



Analisis Pendugaan Parameter Genetik pada Genotipe Tebu Mutan

Analysis of Estimation of Genetic Parameters in Mutant Sugarcane Genotypes

Author(s): Irfa' Yudayantho⁽¹⁾; Sholeh Avivi⁽¹⁾; Kacung Hariyono⁽¹⁾; Sri Hartatik^{(1)*}

⁽¹⁾ Fakultas Pertanian, Universitas Jember

* Corresponding author: srihartatik.faperta@unej.ac.id

Submitted: 24 Dec 2021

Accepted: 25 Jul 2022

Published: 30 Sep 2022

ABSTRAK

Tebu merupakan sumber bahan baku gula. Tingginya konsumsi gula nasional dihadapkan oleh rendahnya produksi gula, sehingga masih terpenuhi dengan impor. Upaya perbaikan genetik melalui mutasi induksi menggunakan EMS pada tanaman tebu varietas Bululawang, diperoleh genotipe yang memiliki potensi rendemen tinggi. Penelitian mempunyai tujuan untuk mengevaluasi parameter genetik pada genotipe tebu mutan. Penelitian dilakukan bulan April 2019 hingga Agustus 2020 di tiga lokasi yaitu dua kecamatan di Kabupaten Jember (Arjasa, Sukorambi) dan satu kecamatan di Kabupaten Pasuruan (Kraton), Jawa Timur. Setiap lokasi menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap dengan enam ulangan. Genotipe yang digunakan berasal dari hasil seleksi sebelumnya yaitu genotipe tebu mutan generasi keempat. Karakter yang diamati meliputi jumlah anakan, diameter batang, jumlah ruas, bobot dan panjang batang produktif, jumlah batang/m, produksi tebu, rendemen dan hablur gula. Data dianalisis ragam gabungan dan pendugaan parameter genetik terdiri dari nilai koefisien keragaman genetik, heritabilitas, serta kemajuan genetik. Hasil penelitian diperoleh bahwa pertumbuhan dan hasil genotipe tebu mutan akibat ekspresi dari genetik tanaman, lingkungan serta interaksi keduanya. Pendugaan parameter genetik diperoleh nilai heritabilitas tergolong tinggi pada karakter rendemen dan hablur gula. Sedangkan nilai kemajuan genetik tergolong tinggi pada karakter produksi tebu, rendemen dan hablur gula.

Kata Kunci:

parameter genetik,
genotipe tebu mutan,
heritabilitas,
kemajuan genetik.

ABSTRACT

Keywords:

genetic parameters,
mutant sugarcane genotype,
heritability,
genetic progress.

Sugarcane is a source of sugar raw materials. The high national sugar consumption is confronted by low sugar production, so it is still being met by imports. Efforts to improve genetics through induced mutations using EMS on sugarcane varieties Bululawang, obtained genotypes that have high sucrose content potential. Research has the aim of evaluating the genetic parameters of the mutant sugarcane genotype. The research was conducted from April 2019 until August 2020 in three locations, namely two districts in Jember Regency (Arjasa, Sukorambi) and one district in Pasuruan Regency (Kraton), East Java. Each location used a Randomized Completely Block Design with six replications. The genotype utilized was gotten from the aftereffects of the past determination, namely the fourth generation mutant sugarcane genotype. The observed characters included the number of tillers, stem diameter, number of segments, weight and length of productive stem, number of stems/m, sugarcane production, sucrose content and sugar crystals. The data were analyzed for combined variance and estimation of genetic parameters consisting of the coefficient of genetic variance, heritability and genetic advance. The results showed that the growth and yield of mutant sugarcane genotypes were due to the expression of plant genetics, environment and their interaction. Estimating genetic parameters obtained high heritability values for the sucrose content and crystal sugar characters. While the value of genetic progress is high in the characteristics of sugarcane production, sucrose content and sugar crystals.



PENDAHULUAN

Tebu adalah sumber bahan baku gula yang menjadi kebutuhan pokok bagi masyarakat maupun dibidang industri. Total konsumsi gula nasional mencapai 6 juta ton, untuk konsumsi rumah tangga sebesar 51% dan kebutuhan industri sebesar 47% serta konsumsi lainnya sebesar 2%. Produksi gula dalam negeri, bahwa tahun 2013-2017 berkisar 2.5 juta ton yang diperoleh dari pabrik gula milik BUMN dan swasta. Tingginya konsumsi gula dihadapkan oleh rendahnya produksi gula, sehingga masih terpenuhi dengan impor sebesar 3-4 juta ton (Kementerian Perdagangan, 2018).

Produksi tebu nasional rata-rata dibawah 80 ton/ha dengan rendemen berkisar 8% dan masih dibawah target, yaitu produksi tebu 100 ton/ha dengan rendemen diatas 9% (Kementerian BUMN, 2017). Upaya perbaikan genetik melalui mutasi induksi dengan bahan kimia EMS (*ethyl methane sulfonate*) pada tanaman tebu varietas Bululawang untuk memperoleh genotipe daya hasil dan berendemen tinggi telah diterapkan di Universitas Jember tepatnya di Laboratorium Pemuliaan, Fakultas Pertanian guna mendukung program swasembada gula pemerintah (Miswar *et al.*, 2016). Hasil percobaan sebelumnya diperoleh tiga genotipe tebu mutan berendemen tinggi generasi pertama mencapai 15.57-18.58% (Miswar *et al.*, 2016), generasi kedua 15.75-17.61% (Widodo, 2017) dan generasi ketiga 14.05-16.39%, sedangkan tebu varietas Bululawang non mutan berkisar 10.81%-11.50% (generasi pertama hingga ketiga). Hasil pengukuran masih dilakukan skala Laboratorium.

Analisis pertumbuhan dan hasil dari ke tiga genotipe tebu mutan berpotensi memiliki daya hasil yang tinggi perlu di pelajari lebih lanjut, salah satunya melakukan percobaan penanaman dibebarapa lokasi yang berbeda

berdasarkan agroekologinya. Pengujian dibebarapa tempat bermaksud untuk melihat fenotipe dan genotipe di berbagai kondisi lingkungan yang berbeda (Surahman, 2018). Selain itu, pendugaan parameter genetik tebu mutan generasi keempat perlu dihitung supaya kegiatan dalam seleksi hasil perbaikan sifat genetik tanaman berjalan secara efektif dan tepat. Parameter genetik yang diduga mencakup variabilitas genetik, kemajuan genetik dan juga heritabilitas. Nilai duga variabilitas genetik serta adanya interaksi antara genotipe \times lingkungan menjadi pertimbangan penting dalam melakukan seleksi seraca tepat untuk mendapatkan suatu karakter dari tanaman yang telah diharapkan (Hartati *et al.*, 2013). Heritabilitas menjadi penentu kemajuan pewarisan genetik, semakin tinggi nilai duga heritabilitas, semakin tinggi kemajuan pewarisan genetik, begitu juga sebaliknya (Abadi *et al.*, 2021). Pendugaan nilai heritabilitas penting dihitung guna melihat pewarisan serta metode yang tepat untuk seleksi (Bello *et al.*, 2010). Penampilan suatu karakter lebih dipengaruhi genotipe dibandingkan lingkungan, serta hasil nilai duga heritabilitas tinggi mempunyai peran penting dalam pembentukan karakter (Kusuma *et al.*, 2016).

Tujuan dari percobaan ini yaitu mengevaluasi dari parameter genetik pada genotipe tebu mutan generasi keempat.

METODOLOGI

Percobaan mulai bulan April 2019 hingga Agustus 2020 di tiga lokasi yaitu dua kecamatan di Kabupaten Jember (Arjasa, Sukorambi), satu kecamatan di Kabupaten Pasuruan (Kraton) Provinsi Jawa Timur dan analisis data di Laboratorium Agroteknologi serta Pemuliaan Tanaman, Faperta, Universitas Jember.

Bahan dalam percobaan ini yang digunakan yaitu tiga genotipe tebu mutan

generasi keempat (G4) hasil seleksi sebelumnya dengan kode M1, kode M2, kode M3 dan satu tebu varietas Bululawang sebagai pembanding, pupuk kimia (ZA, SP-36, KCl), reagen Anthrone dan kertas label. Alat meliputi lempak, cangkul, sabit, roll meter, penggaris, jangka sorong dan alat tulis kerja.

Setiap lokasi menerapkan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan enam ulangan. Genotipe di tanam dengan petak ukuran 4.5 m x 4 m, panjang juring 4 m, PKP 1.1 m.

Pemeliharaan sesuai standar baku penanaman tebu di Indonesia.

Karakter yang diamati meliputi jumlah anakan, diameter batang, jumlah ruas, bobot dan panjang batang produktif, jumlah batang/m, produksi tebu, rendemen dan hablur gula. Data pengamatan dianalisis ragam gabungan taraf 5% dan 1% (Tabel 1) (Gomez & Gomez, 1984). Uji lanjut beda rerata menggunakan Duncan's Multiple Range Test (DMRT) taraf 5%. Tabel 2, sebagai pendugaan perhitungan nilai parameter genetik.

Tabel 1. Analisis Ragam Gabungan dengan Model Tetap

Table 1. Analysis of the Combined Variance with Fixed Model

| Sumber Keragaman <i>Source of Diversity</i> | Derajat Bebas <i>Degrees of Freedom</i> | Kuadrat Tengah <i>Middle Square</i> | Kuadrat Tengah Harapan <i>Middle Square of Hope</i> |
|--|--|--|--|
| Lokasi (a) | a-1 | M5 | $\sigma_e^2 + r \sigma_{ab}^2 + b \sigma_{ab}^2 + br \sigma_b^2$ |
| Ulangan dalam Lokasi | a(r-1) | M4 | $\sigma_e^2 + g \sigma_{r/a}^2$ |
| Genotipe (b) | b-1 | M3 | $\sigma_e^2 + r \sigma_{ab}^2 + ra \sigma_g^2$ |
| Lokasi x Genotipe | (a-1)(b-1) | M2 | $\sigma_e^2 + r \sigma_{ab}^2$ |
| Error | a(b-1)(r-1) | M1 | σ_e^2 |

Tabel 2. Pendugaan Parameter Genetik

Table 2. Estimation of Genetic Parameters

| No <i>No</i> | Pendugaan <i>Estimation</i> | Rumus <i>Formula</i> | Keterangan <i>Description</i> | Metode <i>Method</i> |
|-----------------|--|--|---|---|
| 1 | Ragam genetik (σ_G^2) | $(M3 - M2) / r$ | - | (Syukur, Sujiprihati, & Yuniarti, 2012) |
| 2 | Ragam lingkungan (σ_e^2) | M1 | - | |
| 3 | Ragam interaksi ($\sigma_{G \times E}^2$) | $(M2 - M1) / r$ | - | |
| 4 | Ragam Fenotip (σ_P^2) | $\sigma_G^2 + \sigma_e^2 + \sigma_{G \times E}^2$ | - | |
| 5 | Heritabilitas arti luas (h^2) | σ_G^2 / σ_P^2 | Rendah: $h^2 < 0.2$ Sedang: $0.2 < h^2 < 0.5$ Tinggi: $h^2 > 0.5$ | (Allard, 1995) |
| 6 | Koefisien keragaman genetik (KKG) Koefisien keragaman Fenotip (KKF) | $(\sqrt{\sigma_G^2} / \mu) \times 100\%$ $(\sqrt{\sigma_P^2} / \mu) \times 100\%$ | Sempit: 0-10% Sedang: 10-20% Luas: >20% | (Baihaki, 2000) |
| 7 | Kemajuan genetik (KG) | $(KGH / \mu) \times 100\%$ | Rendah: $0 < KG \leq 3.3\%$ Agak sedang: $3.3\% < KG \leq 6.6\%$ Cukup tinggi $6.6\% < KG \leq 10\%$ Tinggi (KG > 10%) | (Mangoendidjojo, 2003) |
| 8 | Kemajuan genetiki harapan (KGH) | $i \times h^2 \times \sigma_P$ | i: intensitas seleksi (5% = 2.06) σ_P : standar deviasi fenotip | (Mangoendidjojo, 2003) |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lingkungan Percobaan

Percobaan telah dilaksanakan di tiga lokasi yang berbeda berdasarkan agroekologi. Lokasi pertama di kecamatan Arjasa Kabupaten Jember, ketinggian tempat \pm 141 mdpl. Lokasi kedua di kecamatan Sukorambi Kabupaten Jember, ketinggian tempat \pm 62 mdpl. Jenis lahan percobaan di Arjasa dan Sukorambi yaitu tegalan atau lahan tadah hujan. Lokasi ketiga di kecamatan Kraton Kabupaten Pasuruan, ketinggian tempat \pm 3 mdpl, jenis lahan percobaan yaitu lahan sawah yang memiliki irigasi yang baik.

Curah hujan saat percobaan di tiga lokasi dikumpulkan mulai bulan April 2019 sampai Agustus 2020. Rerata tertinggi data curah hujan yaitu berada di kecamatan Kraton kabupaten Pasuruan sekitar 2.990 mm/tahun, kemudian di kecamatan Sukorambi kabupaten Jember sekitar 1.922 mm/tahun dan terakhir di kecamatan Arjasa kabupaten Jember sekitar 1.876 mm/tahun (BPS Kabupaten Jember, 2020; BPS Kabupaten Jember, 2021; BMKG, 2021).

Rata-rata data iklim di kabupaten Jember yaitu temperatur 25-30°C, kelembapan 69-81%, serta kecepatan angin

4-7 km/jam. Sedangkan di kabupaten Pasuruan yaitu temperatur 21-26°C, kelembapan 61-94%, serta kecepatan angin 4-7 km/jam. (BMKG, 2021). Lama penyinaran matahari selama percobaan di kabupaten Jember sekitar 2.725 jam/tahun sedangkan di kabupaten pasuruan 1.418 jam/tahun (BMKG, 2021).

Secara umum, kondisi lingkungan percobaan di tiga tempat tersebut sudah memenuhi syarat tumbuh dalam berbudidaya tanaman tebu.

Keragaan Pertumbuhan dan Hasil Genotipe Tebu Mutan

Pertumbuhan dan produksi genotipe tebu mutan dan tebu varietas bululawang memiliki keragaman yang cukup besar (Tabel 3). Setiap genotipe mampu membentuk anakan 9.40-12.47 batang/rumpun. Karakter jumlah anakan paling tinggi genotipe tebu mutan kode M3. Diameter batang tebu berkisar 2.69-2.96 cm. Karakter bobot batang dan produksi tebu paling tinggi genotipe tebu mutan kode M2. Sedangkan, karakter jumlah ruas, panjang batang, rendemen dan hablur paling tinggi genotipe tebu mutan kode M1.

Tabel 3. Keragaan Pertumbuhan dan Hasil Genotip Tebu di Tiga Lokasi

Table 3. Performance of Sugarcane Growth and Yield Genotypes in Three Locations

| No No | Karakter Character | Nilai Value | | |
|----------|-------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| | | Minimal Minimum | Maksimal Maximum | Rata-rata Average |
| 1 | Jumlah Anakan (batang) | 9.40 | 12.47 | 10.93 |
| 2 | Diameter Batang (cm) | 2.69 | 2.96 | 2.83 |
| 3 | Jumlah Ruas | 20.53 | 23.60 | 22.07 |
| 4 | Bobot Batang Produktif (kg) | 1.39 | 1.78 | 1.58 |
| 5 | Panjang Batang Produktif (kg) | 3.09 | 3.56 | 3.32 |
| 6 | Jumlah Batang/m | 6.40 | 8.04 | 7.22 |
| 7 | Produksi Tebu (ton/ha) | 83.95 | 114.58 | 99.27 |
| 8 | Rendemen (%) | 11.34 | 16.49 | 13.92 |
| 9 | Hablur Gula (ton/ha) | 10.24 | 17.27 | 13.75 |

Hasil Analisis Ragam Gabungan

Hasil dari perhitungan analisis ragam gabungan dapat dilihat pada Tabel 4,

menginformasikan bahwa pengaruh genotipe sangat nyata berbedanya pada variabel jumlah anakan, diameter batang, jumlah batang/m, produksi tebu dan hablur gula. Pengaruh lingkungan berbeda nyata dan sangat nyata terhadap terhadap jumlah anakan, bobot batang produktif, panjang batang produktif dan jumlah batang/m. Pengaruh interaksi genotipe × lingkungan terhadap jumlah ruas dan rendemen.

Berdasarkan data tersebut, kemudian dilanjutkan uji beda rerata dengan Duncan's taraf 5% (Tabel 5, Tabel 6, Tabel 7). Berdasarkan data yang diperoleh, lebih besar dipengaruhi genotipe dibanding lingkungan maupun interaksi. Terdapat pengaruh interaksi genotipe × lingkungan menunjukkan adanya respon genotipe tebu mutan yang diuji pada tiga lingkungan berbeda.

Tabel 4. Rangkuman Kuadrat Tengah Ragam Gabungan
 Table 4. Summary of the Middle Square of the Combined Variance

| No | Variabel Pengamatan <i>Observation Variable</i> | Kuadrat Tengah <i>Middle Square</i> | | | Galat <i>Error</i> |
|----|--|--|--|---|-----------------------|
| | | Genotipe (G) <i>Genotype (G)</i> | Lingkungan (L) <i>Environment (L)</i> | Interaksi (GxL) <i>Interaction (GxL)</i> | |
| 1 | Jumlah Anakan (batang) | 7.28 ** | 16.54 ** | 0.84 tn | 1.07 |
| 2 | Diameter Batang (cm) | 11.04 ** | 3.41 tn | 1.55 tn | 0.01 |
| 3 | Jumlah Ruas | 10.44 ** | 2.93 tn | 4.11 ** | 0.48 |
| 4 | Bobot Batang Produktif (kg) | 2.79 tn | 5.42 * | 0.70 tn | 0.04 |
| 5 | Panjang Batang Produktif (kg) | 1.49 tn | 19.49 ** | 0.20 tn | 0.02 |
| 6 | Jumlah Batang/m | 2.33 ** | 3.82 ** | 0.58 tn | 0.37 |
| 7 | Produksi Tebu (ton/ha) | 6.68 ** | 0.56 tn | 0.68 tn | 213.29 |
| 8 | Rendemen (%) | 31.11 ** | 4.88 * | 3.83 ** | 1.39 |
| 9 | Hablur Gula (ton/ha) | 21.62 ** | 0.02 tn | 0.62 tn | 5.88 |

Catatan : tn = berbeda tidak nyata; ** = berbeda sangat nyata; * = berbeda nyata.

Notes : tn = non significantly different; ** = very significantly different; * = significantly different.

Jumlah anakan lebih besar di pengaruhi genotipe dan lingkungan. Jumlah anakan genotipe tebu mutan kode M2 (11.73 batang), kode M1 (10.30) dan kode M3 (11.02 batang) lebih tinggi dibandingkan varietas bululawang (9.83 batang) (Tabel 5). Pengaruh lingkungan, dimana lokasi Sukorambi (11.66 batang) memiliki jumlah anakan lebih tinggi dari pada Arjasa (10.43 batang) dan Kraton (10.08 batang) (Tabel 6). Kondisi lingkungan mempengaruhi besar kecilnya jumlah anakan tebu, seperti curah hujan yang berkaitan dengan ketersediaan air tanah, suhu, kelembapan dan lama penyinaran matahari (PTPN XI, 2010).

Batang merupakan terpenting dalam pertumbuhan tanaman tebu, karena sebagai tempat penyimpanan produk akhir dari

fotosintesis yaitu sukrosa. Besar kecilnya batang akan menentukan jumlah sukrosa yang dihasilkan. Batang tebu beruas-ruas, padat, kulit keras dan didalamnya terdapat jaringan parenkim. Berdasarkan Tabel 5, diameter batang genotipe tebu mutan kode M2 (2.89 cm), kode M1 (2.84 cm) dan kode M3 (2.78 cm), lebih tinggi dibandingkan varietas bululawang (2.75 cm), serta cenderung lebih tinggi di lokasi Kraton (Tabel 6). Pengaruh hasil dari fotosintesis pada suatu tanaman difungsikan untuk membuat aktivitas sel di bagian batang meningkat, sehingga ukuran batang bertambah besar dan memanjang (Yulianingtyas et al., 2015), selain itu untuk mempercepat pembentukan organ suatu tanaman serta mempercepat dan meningkatkan proses metabolisme

sehingga akan memacu tinggi dari tanaman, membesarnya diameter batang dan bertambahnya jumlah ruas (Rayan & Cahyono, 2011).

Jumlah batang pada genotipe tebu mutan kode M1, kode M2 dan kode M3 lebih tinggi dari pada varietas bululawang (Tabel 5). Sedangkan lokasi percobaan di Arjasa dan Sukorambi memiliki jumlah batang yang lebih tinggi dibandingkan di Kraton (Tabel 6). Jumlah batang berkorelasi positif dengan jumlah anakan,

dimana semakin banyak anakan tebu dapat meningkatkan jumlah populasi tanaman, sehingga jumlah batang dapat meningkat dan nantinya mampu merefleksikan produksi tebu. Produksi tebu dalam satuan luas lahan ditentukan dari kemampuan suatu tanaman tebu membentuk anakan per rumpun. Dimana, semakin banyak atau tinggi jumlah anakan tebu yang tumbuh optimal, maka produksi tebu juga bertambah tinggi (Rokhman *et al.*, 2014).

Tabel 5. Keragaan Variabel Pengamatan terhadap Pengaruh Faktor Genotipe
 Table 5. Performance of Observation Variables on the Effect of Genotype Factors

| No No | Variabel Pengamatan Observation Variable | Genotipe Tebu Sugarcane Genotype | | | |
|----------|---|-------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | Bululawang Bululawang | Kode M1 M1 Code | Kode M2 M2 Code | Kode M3 M3 Code |
| 1 | Jumlah Anakan (batang) | 9.83 b | 11.30 a | 10.73 ab | 11.02 ab |
| 2 | Diameter Batang | 2.75 b | 2.84 ab | 2.89 a | 2.78 b |
| 3 | Jumlah Batang/m | 6.71 b | 7.37 ab | 7.53 a | 7.14 ab |
| 4 | Produksi Tebu (ton/ha) | 87.71 b | 107.53 a | 105.27 ab | 98.55 ab |
| 5 | Hablur Gula (ton/ha) | 10.40 b | 16.05 a | 16.03 a | 14.06 a |

Catatan: Huruf kecil yang berbeda di belakang angka dalam satu baris, bermakna berbeda nyata dengan uji Duncan pada taraf 5%.

Notes: Different lowercase letters behind the numbers in one line, meaning that they are significantly different from Duncan test at the 5% level..

Tabel 6. Keragaan Variabel Pengamatan terhadap Pengaruh Faktor Lokasi
 Table 6. Performance of Observation Variables on the Effect of Location Factors

| No No | Variabel Pengamatan Observation Variable | Lokasi Percobaan Experimental Environment | | |
|----------|---|--|-----------|---------|
| | | Arjasa | Sukorambi | Kraton |
| 1 | Jumlah Anakan (batang) | 10.43 ab | 11.66 a | 10.08 b |
| 2 | Bobot Batang Produktif (kg) | 1.64 ab | 1.46 b | 1.73 a |
| 3 | Panjang Batang Produktif (m) | 3.36 a | 3.13 b | 3.48 a |
| 4 | Jumlah Batang/m | 7.03 ab | 7.64 a | 6.89 b |

Catatan: Huruf kecil yang berbeda di belakang angka dalam satu baris, bermakna berbeda nyata dengan uji Duncan pada taraf 5%.

Notes: Different lowercase letters behind the numbers in one line, meaning that they are significantly different from Duncan test at the 5% level.

Bobot batang dan panjang batang produktif olah pabrik, lebih dipengaruhi oleh faktor lingkungan, diantaranya yaitu jenis lahan tanam percobaan yang berkaitan dengan ketersediaan air didalam tanah. Bobot batang produktif di Kraton

(1.73 kg) dan Arjasa (1.64 kg) lebih tinggi dibandingkan Sukorambi (1.46 kg). Begitu pula pada panjang batang produktif di Kraton (3.48 m) dan Arjasa (3.36 kg) lebih berat dari pada Sukorambi (3.13 kg) (Tabel 6).

Produksi tebu lebih dominan dipengaruhi oleh genotipe. Produksi tebu tertinggi dihasilkan oleh genotipe tebu mutan kode M1 (107.53 ton/ha), kode M2 (105.27 ton/ha) dan kode M3 (98.55 ton/ha). Produksi tebu ke tiga genotipe lebih tinggi dibandingkan varietas bululawang (87.71 ton/ha) (Tabel 5). Berdasarkan deskripsi varietas bululawang, produksi tebu dapat mencapai sekitar 94.3 ton/ha (Menteri Pertanian, 2004), akan tetapi varietas bululawang hasil mutasi generasi ke empat mampu memproduksi hingga 98-107 ton/ha. Produksi tersebut tergolong tinggi, karena rata-rata produksi tebu di Indonesia

dibawah 80 ton/ha dan masih dibawah target yaitu dengan produksi tebu 100 ton/ha (Kementerian BUMN, 2017).

Hasil hablur gula dipengaruhi oleh faktor genotipe (Tabel 5). Genotipe tebu kode M2 (16.05 ton/ha), kode M2 (16.03 ton/ha) dan kode M3 (14.06 ton/ha), sedangkan varietas bululawang (10.40 ton/ha). Hablur gula dari ketiga genotipe tebu mutan dan varietas bululawang tergolong tinggi berdasarkan hasil perhitungan skala laboratorium. Diketahui bahwa, hablur gula varietas bululawang mencapai sekitar 6.90 ton/ha (Menteri Pertanian, 2004).

Tabel 7. Keragaan Variabel Pengamatan terhadap Pengaruh Interaksi Genotipe × Lokasi
 Table 7. Performance of Observation Variables on the Effect of Genotype × Environment Interaction

| No | Genotipe x Lokasi | Jumlah Ruas | Rendemen (%) |
|----|-------------------------|----------------|---------------------|
| No | Genotype x Environment | Number Segment | Sucrose Content (%) |
| 1 | Bululawang di Arjasa | 21.50 c | 11.81 e |
| 2 | Kode M1 di Arjasa | 21.63 cd | 14.10 bc |
| 3 | Kode M2 di Arjasa | 22.00 bc | 14.92 abc |
| 4 | Kode M3 di Arjasa | 20.53 e | 15.20 ab |
| 5 | Bululawang di Sukorambi | 20.97 de | 12.35 de |
| 6 | Kode M1 di Sukorambi | 22.40 bc | 16.49 a |
| 7 | Kode M2 di Sukorambi | 22.23 bc | 16.34 a |
| 8 | Kode M3 di Sukorambi | 21.77 cd | 13.40 cd |
| 9 | Bululawang di Kraton | 22.87 ab | 11.34 e |
| 10 | Kode M1 di Kraton | 23.60 a | 14.34 bc |
| 11 | Kode M2 di Kraton | 22.30 bc | 14.41 bc |
| 12 | Kode M3 di Kraton | 21.67 cd | 14.23 bc |

Catatan: Huruf kecil yang berbeda di belakang angka dalam satu kolom, bermakna berbeda nyata dengan uji Duncan pada taraf 5%.

Notes: Different lowercase letters behind the numbers in one column, meaning that they are significantly different from Duncan test at the 5% level.

Jumlah ruas dipengaruhi oleh interaksi genotipe × lingkungan, genotipe tebu mutan kode M1 ditanam di Kraton menunjukkan nilai rerata tertinggi (23.60) dan genotipe tebu mutan kode M3 ditanam di Arjasa memiliki nilai rerata terendah (20.53) (Tabel 7). Diduga, genotipe yang unggul dan ditanam pada kondisi lingkungan sesuai akan memacu pertumbuhan dan perkembangan tanaman

secara optimal. Kondisi lahan di Kraton termasuk sawah, sehingga saat tebu memasuki fase perpanjangan batang, ketersediaan air tanah memang sangat terpenuhi karena proses irigasi berjalan dengan baik, dibandingkan di Arjasa dan Sukorambi termasuk lahan tegalan atau tadah hujan.

Rendemen merupakan komponen utama kedua dalam budidaya tebu setelah

produksi tebu. Berdasarkan Tabel 7, rendemen tebu dipengaruhi oleh interaksi antara genotipe × lingkungan. Ketiga genotipe tebu mutan berpotensi memiliki rendemen tinggi dibandingkan varietas bululawang, yang dilakukan pengukuran skala laboratorium berdasarkan kandungan sukrosa batang pada saat umur 12 bulan setelah tanam. Genotipe tebu mutan kode M1 ditanam di Sukorambi (16.34%), genotipe tebu mutan kode M2 ditanam di Sukorambi (16.34%) dan genotipe tebu mutan kode M3 ditanam di Arjasa (15.20%), sedangkan tebu varietas bululawang tertinggi ditanam di Sukorambi (12.35%). Nilai brix, kandungan sukrosa dan persentase kemurnian menentukan kualitas tebu. Kualitas tebu yang bagus mengandung kemurnian 12-13% sukrosa dengan kandungan non gula minimum (Hemalatha, 2015). Sedangkan genotipe tebu mutan kode M1, kode M2 dan kode M3 memiliki rendemen 13-16% dan varietas bululawang 11-12% saat

percobaan (Tabel 7). Kondisi lingkungan juga mempengaruhi besar kecilnya kandungan sukrosa batang. Pada bulan Juni hingga Agustus curah hujan di Sukorambi dan Arjasa cenderung menurun dibandingkan di Kraton yang meningkat. Hal tersebut yang mengakibatkan kandungan sukrosa batang cenderung lebih tinggi di Sukorambi dan Arjasa dari pada Kraton.

Pendugaan Parameter Genetik

Berdasarkan Tabel 4, diketahui bahwa nilai kuadrat tengah berpengaruh yang disemua variabel pengamatan. Tindakan memisahkan faktor paling berpengaruh yakni genotipe maupun lingkungan serta interaksi dari keduanya. Penampilan fenotipe suatu karakter morfologi tanaman dapat dilihat dari nilai ragam genotipe, ragam lingkungan, ragam interaksi genotipe × lingkungan, heritabilitas, KKF, KKG dan KG (Wardiana & Pranowo, 2016).

Tabel 8. Nilai Duga Parameter Genetik Beberapa Karakter Tanaman

Table. 8. Estimated Value of Genetic Parameters of Several Plant Characters

| No | KT | σ_G^2 | σ_e^2 | $\sigma_{G \times E}^2$ | σ_P^2 | KKG (%) | KKF (%) | h^2 | KG (%) |
|----|----|--------------|--------------|-------------------------|--------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 1 | JA | 0.358 | 1.070 | 0 | 1.428 | 5.581 (S) | 11.145 (SD) | 0.251 (SD) | 5.757 (AS) |
| 2 | DB | 0.003 | 0.006 | 0.001 | 0.010 | 1.997 (S) | 3.502 (S) | 0.325 (SD) | 2.347 (R) |
| 3 | JR | 0.168 | 0.477 | 0.247 | 0.891 | 1.865 (S) | 4.299 (S) | 0.188 (R) | 1.666 (R) |
| 4 | BB | 0.004 | 0.036 | 0 | 0.040 | 4.031 (S) | 12.499 (S) | 0.104 (R) | 2.678 (R) |
| 5 | PB | 0.001 | 0.019 | 0 | 0.021 | 1.123 (S) | 4.336 (S) | 0.067 (R) | 0.600 (R) |
| 6 | JB | 6.229 | 23.404 | 2.270 | 31.904 | 4.341 (S) | 9.824 (S) | 0.195 (R) | 3.951 (AS) |
| 7 | PT | 71.079 | 213.292 | 0 | 284.371 | 8.451 (S) | 16.903 (SD) | 0.250 (SD) | 16.903 (T) |
| 8 | R | 2.104 | 1.388 | 0.654 | 4.146 | 10.304 (SD) | 14.464 (SD) | 0.508 (T) | 15.121 (T) |
| 9 | HG | 6.862 | 5.882 | 0 | 12.743 | 18.533 (SD) | 25.256 (L) | 0.538 (T) | 28.015 (T) |

Keterangan: KT (karakter tanaman), σ_G^2 (ragam genetik), σ_e^2 (ragam lingkungan), $\sigma_{G \times E}^2$ (ragam interaksi), σ_P^2 (ragam fenotip), KKG (koefisien keragaman genetik), KKF (koefisien keragaman fenotip), h^2 (heritabilitas), KG (kemajuan genetik), JA (jumlah anakan), DB (diameter batang), JR (jumlah ruas), BB (bobot batang produktif), PB (panjang batang produktif), JB (jumlah batang), PT (produksi tebu), R (rendemen), HG (hablur gula), T (tinggi), S (sempit), SD (sedang), L (luas), AS (agak sedang), CT (cukup tinggi), dimana nilai negatif (-) diasumsikan nol (0) dalam perhitungan heritabilitas.

Notes: KT (plant character), σ_G^2 (genetic variance), σ_e^2 (environmental variance), $\sigma_{G \times E}^2$ (interaction variance), σ_P^2 (phenotype variance), KKG (coefficient of genetic variance), KKF (coefficient of phenotypic variance), h^2 (heritability), KG (genetic progress), JA (number of tillers), DB (stem diameter), JR (number segment), BB (weight of productive stem), PB (length of productive stem), JB (number of stems), PT (sugarcane production), R (sucrose content), HG (sugar crystal), T (high), S

(low), SD (moderate), L (large), AS (moderately low), CT (moderately high), where a negative value (-) is assumed to be zero (0) in the heritability calculation.

Hasil percobaan ini, koefisien keragaman genetik dan fenotip tidak menunjukkan keragaman yang tinggi (>20%), melainkan keragaman genetik dan fenotipe tergolong sedang (10-20%), karakter tersebut meliputi rendemen dan hablur gula (Tabel 8). KKG salah satu yang menjadi penentu keberhasilan perbaikan sifat. KKG yang tinggi mencerminkan peluang yang tinggi dalam melakukan manipulasi genetik, begitu juga sebaliknya bahwa nilai KKG yang kecil atau sempit memberi peluang keberhasilan yang kecil bila dilakukan perbaikan pada karakter tersebut (Ronald *et al.*, 1999).

Berdasarkan nilai KKG sulit untuk menentukan pewarisan keragamannya, dengan demikian dibutuhkan data nilai heritabilitas dan nilai kemajuan genetiknya (Hermiati *et al.*, 2015). Berdasarkan nilai duga KKG dan heritabilitas mampu memberikan informasi yang lebih luas terkait variasi karakter yang bisa di wariskan. Hasil nilai pendugaan yang tinggi pada parameter heritabilitas memiliki makna bahwa keragaman dalam suatu populasi lebih besar dikendalikan atau disebabkan oleh faktor genotipe (Lubis *et al.*, 2014). Hasil pendugaan ragam fenotipe, ragam genetik, ragam lingkungan dan juga ragam interaksi genotipe \times lingkungan menunjukkan bahwa pada karakter tanaman meliputi rendemen serta hablur gula lebih besar dipengaruhi dan dikendalikan oleh faktor genotipe yang ditunjukkan dengan nilai heritabilitas dalam arti luas yaitu (> 0.5) dan termasuk tergolong tinggi (Tabel 8).

Selain nilai duga KKG dan heritabilitas, pemulia tanaman dalam proses seleksi juga mempertimbangkan nilai kemajuan genetik (KG) dalam satuan persentase dari nilai rerata populasi. KG disebut juga sebagai produk dari nilai diferensial seleksi, dimana nilai koefisien keragaman genetik sebagai penentu

potensi kemajuan genetik, dan nilai akar kuadrat dari heritabilitas merupakan penentu efisiensi dalam proses seleksi (Wardiana & Pranowo, 2016). Nilai KG dalam percobaan ini, tergolong tinggi (>10%) pada karakter produksi tebu, rendemen dan hablur gula (Tabel 8). Maka karakter tersebut dapat dijadikan sebagai bahan seleksi lanjutan di generasi berikutnya, yaitu generasi kelima. Karakter yang memperoleh nilai duga KG besar atau tinggi dapat mewariskan karakter atau sifat dari tetua kepada keturunannya, sehingga lebih mudah sebagai acuan seleksi tahap berikutnya (Kristamtini *et al.*, 2016).

KESIMPULAN

Pertumbuhan dan produktivitas dipengaruhi oleh genotipe, lingkungan dan interaksi genotipe \times lingkungan. Genotipe tebu mutan M2 memperoleh hasil tertinggi pada karakter bobot batang dan produksi. M1 pada karakter jumlah ruas, panjang batang, rendemen dan hablur. M3 pada karakter jumlah anakan. Genotipe tebu mutan generasi keempat memiliki nilai heritabilitas tinggi pada karakter rendemen dan hablur gula. Nilai KG tergolong tinggi pada karakter produksi tebu, rendemen dan hablur gula. Seleksi generasi selanjutnya pada ke tiga genotipe tebu mutan akan efektif pada karakter produksi tebu, rendemen dan hablur gula.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada team kelompok riset (KERIS) rekayasa tanaman budidaya Fakultas Pertanian Universitas Jember yang berkontribusi penuh dalam penyediaan materi sehingga terlaksananya penelitian ini dengan baik. Serta, Alm. Bapak Dr. Ir. Miswar, M.Si selaku perakit genotipe tebu mutan berpotensi rendemen tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, H. K., Mustikarini, E. D., & Prayoga, G. I. (2021). Parameter Genetik Hasil Persilangan Jagung Bersari Bebas untuk Mendapatkan Galur Berbiji Ungu. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(3), 450–458.
- Allard, R. W. (1995). *Pemuliaan Tanaman. Diterjemahkan oleh Manna.* (Mulyani, Ed.), *Rineka Cipta* (2nd ed.). Jakarta: Rineka Cipta.
- Baihaki, A. (2000). *Teknik Rancang dan Analisis Penelitian Pemuliaan.* Bandung: UNPAD.
- Bello, O. B., Abdulmalik, S. Y., Afolabi, M. S., & Ige, S. A. (2010). Correlation and path coefficient analysis of yield and agronomic characters among open pollinated maize varieties and their F1 hybrids in a diallel cross. *African Journal of Biotechnology*, 9(18), 2633–2639.
- BMKG. (2021). Data Iklim Harian.
- BPS Kabupaten Jember. (2020). Banyaknya Curah Hujan (mm) Menurut, Kecamatan, Stasiun Pengukur, dan Bulan, (mm), 2020–2021.
- BPS Kabupaten Jember. (2021). Banyaknya Curah Hujan (mm) Menurut, Kecamatan, Stasiun Pengukur, dan Bulan, (mm), 2020–2021.
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical Procedures for Agricultural Research* (Second Edi). New York: John Wiley & Sons.
- Hartati, S., Barmawi, M., & Sa'diyah, N. (2013). Pola Segregasi Karakter Agronomi Tanaman Kedelai (*Glycine max* [L.] Merrill) Generasi F2 Hasil Persilangan Wilis X B3570. *Jurnal Agrotek Tropika*, 1(1), 205–214.
- Hemalatha, S. (2015). Impact of nitrogen fertilization on quality of sugarcane under fertigation. *IJRSI*, 2(3), 37–39.
- Hermiati, N., Baihaki, A., Suryatmana, G., & Warsa, T. (2015). Seleksi Kacang Tanah Pada Berbagai Kerapatan Populasi Tanam. *Zuriat*, 1(1).
- Kementerian BUMN, I. (2017). Siaran Pers Perkebunan Tebu Jember.
- Kementerian Perdagangan, R. I. (2018). Analisis Perkembangan Harga Bahan Pangan Pokok di Pasar Domestik dan Internasional, 1–107.
- Kristantini, K., Sutarno, S., 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.
- Kusuma, R., Saâ, N., Nurmiaty, Y., & others. (2016). Keragaman Fenotipe dan Heritabilitas Kedelai (*Glycine max* [L.] Merril) Generasi F6 Hasil Persilangan Wilis X Mlg2521. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 16(2).
- Lubis, K., Sutjahjo, S. H., Syukur, M., & Trikoesoemaningtyas, T. (2014). Pendugaan Parameter Genetik dan Seleksi Karakter Morfofisiologi Galur Jagung Introduksi di Lingkungan Tanah Masam. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 33(2), 122.
- Mangoendidjojo, W. (2003). *Dasar-Dasar Pemuliaan Tanaman.* Yogyakarta:

- Kanesius. Retrieved from 3(3), 89–96.
- Menteri Pertanian. (2004). Pelepasan Tebu Varietas Bululawang sebagai Varietas Unggul. *Ditetapkan Di Jakarta*.
- Miswar, Munandar, D. E., & Sholikhah, U. (2016). *Perakitan Tanaman Tebu (Saccharum officinarum L.) Rendemen Tinggi Melalui Mutasi DNA secara Kimiawi untuk Mendukung Program Swasembada Gula Pemerintah*. Universitas Jember, Jember.
- PTPN XI, P. P. N. (2010). *Panduan Teknik Budidaya Tebu. PT Perkebunan Nusantara XI*. Surabaya. Surabaya.
- Rayan, & Cahyono, D. D. N. (2011). Pengaruh Ukuran Benih Asal Kalimantan Barat terhadap Pertumbuhan Bibit Shorea Leprosula di Persemaian. *Jurnal Penelitian Dipterokarpa*, 5(2), 11–20.
- Rokhman, H., Taryono, & Supriyanta. (2014). Jumlah Anakan dan Rendemen Enam Klon Tebu (*Saccharum officinarum L.*) Asal Bibit Bagal, Mata Ruas Tunggal, dan Mata Tunas Tunggal. *Vegetalika*, 3(3), 89–96.
- Ronald, P. S., Brown, P. D., Penner, G. A., Brûlé-Babel, A., & Kibite, S. (1999). Heritability of Hull Percentage in Oat. *Crop Science*, 39(1), 52–57.
- Surahman, M. (2018). Aturan Pelepasan Varietas Perlu Penyederhanaan.
- Syukur, M., Sujiprihati, S., & Yuniarti, R. (2012). *Teknik Pemuliaan Tanaman*. Bogor: Penebar Swadaya.
- Wardiana, E., & Pranowo, D. (2016). Pendugaan Parameter Genetik, Korelasi, dan Klasterisasi 20 Genotipe Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*). *Buletin Plasma Nutfah*, 17(1), 46.
- Widodo, T. W. (2017). *Penentuan Dosis Optimum Nitrogen Pada Tanaman Tebu (Saccharum officinarum) Hasil Mutasi*. Universitas Jember.
- Yulianingtyas, A. P., Sebayang, H. T., & Tyasmoro, S. Y. (2015). Pengaruh Komposisi Media Tanam dan Ukuran Bibit pada Pertumbuhan Pembibitan Tebu (*Saccharum officinarum, L.*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 3(5), 362–369.