajuk mengalami penurunan panjang sebesar 9,46%. Sedangkan diameter dan berat kering tajuk mengalami perubahan yang tidak signifikan.

Berdasar hasil analisis varian, parameter panjang akar, berat kering akar dan panjang tajuk mengalami perubahan signifikan akibat salinitas. Oleh karena itu ketiga parameter tersebut menentukan toleransi 58 klon tebu terhadap cekaman salinitas. Sedangkan parameter diameter batang dan berat kering tajuk tidak dapat digunakan sebagai indikator toleransi klon-klon tebu terhadap cekaman salinitas yang diuji. Pada penelitian ini perlakuan salin salinitas diberikan pada stadia bibit tanaman tebu yang berumur 3,5 bulan (stadia bibit). Pada stadia tersebut tanaman tebu memasuki masa awal pertumbuhan cepat (Khuluq & Hamida, 2014), sehingga cekaman yang diberikan belum terlalu menghambat perbesaran pertumbuhan diameter tebu. Begitu pula dengan parameter berat kering tajuk yang merupakan gabungan dari berat batang dan daun tebu.

Pengaruh cekaman salinitas terhadap parameter pertumbuhan akar

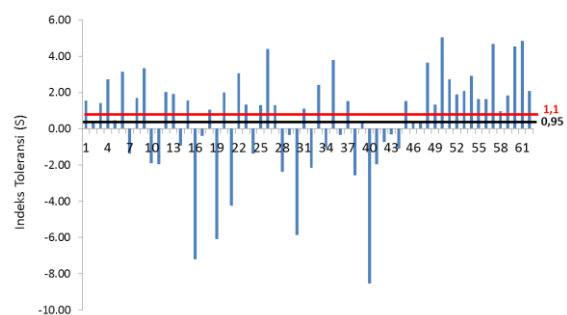
Hasil perhitungan indeks toleransi terhadap salinitas pada panjang akar ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Toleransi klon tebu terhadap salinitas berdasarkan panjang akar. Mendatar adalah nomor klon yang diuji. Garis merah (1,1) adalah batas kategori peka dan garis hitam (0,95) batas kategori toleran.

Klon-klon yang diuji dikelompokkan menjadi peka dan tahan terhadap salinitas, yaitu dua puluh tujuh klon termasuk kelompok tahan dan 35 klon termasuk kelompok peka. Pada parameter ini, tidak ada klon yang termasuk kelompok moderat. Klon-klon PS.04.162, PS.04.380, PS.06.222, dan PS.05.193 pada kelompok termasuk klon yang paling tahan dengan indeks toleransi yang paling besar. Sedangkan varietas komersial PSJT 941 dan Kentung masuk ke dalam kategori peka dan PS 862 dan BL masuk dalam kategori tahan.

Toleransi klon-klon tebu terhadap salinitas berdasarkan berat kering akar ditunjukkan pada gambar Gambar 3. Terdapat 26 klon dengan kategori tahan, 3 klon dengan kategori moderat dan 33 klon termasuk dalam golongan peka terhadap cekaman salinitas. Keempat klon komersial yang digunakan sebagai pembandingan termasuk dalam kategori peka. Berdasar parameter panjang dan berat kering akar secara bersama-sama, terdapat 14 klon yang termasuk kategori tahan berdasar panjang dan berat kering akar, yaitu klon PS.06.195, PS.04.259, PS.05.311, PS.06.188, PS.04.165, PS.05.258, PS.05.124, PS.05.455, PS.06.204, PS.06.334, PS.04.430, PS.04.162, PS.06.305, dan PS.06.281.



Gambar 3. Toleransi klon tebu terhadap salinitas berdasarkan berat kering akar. Mendatar adalah nomor klon yang diuji. Garis merah (1,1) adalah batas kategori peka dan garis hitam (0,95) batas kategori toleran.

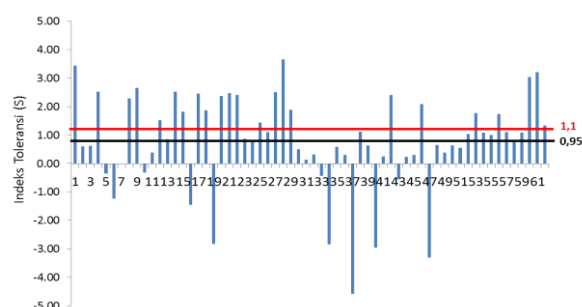
Kadar salinitas yang tinggi dalam tanah dapat menghambat pengambilan air oleh akar. Akar merupakan bagian tanaman yang

pertama kali terkena dampak cekaman. Murad et al. (2014) melaporkan penurunan berat akar tanaman tebu, baik pada varietas yang toleran maupun yang peka, namun terdapat per-bedaan penurunan antara kedua tipe varietas tersebut. Varietas toleran memiliki massa yang lebih tinggi karena memiliki sistem perakaran yang lebih dalam sehingga dapat mengambil air dari lapisan tanah yang lebih dalam. Dalam penelitian ini klon-klon toleran mengalami peningkatan berat akar pada kondisi tercekam dibanding tanpa cekaman. Peningkatan berat ini diduga merupakan mekanisme adaptasi akar terhadap kondisi tercekam, yaitu melalui penebalan epidermis, peningkatan jumlah akar, maupun pembesaran vakuola sebagai kompartemensi ion toksik. Hasil yang berbeda dilaporkan oleh Karjunita (2016) yang menyatakan bahwa genotipe tanaman hotong/ foxtail millet (*Setaria italica* L. Beauv.) yang peka menunjukkan penebalan epidermis dan jumlah akar yang lebih banyak daripada genotipe toleran akibat cekaman salinitas. Hal ini disebabkan genotipe toleran beradaptasi terhadap salinitas melalui mekanisme peng-hindaran penyerapan Na⁺ yang berlebihan dengan membatasi pertumbuhan dan perkembangan rambut akar. Hal ini menjadi indikasi bahwa masing-masing jenis tanaman memiliki mekanisme adaptasi cekaman yang berbeda.

Pengaruh cekaman salinitas terhadap parameter pertumbuhan tajuk

Nilai indeks toleransi klon tebu terhadap salinitas pada parameter panjang tajuk, diameter batang dan berat kering tajuk ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5. Pada Gambar 4 (panjang tajuk) terdapat 32 klon tebu yang termasuk kategori tahan, 5 klon tebu moderat dan 26 klon peka. Klon-klon komersial yang digunakan sebagai pembandingan menunjukkan respon yang beragam. PSJT 941 termasuk ke dalam golongan moderat sedangkan Varietas PS 862, BL dan Kentung digolongkan menjadi klon

yang peka. Jika didasarkan pada kajian parameter akar dan tajuk secara bersama-sama, ada delapan klon yang tergolong tahan, yaitu PS.06.195, PS.04.259, PS.05.311, PS.06.188, PS.04.165, PS.05.258, PS.05.455, PS.06.334, dan PS.04.162 (Tabel 4).



Gambar 4. Toleransi klon tebu terhadap salinitas berdasarkan panjang tajuk.

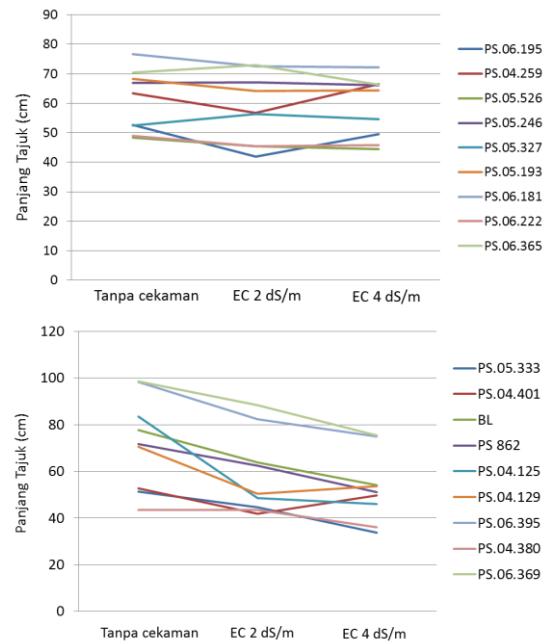
Mendatar adalah nomor klon tebu yang diuji. Garis merah (1,1) adalah batas kategori peka dan garis hitam (0,95) batas kategori toleran.

Selain akar bagian atas dari tanaman tebu juga dilaporkan menunjukkan respon terhadap cekaman salinitas. (Gomathi & Thandapani (2014) melaporkan penurunan panjang tajuk (42,37%), diameter batang (38,88%), jumlah ruas (26,66%) dan berat batang (44,30%) dari tanaman tebu yang tercekam salinitas. Berat kering tajuk dari tanaman tebu yang tercekam salinitas dengan EC 8 dS/m juga dilaporkan mengalami penurunan sebesar 77% (Simoes et al., 2016). Akumulasi garam pada tajuk menyebabkan penutupan stomata daun dan penghambatan pemanjangan tajuk, yang akan berakibat pada penurunan produksi daun baru dan pertumbuhan tajuk (Roy et al., 2014). Tanaman yang toleran mampu menurunkan efek keracunan dengan cara mengurangi akumulasi ion toksik, yaitu ion Na dan Cl yang berlebihan pada helaian daun dengan cara eklusi ion-ion tersebut atau dengan meningkatkan kemampuannya untuk mentoleransi kandungan garam dengan kompartementasi pada vakuola.

Tabel 4. Toleransi 62 genotipa tebu terhadap salinitas berdasar indeks toleransi (S)

No	Genotipa	PA	BKA	PT
1	PS.04.401	P	P	P
2	PS.06.195	T	T	T
3	PS.04.120	P	P	T
4	PS.04.129	P	P	P
5	PS.04.259	T	T	T
6	PS.04.257	T	P	T
7	PS.05.390	P	T	T
8	PS.06.356	T	P	P
9	PS.04.125	P	P	P
10	PS.05.311	T	T	T
11	PS.06.188	T	T	T
12	PS.04.117	P	P	P
13	PS.05.526	T	P	T
14	PS.06.395	T	T	P
15	PS.06.401	T	P	P
16	PS.05.123	P	T	T
17	PS.06.324	T	T	P
18	PS.05.165	T	M	P
19	PS.04.165	T	T	T
20	PS.06.121	T	P	P
21	PS.06.369	P	T	P
22	PS.05.251	P	P	P
23	PS.04.194	T	P	T
24	PS.05.258	T	T	T
25	PS.04.237	T	P	P
26	PS.06.400	T	P	M
27	PS.04.380	T	P	P
28	PS.05.333	P	T	P
29	PS.05.124	T	T	P
30	PS.04.253	P	T	T
31	PS.05.246	T	M	P
32	PS.05.455	T	T	T
33	PS.05.327	P	P	T
34	PS.05.393	P	T	T
35	PS.05.193	T	P	T
36	PS.04.392	P	T	T
37	PS.05.465	P	P	T
38	PS.06.204	T	T	P
39	PS.06.181	P	T	T
40	PS.06.334	T	T	T
41	PS.05.428	P	T	T
42	PS.04.430	T	T	P
43	PS.04.162	T	T	T
44	PS.06.305	T	T	P
45	PS.06.199	T	P	T
46	PS.06.281	T	T	P
47	PS.06.290	P	T	T
48	PS.06.222	T	P	T
49	PS.06.391	T	P	T
50	PS.06.365	P	P	T
51	PS.04.158	P	P	T
52	PS.06.370	T	P	M
53	PS.05.166	P	P	P
54	PS.04.244	P	P	M
55	PS.06.103	P	P	M
56	PS.04.303	T	P	P
57	PS.05.130	P	P	P
58	PS.05.551	P	M	T
59	PSJT 941	P	P	M
60	PS 862	T	P	P
61	BL	T	P	P
62	Kentung	P	P	P

Keterangan: PA panjang akar, BKA berat kering akar, PT panjang tajuk, Kategori toleransi T toleran, M moderat dan P peka.



Gambar 5. Penurunan panjang tajuk pada klon tebu yang tahan (atas) dan peka (bawah) terhadap cekaman salinitas

Gandonou et al. (2012) menyatakan varietas tebu yang toleran mampu bertahan dari kematian akibat cekaman salinitas meskipun mengalami penurunan pertumbuhan tajuk. Pada penelitian ini, tanaman yang peka tidak mengalami kematian. Klon peka menunjukkan penurunan pertumbuhan yang lebih besar daripada klon tahan, yang ditunjukkan pada Gambar 5. Pada grafik, kemiringan garis klon peka lebih tajam daripada klon tahan. Hal ini mengindikasikan penurunan panjang tajuk yang lebih besar akibat pemberian cekaman salinitas.

Pengaruh Salinitas Terhadap Rasio Panjang Akar-Tajuk

Rataan rasio panjang akar-tajuk secara keseluruhan dari klon tebu yang mengalami cekaman menunjukkan kenaikan dari kondisi tanpa cekaman (Tabel 5).

Tabel 5. Nilai rasio panjang akar-tajuk pada kondisi tanpa cekaman dan dengan cekaman salinitas

No	Klon	Rasio panjang akar-tajuk	
		Tanpa cekaman	Cekaman EC > 4 dS/m
1	PS.04.401	1,32	1,67
2	PS.06.195	1,17	1,43
3	PS.04.120	1,10	0,88
4	PS.04.129	1,34	1,07
5	PS.04.259	1,13	1,09
6	PS.04.257	1,13	1,13
7	PS.05.390	1,79	1,65
8	PS.06.356	1,24	1,59
9	PS.04.125	0,87	1,01
10	PS.05.311	1,15	1,30
11	PS.06.188	1,06	1,22
12	PS.04.117	1,65	1,46
13	PS.05.526	1,28	1,28
14	PS.06.395	0,75	0,89
15	PS.06.401	0,93	1,11
16	PS.05.123	1,67	1,27
17	PS.06.324	0,79	0,95
18	PS.05.165	0,86	1,04
19	PS.04.165	2,08	1,62
20	PS.06.121	0,70	0,96
21	PS.06.369	0,81	0,92
22	PS.05.251	1,41	1,67
23	PS.04.194	0,98	1,18
24	PS.05.258	1,20	1,45
25	PS.04.237	1,08	1,28
26	PS.06.400	1,70	2,18
27	PS.04.380	1,23	2,13
28	PS.05.333	1,31	1,63
29	PS.05.124	1,12	1,42
30	PS.04.253	1,36	1,33
31	PS.05.246	0,92	1,01
32	PS.05.455	1,19	1,21
33	PS.05.327	1,18	1,08
34	PS.05.393	1,42	1,05
35	PS.05.193	0,91	1,24
36	PS.04.392	1,05	0,90
37	PS.05.465	1,51	0,87
38	PS.06.204	0,92	1,04
39	PS.06.181	0,94	0,76
40	PS.06.334	1,44	1,21
41	PS.05.428	1,69	1,64
42	PS.04.430	0,63	0,95
43	PS.04.162	0,99	1,35
44	PS.06.305	1,18	1,22
45	PS.06.199	1,04	1,18
46	PS.06.281	0,95	1,24
47	PS.06.290	1,76	1,21
48	PS.06.222	1,22	1,69
49	PS.06.391	1,34	1,52
50	PS.06.365	1,00	0,98
51	PS.04.158	1,15	1,04
52	PS.06.370	0,91	1,03
53	PS.05.166	1,28	1,20
54	PS.04.244	0,76	0,74
55	PS.06.103	0,66	0,59
56	PS.04.303	1,02	1,26
57	PS.05.130	0,88	0,76
58	PS.05.551	1,58	1,26
59	PSJT 941	1,03	1,10
60	PS 862	0,83	1,29
61	BL	0,82	1,19
62	Kentung	1,18	1,17
	Rata-rata	1,15	1,22

Salah satu indikasi dari cekaman salinitas adalah menurunnya pertumbuhan tajuk, yang pada akhirnya mengubah alokasi biomassa antara akar dan tajuk. Pertumbuhan tajuk terganggu, namun pertumbuhan akar tetap berjalan sehingga meningkatkan biomassa akar (Negrao et al., 2017). Klon tahan PS.06.195 (Tabel 4) menunjukkan kenaikan rasio panjang akar -tajuk pada kondisi tercekam, mengindikasikan klon tersebut tetap dapat mempertahankan pertumbuhan akar sebagai mekanisme dari adaptasi terhadap cekaman salinitas. Sulistyowati et al. (2010) melaporkan genotipe kapas yang tahan terhadap salinitas me-nunjukkan nilai rasio akar-tunas yang lebih besar dibandingkan genotipe yang peka, karena genotipe tahan memiliki perakaran yang lebih dalam dan panjang sehingga mampu menyerap air dan mendukung pertumbuhan tunas kapas.

Korelasi antara Parameter Pertumbuhan Tebu dengan Toleransi Salinitas

Analisa korelasi antara parameter pertumbuhan genotipa klon-klon tebu yang diuji dengan kategori salinitas dilakukan untuk mengetahui parameter yang berkaitan erat dengan sifat toleran salinitas. Toleransi dikuantitatifkan dengan skor 1 untuk sifat peka, 2 untuk sifat moderat dan 3 untuk toleran (lihat metodologi). Hasil analisa ditunjukkan pada Tabel 6. Parameter panjang dan berat kering akar memiliki korelasi positif dengan sifat toleransi. Semakin besar nilai panjang dan berat kering akar, maka klon tergolong toleran. Sedangkan parameter berat kering tajuk memiliki korelasi negatif dengan kriteria toleransi.

Korelasi antara parameter pertumbuhan dengan sifat toleransi dapat menjadi indikator penting bagi seleksi kriteria ketahanan terhadap kondisi cekaman abiotik sehingga memudahkan proses seleksi pada kegiatan pemuliaan tanaman (Cha-um et al., 2012). Dengan hasil penelitian ini, pemilihan klon – klon toleran terhadap salinitas pada 58 klon

tebu yang diuji dapat dilakukan dengan memilih klon–klon yang memiliki panjang dan berat kering akar yang lebih besar daripada klon lainnya. Parameter berat kering tajuk kurang tepat untuk digunakan sebagai parameter seleksi salinitas pada penelitian ini. Analisa varian (Tabel 3.) menunjukkan cekaman salinitas tidak berpengaruh secara signifikan pada parameter berat kering tajuk. Hasil korelasi juga menunjukkan korelasi negatif, yang berarti bahwa semakin berat tajuk maka klon semakin peka. Hasil penelitian ini bertolak belakang dengan beberapa hasil penelitian lain yang menyebutkan bahwa klon dengan toleransi yang tinggi terhadap cekaman kekeringan tetap dapat mempertahankan biomassa tanaman (Widyasari et al., 2009; Gomathi & Thandapani, 2014). Pada kedua penelitian tersebut, umur tanaman tebu yang digunakan lebih tua (5–6 bulan), sedangkan pada penelitian ini tanaman tebu masih berumur 3,5 bulan, dan pengamatan pertumbuhan akibat cekaman salinitas dilakukan pada saat tanaman berumur 4,5 bulan.

Pada tanaman tebu, biomassa tanaman merupakan komponen hasil, sehingga tanaman dengan biomassa yang tinggi merupakan indi-kasi produksi yang tinggi pula. Oleh karena itu diperlukan penentuan stadia pertumbuhan yang tepat dalam pengukuran toleransi salinitas. Toleransi salinitas merupakan mekanisme biologi kompleks yang didorong oleh beberapa faktor fisiologis dan genetik dan spesifik pada stadia pertumbuhan tertentu (Haq et al., 2010; Oyiga et al., 2016).

Tabel 6. Korelasi antara parameter pertumbuhan genotipa tebu dengan toleransi salinitas

Parameter pertumbuhan	Toleransi salinitas
Panjang akar	0,409**
Berat kering akar	0,261*
Panjang tajuk	-0,013 ns
Diameter batang	-0,184 ns
Berat kering tajuk	-0,359**

Pada penelitian ini, stadia bibit terbukti kurang dapat memberikan respon salinitas yang stabil pada parameter berat kering tajuk, sehingga perlu adanya penelitian lanjutan yang dilakukan pada stadia pertumbuhan tebu berikutnya.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini klon-klon tebu yang diuji memiliki perbedaan respon akibat cekaman salinitas pada semua parameter tajuk dan akar. Jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol/EC \pm 0,1 dS/m, cekaman salinitas sebesar EC > 4 dS/m menyebabkan penurunan pada parameter panjang akar sebesar 3,41%, berat kering akar 8,05% dan menurunkan panjang tajuk sebesar 9,46%. Sedangkan parameter diameter batang dan berat kering tajuk menunjukkan perubahan yang tidak signifikan. Berdasarkan hasil perhitungan indeks toleransi klon-klon tebu digolongkan menjadi kategori toleran, moderat dan peka terhadap salinitas. Klon-klon PS.06.195, PS.04.259, PS.05.311, PS.06.188, PS.04.165, PS.05.258, PS.05.455, PS.06.334 dan PS.04.162 memiliki kriteria toleran untuk semua parameter yang diamati, sehingga kedua klon tersebut dapat digolongkan menjadi klon-klon toleran salinitas. Klon-klon ini dapat diuji lebih lanjut untuk dapat diusulkan sebagai klon toleran salinitas atau sebagai sumber introgresi gen toleran salinitas untuk varietas rendemen tinggi. Parameter berat kering tajuk kurang dapat menggambarkan respon salinitas jika diamati pada stadia bibit, sehingga perlu dilakukan penelitian pada stadia pertumbuhan yang lebih lanjut mengingat parameter berat kering tajuk merupakan parameter yang berhubungan dengan komponen hasil tanaman tebu.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pemerintah cq. Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Kementerian Pertanian yang telah membiayai penelitian ini dan kepada Kebun Percobaan Karangploso yang telah membantu pelaksanaan penelitian. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Ir. Siwi Sumartini dan Ruly Hamida, M.Sc. atas bantuan dan dorongan morilnya sehingga penelitian ini bisa berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik, 2015. Statistik Tebu Indonesia 2015 72.
- Cha-um, S., Chuencharoen, S., Mongkolsiriwatana, C., Ashraf, M., Kirdmanee, C., 2012. Screening sugarcane (*Saccharum* sp.) genotypes for salt tolerance using multivariate cluster analysis. *Plant Cell. Tissue Organ Cult.* 110, 23–33. <https://doi.org/10.1007/s11240-012-0126-9>
- Clarke, J., Smith, F., Craig, T., Green, D., 1984. Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. *Crop Sci.* 24, 537–541.
- Dachlan, A., Kasim, N., Sari, A.K., 2013. Uji Ketahanan Salinitas Beberapa Varietas Jagung (*Zea mays* L.) Dengan Menggunakan Agen Seleksi NaCl. *Biogenesis* 1, 9–17.
- Ferreira, L.J., Azevedo, V., Maroco, J., Oliveira, M.M., Santos, A.P., 2015. Salt tolerant and sensitive rice varieties display differential methylome flexibility under salt stress. *PLoS One* 10, 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124060>
- Gandonou, C.B., Gnancadja, L.S., Abrini, J., 2012. Salinity tolerance of some sugarcane (*Saccharum* sp.) cultivars in hydroponic medium. *Int. SUGAR J.* 114, 190–196.
- Gomathi, R., Thandapani, P., 2014. Influence of Salinity Stress on Growth Parameters and Yield of Sugarcane 9, 28–32.
- Hakim, N., Nyakpa, M., Lubis, A., Pulung, A., Saul, R., Diha, M., Hong, G., Bailey, H., 1984. Bahan Praktikum Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Badan Kerjasama Ilmu Tanah. BKS-PTN/USAID -University of. Kentucky. WUAE Project, University of. Kentucky. WUAE Project.
- Haq, T.U., Gorham, J., Akhtar, J., Akhtar, N., Steele, K.A., 2010. Dynamic quantitative trait loci for salt stress components on chromosome 1 of rice. *Funct. Plant Biol.* 37, 634–645. <https://doi.org/10.1071/FP09247>
- Hariadi, Y.C., Nurhayati, A.Y., Soeparjono, S., Arif, I., 2015. Screening Six Varieties of Rice (*Oryzasativa*) for Salinity Tolerance. *Procedia Environ. Sci.* 28, 78–87. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.012>
- Harsanti, R.S., Hartatik, S., Syamsunihar, A., Soeparjono, S., Avivi, S., 2015. Uji Toleransi Beberapa Varietas Tebu Pada Berbagai Tinggi Penggenangan. *Berk. Ilm. Pertan.* 1, 1–6.
- Heliyanto, B., Sumartini, S., Basuki, S., 2014. Perakitan varietas tebu dengan produktivitas dan rendemen tinggi untuk pengembangan di lahan kering.
- Joseph, E.A., Mohanan, K., 2013. A Study on the Effect of Salinity Stress on the Growth and Yield of Some Native RiceCultivars of Kerala State of India. *Agric. For. Fish.* 2, 141. <https://doi.org/10.11648/j.aff.20130203.14>
- Karjunita, N., 2016. Respon akar terhadap cekaman salinitas dan isolasi gen SiNAC065 pada empat genotipe hotong (*Setaria italica* L beauv]. *INSTITUT PERTANIAN BOGOR.*
- Khuluq, A.D., Hamida, R., 2014. Peningkatan produktivitas dan rendemen tebu melalui rekayasa fisiologis pertunasan. *Perspektif* 13, 13–24.
- Mastur, Syafaruddin, Syakir, M., 2015. Peran Dan Pengelolaan Hara Nitrogen Pada Tanaman Tebu Untuk Peningkatan Produktivitas Tebu. *J. Litri* 14, 73–86.
- Minitab 17 Statistical Software, 2010. Minitab 17 Statistical Software.
- Murad, A.M., Molinari, H.B.C., Magalhães, B.S., Franco, A.C., Takahashi, F.S.C., De Oliveira, N.G., Franco, O.L., Quirino, B.F., 2014. Physiological and proteomic analyses of *Saccharum* spp. grown under salt stress. *PLoS One* 9, 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098463>
- Negrao, S., Schmockel, S., Tester, M., 2017. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. *Ann. Bot.* 119, 1–11. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw191>
- Oyiga, B.C., Sharma, R.C., Shen, J., Baum, M., Ogbonnaya, F.C., Léon, J., Ballvora, A., 2016. Identification and Characterization of Salt Tolerance of Wheat Germplasm Using a Multivariable Screening Approach. *J. Agron.*

- Crop Sci. 202, 472–485.
<https://doi.org/10.1111/jac.12178>
- Patade, V.Y., Bhargava, S., Suprasanna, P., 2011. Salt and drought tolerance of sugarcane under iso-osmotic salt and water stress: Growth, osmolytes accumulation, and antioxidant defense. *J. Plant Interact.* 6, 275–282.
<https://doi.org/10.1080/17429145.2011.557513>
- Patel, P., Kajal, S., Patel, V., 2010. Impact of saline water stress on nutrient uptake and growth of cowpea. *Brazilian J.* 22, 43–48.
<https://doi.org/00.0000/S00000-000-0000-0>
- Putri, R.S.J., Nurhidayati, T., W, W.B., 2012. Uji ketahanan tanaman tebu hasil persilangan (*Sacharum* spp. Hybrid) pada kondisi lingkungan cekaman garam (NaCl). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- R Core Team (R Foundation for Statistical, 2017. No Title.
- Roy, S.J., Negrão, S., Tester, M., 2014. Salt resistant crop plants. *Curr. Opin. Biotechnol.* 26, 115–124.
<https://doi.org/10.1016/j.copbio.2013.12.004>
- Santoso, B., Mastur, Djumali, Nugraheni, S.D., 2015. Tebu lahan kering Budi Santoso.pdf. *J. Litri* 21, 109–116.
- Sheldon, A., Menzies, N.W., So, H.B., Dalal, R., 2004. The effect of salinity on plant available water, in: *SuperSoil 2004: 3rd Australian New Zealand Soils Conference*, 5 – 9 December 2004, University of Sydney, Australia. pp. 1–5.
- Shrivastava, P., Kumar, R., 2015. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi J. Biol. Sci.* 22, 123–131.
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001>
- Simoës, W.L., Calgato, M., Coelho, D.S., dos Santos, D.B., de Souza, M.A., 2016. Growth of sugar cane varieties under salinity. *Rev. Ceres* 63, 265–271.
<https://doi.org/10.1590/0034-737X201663020019>
- Sulistiyowati, E., Sumartini, S., Abdurrakhman, 2010. Toleransi 60 akses kapas terhadap cekaman salinitas pada fase vegetatif. *Jur* 16, 20–26.
- Tanimoto, T., Nickell, L., 1965. Estimation of drought resistance of sugarcane varieties, in: *Proceedings of the Twelfth Congress of The International Society of Sugarcane Technologist*. Puerto Rico, pp. 893–897.
- Tiku, M.F., Mohammed, H., Gebrekidan, H., 2014. Screening of introduced sugarcane genotypes for their salinity tolerance based on yield components at Metahara sugar estate, Ethiopia. *Time Journals Agric. Vet. Sci.* 2, 107–113.
- Wahid, A., Rao, A.U.R., Rasul, E., 1997. Identification of salt tolerance traits in sugarcane lines. *F. Crop. Res.* 54, 9–17.
[https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00038-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00038-5)
- Wahid, a, 2004. Analysis of toxic and osmotic effects of sodium chloride on leaf growth and economic yield of sugarcane. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 45, 133–141.
- Widyasari, W., Damanhuri, Sugiyarta, E., 2009. Pengujian 20 klon koleksi tebu hibrida terhadap kondisi kekurangan air. *Maj. Penelit. Gula* 45, 1–18.