

## PENGARUH PUPUK ORGANIK CAIR TERHADAP POTENSI GENETIK ANTAR KLON TEBU (*Saccharaum officinarum*) RATUN 2

### The Effect of Liquid Organic Fertilizer on Genetic Potential Between Clones of Sugar Cane (*Saccharaum officinarum*) Ratoon 2

Mar'atus Khusniatur Rahmah<sup>1</sup>, Setyo Budi<sup>1</sup>, Rohmatin Agustina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Gresik

Diterima redaksi: 22 Mei 2023/ Direvisi: 27 September 2023/ Disetujui: 13 Desember 2023/

Diterbitkan online: 20 Desember 2023

DOI: 10.21111/agrotech.v9i2.8920

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keragaman genetik, heritabilitas, kemajuan genetik dan korelasi terhadap antar sifat agronomi akibat perlakuan Pupuk Organik Cair (POC). Penelitian menggunakan rancangan petak terbagi 3 ulangan, dengan petak utama terdiri dari 9 klon tebu ratun 2 yaitu klon SB11, SB03, SB01, SB12, SB04, SB19, SB20, BC01, dan klon BC02 dan anak petak adalah uji pemberian POC yaitu tanpa POC, POC A 10 l.ha<sup>-1</sup>, dan POC B 6 l.ha<sup>-1</sup>. Penelitian dilaksanakan di Kebun Uji P3T Sambiroto, Sooko, Mojokerto pada Maret - Juli 2022. Hasil penelitian menunjukkan klon SB03, SB01, SB04, SB19, SB20, BC01 dan BC02 adalah klon yang berinteraksi dengan pemberian POC, hal ini ditunjukkan pada variabel jumlah tanaman rumpun<sup>-1</sup>. Klon SB 01 menunjukkan karakter agronomi yang terbaik dibandingkan klon yang lain %. Pemberian POC signifikan terhadap nilai bobot batang dan brix, terutama pemberian POC B. Karakter agronomi nilai duga heritabilitas tinggi terdapat pada tinggi dan diameter batang, luas daun dan brix, heritabilitas sedang pada jumlah daun dan jumlah tanaman rumpun<sup>-1</sup> sedangkan heritabilitas rendah terdapat bobot batang tanaman<sup>-1</sup>. Kemajuan genetik harapan tinggi terdapat pada semua karakter agronomi kecuali bobot batang tanaman<sup>-1</sup>. Bobot batang dan brix menunjukkan berkorelasi positif terhadap hasil tebu dan yang berpotensi dilanjutkan untuk memperoleh varietas tebu unggul yaitu tinggi, diameter batang, jumlah dan luas daun, jumlah tanaman rumpun<sup>-1</sup> serta brix.

**Kata kunci:** potensi genetik, klon, pupuk cair, tebu, ratun 2.

**Abstract.** This research aims to analyze genetic diversity, heritability, genetic progress, and the correlation between agronomic traits due to Liquid Organic Fertilizer (LOF) treatment. The research used a plot design divided into 3 replications, with the main plot consisting of 9 clones of second ratoon sugar cane, namely clones SB11, SB03, SB01, SB12, SB04, SB19, SB20, BC01, and clone BC02 and the subplot was a test of giving LOF, namely without LOF, LOF A 10 l.ha<sup>-1</sup>, and LOF B 6 l.ha<sup>-1</sup>. The research was carried out at the Sambiroto P3T Test Plantation, Sooko, Mojokerto in March - July 2022. The results showed that clones SB03, SB01, SB04, SB19, SB20, BC01, and BC02 were clones that interacted with the provision of LOF, this was shown in the variable number of cluster plants -1. The SB 01 clone showed the best agronomic characteristics compared to other clones Giving LOF was significant for stem weight and brix values, especially giving LOF B. Agronomic characters with high heritability predicted values were found in stem height and diameter, leaf area, and brix. Agronomic characteristics with moderate heritability estimates are found in the number of leaves and plants in clump<sup>-1</sup>. The agronomic character with a low heritability prediction value is plant stem weight<sup>-1</sup>. There is high hope of genetic progress in all agronomic characters except plant stem weight<sup>-1</sup>. Stem weight and brix showed a positive correlation with sugarcane yield. Agronomic characteristics that have the potential to be used to obtain superior sugarcane varieties are stem height, stem diameter, number and area of leaves, number of clump-1 plants, and brix.

**Keywords:** clones, genetic potential, liquid fertilizer, second ratoon, sugar cane

\*Korespondensi email: rohmatin@umg.ac.id

Alamat : Jl. Sumatera No.101 GKB, Kec. Kebomas, Kab. Gresik, Jawa Timur

## PENDAHULUAN

Kebutuhan konsumsi gula nasional terus meningkat namun tidak diimbangi oleh total produksi gula yang cenderung fluktuatif. Ketimpangan ini disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya penurunan kualitas budidaya dan penggunaan pola tanam ratun menahun. Secara eksisting, sistem ratun banyak dipilih petani tebu karena dapat meminimalisir biaya pembelian bibit dan sarana produksi dibanding model tanam pertama, produktifitas tebu keprasan kategori ratun 1 dan 2 menghasilkan produktivitas tertinggi dan cukup stabil hingga ratun 5 (Muhtadi, 2019). Hal ini bertolak belakang dengan Jayanti (2008) yang menyebutkan bahwa salah satu indikator penurunan produktifitas tebu adalah banyaknya penyimpangan teknis budidaya dan penggunaan pola keprasan di 80% luas tanam tebu nasional. Penggunaan pola ratun dapat menurunkan pertumbuhan dan kualitas tebu serta menyebabkan kerentanan terhadap hama dan penyakit (Subiyakto, 2016).

Meluasnya budaya rawat ratun dikalangan petani tebu rakyat perlu didampingi secara khusus, terutama pada pemberian nutrisi optimal. Tanaman tebu membutuhkan unsur hara dalam jumlah besar selama pertumbuhannya (Chohan et al., 2012). Pada budidaya lahan kering dengan kelembaban rendah, pemupukan foliar dapat membantu asimilasi dan pelengkap serapan hara melalui tanah (Rahnama et al., 2017). Penggunaan Pupuk Organik Cair (POC) terutama pada bagian daun lebih efektif karena mengandung berbagai unsur hara dan mudah diserap.

Pemuliaan dengan perakitan varietas unggul baru merupakan salah satu metode peningkatan kualitas dan kuantitas produksi tebu (Hamida & Parnidi, 2019). Keberhasilan dalam pemuliaan tanaman dapat ditentukan oleh luasnya keragaman genetik (Marwiyah et al., 2015). Tebu

memiliki keragaman genetik tinggi karena merupakan tanaman menyerbuk silang. Agar keragaman plasma nutfah dapat dimanfaatkan dalam program perbaikan varietas, maka potensi sifat-sifat yang dimiliki harus diketahui (Nurdianawati et al., 2016). Susunan genetik tanaman dengan tipe penyerbukan silang dalam satu varietas akan berbeda, sehingga dapat dipilih karakter tertentu untuk dikembangkan menjadi varietas terpilih. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keragaman genetik, heritabilitas, kemajuan genetik harapan dan korelasi terhadap beberapa klon tebu ratun 2 dengan pemberian beberapa macam POC. Perbaikan lingkungan melalui pemberian POC tertentu diharapkan mampu menemukan klon tebu ratun 2 dengan nilai hasil yang tinggi.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di kebun Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Tebu (P3T) PG Gempol Krep PT Perkebunan Nusantara X (PTPN X) di Desa Sambiroto, Kecamatan Sooko, Kabupaten Mojokerto pada Maret sampai Juli 2022 pada tanaman tebu umur 39 Minggu Setelah Keprasan (MSK) sampai panen. Ketinggian tempat 64 m diatas permukaan laut dengan jenis tanah alluvial. Penelitian ini menggunakan Rancangan Petak Terbagi (RPT) sebagai pengembangan dari penelitian yang telah berjalan sebelumnya, yakni pengujian deskripsi dan hasil tujuh Klon Ratun 2, yang diulang 3 kali. Petak utama terdiri dari 9 klon yaitu klon SB11, SB03, SB01, SB12, SB04, SB19, SB20, BC01, dan klon BC02, sedangkan anak petak adalah uji pemberian Pupuk Organik Cair (POC) yaitu tanpa POC, POC A, dan POC B. POC yang digunakan adalah POC A dan POC B dengan kandung sesuai tabel 1.

**Pengaruh Pupuk Organik Cair Terhadap Potensi Genetik Antar Klon Tebu (*Sacchara-  
um officinarum*) Raton 2**

**Tabel 1** Kandungan hara POC A dan POC B

Kandungan Hara	POC A	POC B
pH	6,9	5,61
C organik	2,5 (%)	9,69 (%)
N	1,06 (%)	4,15 (%)
P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	5,0 (%)	4,45 (%)
K (K <sub>2</sub> O)	1,3 (%)	5,66 (%)
Fe	226 (ppm)	0,45 (ppm)
Mn	0,1 (ppm)	2,42 (ppm)
Cu	0,25 (ppm)	8,43 (ppm)
Zn	0,65 (ppm)	41,04 (ppm)
B	67,2 (ppm)	60,84 (ppm)
Co	2,5 (ppm)	2,54 (ppm)
Mo	20,25 (ppm)	<0,2 (ppm)
Bahan lain	<i>Bacillus</i> sp., <i>Pseudomonas</i> sp., <i>Micrococcus</i> <i>roseu</i> ,	Humat 0,01%, ZPT, Vulvat, bebas mikroba dan logam berat

Sumber : Data primer (diolah), 2022

Pengaplikasian dosis pupuk yang digunakan adalah dosis rekomendasi kemasan masing-masing pupuk cair, yaitu POC A dengan dosis 10 l/ha<sup>-1</sup> dan POC B 6 l/ha<sup>-1</sup>. Sebelum melakukan pengaplikasian, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi pupuk dengan tujuan menyamakan volume air atau larutan aplikasi kebutuhan tanaman. Penyemprotan dilakukan 2 kali pada umur 39 msk dan 43 msk. Secara homogen Pemberian pupuk ZA 450 kg.ha<sup>-1</sup> dan NPK 550 kg.ha<sup>-1</sup> dilakukan 2 msk dan pada 1-1,5 bulan setelah kepras.

Variabel keragaman agronomi diamati pada umur 46 MSK antara lain tinggi batang (cm), diameter batang (cm), jumlah daun (helai), jumlah tanaman rumpun<sup>-1</sup>, luas daun (cm<sup>2</sup>), brix (brix) dan bobot segar batang<sup>-1</sup>. Pengamatan tinggi tanaman dilakukan pada tanaman primer tiap rumpun sampel dari permukaan tanah sampai segitiga daun pertama. Pengamatan diameter daun dilakukan tiap rumpun sampel dipilih pada tanaman primer atau yang memiliki diameter dominan. Pengamatan jumlah daun

dilakukan menghitung seluruh daun telah membuka sempurna, sehat dan berwarna hijau. Pengukuran luas daun dilakukan dengan metode ALA (*Average Leaf Area*) yaitu mengukur luas daun tanaman sampel untuk memperkirakan luas daun seluruh populasi tanaman. Pengukuran jumlah tanaman rumpun<sup>-1</sup> dilakukan dengan cara jumlah tanaman tiap rumpun ditentukan dengan menghitung semua batang dalam satu lubang rumpun. Pengukuran brix dilakukan dengan cara mengambil air nira pada ruas batang ketiga dari permukaan tanah yang dilubangi dengan alat khusus kemudian dituangkan pada refraktometer untuk dilihat nilainya. Pengukuran bobot batang tanaman<sup>-1</sup> yaitu bobot tanaman sampel yang ditimbang diukur dari permukaan tanah hingga titik patah tebu (30 cm dibawah segitiga daun pertama). Analisis data menggunakan anova dengan taraf signifikan 5 %, jika terdapat beda nyata maka dilanjutkan dengan uji tukey (BNJ). Analisis anova, BNJ, kergamanan genetik, dan heritabilitas dilakukan dengan menggunakan aplikasi Ms. Excel (Microsoft Corporation, USA), sedangkan analisis korelasi menggunakan Minitab 12 (Mintab, LLC, USA).

### Uji Heritabilitas

Uji heritabilitas dalam arti luas (H) memperhatikan keragaman genetik total dalam kaitannya dengan keragaman lingkungan. Analisis heritabilitas berasal dari Analysis of Variance (anova) untuk mendapatkan nilai kuadrat tengah klon dan galat. Selanjutnya dilakukan Taksiran Kuadrat Tengah untuk menghitung nilai keragaman genotip ( $\sigma^2g$ ) dan fenotif ( $\sigma^2f$ ). Rumusan uji heritabilitas berdasarkan taksiran kuadrat tengah, seperti terlihat pada tabel 2. Ragam lingkungan ( $\sigma^2e$ ) sama dengan nilai KT galat. Sedangkan ragam genotip ( $\sigma^2g$ ) sama dengan nilai KT genotipa dikurangi KT galat dibagi jumlah

ulangan. Ragam fenotip ( $\sigma^2p$ ) adalah jumlah ragam genotif ( $\sigma^2g$ ) dan lingkungan ( $\sigma^2e$ ) (Malau, 2020).

$$H = \frac{\sigma^2g}{\sigma^2g + \sigma^2e}$$

$$H = \frac{\sigma^2g}{\sigma^2p}$$

**Tabel 2** Analisis sidik ragam (anova) untuk taksiran kuadrat tengah

Sumber Keragaman	DB	KT	TKT
<i>Petak Utama :</i>			
Ulangan	r-1	KTr	$\sigma^2e + g\sigma^2r$
Faktor Genotipe/perlakuan A (a)	a-1	KTa	$\sigma^2e + r\sigma^2a$
Galat (a)	(r-1)(a-1)	KTGa	$\sigma^2e$
<i>Anak Petak :</i>			
Faktor genotipe/perlakuan B (b)	b-1	KTb	$\sigma^2e + r\sigma^2b$
A x B	(a-1)(b-1)	KTab	$\sigma^2e + r\sigma^2ab$
Galat (b)	a (r-1)(b-1)	KTGb	$\sigma^2e$
Total	abr-1		

**Keterangan:** DB = derajat bebas, KT = kuadrat tengah, TKT = taksiran kuadrat tengah, r = ulangan, a = galur/klon, ( $\sigma^2e$ ) = Ragam lingkungan, ( $\sigma^2a$ ) = ragam genotip factor a, ( $\sigma^2b$ ) = ragam genotip factor b

Nilai heritabilitas berkisar 0 dan 1. Jika H mendekati 0 maka suatu sifat ditentukan lingkungan. Apabila nilai H mendekati angka 1 artinya suatu sifat ditentukan oleh faktor genetik

**Uji Kemajuan Genetik**

Uji kemajuan genetik dimaksudkan untuk mengetahui seberapa efektif persilangan yang dilakukan. Berikut adalah perhitungan uji kemajuan genetik (Syukur et al., 2015).

$$R = i x H x \sigma e$$

$$KG (\%) = \frac{R}{x} x 100 \%$$

Keterangan :

- R : respon terhadap seleksi
- i : intensitas seleksi pada penelitian
- H : heritabilitas dalam arti luas
- $\sigma_e$  : simpangan baku fenotip
- KG : kemajuan genetik
- x : nilai tengah populasi

Kriteria kemajuan genetik harapan (KG) >10% artinya tinggi, jika KG 6.6 - 10% artinya cukup tinggi, jika KG 3.3 - 6.6% artinya agak rendah dan jika KG 0-3,3 %artinya rendah (Wulandari et al., 2016). Nilai duga heritabilitas dalam arti luas diduga dengan menggunakan analisis komponen ragam (Hanson, 1989) dan uji korelasi. Pengamatan dilakukan terhadap karakter tinggi batang, diameter batang, jumlah daun, luas daun, jumlah tanaman rumpun<sup>-1</sup>, dan bobot batang tanaman<sup>-1</sup>.

**b. Analisis Korelasi**

Menurut (Sugiono, 2019) rumus korelasi sebagai berikut:

$$r = \frac{n\Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{n\Sigma(x)^2 - (\Sigma x)^2} \sqrt{n\Sigma(y)^2 - (\Sigma y)^2}}$$

Keterangan :

- n : Banyaknya pasangan data X dan Y
- $\Sigma x$  : Total jumlah dari variabel X
- $\Sigma y$  : Total jumlah dari variabel Y
- $\Sigma(x)^2$  : Kuadrat dari total jumlah variabel X
- $\Sigma(y)^2$  : Kuadrat dari total jumlah variabel Y
- $\Sigma xy$  : Hasil perkalian dari total jumlah variabel X dan variabel Y

Untuk mengetahui kuat lemahnya hubungan antara kedua variabel dapat dikategorikan sebagai berikut:

yaitu ( $\pm$ ) 0,00-0,19 dinyatakan Sangat rendah, ( $\pm$ ) 0,20-0,39 dinyatakan Rendah,

**Pengaruh Pupuk Organik Cair Terhadap Potensi Genetik Antar Klon Tebu (*Saccharaum officinarum*) Raton 2**

(±) 0,40-0,59 dinyatakan Cukup, (±) 0,60-0,79 dinyatakan Kuat, (±) 0,80-1,00 dinyatakan Sangat kuat. Tanda (+) menunjukkan hubungan dua variabel searah, sedangkan tanda (-) menunjukkan hubungan berkebalikan dari dua variabel yang diuji (Hayati, 2018).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Kondisi Umum Lingkungan**

Kondisi lingkungan selama penelitian ditunjukkan pada tabel 3. Kondisi lingkungan sangat memengaruhi proses metabolisme tanaman, seperti suhu, kelembaban tanah, lamanya penyinaran (fototropisme), dan pemacu hara tertentu (Santos & Diola, 2015). Berdasarkan data, lahan memiliki suhu 31-35°C pada siang hari dan 24-25°C pada malam hari. Hal ini dapat membantu tebu dalam pembentukan sukrosa yang dibantu enzim selulase yang kemudian akan disimpan di dalam batang. Namun kelembapan tanah rendah selama 2-3 bulan sebelum panen. Ketersediaan air yang kurang dalam tanah akibat sedikitnya curah hujan akan mempengaruhi kelembaban tanah yang seharusnya diperlukan tebu selama fase pertumbuhan

**Tabel 3** Rerata suhu, panjang hari dan curah hujan

Kondisi Lingkungan	Tahun 2022			
	April	Mei	Juni	Juli
<b>Suhu</b>				
Optimum	27 °C	27 °C	27 °C	26 °C
Maksimum	32 °C	32 °C	32 °C	32 °C
Minimum	24 °C	24 °C	23 °C	23 °C
<b>Panjang hari</b>	12 j. 2 mnt.	11 j. 51 mnt.	11 j. 43 mnt.	11 j. 42 mnt.
<b>Rerata curah hujan</b>	180 mm	107 mm	63 mm	42 mm

**Sumber :** BMKG Data Online (<http://dataonline.bmkg.go.id>) diakses 20 Juli 2022

**Heritabilitas**

Pendugaan heritabilitas digunakan untuk mengetahui nilai relatif dari seleksi berdasarkan ekspresi fenotipik yang muncul pada tiap karakter. Harapan dalam pemuliaan tanaman adalah memperoleh karakter dengan nilai keragaman genetik tinggi diikuti dengan nilai heritabilitas yang tinggi pula. Namun hasil penelitian pada tabel 5 menginformasikan karakter klon yang diamati memiliki ragam genotipe lebih rendah daripada ragam fenotipe tetapi nilai heritabilitas tinggi. Hal ini diduga bahwa nilai heritabilitas suatu karakter tidak selalu berbanding lurus dengan nilai keragamannya. Karakter dengan keragaman genetik rendah tetapi heritabilitasnya tinggi menunjukkan rentang penampilan yang sempit, namun masih merupakan ekspresi faktor genotipik yang tinggi (Effendy et al., 2018).

Nilai heritabilitas rendah terlihat pada karakter bobot batang per tanaman. Rendahnya nilai heritabilitas menunjukkan bahwa karakter tersebut banyak dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Jika lingkungan tumbuh optimum, maka variabel-variabel tersebut akan menunjukkan hasil lebih baik. Sehingga perbaikan karakter masih dapat dilakukan dan kemungkinan capaian kemajuan genetiknya akan cepat diperoleh.

Karakter dengan heritabilitas tinggi ditampilkan pada karakter tinggi dan diameter batang, luas daun dan kadar brix. Tingginya nilai duga heritabilitas menandakan bahwa karakter tersebut lebih dipengaruhi oleh faktor genetik daripada faktor lingkungan. Keragaman karakter tanaman yang disebabkan peranan genetik yang besar maka karakter tersebut akan dapat diwariskan pada generasi berikutnya (Melyapuri Widarsiono et al., 2022).

Nilai heritabilitas rendah terlihat pada karakter bobot batang per tanaman. Rendahnya nilai heritabilitas menunjukkan

bahwa karakter tersebut banyak dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Jika lingkungan tumbuh optimum, variabel pengamatan akan menunjukkan hasil lebih baik (Priyanto & Redjeki, 2020). Hasil nilai

heritabilitas dan keragaman genetik dapat membantu dalam menentukan kemajuan genetik pada tahapan seleksi dalam menentukan hasil tebu keprasan (Xu et al., 2021).

Tabel 4 Rekapitulasi nilai kuadrat tengah analisis sidik ragam karakter agronomi

SK	DB	Rekapitulasi nilai kuadrat tengah analisis sidik ragam komponen karakter agronomi						
		TB	DB	JD	LD	JT	Brix	BB
Petak Utama								
Kelompok	2	849,65 **	0,13	14,54	2751,23 *	0,17	0,09	0,01
Klon (A)	8	1635,29 **	8,36 **	34,46 **	12879,63 **	4,86 **	10,39 **	0,09
Galat (a)	16	94,91	0,43	4,92	910,01	0,67	0,71	0,04
Anak Petak								
POC (B)	2	88,75	0,91	3,44	610,85	0,79	1,35 *	0,17 *
Klon x POC (A x B)	16	23,65	0,49	1,69	296,09	1,06	0,64 *	0,02
Galat (b)	36	40,12	0,31	1,36	249,05	0,57	0,31	0,03

**Keterangan:** SK = Sumber Keragaman, DB = Derajat Bebas, TB (tinggi batang), DB (diameter batang), JD (jumlah daun), LD (luas daun), JT (jumlah tanaman rumpun<sup>-1</sup>). Brix (kadar manis), BB (bobot batang tanaman<sup>-1</sup>) MSK = Minggu Setelah Keprasan, (\*) = Nyata F hitung 5%, (\*\*) = Sangat Nyata F hitung 1%.

Tabel 5. Nilai ragam genetik, dan varians fenotipe serta heritabilitas karakter kuantitatif klon tebu

Karakter	$\sigma^2e$	$\sigma^2g$	$\sigma^2f$	H	Kategori
Tinggi Batang (cm)	1518,55	3854,59	5373,14	0,72	Tinggi
Diameter Batang (mm)	6,94	19,97	26,91	0,74	Tinggi
Jumlah Daun (helai)	78,71	65,65	144,36	0,45	Sedang
Luas Daun (cm <sup>2</sup> )	14560,11	29492,31	44052,42	0,67	Tinggi
Jumlah tanaman rumpun <sup>-1</sup> (batang)	10,65	9,40	20,06	0,47	Sedang
Brix (%)	11,38	23,70	35,08	0,68	Tinggi
Bobot Batang Tanaman (Kg.tan <sup>-1</sup> )	0,61	0,04	0,65	0,06	Rendah

**Keterangan:** ( $\sigma^2e$ ) = ragam lingkungan, ( $\sigma^2g$ ) = ragam genetik, ( $\sigma^2f$ ) = ragam fenotip, dan H = heritabilitas arti luas. kategori H < 0,2 = Nilai heritabilitas rendah, 0,2 < H < 0,5 = Nilai heritabilitas sedang, H > 0,5 = Nilai heritabilitas tinggi. Sumber: (Mangoendidjojo, 2012)

### Kemajuan Genetik

Nilai kemajuan genetik pada karakter agronomi klon tebu ratun 2 disajikan pada tabel 7. Kemajuan genetik harapan klon yang diuji kategori rendah dan tinggi.

Kriteria nilai keragaman genetik harapan mempunyai kisaran rendah dan tinggi dengan interval 6 - 74%. Karakter yang memiliki kriteria nilai kemajuan genetik

**Pengaruh Pupuk Organik Cair Terhadap Potensi Genetik Antar Klon Tebu (*Saccharaum officinarum*) Raton 2**

tinggi adalah tinggi batang, diameter batang, jumlah daun, dan luas daun, jumlah tanaman rumpun<sup>-1</sup>, dan brix, sehingga karakter tersebut dapat dijadikan bahan seleksi untuk generasi berikutnya.

Menurut (Wulandari et al., 2016) kemajuan genetik harapan yang tinggi menunjukkan adanya peluang untuk dilakukan perbaikan pada karakter terpilih melalui seleksi.

**Tabel 6.** Nilai kemajuan genetik harapan terhadap karakter agronomi 9 klon tebu raton 2

Karakter	Respon Seleksi	Kemajuan Genetik Harapan (%)	Kategori
Tinggi Batang (cm)	92,55	37	Tinggi
Diameter Batang (mm)	6,77	25	Tinggi
Jumlah Daun (helai)	9,62	33	Tinggi
Luas Daun (cm <sup>2</sup> )	247,31	63	Tinggi
Jumlah tanaman rumpun <sup>-1</sup> (batang)	3,7	42	Tinggi
Brix (%)	7,04	35	Tinggi
Bobot Batang Tanaman (kg.tan <sup>-1</sup> )	0,09	6	Rendah

**Keterangan:** rendah (<10%), sedang (10%-20%), tinggi (>20%). Sumber: (Nagaraju et al., 2018)

Varietas	TB	DB	JD	LD	JT	BB	Kadar Gula
SB 11	270.13 e	8.48 ab	27.97 abc	346.86 a	8.64 a	1.29 ab	19.11 a
SB 12	237.47 b	8.33 ab	26.36 a	351.48 a	8.25 a	1.26 a	19.67 ab
SB 03	256.56 d	8.71 bc	27.03 ab	336.95 a	8.86 a	1.44 cde	20.37 b
SB 01	250.31 cd	9.39 e	31.36 de	405.60 bc	8.52 a	1.56 e	22.78 c
SB 04	250.47 cd	8.78 cb	29.67 cd	425.22 c	8.25 a	1.45 cde	20.44 b
SB 19	219.69 a	9.04 d	29.00 bcd	388.79 b	8.14 a	1.40 abcd	20.44 b
SB 20	242.31 bc	8.68 bc	29.69 cd	413.74 bc	9.94 b	1.50 de	20.33 b
BC 01	252.08 d	8.67 bc	29.92 cd	425.81 c	8.22 a	1.42 bcde	19.22 a
BC 02	253.31 d	8.70 bc	32.47 e	434.69 c	10.08 b	1.31 abc	20.22 b
KK	2.17%	2.15%	5.36%	5.42%	7.19%	6.68%	3.07%
BNJ	8.2083	0.2879	2.3958	32.500912	0.9634	0.1434	0.9506

**Tabel 7.** Nilai rerata karakter agronomi berbagai klon tebu pada raton 2

**Keterangan:** Huruf yang sama di belakang angka tidak beda nyata pada uji BNJ 5%

Sementara bobot batang tanaman termasuk dalam kriteria nilai kemajuan genetik harapan rendah dengan nilai 6%, sehingga peluang keberhasilan seleksi juga rendah. Rendahnya nilai kemajuan genetik tidak selalu disebabkan oleh nilai heritabilitas yang rendah, namun sebagian

dapat dipengaruhi oleh gen bukan aditif (Budi et al. 2017). Pada generasi berikutnya kembali untuk mendapatkan karakter tanaman produksi yang tinggi dengan nilai kemajuan genetik yang juga tinggi.

Pengaruh genotip unggul dan penanaman pada kondisi lingkungan yang

sesuai akan memacu pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang optimal. Bobot batang lebih dipengaruhi oleh faktor lingkungan diantaranya yaitu penambahan macam POC yang diaplikasikan pada tanaman. Sementara interaksi genotipe dan lingkungan tampak pada karakter jumlah tanaman rumpun<sup>-1</sup>.

#### **Karakteristik Agronomi pada Klon**

Hasil analisis sidik ragam (tabel 4 ) menunjukkan bahwa pada umur pengamatan 46 MSK terdapat perbedaan nyata antar klon tebu ratun 2 pada variabel tinggi batang, diameter batang, jumlah daun, luas daun, jumlah tanaman rumpun<sup>-1</sup>, brix dan bobot batang (tabel 6). Hasil analisis yang beragam diduga karena setiap klon memiliki potensi yang berbeda-beda sesuai dengan sifat genetik yang dibawa dan dipengaruhi oleh adaptasi dengan lingkungannya. Perbedaan sifat genetik masing-masing klon akan menampilkan performa terhadap kondisi lingkungan baik secara kualitatif dan kuantitatif karena adanya karakteristik fisiologi dan morfologi yang terbentuk dari genetic (Utami & Fajar, 2019).

Uji lanjut BNJ dari analisis sidik ragam pada tabel 6 menunjukkan klon SB01 beda nyata tertinggi pada variabel diameter batang, jumlah daun, luas daun, bobot batang dan brix. Klon SB11 menunjukkan beda nyata tertinggi pada variabel tinggi batang. Klon SB 04 menunjukkan tidak berbeda nyata dengan klon SB01 pada variabel luas daun dan bobot batang. SB20 menunjukkan beda nyata pada variabel luas daun, jumlah tanaman rumpun<sup>-1</sup> dan bobot batang meskipun tidak berbeda nyata dengan klon SB01, SB04, BC01 dan BC02. Perbedaan genetik menghasilkan perbedaan panjang batang yang diperoleh (Streck et al., 2010). Perbedaan susunan genetik pada suatu tanaman menyebabkan tanaman tersebut memiliki keragaman

penampilan dan fungsi yang di perlihatkan oleh keragaman pertumbuhan (Putra et al., 2016). Hasil penelitian (Streck et al., 2010) memperlihatkan adanya hubungan antara diameter batang dengan laju fotosintesis. Ukuran batang tebu lebih dikendalikan oleh faktor genetik (faktor dalam) seperti karakter diameter batang varietas dibandingkan faktor lingkungan (Lakitan, 2011). Penambahan diameter batang yang semakin besar akan berpotensi menghasilkan batang tanaman tebu yang dapat menyimpan air lebih banyak (Kurniawan et al., 2016). Diameter batang tebu yang besar berpotensi akan menghasilkan nira gula yang lebih banyak sehingga akan meningkatkan hasil gula pada pengolahan di pabrik.

#### **Karakteristik Agronomi pada Pupuk Organik Cair (POC)**

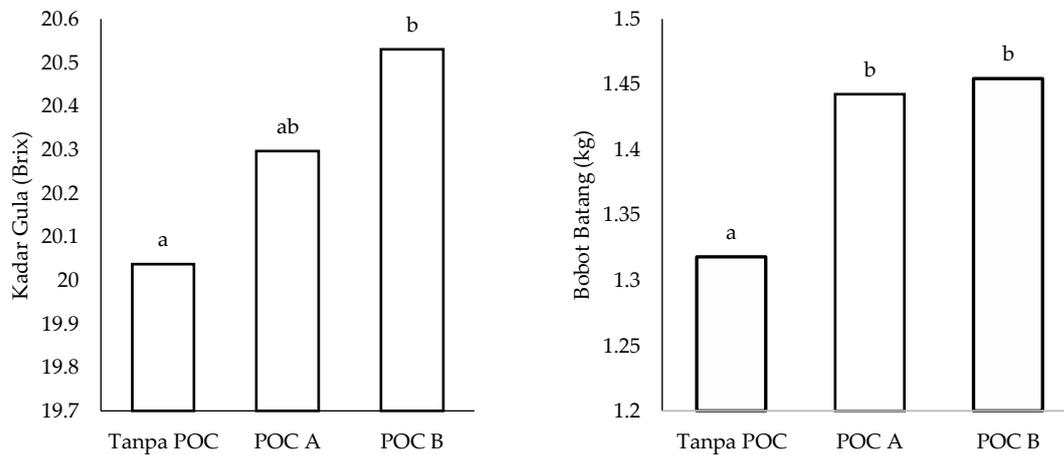
Kecukupan nutrisi merupakan salah satu hal penting yang dibutuhkan tebu untuk menghasilkan produktifitas tinggi. Ketersediaan nutrisi ini ditunjang melalui pemberian dosis rekomendasi. Selama ini pemberian dosis pemupukan berdasarkan potensi hara dalam tanah dan kebutuhan hara tanaman, sedangkan kebutuhan hara berbeda bergantung varietas tanaman.

Analisis sidik ragam menunjukkan perbedaan nyata pada pengamatan brix dan bobot batang tanaman<sup>-1</sup> (gambar 1). Berdasarkan hasil uji BNJ pada brix tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan POC B yaitu 20,48%. Hal ini diduga karena unsur hara makro dan mikro terserap oleh daun secara optimal. Pemberian POC dapat meningkatkan phospat (P) yang mempercepat proses pemasakan. Kandungan hara makro utama (N, P dan K) nutrisi POC B lebih tinggi dibandingkan dengan POC A. Sehingga diharapkan ketersediaan unsur hara yang diserap tanaman yang lebih banyak dan mendorong peningkatan hasil panen.

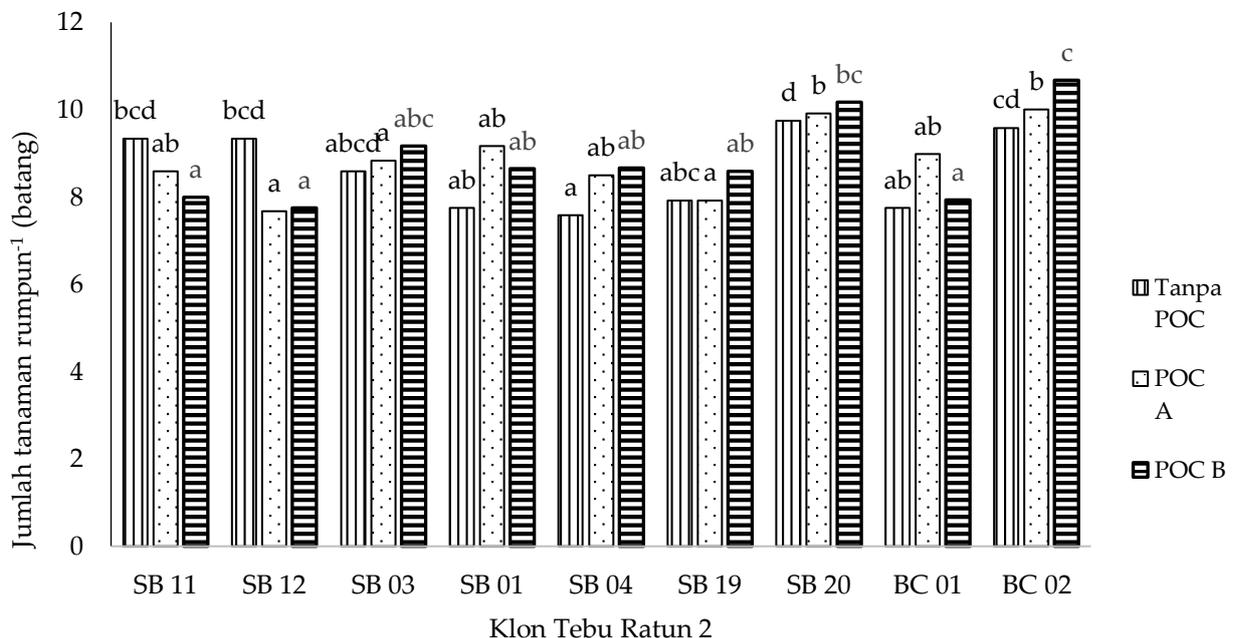
## Pengaruh Pupuk Organik Cair Terhadap Potensi Genetik Antar Klon Tebu (*Saccharaum officinarum*) Raton 2

Pemberian nitrogen dapat meningkatkan kinerja fotosintesis dengan meningkatkan kandungan klorofil, jumlah aktivitas dan enzim karboksilase, brix serta metabolit terkait fotosintesis. Pemberian pupuk yang optimal dapat menunjang

pertumbuhan serta hasil tanaman tebu khususnya pada variabel yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Evaluasi klon-klon yang terpilih untuk sifat kualitas tebu dan nira dapat dipengaruhi oleh lingkungan (Kumari et al., 2020).



**Gambar 1.** (a) Pengaruh POC terhadap kadar gula tebu, (b) pengaruh POC terhadap bobot batang tebu tanaman<sup>-1</sup>



**Gambar 2.** Interaksi berbagai klon tebu raton 2 dengan POC pada jumlah tanaman rumpun<sup>-1</sup>

### Karakteristik Agronomi pada Interaksi Klon Tebu Raton 2 dan Pupuk Organik Cair (POC)

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (tabel 4), Klon SB01, SB20, dan BC02 menunjukkan interaksi tertinggi dengan

pemberian POC. Hal ini, berpengaruh signifikan terhadap variabel jumlah tanaman rumpun<sup>-1</sup> di bandingkan tanpa POC. Sebaliknya, Klon SB11 dan SB12 menunjukkan beda nyata tertinggi terhadap jumlah tanaman rumpun<sup>-1</sup> pada

perlakuan tanpa POC A dan POC B, artinya klon ini cukup baik menyerap nutrisi yang ada di lingkungan meskipun tanpa diberi POC.

Pengelolaan hara terpadu dengan penambahan POC pada tanaman tebu *ratoon* selain untuk meningkatkan produktivitas juga untuk suplai hara melalui peningkatan C organik. Pemberian POC dapat mempercepat kemasakan batang tebu sehingga diperoleh brix yang tinggi dan diharapkan akan menghasilkan rendemen yang tinggi pula. Kandungan POC yang terdapat ZPT juga berperan untuk menstimulasi kinerja enzim pemasakan tebu. Pupuk organik cair yang diaplikasikan, yaitu POC A dan POC B memiliki tambahan kandungan agen hayati dan ZPT sehingga dapat memberikan ketahanan tanaman pada serangan patogen dan memaksimalkan proses metabolisme. Pemberian POC daun dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik, melengkapi unsur hara yang tidak dapat diserap oleh akar tanaman, hingga memperbaiki hasil produksi tanaman (Marpaung et al., 2014).

Interaksi perlakuan dapat terjadi karena didukung oleh kondisi lingkungan yang optimum. Kondisi lingkungan sangat memengaruhi proses metabolisme sukrosa, seperti kelembaban tanah, panjang hari (*fitotropisme*), dan pemberian pemacu hara tertentu (Santos & Diola, 2015). Suhu merupakan faktor penting dalam pertumbuhan tanaman karena akan memengaruhi aktifitas fisiologi tanaman berupa serapan unsur hara, fotosintesis dan translokasi fotosintat. Pada fase pemasakan tebu, fluktuasi suhu siang dan malam akan memengaruhi brix dalam batang. Suhu yang optimum tersebut diharapkan dapat memaksimalkan pembentukan sukrosa. Pada lahan percobaan memiliki suhu 31-35°C pada siang hari dan 24-25°C pada malam hari.

Menurut (Wahyudi et al., 2022) menyatakan bahwa suhu yang cocok untuk tanaman tebu antara 24-32°C, pengaruh suhu pada perkembangan dan pembentukan sukrosa pada tanaman tebu cukup tinggi. Hal ini didukung oleh (Budi, 2016) yang menyatakan bahwa pembentukan sukrosa melalui fotosintesis berjalan lebih maksimal pada suhu 30°C. Sedangkan sukrosa yang terbentuk akan disimpan pada batang dan dimulai dari ruas paling bawah pada malam hari.

### Korelasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa korelasi genotipik berkisar antara -0.119 hingga 0,868 (tabel 8) antar sifat. Korelasi positif berarti bahwa peningkatan suatu sifat akan meningkatkan sifat yang di tuju. Berdasarkan nilai korelasi pada tabel 8, korelasi genotipik positif kategori cukup antara diameter batang dengan jumlah daun, diameter batang dengan bobot batang, jumlah daun dengan jumlah tanaman per rumpun, jumlah daun dengan brix, brix dengan bobot batang per tanaman. Sedangkan korelasi positif kategori sangat kuat antara diameter dengan brix, jumlah daun dengan luas daun. Sementara tinggi batang berkorelasi negative dengan diameter batang, brix dan bobot batang per tanaman. Adanya hubungan antar satu sifat atau lebih sangat baik sebagai indikator seleksi untuk meningkatkan produksi tanaman berikutnya (Halide & Paserang, 2020).

Tabel korelasi (tabel 8) juga menunjukkan bahwa hubungan antara kandungan brix dan massa batang per tanaman memiliki hubungan yang kuat dan searah dengan nilai korelasi sebesar 0,58. Hal ini terjadi karena semakin tinggi nilai brix maka semakin tinggi kandungan sukrosa yang akan mempengaruhi bobot batang per tanaman. Tinggi brix dipengaruhi oleh faktor genetik yang

**Pengaruh Pupuk Organik Cair Terhadap Potensi Genetik Antar Klon Tebu (*Saccharaum officinarum*) Raton 2**

didukung oleh kondisi lingkungan yang optimal. Zhou, (2015) menyebutkan bahwa genotipe tebu yang berdaya hasil tinggi harus ditargetkan untuk pemuliaan. Penambahan POC selama fase pemasakan juga berperan positif dalam pembentukan brix dan bobot produksi. Bobot tanaman

merupakan hasil aktivitas berupa karbohidrat dan protein yang ada pada tanaman. Ditopang oleh keadaan ideal dimana potensi genetik yang tinggi untuk munculnya produksi juga menunjukkan hasil yang tinggi.

**Tabel 8.** Nilai Uji Korelasi Variabel Pertumbuhan (umur 46 MSK) dan Hasil (umur 50 MSK)

	TB	DB	JD	LD	JT	Brix	
DB	-0,119 0,555						
JD	0,104 0,606	0,557 0,003	**				
LD	-0,082 0,686	0,374 0,055	0,868 0	**			
JT	0,222 0,858	0,036 0,643	0,504 0,007	**	0,341 0,081		
Brix	-0,18 0,369	0,824 0	** 0,466 0,014	*	0,28 0,158	0,17 0,398	
BB	-0,001 0,997	0,579 0,002	** 0,307 0,119		0,304 0,124	0,087 0,665	0,58 0,002

**Keterangan:** Kategori 0,00-0,199 (Sangat rendah), kategori 0,20-0,399 (Rendah), kategori 0,40-0,599 (Cukup), kategori 0,60-0,799 (Kuat), kategori 0,80-1,00 (Sangat kuat); Nilai (+) menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat dan searah. Nilai (-) adanya hubungan yang nyata dan tidak searah; Apabila terdapat \*\* = terdapat perbedaan sangat nyata, \* = terdapat perbedaan nyata; TB (tinggi batang), DB (diameter batang), JD (jumlah daun), LD (luas daun), JT (jumlah tanaman rumpun<sup>-1</sup>). Sumber: (Sugiono, 2019)

**KESIMPULAN**

Klon SB03, SB01, SB04, SB19, SB20, BC01 dan BC02 adalah klon yang berinteraksi dengan pemberian POC. Klon SB 01 menunjukkan karakter agronomi yang terbaik dibandingkan klon yang lain. Pemberian POC signifikan terhadap nilai bobot batang dan brix, terutama pemberian POC B. Karakter agronomi nilai duga heritabilitas tinggi terdapat pada tinggi dan diameter batang, luas daun, dan brix. Karakter agronomi nilai duga heritabilitas sedang terdapat pada jumlah daun dan jumlah tanaman rumpun<sup>-1</sup>, sedangkan nilai

duga heritabilitas rendah terdapat bobot batang tanaman<sup>-1</sup>.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Tebu (P3T) Universitas Muhammadiyah Gresik yang telah mengikutsertakan kami dalam kegiatan Penelitian ini. PG Gempol Krep PT Perkebunan Nusantara X (PTPN X) yang telah memfasilitasi penelitian dalam bentuk penyediaan lahan dan instruktur.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Budi A, N., Sjamsijah, N. (2017). Respon Seleksi Tanaman F3 Pada Beberapa Genotipe Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *Agriprima : Journal of Applied Agricultural Sciences*, 1(1), 50–58. doi: 10.25047/AGRIPRIMA.V1I1.10.
- Budi, S. (2016). *Teknologi Pembuatan Bibit Tebu (Saccharum officinarum L.) Unggul Bersertifikat*. UMM Press.
- Chohan, M., Noor, R., Qazi, B. R., Junejo, S., Unar, G. S., Arain, M. Y., & Talpur, U. A. (2012). Quantitative and qualitative parameters of sugarcane variety Hoth-300 as affected by different levels of NPK applications. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 22 (1060–1064).
- Effendy, E., Respatijarti, R., & Waluyo, B. (2018). Keragaman genetik dan heritabilitas karakter komponen hasil dan hasil ciplukan (*Physalis* sp.). *Jurnal Agro*, 5(1), 30–38. doi: 10.15575/1864
- Halide, E. S., & Paserang, A. P. (2020). Keragaman genetik, heritabilitas dan korelasi antar kentang (*Solanum Tuberosum* L.) yang dibudidayakan di Napu. *Biocelebes*, 14(1), 94–104. doi: 10.22487/bioceb.v14i1.15090
- Hamida, R., & Parnidi, P. (2019). Kekeabatan plasma nutfah tebu berdasarkan karakter morfologi. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat Dan Minyak Industri*, 11(1), 24–32. Doi. 10.21082/BTSM.V11N1.
- Hanson, W. D. (1989). Standard errors for heritability and expected selection response. *Crop Science*, 29(6), 1561–1562. Doi. 10.2135/CROPSCI1989.0011183X002900060051X
- Hayati, P. K. D. (2018). Analisis rancangan dalam pemuliaan tanaman : penerapan statistika dalam penelitian pemuliaan tanaman. In *Andalas University Press* (1st ed., Vol. 1). Andalas University Press.
- Jayanti, H. F. (2008). Respon Petani Tebu Program Bongkar Ratoon Pada Sistem Tanam Ungaran Dan Keprasan (Studi Kasus PG.Kanigoro kerjasama dengan KUD Tani Sadar Kec. Dagangan, Kab. Madiun. Skripsi: Universitas Brawijaya.
- Kumari, P., Kumar, B., Singh, R., Singh, D., Chhaya, R., & Kamat, D. N. (2020). To study genetic variability, heritability and genetic advance for cane and sugar yield attributing traits in mid-late maturing sugarcane clones. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(1), 1890–1894. doi: 2020.v9.i1.10745
- Kurniawan, A., Haryono, B., Baskara, M., S., Y, Tyasmoro. (2016). Pengaruh Penggunaan Biochar Pada Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 4(2).
- Lakitan. (2011). *Faktor Genetik Tanaman Tebu, Budidaya, dan Pasca Panen*. Raja Grafindo Persada.
- Malau, S. (2020). *Biometrika Genetika dalam Peemuliaan Tanaman* (1st ed.). Universitas HKBP Nommensen. <https://repository.uhn.ac.id/handle/123456789/6582>
- Marpaung, AE, Karo, & R, T. (2014). Pemanfaatan pupuk organik cair dan teknik penanaman dalam peningkatan pertumbuhan dan hasil kentang. *Jurnal Hort*, 24(1), 49–55.
- Marwiyah. (2015). Pendugaan Keragaman Genetik Beberapa Karakter Pertumbuhan dan Hasil pada 30 Genotipe Tomat Lokal. *Jurnal Hortikultura*, 25(4), 304–310.
- Melyapuri W\ B., Anggraeni, L., & Damanhuri. (2022). Keragaman

**Pengaruh Pupuk Organik Cair Terhadap Potensi Genetik Antar Klon Tebu (*Saccharum officinarum*) Raton 2**

- genetik dan heritabilitas karakter agronomi dan kimiawi pada 20 genotipe tomat lokal (*Solanum lycopersicum* L.). *PLANTROPICA: Journal of Agricultural Science*, 7(2), 71–81. doi: 10.21776/UB.JPT.2022.007.2.9
- Muhtadi, M. M. (2019). Produktivitas tebu Keprasan (*Saccharum officinarum* L.) Varietas Bululawang di beberapa Wilayah Kabupaten Malang.
- Nurdianawati, S., Wicaksana, N., & Anas, A. (2016). Analisis Kesesuaian marka SSR (*Simple Sequence Repeats*) untuk identifikasi keragaman genetik pada kacang bambara asal Jawa Barat. *Agrikultura*, 27(2). doi: 10.24198/AGRIKULTURA.V27I2.10528
- Priyanto, U., & Redjeki, E. . (2020). Seleksi Berdasarkan Warna Kulit Biji Terhadap Hasil Tanaman Kacang Bambara (*Vigna Subterranea* (L.) Verdcourt) Asal Sukabumi Di Lahan Gresik. *Jurnal Tropicrops*, 3, 32–37.
- Putra, E., Sudirman, A., Indrawati, W. (2016). Pengaruh pupuk organik pada pertumbuhan vegetatif tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) Varietas GMP 2 dan GMP 3. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 4, 60–68. doi: 10.25181/AIP.V4I2.44
- Rahnama, A. A., Mohebi, A. H., & Khayat, M. (2017). Study of different fertilization methods on oil palm (*Elaeis guineensis*) vegetative factors. *Journal of Crop Nutrition Science*, 3(1), 37–47.
- Santos, F., & Diola, V. (2015). Physiology. *Sugarcane: Agricultural Production, Bioenergy and Ethanol*, 13–33. doi: 10.1016/B978-0-12-802239-9.00002-5
- Streck, N. A., Hanauer, J. G., Gabriel, L. F., Buske, T. C., & Langner, J. A. (2010). Leaf development and growth of selected sugarcane clones in a subtropical environment. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(10), 1049–1057. doi: 10.1590/S0100-204X2010001000001.
- Subiyakto. (2016). *Pengendalian Serangga Hama pada Tanaman Tebu - Balittas*. <http://balittas.litbang.pertanian.go.id/index.php/id/publikasi/60-info-teknologi/373-pengendalian-serangga-hama-pada-tanaman-tebu>
- Sugiono. (2019). *Statistika Untuk Pemuliaan*. Alfabeta.
- Syukur, M., S, S., & R., Y. (2015). *Teknik Pemuliaan Tanaman* (N. Soni & Febriani (eds.); Revisi). Penebar Swadaya.
- Utami, & Fajar DF. (2019). Pengelompokan 6 Klon Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada Fase Vegetatif Berdasarkan Karakter Morfologi dan Fisiologi. Skripsi: Universitas Brawijaya.
- Wahyudi, A. H., Budi, S., & Redjeki, E. S. (2022). Perbedaan dosis pupuk organik cair dan jenis klon ratoon 1 terhadap pertumbuhan tanaman tebu (*Saccharum Officinarum* (L)) di Kecamatan Kebomas-Gresik. *Agroplanta: Jurnal Ilmiah Terapan Budidaya Dan Pengelolaan Tanaman Pertanian Dan Perkebunan*, 11(2), 117–132. doi: 10.51978/agro.v11i2.465
- Wulandari, J. E., Yulianah, I., Saptadi. (2016). Heritabilitas dan kemajuan genetik harapan empat populasi F2 tomat (*Lycopersicum Esculentum* Mill.) pada budidaya organik. *Jurnal Produksi Tanaman*, 4(5), 361–369.
- Xu, F., Wang, Z., Lu, G., Zeng, R., & Que, Y. (2021). Sugarcane Ratooning ability: research status, shortcomings, and prospects. *Biology*, 1–13. doi: 10.3390/biology10101052.
- Zhou, M. (2015). Minimum detectable differences for cane yield, sucrose content and sugar yield among the midlands and coastal short cycle

sugarcane breeding programmes in South Africa. *South African Journal of Plant and Soil*, 32(3), 175–182.

<https://doi.org/10.1080/02571862>.