

Uji Ketahanan Klon-Klon Harapan Tebu terhadap Kekeringan

Prima Diarini Riajaya, Djumali, dan Bambang Heliyanto

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat

Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang, Indonesia

E-mail: primariajaya@yahoo.com

Diterima: 14 Februari 2020; direvisi: 10 Maret 2020; disetujui: 19 Maret 2020

ABSTRAK

Pengembangan tebu di lahan kering harus didukung oleh ketersediaan varietas tebu tahan kering dan rendemen yang tinggi. Penelitian bertujuan untuk mengetahui tingkat ketahanan klon-klon harapan tebu terhadap kekeringan, dilaksanakan di rumah kaca menggunakan benih budchip yang ditanam di dalam pot mulai Juni sampai Desember 2018. Perlakuan disusun dalam Rancangan Petak Terbagi dengan tiga ulangan. Petak utama terdiri dari tiga perlakuan kekeringan, yaitu kadar air tanah (KAT) tersedia dipertahankan 40% (kisaran 38–43%), 70% (68–73%) dan 100% (95–100%) mulai tanaman berumur 1–4 bulan setelah tanam. Anak petak terdiri dari 13 klon harapan tebu yang mempunyai tipe kemasakan awal – awal tengah dan satu varietas pembanding (PS 881). Hasil penelitian menunjukkan tingkat ketahanan klon-klon harapan tebu sangat rentan sampai sangat toleran terhadap kekeringan. Sebanyak sembilan klon dengan tingkat ketahanan terhadap kekeringan lebih baik dibanding varietas pembanding PS 881 (rentan) yaitu MLG 26, MLG 12, MLG 55, dan MLG 11 (moderat), MLG 24 (toleran), MLG 9, MLG 14, MLG 4, dan MLG 49 (sangat toleran). Terdapat tiga klon dengan tingkat ketahanan terhadap kekeringan sama dengan varietas pembanding, yaitu MLG 38, MLG 5, dan MLG 52 (rentan), serta satu klon (MLG 56) tergolong sangat rentan.

Kata kunci: tebu, ketahanan terhadap kekeringan, klon harapan

Drought Resistance Test of Sugarcane Promising Clones

ABSTRACT

The development of sugarcane in dry land must be supported by the availability of sugarcane dry-resistant varieties and high yield. A greenhouse research was done to determine the level of resistance of sugarcane clones to drought stress using bud chips planted in plastic pots from June to December 2018. The experiment was arranged in a Split Plot Design with three replicates. The main plots consisted of three moisture availability to provide the available soil water (ASW) content maintained at 40% (range 38–43%), 70% (68–73%) and 100% (95–100%) at the age 1–4 months after planting. Sub plots consisted of 13 clones and one check variety (PS 881). The results showed the level of drought resistance of sugarcane clones varied from very vulnerable to very tolerant, nine clones with better drought resistance compared to check variety (susceptible) namely MLG 26, MLG 12, MLG 55, and MLG 11 (moderate), MLG 24 (tolerant), MLG 9, MLG 14, MLG 4, and MLG 49 (very tolerant). There are three clones with the same level of drought resistance with check variety namely MLG 38, MLG 5, and MLG 52 (susceptible), and one clone namely MLG 56 is very susceptible.

Keywords: sugarcane, drought resistance, promising clones

PENDAHULUAN

Pengembangan tebu di Indonesia dilakukan di lahan tadah hujan dan di lahan

berpengairan. Penanaman tebu di lahan tadah hujan (lahan kering) umumnya dilakukan pada awal musim hujan dan dipanen akhir musim tebang, sedangkan di lahan berpengairan tebu

ditanam pada awal musim kemarau dan dipanen pada awal musim tebang tahun berikutnya. Tanaman tebu yang ditanam di awal musim kemarau dan dipanen pada awal musim tebang tahun berikutnya mempunyai tipe kemasakan awal-awal tengah dan ketahanan terhadap kekeringan terutama pada awal pertumbuhan sampai fase pembentukan anakan. Rendahnya ketersediaan air selama musim kemarau yang bersamaan dengan fase awal pertumbuhan menyebabkan tanaman mengalami cekaman kekeringan dan dapat menurunkan produksi hingga 70% (Murdiyatmo et al., 2012).

Unsur iklim (ketersediaan air) sangat mempengaruhi produktivitas tanaman tebu (Carasoli et al., 2019). Perubahan iklim yang ditandai dengan berubahnya pola hujan dan meningkatnya kejadian ekstrem antara lain kekeringan ekstrem. Sanghera and Kumar (2018) memprediksi penurunan produksi tebu sampai 50% akibat kekeringan, sehingga diperlukan varietas unggul yang dapat meningkatkan produktivitas pada kondisi stres kekeringan. Oleh karena itu, perakitan varietas unggul tebu yang tahan kekeringan sangat diprioritaskan (Hatfield et al., 2011). Hal ini menjadi perhatian utama dalam program perakitan varietas tebu dimasa depan.

Stres air merupakan kendala utama terbesar terhadap produktivitas tebu. Ketahanan tebu terhadap kekeringan semakin penting ke depan di sentra pengembangan tebu di seluruh dunia (Inman-Bamber et al., 2012; Ferreira et al., 2017; Singels et al., 2013). Santos et al., (2019) menambahkan bahwa perubahan iklim dapat menyebabkan berkurangnya curah hujan terutama untuk pertanian, sehingga seleksi untuk ketahanan terhadap kekeringan pada program pemuliaan menjadi sangat penting dan prioritas. Carvalho et al., (2015) menyatakan meningkatnya suhu akibat perubahan iklim meningkatkan laju evapotranspirasi, mengurangi ketersediaan air dalam tanah sehingga penanaman tebu di wilayah yang kering semakin sulit.

Upaya untuk menghasilkan varietas unggul baru telah dilakukan melalui persilangan. Hasil seleksi klon-klon unggul tebu hasil persilangan diperoleh lima klon unggul yang berpotensi berproduksi tinggi (Heliyanto et al., 2017). Kelima klon unggul tersebut mempunyai tipe kemasakan awal (Djumali et al., 2017). Selanjutnya dari klon-klon tersebut, empat klon berendemen tinggi dan satu klon dengan produktivitas hasil dan hablur lebih tinggi dibanding PS 881 (Lestari & Djumali, 2017). Disamping itu juga telah dihasilkan delapan klon unggul dengan tipe kemasakan awal tengah. Namun, ketahanan klon-klon tersebut terhadap kekeringan belum diketahui. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui tingkat ketahanan klon-klon harapan tebu terhadap kekeringan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat di Karangploso, Malang mulai Juni sampai Desember 2018. Klon-klon harapan tebu masak awal sampai awal tengah dan satu varietas pembanding (PS 881) ditanam di dalam pot plastik dengan kapasitas 20 kg tanah/pot. Setiap pot ditanam satu benih *budchip*. Apabila terdapat benih yang tidak tumbuh, maka dilakukan penyulaman pada umur 2 minggu setelah tanam. Perlakuan disusun menggunakan Rancangan Petak Terbagi dengan tiga ulangan. Petak utama terdiri dari tiga perlakuan kekeringan yaitu kadar air tanah (KAT) tersedia dipertahankan 40% (kisaran 38–43%), 70% (68–73%), dan 100% (95–100%). Sebagai anak petak 13 klon harapan tebu dan satu varietas pembanding (PS 881). Masing-masing klon dan varietas pembanding ditanam dalam tiga pot tiap ulangan. Perlakuan kekeringan mulai diterapkan pada tanaman 1–4 bulan setelah tanam (BST). Setelah 4 BST tanaman dikembalikan pada kondisi air tanah 100% hingga

tanaman 6 BST. Klon harapan dan varietas pembandingan yang diuji tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar klon harapan tebu masak awal sampai awal tengah

No.	Klon harapan/ varietas	Tipe kemasakan	No.	Klon harapan/ varietas	Tipe kemasakan
1.	MLG 9	Awal	8.	MLG 4	Awal
2.	MLG 56	Awal	9.	MLG 24	Tengah
3.	MLG 26	Awal	10.	MLG 49	Awal
4.	MLG 38	Awal	11.	MLG 55	Tengah
5.	MLG 14	Awal	12.	MLG 52	Awal
6.	MLG 12	Awal	13.	MLG 11	Tengah
7.	MLG 5	Tengah	14.	PS 881	Awal
		Awal			Tengah

Pada awal penelitian, semua perlakuan dikondisikan dalam kandungan air tanah 100% (kapasitas lapang) dan ditimbang untuk mengetahui bobot basah tanah pot (BBP). Tanah dalam pot dibiarkan mengering hingga KAT sesuai perlakuan (40 dan 70%), kecuali perlakuan KAT 100% yang diiri untuk mempertahankan KAT 100%. Kandungan air tanah diamati setiap hari mulai umur satu bulan menggunakan *soil moisture tester*. Mulai tanam hingga umur satu bulan kandungan air tanah dipertahankan optimal. Perlakuan stres kekeringan dilakukan selama fase pembentukan anakan dengan cara mempertahankan KAT sesuai perlakuan. Untuk mempertahankan KAT sesuai perlakuan setiap pot perlu ditambah air. Volume air yang ditambahkan disesuaikan dengan penurunan KAT di masing-masing pot. Untuk mengetahui jumlah air yang harus ditambahkan agar KAT meningkat 1% maka dilakukan pengambilan contoh tanah pada setiap pot pada saat KAT 100%. Contoh tanah ditimbang bobot basahnya (BAC) dan dioven pada temperatur 80°C selama 72 jam untuk mengetahui bobot keringnya (BKC). Jumlah air yang terkandung dalam contoh tanah ber KAT 100% (JAC) dihitung berdasarkan kriteria yang

dilakukan oleh Lestari & Djumali (2017) dengan rumus:

$$JAC = BAC - BKC \dots \dots \dots ml$$

Jumlah air yang terkandung dalam setiap pot (JAP) dihitung dengan rumus:

$$JAP = \frac{BBP}{BAC} \times JAC \dots \dots \dots ml$$

Untuk meningkatkan KAT 1% dibutuhkan penambahan air (TA) sebanyak:

$$TA = \frac{JAP}{100} \dots \dots \dots ml/pot$$

Pemupukan dilakukan dua kali, pertama pada saat tanaman berumur 3–4 minggu dengan menggunakan 25 g Phonska + 12,5 g ZA/pot dan kedua pada 3 BST dengan 25 g ZA/pot. Pengamatan pertumbuhan dilakukan satu bulan setelah perlakuan (2 BST) hingga 6 BST. Pengamatan pertumbuhan setelah kondisi ketersediaan air tanah kembali optimal dilakukan pada 5–6 BST. Parameter pertumbuhan yang diamati terdiri dari jumlah anakan dan tinggi tanaman. Bahan kering tanaman yang diamati meliputi bobot kering bagian atas tanaman (batang dan daun) dan bobot kering akar pada 6 BST. Pada 5–6 BST (fase awal pemanjangan batang) kondisi air tanah semua perlakuan dikembalikan pada kondisi normal yaitu KAT 100%.

Data hasil pengamatan dilakukan analisis sidik ragam menggunakan program SAS dilanjutkan dengan uji signifikansi antar perlakuan dengan uji DMRT 5%. Tingkat ketahanan klon-klon tebu terhadap kekeringan ditentukan melalui perhitungan indeks sensitivitas cekaman (*stress sensivity index* (SSI)) pada setiap peubah pengamatan menurut Fischer and Maurer, (1978) yang dimodifikasi:

$$SSI = \frac{1 - \left(\frac{\text{klon tercekam}}{\text{klon normal}} \right)}{1 - \left(\frac{\text{rerata klon tercekam}}{\text{rerata klon normal}} \right)}$$

Nilai SSI menggambarkan toleransi suatu klon terhadap kekeringan dibanding klon lainnya. Modifikasi dengan membuat ranking kategori dilakukan agar nilai SSI masing-masing klon dapat dikelompokkan dalam kategori. Klon dengan nilai SSI tertinggi dikategorikan sangat rentan dan terendah dikategorikan sangat toleran. Nilai SSI antar peubah pengamatan sangat beragam sehingga perlu ditentukan nilai penentu batas kategori (NPB). Kategori toleransi tanaman terhadap cekaman KAT yang digunakan sebanyak lima kategori sehingga nilai NPB pada setiap peubah dihitung dari nilai SSI maksimum dibagi lima. Klon-klon dikategorikan menjadi lima kategori berdasar pada peubah yang diamati sbb:

1. Sangat rentan bila nilai $SSI \geq (SSI \text{ mak} - NPB)$ dan diberi indeks 1
2. Rentan bila nilai $(SSI \text{ mak} - 2NPB) < SSI < (SSI \text{ mak} - NPB)$ dan diberi indeks 2
3. Moderat bila $(SSI \text{ mak} - 3NPB) < SSI < (SSI \text{ mak} - 2NPB)$ dan diberi indeks 3
4. Toleran bila $(SSI \text{ mak} - 4NPB) < SSI < (SSI \text{ mak} - 3NPB)$ dan diberi indeks 4

5. Sangat toleran bila nilai $SSI \leq (SSI \text{ mak} - 4NPB)$ dan diberi indeks 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

Interaksi antara perlakuan kekeringan dan klon tebu tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah anakan (Tabel 2). Penurunan kadar air tanah sampai 40% pada semua klon-klon unggul menurunkan secara nyata jumlah anakan yang terbentuk pada 2–4 BST. Pada perlakuan KAT 100% (optimal) jumlah anakan meningkat dari 5,04 anakan/pot pada 2 BST menjadi 7,33 anakan/pot pada 4 BST. Pada periode waktu yang sama pada kondisi KAT 70% (moderat) jumlah anakan juga meningkat dari 3,87 anakan/pot menjadi 5,15 anakan/pot, namun pada kondisi KAT 40% (suboptimal) jumlah anakan relatif tetap 3,25–3,63 anakan/pot. Jumlah anakan per pot pada KAT 70% menurun 29,7% dan KAT 40% menurun 50,5% dibandingkan KAT 100% pada 4 BST.

Tabel 2. Jumlah anakan/pot pada berbagai level kekeringan dan klon-klon harapan tebu

Perlakuan	Umur tanaman (BST)*				
	2	3	4	5#	6#
<i>Level Kekeringan pada KAT</i>					
40 %	3,25 c*)	3,44 c	3,63 c	3,99 c	3,74 c
70 %	3,87 b	4,69 b	5,15 b	6,35 b	5,46 b
100 %	5,04 a	6,58 a	7,33 a	7,19 a	6,40 a
<i>Klon-klon harapan tebu</i>					
MLG 9	4,11 cdef	4,89 de	5,67 cde	6,44 bcd	5,78 bcd
MLG 56	1,72 i	2,33 g	2,89 gh	2,611 f	2,50 g
MLG 26	1,67 i	2,06 g	2,56 h	4,28 ef	4,11 ef
MLG 38	4,50 cde	5,28 cde	5,83 cde	6,33 bcd	5,61 cde
MLG 14	3,67 efgh	4,22 ef	4,78 def	4,72 de	4,00 f
MLG 12	3,11 gh	4,28 e	4,33 efg	4,00 ef	4,11 ef
MLG 5	2,89 h	3,00 fg	3,39 fgh	3,67 ef	3,44 fg
MLG 4	3,89 defg	4,33 de	4,44 efg	5,11 de	4,72 cdef
MLG 24	4,78 cd	5,56 cd	6,11 cd	7,67 b	7,17 b
MLG 49	4,11 cdef	4,17 ef	4,50 ef	5,33 cde	4,61 def
MLG 55	6,11 b	7,44 b	8,11 b	7,78 b	6,17 bc
MLG 52	4,89 c	6,33 bc	6,44 c	7,00 bc	6,06 bcd
MLG 11	7,89 a	10,61 a	11,94 a	12,78 a	10,72 a
PS 881	3,39 fgh	4,17 ef	4,22 efg	4,06 ef	3,83 fg
KK (%)	21,3	24,57	27,96	30,86	27,88

*) Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata dengan uji DMRT 5%.

Mulai 5 BST kondisi air tanah kembali optimal.

KAT: Kandungan Air Tanah.

Pada tanaman 5–6 BST kondisi air tanah kembali optimal, hal ini tidak berpengaruh terhadap penambahan jumlah anakan karena tanaman sudah berada pada fase pemanjangan batang. Dengan demikian, kondisi kelembapan tanah pada saat tanam sampai umur empat bulan pada periode penanaman awal musim kemarau (pola A) sebaiknya pada kondisi moderat sampai optimal dan menggunakan varietas tipe masak awal-awal tengah. Santos et al., (2019) mendapatkan bahwa kondisi stres air pada level moderat dengan kondisi air tanah 70% tidak mempengaruhi partisi fotosintat karena tanaman tebu dapat menyimpan air hingga 25% dari air yang diaplikasikan. Singels et al., (2019) juga melaporkan kandungan air tanah tersedia 60% merupakan nilai batas ambang air tanah yang mengindikasikan saat pengairan pada fase perkecambahan dan fase pertumbuhan batang.

Kebutuhan air tanaman saat fase pemanjangan batang mengalami peningkatan, namun kebutuhan air tersebut dapat disuplai dari air hujan, karena fase pemanjangan batang terjadi pada saat musim hujan sehingga tanaman tidak mengalami stres air. Stres air lebih sering terjadi pada awal pertumbuhan yaitu pada fase pembentukan anakan. Dengan demikian, fase kritis tanaman tebu terhadap ketersediaan air (kekeringan) pada periode penanaman awal musim kemarau adalah fase pembentukan anakan (Dinh et al., 2017).

Pada 6 BST saat tanaman sudah memasuki fase pemanjangan batang, penurunan kadar air tanah sampai 40% selama fase pembentukan anakan menurunkan jumlah batang dari 6,40 batang/pot menjadi 3,74 batang/pot atau berkurang 41,5% dibandingkan KAT 100%. Zu et al., (2018) mendapatkan penurunan hasil tebu sampai 31% dari potensi hasil pada kondisi air yang terbatas.

Beberapa klon yang diuji (MLG 11, MLG 52, MLG 55, dan MLG 24) lebih unggul dibanding varietas kontrol dalam hal jumlah anakan. Klon MLG 11 mampu membentuk

anakan tertinggi mulai 2 sampai 4 BST, masing-masing 7,89; 10,61 dan 11,94 anakan/pot. Pada saat kondisi air tanah kembali optimal (5–6 BST) jumlah anakan tertinggi 12,78 dan 10,72 anakan/pot dicapai klon MLG 11. Klon MLG 56 dan MLG 26 memiliki jumlah anakan paling sedikit pada berbagai kandungan air tanah (Tabel 2).

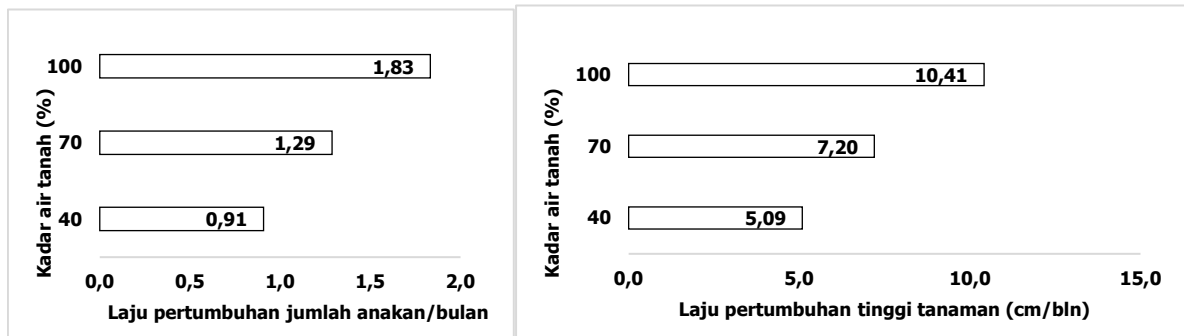
Tinggi tanaman juga sangat dipengaruhi oleh kadar air tanah sampai 4 BST (Tabel 3). Interaksi antara perlakuan kekeringan dan klon-klon harapan tebu tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Pada kondisi KAT 100% (optimal) tinggi tanaman meningkat dan menurun dengan berkurangnya KAT sampai 40% (suboptimal). Fase pembentukan anakan pada 2–4 BST, tidak terdapat penambahan tinggi tanaman yang signifikan pada perlakuan kadar air tanah yang sama, sedangkan mulai 4–6 BST saat kondisi air tanah kembali normal tinggi tanaman bertambah secara signifikan. Dengan demikian, penurunan kadar air tanah pada fase pertunasan hanya mempengaruhi jumlah anakan tetapi tidak untuk tinggi tanaman. Pada 6 BST tinggi tanaman tidak berbeda nyata yaitu 62,01–66,89 cm. Hal ini menunjukkan adanya kemampuan klon yang diuji untuk pulih kembali dari stres kekeringan. Tanaman tebu yang mengalami cekaman kekeringan akan normal kembali setelah 30 hari dari *recovery* (Devi et al., 2018).

Pada berbagai kondisi air tanah, klon-klon harapan yang diuji mempunyai respons yang berbeda terhadap tinggi tanaman. Sampai dengan umur tiga bulan, pertumbuhan tinggi tanaman MLG 55 paling tinggi melebihi varietas pembanding (Tabel 3). Umumnya klon-klon harapan tebu memiliki pertumbuhan tinggi tanaman diatas varietas pembanding, kecuali MLG 11 dan MLG 24 pada 4 BST. Klon MLG 11 dan MLG 24 walaupun memiliki jumlah anakan relatif banyak namun pertumbuhan tinggi tanamannya relatif rendah, masing-masing 22,72 cm dan 24,44 cm pada 4 BST.

Tabel 3. Tinggi tanaman (cm) pada berbagai level kekeringan dan klon-klon harapan tebu

Perlakuan	Umur tanaman (BST)				
	2	3	4	5#	6#
<i>Level Kekeringan pada KAT</i>					
40 %	19,24 c*)	20,17 c	20,37 c	37,13 c	66,89 a
70 %	21,25 b	26,05 b	28,80 b	43,19 b	64,24 a
100 %	28,25 a	37,63 a	41,65 a	50,36 a	62,01 a
<i>Klon-klon harapan tebu</i>					
MLG 9	23,79 bcd	27,61 cd	28,61 cd	41,44 e	56,83 efgh
MLG 56	21,96 cdef	27,81 bcd	32,83 ab	49,56 a	78,06 a
MLG 26	24,66 b	30,94 ab	34,67 a	50,06 a	63,56 cdef
MLG 38	21,04 ef	26,44 de	29,28 cd	42,11 de	58,89 defg
MLG 14	24,17 bc	29,92 abc	31,39 abc	49,06 ab	70,83 abcd
MLG 12	23,87 bcd	29,33 bcd	32,78 ab	46,89 abcd	73,83 abc
MLG 5	25,04 b	28,44 bcd	33,50 ab	48,06 abc	77,06 ab
MLG 4	22,70 bcde	29,22 bcd	30,78 bc	43,94 cde	68,78 abcde
MLG 24	19,70 f	23,17 f	24,44 ef	34,50 f	49,06 gh
MLG 49	24,57 b	30,89 ab	33,33 ab	46,89 abcd	68,56 abcde
MLG 55	27,53 a	32,58 a	32,89 ab	44,39 abcd	70,50 abcd
MLG 52	22,91 bcde	28,06 bcd	29,50 cd	42,67 de	65,56 bcdef
MLG 11	17,22 g	22,53 f	22,72 f	33,50 f	46,00 h
PS 881	21,62 def	24,39 ef	27,11 de	36,78 f	53,83 fgh
KK (%)	9,7	10,64	10,51	10,64	17,60

*) Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata dengan uji DMRT 5%. #: Mulai 5 BST kondisi air tanah kembali optimal. KAT: Kandungan Air Tanah.

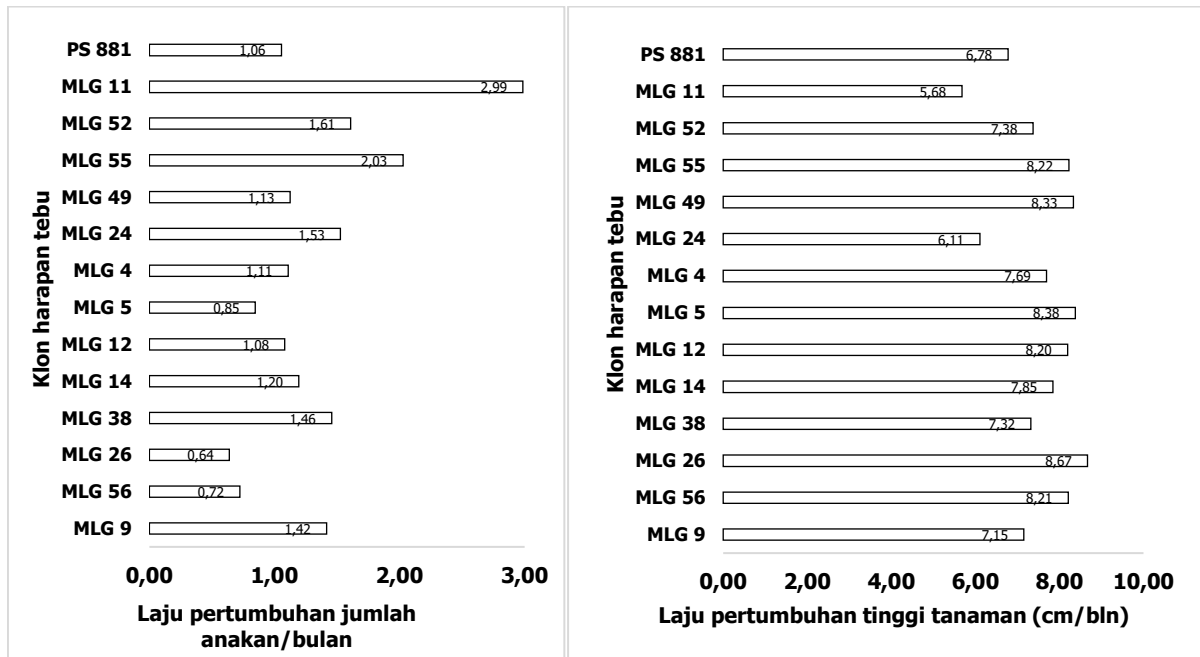


Gambar 1. Laju pembentukan anakan dan pertumbuhan tinggi tanaman tebu 4 BST pada berbagai kondisi air tanah

Sebaliknya MLG 26 dan MLG 56 memiliki jumlah anakan relatif rendah akan tetapi pertumbuhan tanamannya relatif tinggi, masing-masing 34,67 cm dan 32,83 cm pada 4 BST.

Pada Gambar 1 terlihat bahwa laju pembentukan anakan dan pertumbuhan tinggi tanaman semua klon yang diuji sampai dengan umur 4 bulan tertinggi pada KAT 100% masing-masing 1,83 batang/bulan dan 10,41 cm/bulan, kemudian menurun pada KAT 70% dan 40%. Penurunan laju pembentukan anakan dan pertumbuhan batang pada KAT 40% hampir mencapai 50%. Klon-klon harapan

tebu yang memiliki laju pembentukan anakan dan pertumbuhan tinggi tanaman relatif tinggi dan melebihi varietas pembanding adalah MLG 52 dan MLG 55 (Gambar 2) dan telah dilepas menjadi PS MLG 1 dan PS MLG 2. Laju pembentukan anakan tertinggi pada klon MLG 11, akan tetapi memiliki laju pertumbuhan tinggi tanaman paling rendah di bawah varietas kontrol. Harapannya klon MLG 52 dan MLG 55 terus tumbuh dengan baik dan mempertahankan anakan yang sudah terbentuk menjadi batang produktif. Jumlah anakan dan tinggi batang adalah dua komponen penting dalam keberhasilan produktivitas tebu.



Gambar 2. Laju pembentukan anakan dan pertumbuhan tinggi tanaman 4 BST pada berbagai klon-klon harapan tebu dan varietas pembanding

Tingkat ketahanan klon-klon harapan tebu dapat dilihat pada Tabel 4 yang dihitung berdasarkan jumlah anakan pada umur 4 BST. Pada varietas masak awal-awal tengah yang ditanam pada awal musim kemarau mempunyai ketahanan terhadap kekeringan terutama selama fase pembentukan anakan sampai umur empat bulan. Penggunaan varietas tebu yang tahan kekeringan sangat penting untuk menunjang produktivitas di lahan yang memiliki sumberdaya air terbatas Silva et al., (2007) dan merupakan salah satu strategi adaptasi terhadap perubahan iklim yang ditandai dengan meningkatnya kejadian iklim ekstrem (Zhao & Li, 2015). Penurunan produksi tebu lebih banyak dipengaruhi oleh penurunan curah hujan dibanding kelebihan curah hujan, sehingga produktivitas tebu akan menurun di wilayah dengan keterbatasan air (Marin et al., 2014).

Varietas pembanding PS 881 rentan terhadap kekeringan dengan SSI=1,238. Diantara klon-klon harapan yang diuji terdapat 3 klon yang tergolong rentan terhadap

kekeringan sama dengan varietas pembanding (PS 881), yaitu MLG 38, MLG 5, dan MLG 52. Terdapat 1 klon (MLG 52) yang tergolong sangat rentan, 4 klon (MLG 26, MLG 12, MLG 55, dan MLG 11) tergolong moderat, 1 klon (MLG 42) tergolong toleran, dan 4 klon (MLG 9, MLG 14, MLG 4, dan MLG 49) tergolong sangat toleran terhadap kekeringan. Dengan demikian, terdapat sembilan klon harapan dengan ketahanan terhadap kekeringan lebih rendah dibanding varietas pembanding dan tiga klon harapan dengan ketahanan yang sama dengan varietas pembanding serta satu klon dengan ketahanan lebih rendah dibanding varietas pembanding.

Bobot kering akar (R), bagian atas tanaman (S), nisbah R/S dan bobot kering total tanaman tebu umur 6 BST disajikan pada Tabel 5. Interaksi antara perlakuan kekeringan dan klon-klon harapan tebu tidak berpengaruh nyata terhadap bobot kering akar, bagian atas tanaman, total dan nisbah akar tajuk. Tanaman yang mengalami stres air akan menurunkan fiksasi CO₂ (melalui penutupan stomata) dan

Tabel 4. Tingkat ketahanan klon-klon harapan tebu terhadap kekeringan

Klon-klon unggul/varietas pembanding	Tipe kemasakan	SSI	Kategori
1. MLG 9	Awal	0,675	Sangat Toleran
2. MLG 56	Awal	1,401	Sangat Rentan
3. MLG 26	Awal	1,050	Moderat
4. MLG 38	Awal	1,189	Rentan
5. MLG 14	Awal	0,697	Sangat Toleran
6. MLG 12	Awal Tengah	1,019	Moderat
7. MLG 5	Awal Tengah	1,217	Rentan
8. MLG 4	Awal Tengah	0,643	Sangat Toleran
9. MLG 24	Awal Tengah	0,832	Toleran
10. MLG 49	Awal Tengah	0,720	Sangat Toleran
11. MLG 55	Awal Tengah	1,035	Moderat
12. MLG 52	Awal Tengah	1,226	Rentan
13. MLG 11	Awal Tengah	1,031	Moderat
14. PS 881	Awal	1,238	Rentan

Keterangan: SSI: stress sensivity index

luas daun (Jaiphong et al., 2016). Biomas akar berkorelasi langsung dengan perkembangan akar di dalam tanah. Volume dan distribusi sistem perakaran menjadi sangat penting peranannya berkaitan dengan stres air (Neto et al., 2018). Untuk memproduksi biomas yang optimal tanaman tebu membutuhkan kecukupan air yang optimal juga pada setiap fase tumbuhnya untuk mendukung produktivitas yang tinggi (Endres et al., 2010; Wiedenfeld, 2000; Sanghera & Kumar, 2018).

Hasil pengamatan bobot kering akar, bagian atas tanaman dan total bobot kering menurun dengan menurunnya kandungan air tanah, masing-masing 72,47, 157,76 dan 230,23 g/tanaman pada kondisi air optimal (KAT 100%) sampai 23,31; 79,18; dan 102,69 g/tanaman pada kondisi air tanah suboptimal (KAT 40%), atau terdapat penurunan bobot kering akar 67,6%, bobot kering bagian atas tanaman 49,8% dan total bobot kering 55,4%. Demikian juga pada kondisi air tanah moderat (KAT 70%), bobot kering akar menurun sampai 45,42 g/tanaman (37,3%), bobot kering bagian atas tanaman 125,95 g/tanaman (20,2%) dan total bobot kering 171,36 g/tanaman (25,6%).

Pada kondisi stres air terjadi penurunan bobot kering akar 55,2%, bagian atas tanaman 32,2% dan total bobot kering 49% (Medeiros et al., 2013), panjang akar 20,97–42,5% (Chaum et al., 2012), bobot kering akar

16,99%, tinggi tanaman dan diameter batang masing-masing 18,28% dan 7,52%, penurunan parameter morfologi lebih tinggi pada kondisi kekeringan dibanding kelebihan air (Misra et al., 2020).

Penurunan bobot kering akar dengan menurunnya kadar air tanah menurunkan laju pembentukan anakan (Gambar 2). Nisbah akar dan bagian atas tanaman tertinggi mencapai 0,46 pada KAT 100% (optimal) dan berkurang pada kondisi tanah moderat (KAT 70%) yang mencapai 0,36 dan menurun lagi sampai mencapai 0,29 pada kondisi KAT 40% (suboptimal). Peningkatan kedalaman akar meningkatkan biomas akar yang dapat digunakan sebagai salah satu kriteria seleksi klon tebu tahan terhadap keterbatasan air di wilayah tropis dan sub tropis (Inman-Bamber et al., 2012). Tanaman tebu mempunyai kapasitas kompensasi bila terjadi stres air (Wiedenfeld, 2000) karena sistem perakaran tanaman tebu dapat beradaptasi terhadap kondisi stres air sehingga mempunyai ketahanan yang baik terhadap kekeringan (Oliveira et al., 2015).

Klon MLG 11 yang memiliki jumlah anakan tertinggi diikuti oleh bobot kering akar yang paling tinggi, tidak selalu menghasilkan pembentukan bagian atas tanaman yang tinggi. Klon MLG 49 dan MLG 55 merupakan klon yang mempunyai bobot kering akar

Tabel 5. Bobot kering akar (R), tajuk (S), total dan nisbah akar dan bagian atas tanaman (R/S) tanaman pada 6 BST

Perlakuan	Bobot kering (g/tanaman)			
	Akar (R)	Bagian atas tanaman (S)	Total	R/S
Level kekeringan pada KAT				
40 %	23,51 c*)	79,18 c	102,69 c	0,29 a
70 %	45,42 b	125,95 b	171,36 b	0,36 b
100 %	72,47 a	157,76 a	230,23 a	0,46 c
Klon-klon harapan tebu				
MLG 9	48,49 cde	115,99 efg	164,49 def	0,42 de
MLG 56	31,33 f	121,91 cdef	153,24 fgh	0,26 a
MLG 26	37,81 ef	100,55 h	138,35 gh	0,38 de
MLG 38	44,43 de	131,42 bcd	175,85 bcde	0,34 cd
MLG 14	45,74 de	141,49 ab	187,24 abc	0,32 bc
MLG 12	32,95 f	118,76 defg	151,71 fgh	0,28 ab
MLG 5	28,28 f	105,57 gh	133,85 h	0,27 a
MLG 4	64,27 a	127,78 cde	192,05 ab	0,50 ef
MLG 24	58,34 abc	101,88 h	160,22 ef	0,57 f
MLG 49	60,56 ab	145,62 a	206,17 a	0,42 def
MLG 55	51,73 bcd	134,98 abc	186,69 abc	0,38 de
MLG 52	54,76 abcd	112,68 fgh	167,44 cdef	0,49 def
MLG 11	64,05 a	117,49 efg	181,53 bcd	0,55 ef
PS 881	37,14 ef	117,33 efg	154,46 fg	0,32 bc
KK (%)	23,44	10,81	11,42	17,48

*) Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata dengan uji DMRT 5%. KAT: Kandungan air tanah

(51,73–60,56 g/tanaman) dan bagian atas tanaman yang tinggi (134,98–145,62 g/tanaman) dengan nisbah 0,37–0,41 dengan tingkat ketahanan terhadap kekeringan moderat-sangat toleran. Dengan memperhatikan Tabel 4 dan 5 maka tingkat ketahanan terhadap kekeringan umumnya didukung oleh bobot akar yang relatif tinggi. Tanaman dengan tingkat ketahanan terhadap kekeringan tergolong sangat rentan, rentan dan moderat umumnya mempunyai bobot akar (28,28–37,81 g/tanaman) dan bagian atas tanaman (100,55–121,91 g/tanaman) yang relatif rendah dengan kisaran nisbah 0,26–0,37. (Dinh et al., 2017) menekankan sistem perakaran yang tinggi pada fase awal pertumbuhan akan membantu penyerapan nutrisi yang lebih baik untuk membentuk bagian atas tanaman pada kondisi air tanah optimal dan stres.

Klon MLG 11, MLG 4, MLG 24, MLG 52, dan MLG 9 mempunyai bobot kering akar yang relatif tinggi (48,49–64,05 g/tanaman) akan tetapi bobot kering bagian atas tanaman

rendah (101,88–127,78 g/tanaman) yaitu dengan kisaran nisbah 0,4–0,53 dengan tingkat ketahanan rentan, moderat, toleran dan sangat toleran.

KESIMPULAN

Tingkat ketahanan klon-klon harapan tebu sangat rentan sampai sangat toleran terhadap kekeringan. Sebanyak sembilan klon mempunyai ketahanan lebih baik dibanding varietas pembanding (rentan) yaitu MLG 26, MLG 12, MLG 55, dan MLG 11 (moderat), MLG 24 (toleran), MLG 9, MLG 14, MLG 4, dan MLG 49 (sangat toleran). Terdapat tiga klon dengan ketahanan yang sama dengan varietas pembanding (rentan), yaitu MLG 38, MLG 5, dan MLG 52, serta satu klon dengan ketahanan di bawah varietas pembanding, yaitu MLG 56 (sangat rentan). Klon MLG 49 dan MLG 55 merupakan klon yang mempunyai bobot kering akar (51,73–60,56 g/tanaman) dan bagian atas tanaman yang tinggi (134,98–145,62 g/tanaman) dengan ratio 0,37–0,41 dengan

tingkat ketahanan moderat-sangat toleran terhadap kekeringan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini khususnya kepada IP2TP Karangploso, Malang dan staf/teknisi. Sumber dana kegiatan penelitian ini berasal dari DIPA Balittas TA 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Carasoli, D., Junior, J., Evangelista, A., 2019. Quantitative and qualitative analysis of sugarcane productivity in function of air temperature and water stress. *Comun. Sci.* 10, 203–212. <https://doi.org/10.14295/CS.v10i1.2574>
- Carvalho, A., Menezes, R., Nobrega, R., Pinto, A. de S., Ometto, J., Randow, C. von, Glarolla, A., 2015. Impact of climate changes on potential sugarcane yield in Pernambuco, northeastern region of Brazil. *Renew. Energy* 78, 26–34.
- Cha-um, S., Wangmoon, S., Mongkolsiriwatana, C., Ashraf, M., Kordmanee, C., 2012. Evaluating sugarcane (*Saccharum sp.*) cultivars for water deficit tolerance using some key physiological markers. *Plant Biotechnol.* 29, 431–439.
- Devi, K., Gomathi, R., Kumar, A., Manimekalai, R., Selvi, A., 2018. Field tolerance and recovery potential of sugarcane varieties subjected to drought. *Ind J. Plant Physiol* 23, 271–282.
- Dinh, T., Watanabe, K., Takaragawa, H., Nakabaru, M., Kawamitsu, Y., 2017. Photosynthetic response and nitrogen use efficiency of sugarcane under drought stress conditions with different nitrogen application levels. *Plant Prod. Sci.* 20, 412–422.
- Djumali, Khuluq, A., Lestari, 2017. Evaluasi kemasakan klon-klon unggul tebu rendemen tinggi hasil persilangan. Malang.
- Endres, L., Silva, J., Ferreira, V., Barbosa, G. de S., 2010. Photosynthesis and water relations in Brazilian sugarcane. *Open Agric. J.* 4, 31–37.
- Ferreira, T., Tsunada, S, M., Bassi, D., Arauji, P., Mattiello, L., Guidelli, G., Righetto, G., Goncalves, V., 2017. Sugarcane water stress tolerance mechanisms and its implications on developing biotechnology solutions. *Front. Plant Sci.* 8.
- Fischer, R., Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29, 897–912. <https://doi.org/10.1071/AR9780897>
- Hatfield, J., Boote, K., Kimball, B., Ziska, L., Izairralde, R., Ort, D., Thomsin, A., Wolfe, D., 2011. Climate impacts on agriculture: implications for crop production. *Agron. J.* 103, 351–370.
- Heliyanto, B., Marjani, Abdurakhman, 2017. Uji multilokasi klon-klon unggul tebu rendemen tinggi hasil persilangan. Malang.
- Inman-Bamber, N., Lakshmanan, P., Park, S., 2012. Sugarcane for water-limited environments: Theoretical assessment of suitable traits. *F. Crop. Res.* 134, 95–104.
- Jaiphong, T., Tominaga, J., Wanatabe, K., Nakabaru, M., Takaegawa, H., Suwa, R., Ueno, M., Kawamitsu, Y., 2016. Effects of duration and combination of drought and flood conditions of leaf photosynthesis, growth and sugar content. *Plant Prod. Sci.* 19, 427–437.
- Lestari, Djumali, 2017. Penampilan klon tebu masak awal di tanah Inseptisol. Malang. Unpublished. Lap Balittas 14 halaman.
- Lestari, Djumali 2017, Toleransi klon unggul jarak pagar terhadap cekaman kelembapan tanah, *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, Vol.22(2):92-98.
- Marin, F., Ribeiro, R., Marchiori, P., 2014. How can crop modeling and plant physiology help to understand the plant responses to climate change? A case study with sugarcane. *Theor. Exp. Plant Physiol.* <https://doi.org/10.1007/s40626-014-0006-2>
- Medeiros, D., da Silva, E., Nogueira, R., Teixeira, M., Buckeridge, M., 2013. Physiological limitations in two sugarcane varieties under water suppression and after recovering. *Theor. Exp. Plant Physiol.* 25, 213–222.
- Misra, V., Solomon, S., Mall, A., Prajapati, C., Hashem, A., Abd_Allah, E., Ansari, M., 2020. Morphological assessment of water stressed

- sugarcane: A comparison of waterlogged and drought affected crop. *Saudi J. Biol. Sci.* <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.02.007>
- Murdiyatmo, U., Nurmalasari, Miwa, H., 2012. Biotechnology of drought tolerant sugarcane: Expression of gene encoding choline dehydrogenase from *E. Coli* and *R. melliloti* in transgenic sugarcane, in: Kongres IKAGI. Surabaya.
- Neto, J., de Souza, Z., Kolln, O., Carvalho, J., Ferreira, D., Castioni, G., Barbosa, L., de Castro, S., Braunbeck, Q., Garside, A., Franco, H., 2018. The arrangement and spacing of sugarcane planting influence root distribution and crop yield. *BioEnergy* 11, 291–304.
- Oliveira, R., Ramos, M., Aquino, L., 2015. Irrigation management, Agricultural Production, Bioenergy and Ethanol, in: *Sugarcane*. pp. 161–183.
- Sanghera, G., Kumar, A., 2018. Recent perspectives towards enhancing drought tolerance in sugarcane. *J. Plant Sci. Res.* 34, 23–35.
- Santos, L., Coelho, R., Barbosa, F., Leal, D., Junior, E., Barros, T., Lizcano, J., Robeiro, N., 2019. Influence of deficit irrigation on accumulation and partitioning of sugarcane biomass under drip irrigation in commercial varieties. *Agric. Water Manag.* 221, 322–333.
- Silva, M., Jifon, J., da Silva, A., Sharma, V., 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Braz. J. Plant Physiol* 19, 193–201.
- Singels, A., Jones, M., Marin, F., Ruane, A., Thornburn, P., 2013. Predicting climate change impacts on sugarcane production at sites in Australia, Brazil and South Africa using the Canegro model. *Sugar Tech.* <https://doi.org/10.1007/s12355-013-0274-1>
- Singels, A., Paraskevopoulos, A., Mashabela, M., 2019. Farm level decision support for sugarcane irrigation management during drought. *Agric. Water Manag.* 222, 274–285.
- Wiedenfeld, R., 2000. Water stress during different sugarcane growth periods on yield and response to N fertilization. *Agric. Water Manag.* 43, 173–182.
- Zhao, D., Li, Y.-R., 2015. Climate change and sugarcane production: Potential impact and mitigation strategies. *Int. J. Agron.* 10. <https://doi.org/10.1155/2015/547386>
- Zu, Q., Mi, C., Liu, de L., He, L., Kuang, Z., Fang, Q., Raamp, D., Li, L., Wang, B., Chen, Y., Li, J., Jin, N., Yu, Q., 2018. Spatio-temporal distribution of sugarcane potential yields and yield gap in Southern China. *Eur. J. Agron.* 92, 72–83..