

Genetic diversity, heritability, and productivity of new sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) clones on paddy fields for enhanced sugar production in Indonesia

Keanekaragaman genetik, heritabilitas, dan produktivitas klon baru tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada tanah sawah dalam meningkatkan produksi gula di Indonesia

Arofatzumroh*, Setyo Budi, Wiharyanti Nur Lailiyah

Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Muhammadiyah Gresik, East Java, Indonesia

ARTICLE INFO

Article History

Received: Dec 30, 2022

Accepted: Apr 12, 2023

Available Online: May 16, 2023

Keywords:

sugarcane clone,
productivity,
first ratoon of sugarcane,
superior varieties,
sugar production

Cite this:

J. Ilm. Pertan., 2023, 20 (2) 189-199

DOI:

<https://doi.org/10.31849/jip.v20i2.12533>

ABSTRACT

Sugar production in Indonesia has decreased by 2.12 million tons (4.65%) in 2020 due to the limited supply of superior varieties. The purpose of this study was to understand the potential of the expected superior clones before being released as new superior varieties. This study was conducted in Sidoarjo, Indonesia which has alluvial soil types. This study used a randomized block design (RBD) with one treatment factor (clone) consisting of clones SB01, SB03, SB04, SB11, SB12, SB19, SB20, and varieties PS 881, MOJO. Data analysis used 5% ANOVA, 5% least significance difference test, correlation test, genetic diversity test, and heritability test. The results of the analysis showed significant differences with all treatments at 48, 50, and 52 weeks after planting (WAP) in the variable brix while the sugarcane stem weight, rock crystal and yield were significantly different only at 52 WAP which were tested in multilocation in paddy fields and alluvial soil types. Clone SB01 showed the highest brix value of 26.88%, the highest stem weight of 149.20 tons/ha, the highest yield of 10.63%, rock crystal 15.87 tons/ha, the value of genetic diversity in the moderate category was seen in crystal characters (12.55%), phenotypic diversity in the moderate category was seen in crystal characters (14.364%) and the heritability value was in the fairly high category in brix characters (0.96%). This study shows that the characters inherited from their parents are relatively stable.

ABSTRAK

Produksi gula di Indonesia mengalami penurunan sebesar 2.12 juta ton (4.65%) di tahun 2020 disebabkan oleh persediaan varietas unggul yang masih sedikit. Tujuan penelitian ini guna memahami potensi klon unggul harapan sebelum dilepas sebagai varietas unggul baru. Penelitian ini dilaksanakan di Sidoarjo, Indonesia yang memiliki jenis tanah alluvial. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan satu faktor perlakuan (klon) terdiri klon SB01, SB03, SB04, SB11, SB12, SB19, SB20, dan varietas PS 881, MOJO. Analisis data menggunakan ANOVA 5%, uji beda nyata terkecil (BNt) 5%, uji korelasi, uji keanekaragaman genetik, dan uji heritabilitas. Hasil analisis menunjukkan perbedaan nyata dengan semua perlakuan umur 48, 50, dan 52 minggu setelah tanam (MST) pada variabel brix sedangkan variabel bobot batang tebu, hablur dan rendemen berbeda nyata hanya pada umur 52 MST yang diuji multilokasi di lahan sawah dan jenis tanah alluvial. Klon SB01 menunjukkan nilai brix tertinggi 26.88%, bobot batang tertinggi 149.20 ton/ha, rendemen tertinggi 10.63%, hablur 15.87 ton/ha, nilai keragaman genetik dengan kategori sedang terlihat pada karakter hablur (12.55%), keragaman fenotip dengan kategori sedang terlihat pada karakter hablur (14.364%) dan nilai heritabilitas dengan kategori cukup tinggi pada karakter brix (0.96%). Penelitian ini menunjukkan karakter yang diwariskan tetuanya relatif stabil.

Corresponding author

E-mail: arofatzumroh27@gmail.com

PENDAHULUAN

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan bahan utama dalam industri gula yang mengandung sumber karbohidrat dan kebutuhannya terus mengalami peningkatan seiring bertambahnya penduduk di Indonesia. Namun, menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS), perkembangan produksi tebu di Indonesia pada tahun 2016-2020 mengalami penurunan (BPS, 2021). Pada 2020, Indonesia hanya menghasilkan produksi gula sebesar 2.12 juta ton yang mengalami penurunan dibandingkan produksi pada 2019 yaitu sebesar 2.23 juta ton, yang disebabkan oleh rendahnya produktivitas tanaman tebu. Salah satu penyebab rendahnya produktivitas tebu adalah terbatasnya persediaan varietas unggul baru (Fasheh et al., 2022). Oleh karena itu, upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menciptakan varietas unggul baru melalui persilangan buatan. Menurut Mumtaz et al. (2022), penciptaan varietas unggul baru dapat dilakukan dengan persilangan, sehingga sifat-sifat tanaman dapat memperbaiki secara kualitatif maupun kuantitatif. Sifat-sifat morfologi klon yang sudah diketahui dapat dilanjutkan ke tahap seleksi klon baru yang diuji, sebelum dilanjutkan ke tahap pelepasan varietas baru. Klon secara umum merupakan tanaman yang diperbanyak secara vegetatif dalam satu spesies dengan sifat berbeda, stabil, dan seragam.

Produktivitas tanaman juga dipengaruhi oleh aspek lingkungan dan genetiknya, termasuk tanaman tebu. Menurut Koryati et al. (2021) faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap produktivitas di antaranya sinar matahari yang berperan dalam pembentukan klorofil, membuka dan menutupnya stomata, mengatur permeabilitas dinding sel, serta proses fisiologis lainnya. Selanjutnya Nurnasari et al. (2019) mengungkapkan bahwa sukrosa hasil fotosintesis akan diakumulasi dan disimpan sebagai produk yang akan dikendalikan oleh enzim *sucrose phosphate synthase* (SPS) serta *sucrose phosphate phosphatase* (SPP). Sanjaya et al. (2020) menjelaskan bahwa enzim *soluble acid invertase* (SAI) berfungsi sebagai sumber energi untuk melakukan pertumbuhan dan pemanjangan sel pada bagian ujung batang, yang berdampak atau berimplikasi pada produktivitas tanaman tebu. Mekanisme akumulasi sukrosa berbeda antara jaringan dewasa dan jaringan muda yang disebabkan oleh enzim invertase dan kebutuhan jaringan. Pada batang tebu yang telah memasuki masa pemasakan konsentrasi dan aktivitas enzim SAI akan menurun dan didominasi oleh enzim *neutral invertase* (NI) yang berperan mengatur pergerakan sukrosa dari jaringan vaskular ke jaringan penyimpan pada batang tebu yang telah masak. Apabila enzim SAI meningkat pada fase pemasakan maka sukrosa akan diremobilisasi menjadi energi yang digunakan untuk pertumbuhan tanaman tebu.

Pematangan batang umumnya merupakan proses penimbunan sukrosa pada batang tebu dari ruas basal sampai batang yang diakibatkan oleh efisiensi fotosintesis menghasilkan banyak energi (Cardozo, 2018). Menurut Supriyadi et al. (2018) menjelaskan bahwa klon atau varietas mempunyai nilai brix tinggi akan menghasilkan potensi rendemen tinggi. Menurut Supriyadi et al. (2018) menjelaskan bahwa klon atau varietas mempunyai nilai brix tinggi akan menghasilkan potensi rendemen tinggi. Nilai brix adalah perhitungan yang digunakan untuk menghitung besarnya nilai padatan terlarut dan berpengaruh terhadap peningkatan rendemen tebu (Anwar et al., 2021). Menurut Rijaya et al. (2016) masak awal pada tebu memiliki nilai brix lebih tinggi dari masak tengah dan masa lambat pada umur tanaman sama.

Beberapa klon tebu yang saat ini tengah dikembangkan adalah klon SB01, SB03, SB04, SB11, SB12, SB19, dan SB20 (Irawan et al., 2023). Morfologi dari setiap klon tebu tersebut mempunyai karakter yang berbeda-beda, di antaranya batang, daun, dan mata tunas. Menurut Kholis et al. (2022) perbedaan karakter tersebut disebabkan perbedaan materi genetik yang diwariskan dari tetua masing-masing klon. Beberapa klon SB dapat tumbuh dengan baik pada jenis tanah alluvial, sehingga berdampak pada meningkatnya produktivitas. Berdasarkan Fasheh et al. (2022) klon tebu SB12 memiliki potensi hasil bobot 160.67 ton/ha sedangkan SB 01 menunjukkan potensi rendemen 11.3% dan hablur 17.6 ton/ha. Pemilihan lahan umumnya juga sangat menentukan dalam proses budidaya tanaman tebu. Penentuan wilayah diharuskan mencermati ketersediaan air di lahan, keberadaan jalur penebangan, dan saluran drainase. Hal itu dikarenakan ketiga faktor tersebut dapat memengaruhi aktivitas budidaya tanaman tebu. Namun studi tentang pengaruh pemilihan lahan terhadap produktivitas tanaman tebu, terutama yang berasal dari klon unggul harapan masih sangat terbatas. Menurut Meisya (2021) pembudidayaan tebu dapat dilakukan pada 2 jenis lahan di antaranya persawahan dan tegal. Namun keduanya

mempunyai perbedaan potensial produktivitas, persawahan produktivitasnya relatif besar, yaitu 75 ton/ha dibandingkan dengan lahan tegalan, yang disebabkan perlunya relatif banyak air selama proses vegetatif tanaman tebu, sehingga dapat meningkatkan produktivitas jika kebutuhan air tercukupi. Penelitian tersebut sejalan dengan studi yang dilakukan Anggraini (2020), dimana potensi produktivitas tanaman tebu di lahan sawah relatif tinggi sebesar 95 ton/ha karena tanaman tebu membutuhkan banyak air selama berlangsungnya proses vegetatif, sehingga tingkat produksinya erat dengan ketersediaan air di lahan. Dalam studi ini, penulis melakukan kajian untuk mengetahui potensi beberapa klon unggul harapan yang dapat menjadi salah satu cara dalam meningkatkan produksi gula di Indonesia, yaitu melalui analisis keanekaragaman genetik, heritabilitas, dan produktivitas dari beberapa klon tersebut di tanah sawah Kabupaten Sidoarjo, Indonesia.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan dari September hingga Desember 2022 di perkebunan Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Tebu (P3T) kerja sama dengan PG Kremboong PT. Perkebunan Nusantara X (PTPN X) Kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo, Indonesia. Wilayah tersebut berada pada ketinggian \pm 62 meter di atas permukaan laut (mdpl), dengan jenis tanah aluvial. Pengukuran kadar gula menggunakan *hand refractometer* SPAD 502-plus (Atago, Japan). Sementara itu klon tebu yang digunakan keprasan SB01, SB03, SB04, SB11, SB12, SB19, SB 20 yang berasal dari hasil persilangan dengan tetua jantan dan betina berbeda yang sudah dikembangkan sejak tahun 2013, klon SB01 (PL 55 \times VMC 71 23), klon SB03 (PL 55 \times Cening), SB04 (Polycross PS 862 \times Polycross PS 862), SB 11 (VMC 76 16 \times Cening), SB 12 (PSBM 90 1 \times VMC 71 238), SB19 (PL 55 \times VMC 71 238), SB20 (PSBM 90 1 \times VMC 71 238), dan sebagai pembanding, digunakan varietas PS 881 dan MOJO yang berasal dari hasil persilangan BO 33 Polycross, yang semuanya diperoleh dari PTPN X, Indonesia.

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) satu faktor dengan 9 perlakuan yang terdiri dari : K1 : Klon SB01, K2 : SB03, K3 : SB04, K4 : SB11, K5 : SB12, K6 : SB19, K7 : Klon SB20, dan varietas K8 : PS 881, K9 : MOJO. Setiap perlakuan diulang 3 kali, sehingga didapatkan 27 unit percobaan. Satu petak percobaan memiliki luas 82 m \times 32 m dan terdapat 100 populasi, sebagaimana yang menjadi standar PG Kremboong.

Keanekaragaman genetik secara umum hasil dari penjumlahan antara ragam aditif (σ^2A), ragam dominan (σ^2D), dan ragam epistasis (σ^2I). Satu-satunya yang dapat diwariskan pada turunan berikutnya adalah ragam aditif, karena ragam tersebut muncul dari genotipe yang lokusnya homozigot sehingga turunannya mewarisi genotipe yang selalu sama dengan tetuanya (Thoyibah, 2019). Nilai heritabilitas didapatkan dari keanekaragaman genetik dan akan menggambarkan apakah suatu karakter yang diamati dipengaruhi oleh faktor genetik atau lingkungan (Hermanto et al., 2017). Proses pengukuran brix digunakan untuk mengetahui tingkat kemasakan tebu melalui alat *refractometer*. Cara pengukuran dengan *refractometer* mengikuti prosedur terdahulu (Muliandari et al., 2021), yaitu mengambil air nira dari bagian batang tebu bawah (ruas ke 3 dari bawah) dan atas, dan kemudian di teteskan pada alat *refractometer*. Sehingga nilai tingkat kematangan tebu dapat dilihat melalui alat tersebut.

Variabel tanaman yang diteliti adalah nilai brix, bobot batang tebu, hablur, dan rendemen. Menurut Anwar et al. (2021), keempat variabel ini sangat memengaruhi produktivitas tanaman tebu yang berujung pada jumlah gula yang dihasilkan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan ANOVA 5%, jika terdapat beda nyata maka diuji dengan beda nyata terkecil (BNT) 5%. Uji korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan antar 2 variabel. Uji keanekaragaman genetik digunakan untuk mengetahui pengaruh genetik dan lingkungan terhadap pertumbuhan dan hasil pada tanaman, dan uji heritabilitas berfungsi untuk mengukur variabilitas pada karakter pada populasi yang disebabkan oleh peranan faktor genetik. Analisis ANOVA, BNT, keanekaragaman genetik, dan heritabilitas dilakukan dengan menggunakan aplikasi Ms. Excel (Microsoft Corporation, USA), sedangkan analisis korelasi menggunakan Minitab 12 (Mintab, LLC, USA). Rumus korelasi, keragaman genetik, dan heritabilitas yang digunakan adalah sebagai berikut:

a. Korelasi (Bertan et al., 2016):

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)}} \quad (1)$$

Keterangan:

- R : Nilai koefisien korelasi
 $\sum x$: Jumlah pengamatan variabel x
 $\sum y$: Jumlah pengamatan variabel y
 $\sum xy$: Jumlah hasil perkalian variable X dan Y
 $(\sum x^2)$: Jumlah kuadrat dan pengamatan variable X
 $(\sum x)^2$: Jumlah kuadrat dari jumlah pengamatan variable X
 $(\sum y^2)$: Jumlah kuadrat dan pengamatan variable Y
 $(\sum y)^2$: Jumlah kuadrat dari jumlah pengamatan variable Y
n : Jumlah pasangan pengamatan X dan Y

Keeratan hubungan korelasi dikategorikan sebagai berikut:

$r = 0.00-0.25$ = tidak ada korelasi/sangat lemah

$r = 0.26-0.50$ = korelasi sedang

$r = 0.51-0.75$ = korelasi kuat

$r = 0.76-0.99$ = korelasi sangat kuat

$r = 1$ = korelasi sempurna

b. Keragaman genetik (Moedjiono & Mejaya, 1994):

$$KKG = \frac{\sqrt{\sigma^2 g}}{\bar{x}} \times 100\% \quad \text{dimana } \sigma^2 g = \frac{M_2 - M_1}{r} \quad (2)$$

$$KKF = \frac{\sqrt{\sigma^2 p}}{\bar{x}} \times 100\% \quad \text{dimana } \sigma^2 p = \sigma^2 g + \sigma^2 E \quad (3)$$

Keterangan:

- KKG : Koefisien keragaman genetik
KKF : Koefisien keragaman fenotipe
 $\sigma^2 g$: Ragam genotipe
 $\sigma^2 p$: Ragam fenotipe
 $\sigma^2 E$: Ragam lingkungan
 \bar{x} : Rata-rata seluruh populasi tiap sifat
 M_2 : Kuadrat tengah varietas/klon
 M_1 : Kuadrat tengah galat

c. Heritabilitas (Warner, 1952):

$$H = \frac{\delta^2 G}{\delta^2 P} \quad (4)$$

Keterangan:

- H : Heritabilitas
 $\delta^2 g$: Ragam genetik
 $\delta^2 p$: Ragam fenotip

Nilai hasil uji heritabilitas diklasifikasikan dalam tiga kategori. Dianggap bernilai tinggi jika $H > 0.50$, kategori sedang jika nilai $0.20 \leq H \leq 0.50$, dan kategori rendah jika nilai $H < 0.20$.

HASIL & PEMBAHASAN

Keanekaragaman genetik

Nilai keragaman bagi variabel kuantitatif dapat diketahui berdasarkan nilai KKG (koefisien keragaman genotipe) serta KKF (koefisien keragaman fenotipe). Berdasarkan analisis keragaman karakter yang diteliti, nilai KKG serta KKF dari 4 klon uji, cukup bervariasi. Nilai keanekaragaman genetik dapat mempermudah dalam melakukan tahap seleksi suatu individu baru. Karakter pertambahan tinggi batang menunjukkan kategori tinggi sedangkan empat karakter lainnya berkategori rendah. Nilai keanekaragaman genetik pertumbuhan tujuh klon dan dua varietas tanaman tebu disajikan dalam Tabel 1. Dari Tabel 1 dapat terlihat bahwa skor KKF yang kecil memperlihatkan ketujuh klon pada populasi yang diujikan mempunyai kecenderungan yang sama. Sementara KKF yang besar memperlihatkan taraf keragaman besar dalam indikator klon yang diuji. Menurut Siahaan et al. (2020) keanekaragaman genetik merupakan sumber daya genetik tanaman untuk memperluas gen dalam proses pemuliaan. Halide & Paserang (2020) memaparkan bahwa keanekaragaman genetik besar membuat kesempatan memperoleh genotipe bersifat lebih baik lewat pemilihan juga semakin besar. Nilai koefisien keragaman genetik yang kecil menunjukkan karakter yang dimiliki tanaman tebu sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Sementara itu nilai KKF mendeskripsikan realita keragaman karakter fenotip (Nurnasari & Djumali, 2019).

Tabel 1. Nilai keragaman genotipe dan fenotipe

Variabel	KKG (%)	Kategori	KKF (%)	Kategori
Brix	6.57	Sedang	6.71	Rendah
Bobot batang	7.22	Sedang	2.48	Rendah
Rendemen	6.03	Sedang	13.16	Sedang
Hablur	12.55	Sedang	14.36	Sedang

Keterangan: KKG: rendah = <5%. sedang = 5-14%. tinggi = >14%
 KKF: rendah = 0-10%. sedang = 10-20%. tinggi = >20%.

Heritabilitas

Nilai heritabilitas didapatkan dari keanekaragaman genetik yang menggambarkan apakah sebuah karakter yang diamati cenderung dominan mendapat pengaruh dari aspek lingkungan ataupun genetiknya (Satriawan et al., 2017). Bobot heritabilitas pada karakter pertambahan bobot batang dan hablur menunjukkan kategori tinggi. Karakter pertambahan brix dan rendemen berkategori cukup tinggi. Nilai heritabilitas pertumbuhan tujuh klon dan dua varietas tanaman tebu disajikan pada Tabel 2. Heritabilitas dengan kategori tinggi terlihat pada variabel bobot batang (8.5%) dan hablur (0.76%). Heritabilitas dengan kategori cukup tinggi terlihat pada variabel brix (0.96%) dan rendemen (0.21%). Nilai heritabilitas akan menunjukkan gambaran mengenai peran seberapa dominan faktor genetik atau faktor lingkungan dalam mempengaruhi sifat atau karakter yang diturunkan.

Tabel 2. Nilai heritabilitas

Variabel Pengamatan	H ² (%)	Kategori
Brix	0.96	Tinggi
Bobot batang	8.5	Tinggi
Rendemen	0.21	Cukup tinggi
Hablur	0.76	Tinggi

Keterangan: H²: rendah = <0.20. cukup tinggi = 0.20-0.50. tinggi = >0.50.

Nilai heritabilitas dan keanekaragaman genetik dapat membantu dalam menentukan kemajuan genetik pada tahapan seleksi. Nilai kemajuan genetik pada variabel pengamatan pertambahan bobot batang (8.5%) menunjukkan dalam kategori tinggi. Nilai perkembangan genetik yang semakin tinggi dipengaruhi oleh bobot heritabilitasnya yang juga tinggi

(Kristantini et al., 2016). Keadaan ini selaras terhadap hasil penelitian ini yang memperlihatkan bahwa variabel pengamatan tersebut menunjukkan nilai heritabilitas dan kemajuan genetik dengan kategori tinggi. Lira et al. (2017) mengungkapkan bahwa heritabilitas yang tinggi dapat berkontribusi pada keberhasilan seleksi. Kemungkinan karakteristik tersebut sudah diwariskan, sedangkan rendahnya nilai heritabilitas karena karakteristiknya mudah diubah oleh lingkungan. Heritabilitas pada variabel pengamatan rendemen (0.21%) menunjukkan dalam kategori cukup tinggi yang disebabkan adanya pengaruh gen lebih besar dari lingkungan. Karakter yang memiliki nilai heritabilitas sedang disebabkan karena ragam genetiknya masih tinggi (Rifimaro et al., 2022).

Produktivitas tanaman tebu

Hasil analisis pengujian BNT 5% pada Tabel 3 menunjukkan perlakuan tujuh klon dan dua varietas berbeda nyata ($p < 0.05$) terhadap bobot tebu, rendemen, dan hablur umur 52 MST. Bobot batang tebu tertinggi dihasilkan klon SB 01 sebesar 149.20 ton/ha yang berbeda nyata dengan klon dan varietas lainnya, sedangkan bobot batang tebu terendah dihasilkan Varietas PS 881 sebesar 117.27 ton/ha. Berat bobot batang tebu berpengaruh nyata terhadap produktivitas. Sementara itu, rendemen tertinggi dihasilkan klon SB 01 sebesar 10.63 % yang berbeda nyata dengan klon dan varietas lainnya dan rendemen terendah dihasilkan SB 11 dan Varietas Mojo sebesar 8.60 %. Tinggi rendahnya rendemen dimungkinkan adanya pengaruh faktor genetik khususnya tinggi nilai brix dan POL nira serta lingkungan. Hablur tertinggi dihasilkan klon SB 01 sebesar 15.87 ton/ha yang berbeda nyata dengan klon dan varietas lainnya, sedangkan hablur terendah dihasilkan SB 12 sebesar 11.18 ton/ha. Tingginya hablur dipengaruhi adanya komponen produktivitas. sehingga faktor genetik dan fenotip sangat menentukan.

Tabel 3. Rerata bobot batang (ton/ha), rendemen (%), dan hablur (ton/ha) umur 52 MST

Perlakuan	Bobot Batang (Ton/ha)	Rendemen (%)	Hablur (Ton/ha)
SB 01	149.20 e	10.63 c	15.87 d
SB 03	132.65 bc	9.42 b	12.31 b
SB 04	129.32 b	9.10 a	11.77 ab
SB 11	133.87 bc	8.60 a	11.51 a
SB 12	120.23 a	9.30 ab	11.18 a
SB 19	136.33 c	9.22 a	12.56 bc
SB 20	140.63 d	9.75 b	14.61 c
PS 881	117.27 a	9.65 b	11.31 a
MOJO	132.20 bc	8.60 a	11.38 a
BNT 5%	5.05	0.79	1.51

Keterangan: Pada kolom yang sama diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5%.

Bobot batang tebu memperlihatkan perbedaan yang nyata sesuai pengujian BNT 5% dalam masing-masing klon dan varietas. Potensi bobot batang tinggi akan meningkatkan produktivitas. Menurut Nurnasari & Djumali (2019) peningkatan bobot batang dapat meningkatkan produktivitas. Perbedaan bobot tebu tujuh klon dan dua varietas diuji kemungkinan dipengaruhi faktor genetik dan lingkungan. Berdasarkan penelitian Supriyadi et al. (2018) perbedaan varietas tebu menimbulkan produktivitas yang berbeda pula. Rendemen menunjukkan adanya perbedaan nyata berdasarkan uji lanjut BNT 5% pada masing-masing klon dan varietas. Potensi rendemen dipengaruhi oleh lingkungan diantaranya kelembapan dan jenis tanah yang menentukan ketersediaan air dalam tanah sehingga mempengaruhi pertumbuhan dan nilai rendemen batang. Menurut Isramiranti et al. (2020) bahwa potensi rendemen tebu berkaitan erat dengan iklim, sinar matahari, dan kelembapan udara, yang akan berdampak pada potensi rendemen tebu optimal. Menurut Nurnasari & Djumali (2019) bahwa faktor yang mempengaruhi pembentukan sukrosa (C4) di antaranya waktu tebang, curah hujan, sinar matahari, masak bersih segar (MBS), pengendalian gulma dan penglentekan, serta serangan hama penyakit dan waktu tanam. Nilai rendemen dilakukan perhitungan sesuai ukuran pol nira dan brix tebu. Makin besar pol nira dan brix tebu,

maka makin tinggi kandungan sukrosa dan rendemen yang diproduksi (Hastono et al., 2016). Selama proses fotosintesis akan dihasilkan fotosintat berupa produk 4 gula carbon (C4) yang berada dalam sel-sel, khususnya jaringan konduktif batang.

Hablur menunjukkan adanya perbedaan nyata berdasarkan uji lanjut BNT 5% pada masing-masing klon dan varietas. Tinggi dan rendahnya hablur banyak dipengaruhi faktor genetik dan lingkungan (Budi, 2016). Menurut Supriyadi et al. (2018) menjelaskan hasil nilai hablur dipengaruhi produktivitas dan rendemen tinggi. Nilai rendemen tidak ada perbedaan, maka hasil nilai hablur ditentukan oleh produktivitas tanaman tebu (Wening et al., 2022).

Brix (%)

Hasil analisis BNT 5% pada Tabel 4 menunjukkan perlakuan tujuh klon dan dua varietas berbeda nyata ($p < 0.05$) terhadap brix umur 48, 50 dan 52 MST. Brix batang tertinggi umur 52 MST dihasilkan klon SB 01 sebesar 26.88 % yang berbeda nyata dengan klon dan varietas lainnya, sedangkan brix batang terendah dihasilkan Varietas Mojo sebesar 20.87 %. Tinggi rendahnya brix dimungkinkan adanya pengaruh faktor genetik dan lingkungan.

Tabel 4. Rerata brix tanaman tebu

Perlakuan	Brix batang tanaman tebu (%)		
	48 MST	50 MST	52 MST
SB 01	23.55 d	24.40 d	26.88 b
SB 03	21.75 b	21.97 b	21.92 a
SB 04	22.68 c	22.67 c	22.43 a
SB 11	22.47 c	22.48 c	22.67 a
SB 12	21.72 b	21.97 b	21.97 a
SB 19	22.67 c	22.75 c	22.83 a
SB 20	22.43 c	22.48 c	22.53 a
PS 881	22.03 bc	21.98 bc	21.73 a
MOJO	20.87 a	21.85 a	21.83 a
BNT 5%	0.79	1.24	1.69

Keterangan: Pada kolom yang sama diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5%.

Perbedaan brix yang dihasilkan disebabkan faktor genetik dan lingkungan. Tingginya potensi brix dalam batang dipengaruhi oleh lingkungan khususnya sinar matahari. Sinar matahari yang diterima oleh tanaman tebu akan berpengaruh terhadap proses fotosintesis dan produktivitas. Apabila sinar matahari yang diterima tebu tidak optimal maka proses fotosintesis pada tanaman tebu akan mengalami penurunan sehingga produktivitas yang dihasilkan tanaman tebu juga menurun. Selain sinar matahari, perbedaan suhu siang dan malam yang sangat tajam akan berpengaruh terhadap produktivitas tebu. Berdasarkan Rifimaro et al. (2022) suhu rata-rata 28.12 °C menunjukkan bahwa kondisi lingkungan tersebut optimal bagi aktivitas enzim SAI dan CWI untuk melakukan pemanjangan sel pada batang tanaman tebu. Menurut Putra et al. (2016) radiasi matahari sangat berperan dalam proses fotosintesis yang dapat menentukan efisiensi dalam menghasilkan energi. Brix sebagai penentu aktivitas pemasakan, karena tebu mempunyai sukrosa yang tersimpan pada akar hingga pucuk tanamannya. Semakin tinggi tanaman tebu tersebut, maka kadar sukrosanya ikut semakin tinggi (Abdurrahman et al., 2018).

Tanaman tebu pada masa pertumbuhan sangat membutuhkan banyak air dan lebih baik ditanam pada saat musim hujan. Menurut Jayanti et al. (2015) ketersediaan air yang cukup karena pengaruh curah hujan dimanfaatkan untuk fase pertumbuhan terutama pertumbuhan tunas. Sementara pada masa pemasakan tanaman tebu membutuhkan keadaan yang kering, seperti yang ditemukan oleh Ardiyansyah et al. (2015) pada penelitiannya terdahulu. Hujan yang terus turun

mengakibatkan pemasakan tanaman tebu akan tertunda dan menghasilkan kadar brix tidak optimal. Hasil penelitian Riajaya & Kadarwati (2016) mengungkapkan bahwa bobot brix batang utama varietas awal 16.2%, lebih besar dari pertengahan awal 13-16.6% serta akhir-pertengahan 12.8-14.8%. Hal ini menunjukkan bahwa seiring bertambahnya usia tanaman tebu dan keadaan air tanah berkurang hingga mengering, nilai brix akan mengalami peningkatan. Tebu terhenti bertumbuh serta kadar sukrosanya makin bertambah. Perbedaan potensi brix batang tebu yang dihasilkan juga disebabkan oleh sifat genetik tujuh klon dan dua varietas tebu yang diuji, yang bermakna pada tujuh klon terdapat keseragaman genetik yang dimiliki termasuk hormon dan enzim yang sangat berpengaruh terhadap indikator produktivitasnya. Perbedaan brix dalam batang tujuh klon dan dua varietas kemungkinan banyak dipengaruhi faktor genetik. Adanya perbedaan produktivitas batang tebu tetua akan berakibat adanya perbedaan genetik tanaman keturunannya. Menurut Sanjaya et al. (2020) bahwa brix batang dipengaruhi genetik tetuanya.

Korelasi

Uji korelasi dilakukan pada umur 52 MST. Pengujian tersebut dilakukan untuk memahami keberadaan keeratan hubungan antar variabelnya. Korelasi antar variabel hasil dari ketujuh klon dan dua varietas tanaman tebu memperlihatkan perbedaan sangat nyata ($P < 0.01$) dalam variabel bobot batang terhadap hablur, bobot batang dengan brix, rendemen dengan hablur, rendemen dengan brix, dan hablur dengan brix. Nilai koefisien korelasi positif menunjukkan hubungan searah dan nilai koefisien negatif menunjukkan hubungan tidak searah, seperti yang terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji korelasi

		BT		R		H	
R	<i>Koef. Korelasi(r)</i>	0.366					
	P-value	0.061					
H	<i>Koef. Korelasi(r)</i>	0.751		0.794			
	P-value	0.000	**	0.000	**		
B	<i>Koef. Korelasi(r)</i>	0.609		0.572		0.681	
	P-value	0.001	**	0.002	**	0.000	**

Keterangan: *: berbeda nyata. **: berbeda sangat nyata. BT: bobot batang. R: rendemen. H: hablur. B: brix.

Korelasi yang sangat nyata dan searah serta hubungan keeratan sangat kuat dengan nilai koefisien korelasi 0.751 terlihat pada variabel bobot batang dengan hablur. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi bobot batang tebu maka terjadi peningkatan hablur. Keadaan tersebut sama dengan yang diperoleh pada penelitian Gunawan et al. (2018), yaitu hablur dapat didukung oleh hasil berat batang tebu dalam pertumbuhannya yang tinggi. Variabel antara bobot batang dan brix dengan koefisien korelasi 0.609 menunjukkan keeratan yang kuat, searah, dan sangat nyata. Semakin bertambahnya bobot batang semakin besar pula nilai brix. Produksi gula pada tanaman tebu, khususnya sukrosa, diawali dari pangkal batang dan berlanjut ke atas melalui bagian tengah dan atas batang yang akan memastikan laju pembentukan gula secepat mungkin karena sukrosa disimpan di dalam tebu dari batang bawah hingga pucuk tanaman, sebagaimana yang diungkapkan pada penelitian yang dilakukan oleh Siahaan et al. (2020).

Variabel rendemen dengan hablur, koefisien korelasi bernilai 0.794, yang juga menunjukkan hubungan korelasi yang sangat kuat, searah, dan sangat nyata. Keadaan ini memperlihatkan bahwasanya makin tinggi rendemen tebu membuat hablur tebu makin bertambah. Kondisi tersebut selaras terhadap penelitian Gunawan et al. (2018) yang mengatakan bahwa semakin tinggi rendemen tebu yang dihasilkan maka semakin tinggi produksi hablur. Sementara itu, variabel rendemen dengan brix, koefisien korelasi bernilai 0.572, yang menunjukkan hubungan korelasi yang kuat, searah, dan sangat nyata. Tebu yang memiliki tinggi batang tidak terlalu tinggi dapat mempercepat pemasakan batang, khususnya penimbunan sukrosa merata keseluruhan batang dan memudahkan budidaya dan pemanenan. Kondisi tersebut selaras seperti penelitian Cardozo et al. (2018), yang menemukan bahwa pematangan batang umumnya merupakan proses penimbunan sukrosa pada batang tebu bagian bawah sampai batang atas. Pada variabel hablur dengan brix, koefisien korelasi bernilai 0.681

yang menunjukkan hubungan korelasi yang kuat, searah, dan sangat nyata. Korelasi tujuh klon tebu memperlihatkan bahwa ada korelasi yang erat di antara variabel brix terhadap produktivitas. Pembudidayaan tebu optimal dan kemasakan optimal menyebabkan fase vegetatif optimal, yang berdampak pada optimalnya fase generatif batang tebu yang diikuti dengan pembentukan sukrosa yang optimal pula (Nurnasari & Djumali, 2019).

KESIMPULAN

Tujuh klon unggul harapan berpotensi memiliki produktivitas tinggi sebagai calon varietas unggul baru dan berbeda dari karakter yang diturunkan dari tetuanya. Hablur ke tujuh klon lebih tinggi dibandingkan ke dua varietas unggul sebagai pembanding uji produktivitas. Klon SB01 memiliki potensi produktivitas tertinggi, dengan indikator brix 26.88%, bobot batang 149.20 ton/ha, rendemen 10.63%, dan hablur 15.87 ton/ha. Nilai keanekaragaman genotipe dengan kategori sedang terlihat pada karakter hablur (12.55%), keanekaragaman fenotipe dengan kategori sedang terlihat pada karakter hablur (14.364%), dan nilai heritabilitas dengan kategori cukup tinggi pada karakter brix (0.96%).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, Heliyanto, B., Djumali, Damanhuri, & Ardiarini, N. R. (2018). Daya hasil genotipe harapan tebu di lahan kering. *Buletin Tanaman. Tembakau. Serat & Minyak Industri*, 10(1), 32–38. <https://doi.org/10.21082/btsm.v10n1.2018.31-40>
- Anggraini, S. (2020). Keanekaragaman nematoda sebagai indikator kualitas tanah di lahan tebu dan pemanfaatannya sebagai buku nonteks. Universitas Jember.
- Anwar, K., & Redjeki, E. S. (2021). Perbedaan pertumbuhan dan hasil tiga klon tanaman tebu (*saccharum officinarum* L.) pada tanah aluvial di desa sambiroto kecamatan sooko–mojokerto. *Indonesian Journal of Tropical Crops*, 4(1), 1–10. <http://dx.doi.org/10.30587/tropicrops.v4i1.2316>
- Ardiyansyah, B., & Purwono. (2015). Mempelajari pertumbuhan dan produktivitas tebu (*saccharum officinarum*. L) dengan masa tanam sama pada tipologi lahan berbeda. *Buletin Agrohorti*, 3(3), 357–365. <https://doi.org/10.29244/agrob.v3i3.15815>
- Bertan, V. C., Dundu, A. K. T., & Mandagi, R. J. M. (2016). Pengaruh pendayagunaan sumber daya manusia (tenaga kerja) terhadap hasil pekerjaan (studi kasus perumahan taman mapanget raya (tamara). *Jurnal Sipil Statik*. 4(1). 13–20. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jss/article/view/10727>
- Budi, S. (2016). Test of varieties and breeding seed toward the productivity of sugar cane (*Saccharum Officinarum* L) on dry land. *International Journal of Applied Environmental Sciences*, 11(4), 855–871. https://www.ripublication.com/ijaes16/ijaesv11n4_02.pdf
- Cardozo, N. P., De O, B. R., & La S, N. (2018). Sustainable intensification of sugarcane production under irrigation systems, considering climate interactions and agricultural efficiency. *Journal of Cleaner Production*, 201, 861–871. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.004>
- Fasheh, M. F., Budi, S., & Lailiyah, W. N. (2022). Study of growth and production of seven clones of sugarcane (*saccharum officinarum* L.) in alluvial soil in sambiroto village, sooko district-Mojokerto. *Nabatia*, 10(2), 57–65. <https://doi.org/10.21070/nabatia.v10i2.1611>
- Gunawan, S., Aji, P., & Hidayat, A. (2018). Pengayaan vinasse dengan konsorsium mikroba dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan serta produktivitas tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.). *PROSIDING SEMINAR NASIONAL*. <https://core.ac.uk/download/pdf/355003821.pdf>
- 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. <https://doi.org/10.22487/bioceb.v14i1.15090>
- Hastono, A. D., Khuluq, A. D., & Yogi, Y. A. (2016). Tebu sebagai bahan baku produksi gula merah dan gula cair. bunga rampai, peningkatan produktivitas tebu untuk mempercepat swasembada gula. IAARD Press.
- Hermanto, R., & Syukur, M. (2017). pendugaan ragam genetik dan heritabilitas karakter hasil dan komponen hasil tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) di dua lokasi. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 8(1), 31–38. <https://doi.org/10.29244/jhi.8.1.31-38>

- Irawan, K. A., Setyo, B., & Suhaili, S. (2023). Keragaman morfologi pertumbuhan 7 klon dan 2 varietas tanaman tebu (*saccharum officinarum* L.) di pt perkebunan nusantara x plosoklaten-kediri. *Gema Agro*, 28(1), 42-51. <https://doi.org/10.22225/ga.28.1.6634.42-51>
- Isramiranti, A., Rismaneswati, & Nathan, M. (2020). Analisis korelasi indeks kesesuaian lahan dengan produktivitas tebu. *Jurnal Ecosolum*, 9(2), 83-104. <https://doi.org/10.20956/ecosolum.v9i2.8420>
- Jayanti, K. D., Sudira, P., & Sunarminto, B. H. (2015). Prediksi neraca air untuk menentukan masa tanam tebu di kecamatan kalasan, sleman. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, 18(2), 109-116. <http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1338794&val=302&title=Prediksi%20Neraca%20Air%20Untuk%20Menentukan%20Masa%20Tanam%20Tebu%20di%20Kecamatan%20Kalasan%20Sleman>
- Kholis S, M., Budi, S., & Lailiyah, W. N. (2022). Growth tests and results of sumobito clones (*saccharum officinarum* L.) in budung sidorejo village, sumobito district-jombang. *Indonesia Journal of Tropical Crops*, 5(2), 116-127. <http://dx.doi.org/10.30587/tropicrops.v5i2.5179>
- Koryati, T., Purba, D.W., Surjaningsih, D.R., Herawati, J., Sagala, D., Purba, S.R., Khairani, M., Amartani, K., Sutrisno, E., Panggabean, N.H., Erdiandini, I., & Aldya, R.F. (2021). *Fisiologi tumbuhan*. Medan. Yayasan Kita Menulis.
- Kristantini, Sutarno, Wiranti, E. W., & Widyayanti, S. (2016). Kemajuan genetik dan heritabilitas karakter agronomi padi beras hitam pada populasi F2. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 35(2), 119-124. <https://doi.org/10.21082/jpntp.v35n2.2016.p119-124>
- Lira, E. G., Amabile, R. F., Fagioli, M., & Montalvao, A. P. L. (2017). Genetic parameters, phenotypic, genotypic and environmental correlations and genetic variability on sunflower in the Brazilian Savannah. *Ciencia Rural*, 47(8), 1-7. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160719>
- Meisya, K. M. (2021). *Budidaya tanaman tebu (Saccharum officinarum) di ptpn xi pg pandjeh situbondo*. Politeknik LPP Yogyakarta.
- Moedjiono, dan Mejaya, M. J. (1994). Variabilitas genetik beberapa karakter plasma nutfah jagung koleksi Balittas Malang. *Zuriat*, 5(2), 27-32. <http://dx.doi.org/10.14203/beritabiologi.v4i4.1262>
- Muliandari, N., Sudiarto, S., & Sumarni, T. (2021). Analisis pertumbuhan tanaman tebu (*saccharum officinarum* L.) akibat aplikasi vermikompos dan plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 9(2), 73-82. <https://doi.org/10.25181/jaip.v9i2.1973>
- Mumtaz, F. Y., Budi, S., & Lailiyah, W. N. (2022). Karakterisasi klon unggul hasil persilangan pada pertumbuhan tanaman tebu (*Saccharum Officinarum* L.) di lahan hollywood. *Indonesia Journal of Tropical Crops*, 5(1), 1-11. <http://dx.doi.org/10.30587/tropicrops.v5i1.3806>
- Nurnasari, E., & Djumali. (2019). Penentuan lama waktu kelembapan tanah sebelum panen yang mempengaruhi rendemen tebu. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 24(2), 127-134. <https://doi.org/10.18343/jipi.24.2.127>
- 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 Jurnal AIP*, 4(2), 60-68. <https://doi.org/10.25181/aip.v4i2.44>
- Riajaya, P. D., & Kadarwati, F. T. (2016). Kesesuaian tipe kemasakan varietas tebu pada tipologi lahan bertekstur berat, tadah hujan, dan drainase lancar. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat dan Minyak Industri*, 8(2), 85-97. <https://dx.doi.org/10.21082/btsm.v8n2.2016.88-98>
- Rifimaro, S., Budi, S., & Lailiyah, W. N. (2022). Pertumbuhan vegetatif 9 klon tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) keprasan satu dengan pemberian pupuk organik cair di gresik. *Agroplanta: Jurnal Ilmiah Terapan Budidaya Dan Pengelolaan Tanaman Pertanian Dan Perkebunan*, 11(2), 101-116. <https://doi.org/10.51978/agro.v11i2.464>
- Sanjaya, W. T. A., Giyanto, Widyastuti, R., & Santosa, D. A. (2020). Keanekaragaman enzim invertase, pengembangan strain unggul dan teknologi produksinya. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia*, 7(1), 146-165. <https://doi.org/10.29122/jbbi.v7i1.3705>
- Satriawan, I. B., Sugiharto, A. N., & Ashari, S. (2017). Heritabilitas dan kemajuan genetik tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.) generasi F2 (Doctoral dissertation, Brawijaya University). *Jurnal Produksi Tanaman*, 5(2), 343-348. <https://www.neliti.com/publications/190457/heritabilitas-dan-kemajuan-genetik-tanaman-cabai-merah->

[capsicum-annuum-l-generas](#)

- Siahaan, H. S. W., Sari, A. K., & Waluyo, B. (2020). Keragaman karakter morfologi dan komponen hasil beberapa klon F1 hasil seleksi pendahuluan tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 8(11), 1028-1034.
- Statistik, B. P. (2020). Statistik tebu Indonesia 2020. <https://www.bps.go.id>.
- Supriyadi, Khuluq, A. D., & Djumali, D. (2018). Pertumbuhan, produktivitas dan hasil hablur klon tebu masak awal-tengah di tanah inceptisol. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 46(2), 208-214. <https://doi.org/10.24831/jai.v46i2.17088>
- Thoyibah, Z. (2019). Keragaman genetik galur-galur kacang bambara (*Vignasubterranea* L. *Verdcourt*) berdasarkan sifat polong dan biji koleksi bambara groundnut research centre (BGRC). Universitas Muhammadiyah Gresik. <http://eprints.umg.ac.id/3387/>
- Warner, J. N. (1952). A method for estimating heritability. *Agronomy Journal*, 44(8), 427-430. <https://doi.org/10.2134/agronj1952.00021962004400080007x>
- Wening, O. P., Yuliatun, S., Artin, M. M., & Agatha, S. B. (2022). Karakterisasi fitokimia powder enkapsulasi nira tebu menggunakan Varietas BL , PSDK 923 , dan PSBM 901. *Indonesian Sugar Research Journal*, 2(1), 22-34. <https://doi.org/10.54256/isrj.v2i1.72>