

Stabilitas Hasil Tiga Genotipe Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Hasil Mutasi Ethyl Methane sulfonate (EMS)

Nurul Faesol, Sholeh Avivi, dan Sri Hartatik*

Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember,
Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, Krajan Timur, Sumbersari, Kec. Sumbersari,
Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121, Indonesia

*Alamat korespondensi: srihartatik.faperta@unej.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRACT/ABSTRAK
Diterima: 19-07-2022 Direvisi: 16-10-2022 Dipublikasi: 30-12-2022	Yield Stability of Three Mutated Sugarcane Genotypes (<i>Saccharum officinarum</i> L.) Using Ethyl Methanesulfonate (EMS)
Keywords: AMMI, Agronomic performance, Mutated sugarcane, Sugarcane, Yield stability	The development of new sugarcane varieties in Indonesia is highly needed due to the national sugarcane demand. The adaptability and stability of sugarcane genotypes need to be assessed in depth. This study aimed to evaluate the agronomic performance and yield stability of the mutated sugarcane genotype in three locations. This research was carried out using a randomized block design with three replications. The evaluation material was 4 th generation of three mutated sugarcane genotypes using ethyl methanesulfonate EMS (M4.1, M4.2, M4.3) and Bululawang variety (BL) as control. The experiment was carried out in three locations (Arjasa-Jember, Sukorambi-Jember, and Pakem-Bondowoso) from December 2020 - January 2022. Adaptation and stability of sugarcane genotype yields were evaluated using Finlay-Wilkinson, Eberhart and Russell, and Additive Main Effects and Multiplicative Interaction (AMMI). The results showed that genotype x environment was significant to cane yield character. The mutant sugarcane genotypes M4.1, M4.2, M4.3 showed the highest agronomic performance and cane yield in all locations and significantly higher than BL as control based on a 5% LSI test. BL, M4.1, and M4.3 showed high yield stability in all locations and were recommended as new superior genotypes (stable and high yields). The M4.3 genotype was recommended as a local-specific in Arjasa and Sukorambi, based on the stability tests of Finlay and Wilkinson, Eberhart and Russell, and AMMI. The implication result showed that mutant sugarcane genotypes can be developed for the registration of new high-yielding varieties.
Kata Kunci: AMMI, Penampilan agronomi, Tebu, Tebu mutasi, Stabilitas hasil	Perakitan varietas tebu unggul diperlukan sebagai upaya peningkatan produksi tebu nasional. Salah satu kriteria penentuan varietas unggul tebu adalah mempunyai performa daya hasil tinggi dan stabil. Penelitian ini bertujuan guna mengevaluasi penampilan agronomi dan stabilitas hasil genotipe tebu mutan di tiga lokasi. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan. Materi evaluasi terdiri dari tiga genotipe tebu hasil mutasi dengan ethyl methanesulfonate (EMS) generasi keempat (M4.1, M4.2, M4.3) dan satu varietas Bululawang (BL) sebagai pembanding. Percobaan dilakukan di tiga lokasi yaitu Kabupaten Jember (Kecamatan Arjasa, Kecamatan Sukorambi) dan Kabupaten Bondowoso (Kecamatan Pakem) dari bulan Desember 2020 - Januari 2022. Adaptasi dan stabilitas hasil genotipe tebu dievaluasi menggunakan model

Finlay-Wilkinson, Eberhart dan Russell, dan Additive Main Effects and Multiplicative Interaction (AMMI). Hasil percobaan menunjukkan bahwa analisis ragam gabungan menunjukkan interaksi genotipe x lingkungan nyata pada karakter hasil produksi. Genotipe tebu mutan M4.1, M4.2, M4.3 memperlihatkan performa agronomi dan hasil tertinggi di semua lokasi, serta nyata lebih tinggi dari varietas pembanding BL berdasar uji LSI 5%. Genotipe tebu BL, M4.1 dan M4.3 teridentifikasi memiliki stabilitas hasil tinggi terhadap semua lokasi uji, sehingga direkomendasikan sebagai genotipe unggul baru yang stabil serta memiliki daya hasil tinggi. Adapun genotipe M4.3 dinyatakan sebagai genotipe adaptif spesifik lokasi sehingga baik apabila ditanam di daerah Arjasa dan Sukorambi, berdasar uji stabilitas Finlay dan Wilkinson, Eberhart dan Russell, dan AMMI. Implikasi hasil diharapkan genotipe tebu mutan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk dilakukan pendaftaran varietas unggul baru.

PENDAHULUAN

Tebu merupakan tanaman penghasil gula utama di dunia yang menyumbang lebih dari 80% dari total gula yang diproduksi (Tena *et al.*, 2019). Produktivitas tebu di Indonesia menghasilkan 70-75 t/ha dengan rendemen 7-8 persen sehingga dapat menghasilkan gula 2,6-2,8 juta ton per tahun. Peningkatan produksi tebu terus digalakkan guna menunjang peningkatan produksi tebu nasional. Salah satu upaya peningkatan produksi tebu yaitu pengembangan varietas baru (Sujak dkk., 2021). Program pemuliaan tanaman merupakan upaya untuk pengembangan varietas baru unggul. Varietas unggul yang dimaksud adalah varietas yang mempunyai potensi hasil tinggi dan adaptif cocok dikembangkan dimasing-masing daerah (Seife & Tena, 2021).

Perakitan varietas unggul tebu menggunakan mutagen *Ethyl Methanesulfonate* (EMS) terhadap varietas tebu Bululawang (BL) telah dilakukan oleh kelompok riset pemuliaan tebu Universitas Jember. Mutagenesis dengan bahan kimia merupakan pendekatan sederhana guna menciptakan keragaman genetik dalam tanaman untuk perbaikan sifat tanaman yang potensial (Siddique *et al.*, 2020). Mutasi menggunakan bahan kimia EMS banyak digunakan dan telah menghasilkan sifat yang berguna pada sejumlah jenis tanaman (Espina *et al.*, 2018). Hasil mutasi dari tebu varietas Bululawang (BL) diperoleh tiga genotipe berpotensi memiliki rendemen tinggi. Ketiga genotipe tersebut telah ditanam selama tiga generasi dan menghasilkan rerata rendemen 10%-16% (Hartatik & Widodo, 2017). Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, diperoleh

informasi mengenai potensi genotipe tebu mutan yang unggul.

Uji multilokasi dan stabilitas hasil merupakan tahapan lanjutan dari proses perakitan varietas tebu untuk mengevaluasi genotipe terpilih dari hasil pertanaman observasi (Pramudyawardani dkk., 2015). Pengujian tersebut dimaksudkan guna mempercepat identifikasi genotipe-genotipe terpilih, memberi gambaran terhadap pola respon genotipe tebu terhadap suatu perubahan lingkungan, sehingga dapat menetapkan genotipe tebu lanjut yang berpotensi sebagai kandidat calon varietas baru. Analisis stabilitas suatu genotipe dapat dilakukan jika interaksi nyata antara genotipe dengan lingkungan (Sitaresmi dkk., 2016). Analisis stabilitas bermanfaat dalam mengurai pengaruh dari interaksi genotipe x lingkungan secara efektif sehingga dapat memilih suatu genotipe yang memiliki stabilitas dinamis maupun bersifat statis pada berbagai lokasi (Pabendon dkk. 2012). Pendekatan parametrik menjadi salah satu pendekatan dalam mempelajari analisis stabilitas suatu genotipe (Juharni dkk., 2020).

Analisis stabilitas hasil menggunakan metode Finlay dan Wilkinson (1963), Eberhart dan Russell (1966), AMMI (*additive main effect and multiplicative interaction*). Penggunaan analisis model stabilitas secara tergabung dikarenakan apabila hanya menggunakan satu analisis pengukuran stabilitas pada genotipe yang uji dapat dianggap kurang informatif, sehingga lebih dianjurkan melakukan penggabungan berbagai analisis stabilitas untuk menyeleksi genotipe tebu berdaya hasil tinggi dan stabil terhadap pengujian multilokasi. Program perakitan varietas unggul dengan mutagen EMS terhadap varietas Bululawang (BL) telah dilakukan oleh kelompok riset pemuliaan

tebu Universitas Jember dan diperoleh tiga genotipe tebu mutan M4.2, M4.3 dan M4 yang berpotensi memiliki rendemen tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi penampilan agronomis dan stabilitas hasil karakter produksi tebu terhadap beberapa genotipe harapan, yang merupakan genotipe tebu baru hasil mutasi EMS.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di tiga lokasi dengan spesifikasi agroekologi tersaji pada Tabel 1, dari bulan Desember 2020 sampai Januari 2022. Bahan tanam meliputi bibit *single bud* tiga genotipe tebu mutan dan satu varietas pembanding Bululawang (BL), pupuk ZA, pupuk SP36, pupuk KCL, dan bahan pembantu lainnya. Alat yang digunakan

cangkul, jangka sorong, meteran, knapsack sprayer, gilingan contoh, refraktometer.

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK), empat ulangan pada tiga lokasi percobaan. Perlakuan terdiri tiga genotipe tebu mutan yaitu M4.1, M4.2, dan M4.3, dan varietas pembanding BL. Teknis budidaya dilakukan sesuai baku teknis budidaya tebu. Setiap perlakuan terdiri 4 juringan dengan panjang 8 meter dengan jarak pusat ke pusat (PKP) 110 m, setiap juring ditanam bibit *single bud* umur 2,5 bulan sebanyak tujuh bibit, sehingga setiap perlakuan ditanam 28 bibit, maka pada tiap petak lokasi ditanam 448 bibit *single bud*. Pengamatan dilakukan pada penampilan agronomi dan hasil yaitu jumlah anakan, tinggi tanaman, diameter batang, brix, rendemen, dan hasil produksi tebu. Hasil produksi tebu kemudian dikonversikan sebagai produksi tebu per hektar.

Tabel 1. Spesifikasi agroekologi masing masing wilayah lokasi penanaman tebu

Lokasi (Kecamatan)	Kota (Kabupaten)	Posisi	Ketinggian (m dpl)	Tekstur Tanah
Arjasa	Jember	8° 07' 12".9"S, 113° 44' 16.5" E	± 141	Liat
Sukorambi	Jember	8° 11' 27".4"S, 113° 38' 14.4" E	± 62	Liat
Pakem	Bondowoso	7° 51' 51".6"S, 113° 44' 49.5" E	± 512	Liat

Data hasil pengamatan diuji diuji normalitas data dengan uji Kolmogorov-Smirnov, selanjutnya dilakukan uji homogenitas data dengan metode uji Barlet, apabila data normal dan homogen dilanjutkan uji ragam gabungan dan uji stabilitas hasil. Analisa ragam gabungan dimaksudkan untuk menduga interaksi genotipe dan lingkungan dengan mengikuti Gomez dan Gomez (1984). Apabila terdapat pengaruh nyata antara genotipe maka dilanjutkan menggunakan uji satu arah *Least Significance Increase* (LSI) taraf 5%. Uji LSI digunakan untuk mengestimasi performa hasil setiap genotipe yang diuji terhadap varietas cek, mengikuti Petersen (1994). Estimasi uji stabilitas hasil dianalisis berdasarkan tiga model analisis menurut Finlay - Wilkinson (1963), Eberhart-Russel (1966), dan AMMI (Gauch *et al.* 2008).

$$LSI = t\alpha \sqrt{\frac{2KTG}{r}}$$

Keterangan

$t\alpha$: Nilai tengah t-student α pada derajat bebas dari KTG

r : Jumlah ulangan genotipe yang diuji

KTG : Kuadrat nilai tengah galat percobaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Ragam Gabungan Karakter Agronomi dan Hasil Produksi Genotipe Tebu Mutan

Berdasarkan hasil analisis ragam gabungan karakter agronomi dan hasil produksi t/ha pada tiga genotipe tebu mutan serta satu varietas pembanding BL dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil sidik ragam gabungan tersebut menunjukkan bahwa genotipe berpengaruh sangat nyata terhadap semua peubah, dimana nilai dari kuadrat tengah genotipe menunjukkan lebih tinggi dari nilai kuadrat tengah interaksi genotipe x lingkungan. Lokasi tidak berpengaruh secara nyata pada semua peubah kecuali pada karakter diameter batang. Berdasarkan hal tersebut menjadi indikasi pengaruh genetik lebih dominan jika dibandingkan oleh faktor lingkungan. Kusmana dkk. (2019) menyatakan bahwa genotipe uji yang berbeda sangat nyata akan menampilkan adanya potensi hasil diantara genotipe uji.

Tabel 2. Nilai kuadrat tengah hasil analisis ragam gabungan karakter agronomi dan hasil produksi tn/ha genotipe tebu mutan.

Karakter	Kuadrat Tengah (KT)					
	Genotipe (G)	Lokasi (E)	G x E	Ulangan dalam Lokasi	Galat	KK (%)
Diameter Batang	0.62 [*]	0.05	0.02n	0.01	0.01	3.87
Tinggi Tanaman	3155.02 [*]	7.18n	2.70n	15.20	53.73	2.71
Jumlah Anakan	10.19 [*]	0.20n	0.04n	0.31	0.30	5.16
Kandungan Brix	3.58 [*]	0.24n	0.39n	2.16	0.23	.69
Rendemen Tebu	4.10 [*]	0.02n	0.17n	0.39	0.13	3.36
Produksi Tebu	449.61 [*]	15.67n	62.86	15.26	21.50	4.45

Keterangan : **) nyata uji F. 1%; *) nyata pada uji F. 5%; tn = tidak nyata

Pengaruh interaksi genotipe x lokasi nyata terlihat pada peubah produksi tebu. Setimela *et al.* (2007) menyatakan bahwa kompleksitas interaksi genotipe dan lingkungan disebabkan oleh variasi komponen faktor lingkungan yang beragam. Adapaun peubah lain seperti tinggi tanaman, jumlah anakan, kandungan brix, dan rendemen tebu tidak menunjukkan pengaruh nyata akibat interaksi genotipe dan lokasi. Hal ini dapat terjadi diakibatkan genotipe tebu yang terpilih merupakan genotipe terbaik dan telah mencapai beberapa tahapan seleksi sehingga memiliki performa adaptasi tinggi terhadap multilingkungan.

Hasil Analisis Uji LSI Karakter Agronomi dan Hasil Produksi Tebu

Rerata hasil produksi tebu (t/ha) pada setiap lokasi dan gabungan beberapa lokasi pengujian ditunjukkan pada Tabel 3. Hasil pengujian LSI taraf 5% pada karakter hasil produksi tebu t/ha

menunjukkan bahwa genotipe tebu mutan M4.1, M4.2, M4.3 memiliki performa penampilan hasil lebih unggul pada semua lokasi kecuali M4.3 tidak berbeda nyata pada lokasi Pakem, jika dibanding varietas pembanding BL. Perbedaan performa hasil produksi tebu terhadap genotipe uji di berbagai lokasi pengujian, sebagai akibat pengaruh genotipe dan lingkungan. Kondisi lingkungan yang berbeda diduga merupakan penyebab perbedaan tersebut. Lokasi pengujian di Kecamatan Pakem memiliki kondisi yang berada dengan lokasi pengujian lain. Pakem merupakan daerah pegunungan dan tadah hujan. Heliyanto *et al.* (2020) melaporkan bahwa beberapa genotipe tebu yang ditanam di berbagai lahan tadah hujan memberikan pengaruh hasil produksi yang berbeda. Selain itu, pengaruh genetik menjadi faktor dalam mempengaruhi hasil produksi tebu. Seife & Tena (2020) mengungkapkan bahwa perbedaan produksi tebu disebabkan oleh variasi varietas tebu yang ditanam.

Tabel 3. Hasil uji LSI terhadap produksi tebu (t/ha) di setiap lokasi dan gabungan tiga lokasi

Genotipe	Lokasi			Rerata (t/ha)
	Arjasa	Sukorambi	Pakem	
.....Hasil Produksi Tebu (t/ha).....				
M4.1	110,35 ab	111,09 a	108,34 a	109,93 ab
M4.2	100,08 a	110,08 a	99,66	103,27 a
M4.3	110,08 ab	103,16 a	109,12 a	107,45 a
BL	96,24	96,14	95,45	95,94
BL + LSI (a)	100,93	102,17	102,52	101,53
Rerata + LSI (b)	108,88	111,15	110,21	109,73
Rerata	104,19	105,12	103,14	104,15
LSI 5%	4,69	6,03	7,07	5,58
CV (%)	3,47	4,43	5,29	4,45

Keterangan: Huruf di belakang angka menunjukkan genotipe uji lebih unggul dari (a) BL dan (b) rerata genotipe tebu mutan pada taraf uji LSI 5%, genotipe uji lebih unggul dari pembanding apabila genotipe uji > nilai cek + LSI. BL, varietas Bululawang.

Genotipe tebu mutan M4.1, M4.2 dan M4.3, 107,45 t/ha hingga 109,93 t/ha yang lebih baik dari memiliki potensi rerata hasil produksi berkisar varietas pembanding BL yang memiliki potensi hasil

berkisar 95,94 ton/ha (Tabel 3). Rerata produktifitas tebu di Indonesia berkisar 70 t/ha (Kementrian Pertanian RI, 2017), sedangkan Riajaya & Kadarwati (2016) melaporkan bahwa hasil produksi t/ha varietas BL berkisar 92,98 t/ha. Dengan demikian hasil produksi tebu mutan yang mencapai di atas rerata produksi nasional yang berkisar 70 t/ha maka hasil tersebut tergolong tinggi. Pengujian LSI dimaksudkan guna membandingkan antara genotipe tebu mutan dengan varietas pembanding BL. Fellahi *et al.* (2018) menyatakan bahwa apabila pada pengujian LSI terdapat perbedaan nyata genotipe uji terhadap pembanding, maka hal tersebut menunjukkan bahwa genotipe tersebut memiliki performa baik serta memperbesar kesempatan seleksi sebagai varietas unggul. Hasil uji LSI

terhadap karakter agronomi dari hasil analisis gabungan terdapat pada Tabel 4. Genotipe tebu mutan M4.1, M4.2, dan M4.3 memiliki karakter agronomi diameter batang lebih besar, postur lebih tinggi, jumlah anakan lebih banyak, dan memiliki kandungan rendemen lebih baik serta lebih unggul dari varietas pembanding BL. Hal ini menunjukkan bahwa karakter agronomi dan komponen hasil dipengaruhi oleh faktor genetik, dalam hal ini genotipe atau varietas yang digunakan, sehingga tidak menunjukkan keragaman akibat pengaruh perbedaan lokasi. Hasil penelitian ini sejalan dengan Supriyadi dkk. (2018) yang melaporkan bahwa karakter agronomi dan komponen hasil tanaman dipengaruhi oleh faktor genetik. Hasil yang sama telah dilaporkan oleh Ali *et al.* (2020).

Tabel 4. Hasil uji lanjut LSI karakter agronomi beberapa genotipe tebu mutan pada gabungan lokasi

Genotipe	Karakter Agronomi dan Komponen Hasil Tebu				
	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Jumlah Anakan	Brix (%)	Rendemen (%)
M4.1	3,422 a	285,556 a	11,708 a	17,996 a	11,138 a
M4.2	3,112 a	264,583 a	10,329 a	17,232	10,727 a
M4.3	3,198 a	281,111 a	11,108 a	17,780 a	11,073 a
BL	2,939	250,139	9,592	17,035	9,867
BL + LSI (a)	3,042	258,966	10,256	17,419	10,300
Rerata	3,168	270,347	10,684	17,510	10,701
LSI 5 %	0,103	8,827	0,664	0,384	0,433

Keterangan: Huruf di belakang angka menunjukkan genotipe uji lebih unggul dari (a) varietas BL pada taraf uji LSI 5%, genotipe uji lebih unggul dari pembanding apabila genotipe uji > nilai cek + LSI. BL, varietas Bululawang.

Analisis Stabilitas Hasil

Analisis Stabilitas Hasil Berdasarkan Finlay dan Wilkonson

Finlay & Wilkinson (1963) menyatakan bahwa suatu genotipe dikatakan stabil dan memiliki daya adaptabilitas tinggi pada berbagai lingkungan jika nilai koefisien regresi (b_i)=1, serta nilai rerata

hasil lebih tinggi dari rerata total. Genotipe tebu mutan M4.1 dan M4.3 memiliki nilai b_i berturut turut 1,402 dan - 2,930 dan produksi tebu t/ha berturut-turut 109,926 t/ha 107,454 t/ha (Tabel 5). Hal ini menunjukkan bahwa genotipe tebu M4.1 dan M4.3 merupakan genotipe stabil dengan tingkat daya adaptasi tinggi terhadap seluruh lokasi uji.

Tabel 5. Rerata gabungan hasil produksi tebu, koefisien regresi dan simpangan regresi

Genotipe	Rerata Hasil Produksi (t/ha)	$b_i = 1$	$b_i = 0$	$S^2_{d_i}$
M4.1	109,926	1,402 tn	1,402 tn	0,030 tn
M4.2	103,274	5,170 *	5,170 *	2,469 *
M4.3	107,454	-2,930 tn	-2,930 tn	1,609 tn
BL	95,943	0,358 tn	0,358 tn	0,017 tn
Rerata	104,149	1,000	1,000	

Keterangan: b_i = koefisien regresi, $S^2_{d_i}$ = simpangan regresi, * = berbeda nyata pada uji t 0.05, tn = tidak berbeda nyata pada uji t 0.05. BL, varietas Bululawang.

Genotipe yang memiliki $b_i = 1$ dan memiliki rerata hasil produksi lebih rendah dari rerata produksi total, maka genotipe tersebut memiliki stabilitas dengan daya adaptasi yang rendah di

semua lokasi uji. Nilai b_i untuk genotipe BL adalah 0.358 dengan rerata hasil produksi 95,943 t/ha (Tabel 5). Maka genotipe BL dinyatakan sebagai genotipe stabil dengan daya adaptasi yang rendah

pada semua lokasi uji. Beccker & Leon (1988) menambahkan jika koefisien regresi memiliki nilai tidak berbeda nyata ($b_i=0$) maka genotipe tersebut tergolong dalam stabilitas statis, dengan demikian genotipe M4.1, M4.3 dan BL tergolong sebagai genotipe dengan stabilitas statis. Genotipe Tebu mutan M4.2 memiliki nilai koefisien regresi 5,170 dengan rerata hasil produksi tebu 103,274 t/ha (Tabel 5), maka genotipe tebu mutan M4.2 dinyatakan sebagai genotipe tebu berdaya adaptasi khusus di lingkungan yang optimal berdasar analisis stabilitas Finlay dan Wilkinson.

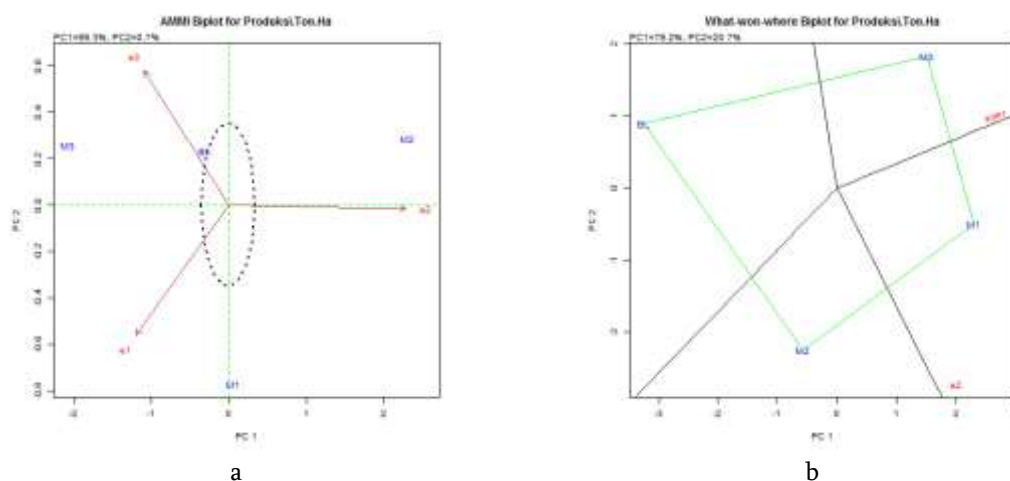
Analisis Stabilitas Berdasarkan Eberhart dan Russell

Eberhart & Russell (1966) menyatakan bahwa genotipe dapat dikatakan stabil jika nilai dari (b_i) mendekati satu serta nilai ($S^2_{d_i}$) simpangan regresi mendekati nilai nol. Genotipe tebu mutan M4.1, M4.3, dan BL bernilai (b_i) koefisien regresi tidak berbeda dengan satu dan bernilai simpangan regresi ($S^2_{d_i}$) tidak berbeda dengan nol (Tabel 5), sehingga genotipe-genotipe tersebut dinyatakan stabil. Genotipe M4.2 memiliki koefisien regresi di atas satu dan simpangan regresi yang nyata, hal ini menunjukkan bahwa genotipe tersebut stabil di lingkungan tertentu. Trustinah & Iswanto (2015) menambahkan bahwa jika koefisien regresi di atas satu dan simpangan regresi berbeda nyata dengan nol maka genotipe tersebut memiliki stabilitas di bawah rata rata, sehingga genotipe tersebut peka dari perubahan lingkungan dan akan memberikan hasil terbaik pada lingkungan optimal.

Analisis Stabilitas Hasil Berdasarkan AMMI (*Additive Main Effect Multiplicative Interaction*)

Hasil sidik ragam genotipe berpengaruh sangat nyata terhadap komponen hasil tebu t/ha sementara interaksi genotipe x lokasi nyata terhadap hasil produksi t/ha (Tabel 2), sehingga dapat memungkinkan dapat dilanjutkan analisis AMMI. Duma *et al.* (2019) menyatakan bahwa analisis model AMMI dapat dilakukan apabila terdapat interaksi antara genotipe dan lingkungan nyata. Analisis uji model AMMI dengan menggunakan biplot AMMI dimaksudkan membantu memvisualisasi genotipe yang memiliki stabilitas di seluruh lokasi pengujian atau lebih adaptif terhadap lokasi spesifik. Genotipe dikatakan spesifik lokasi jika berada jauh dari sumbu utama, namun lebih berdekatan dengan garis lingkungan, sedangkan genotipe dikatakan stabil jika genotipe tersebut berada berdekatan dengan sumbu utama (Mattjik, 2018). Pernyataan tersebut diperkuat oleh Zhang *et al.* (2016), dan Mustamu *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa suatu genotipe uji yang berada dekat dengan sumbu (0,0) adalah genotipe stabil.

Berdasarkan uraian tersebut maka genotipe yang menunjukkan stabil di tiga lokasi berdasar analisis AMMI adalah BL dan M4.1 (Gambar 1a). Genotipe yang baik ditanam di spesifik lokasi e2 (Sukorambi) adalah M4.2. Genotipe yang baik ditanam di spesifik lokasi e3 (Pakem) adalah M4.3. Adapun kontribusi dari pengaruh interaksi dapat dijelaskan oleh komponen AMMI 1 dan AMMI 2 adalah 99,3 % dan 0,7%, dengan demikian kedua komponen memiliki andil yang dominan untuk menerangkan pengaruh dari interaksi berkisar 100%.



Gambar 1. AMMI biplot PC1 x PC2 (a), Biplot Mega-environment (b), pada karakter produksi 4 genotipe Tebu di tiga lokasi; (e1) = Lokasi Arjasa; (e2) = Lokasi Sukorambi; (e3) = Lokasi Pakem.

Biplot (*What-won-where*) (Gambar 1b) menghasilkan visualisasi gambar pembagian sektor lingkungan dan *mega-environment* yang menggambarkan penampilan dari genotipe terbaik dengan berdaya hasil tertinggi dimasing-masing *mega-environment* serta menunjukkan lokasi ideal untuk genotipe tertentu (Farshadfar & Sadeghi, 2014). Hasil GGE biplot (*What won where*) (Gambar 1b) menampilkan genotipe BL dan M4.2 memberikan hasil produksi tebu t/ha yang kurang baik pada tiga lokasi uji, genotipe M4.3 memberikan hasil produksi tebu t/ha yang terbaik jika ditanam di Arjasa (e1) dan Pakem (e3), sedangkan M4.1 merupakan genotipe yang akan menghasilkan hasil terbaik pada lokasi e2 (Sukorambi).

Kriteria Stabilitas Hasil Berdasar Penggabungan Tiga Analisis

Salah satu kriteria dalam menentukan varietas unggul tebu adalah memiliki produksi tebu serta stabilitas yang tinggi. Stabilitas suatu genotipe tanaman adalah kemampuan genotipe untuk menunjukkan respon yang sama pada kondisi lingkungan yang berbeda sehingga mampu mempertahankan tampilannya di berbagai lingkungan (Rasyad & Idwar, 2010).

Analisis stabilitas suatu genotipe dapat memberikan informasi mengenai materi genetik yang diuji dalam program pemuliaan. Analisis stabilitas genotipe dilakukan apabila terdapat pengaruh interaksi antara genotipe dan lingkungan (Sitaresmi dkk., 2016). Analisis stabilitas dilakukan untuk mengurai pengaruh interaksi genotipe dan lingkungan secara efektif serta dapat memilah genotipe-genotipe yang stabil dan spesifik lingkungan (Gupta *et al.* 2022).

Hasil analisis ragam (Tabel 2) menunjukkan bahwa stabilitas hasil produksi tebu t/ha dipengaruhi secara nyata oleh interaksi genotipe x lingkungan. Kan *et al.* (2010) menjelaskan bahwa interaksi genotipe x lingkungan menjadi penting apabila nilainya nyata dan menyebabkan perubahan nyata pada penampilan genotipe di lingkungan yang berbeda. Seleksi akan lebih mudah apabila ragam lingkungan tidak berbeda nyata.

Dari Tabel 6 dapat terlihat bahwa terdapat perbedaan hasil interpretasi pada tiga analisis stabilitas hasil genotipe tebu yang diuji. Penggunaan gabungan beberapa model stabilitas dikarenakan analisis dengan satu pengukuran stabilitas pada genotipe-genotipe yang diuji dianggap kurang informatif (Khalili & Pour-Aboughadareh, 2016).

Oleh karena itu, penggabungan berbagai pengukuran stabilitas dalam menyeleksi genotipe yang stabil dan berdaya hasil tinggi pada pengujian multilokasi lebih dianjurkan (Karuniawan & Maulana, 2020). Selain itu, lebih memberi keleluasaan bagi pemulia untuk melakukan seleksi dan mengidentifikasi genotipe pilihan yang berpotensi baik.

Tabel 6. Kriteria tiga stabilitas hasil produksi tebu t/ha

Genotipe	Finlay dan Wikinson	Eberhart dan Russell	AMMI
BL	Stabil	Stabil	Stabil
M4.1	Stabil	Stabil	Stabil
M4.2	Adaptif	Adaptif	Adaptif
M4.3	Stabil	Stabil	Adaptif

Berdasarkan penggabungan uji model stabilitas diketahui bahwa genotipe tebu BL, M4.1 dan M4.3 teridentifikasi memiliki stabilitas hasil tinggi terhadap semua lokasi uji, sehingga direkomendasikan sebagai genotipe unggul baru yang stabil serta memiliki daya hasil tinggi. Adapun genotipe M4.3 dinyatakan sebagai genotipe adaptif spesifik lokasi sehingga baik apabila ditanam di daerah Arjasa dan Sukorambi. Pengujian genotipe tebu mutasi telah menghasilkan genotipe harapan yang mampu bersaing dengan varietas pembanding, baik terhadap karagaan agronomi maupun daya hasil produksi tebu. Hasil dari percobaan ini dapat membuktikan bahwa genotipe tebu mutasi oleh mutagen EMS mampu menyamai daya hasil dan stabilitas hasil produksi tebu varietas pembanding BL, sehingga memberi justifikasi bahwa penelitian genotipe tebu mutan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk dilakukan pendaftaran varietas unggul baru.

SIMPULAN

Genotipe BL, M4.1, M4.3 memiliki stabilitas hasil tinggi terhadap semua lokasi uji dan genotipe M4.2 dinyatakan sebagai genotipe spesifik lokasi berdasar uji stabilitas hasil model Finlay dan Wikinson, Eberhart dan Russell, dan AMMI. Berdasar uji LSI 5% genotipe tebu mutan M4.1, M4.2, M4.3 memiliki penampilan agronomi diameter batang, tinggi, jumlah anakan, brix, dan rendemen dan hasil produksi lebih baik dari varietas pembanding BL.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada team kelompok riset (KERIS) Fakultas Pertanian Universitas Jember yang berkontribusi penuh dalam penyediaan materi sehingga terlaksananya penelitian ini dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, MA, MS Hassan, BD Mohamed, and MH Ali. 2020. Performance and stability analysis of some sugarcane genotypes across different environments. *SVU-International Journal of Agricultural Sciences*. 2: 192–213.
- Duma, SW, H Shimelis, S Ramburan, and AIT Shayanowako. 2019. Genotype-by-region interactions of released sugarcane varieties for cane yield in the South African sugar industry. *Journal of Crop Improvement*. 33: 478–504.
- Eberhart, SA, and WA Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties 1. *Crop Science*. 6: 36–40.
- Espina, MJ, CMS Ahmed, A Bernardini, E Adeleke, Z Yadegari, P Arelli, V Pantalone, & A Taheri, 2018. Development and phenotypic screening of an ethyl methane sulfonate mutant population in soybean, *Frontiers in Plant Science*. 9, 394.
- Farshadfar, E, and M Sadeghi. 2014. GGE biplot analysis of genotype $\times$ environment interaction in wheat-agropyron disomic addition lines. *Agricultural Communication*. 2: 1–7.
- Fellahi, ZEA, A Hannachi, and H Bouzerzour. 2018. Analysis of direct and indirect selection and indices in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) segregating progeny. *International Journal of Agronomy*. 2018: 11.
- Finlay, KW, and GN Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*. 14: 742–754.
- Gauch, HG, HP Piepho, and P Annicchiarico. 2008. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: Further considerations. *Crop Science*. 48: 866–889.
- Gupta, V, M Kumar, V Singh, L Chaudhary, S Yashveer, R Sheoran, MS Dalal, A Nain, K Lamba, N Gangadharaiah, Nagpal, R Sharma, and Shreya. 2022. Genotype by environment interaction analysis for grain yield of wheat (*Triticum aestivum* (L.) Em.thell) genotypes. *Agriculture*. 12: 1–15.
- Hartatik, S, and TW Widodo. 2017. Performance of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) mutation plant by ethyl methane sulphonate (EMS) at several doses of nitrogen application. *Proceeding of PERIPI-2017 International Seminar*: 186–192.
- Heliyanto, B, Djumali, Abdurrahman, M Syakir, E Sugiyarta, and M Cholid. 2020. Development of high yielding sugarcane varieties for rainfed areas: yield multilocation trial of promising sugarcane clones. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 418.
- Juharni, M Syukur, WB Suwarno, dan A Maharijaya. 2020. Analisis stabilitas parametrik hasil cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) pada empat lokasi dataran rendah. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*. 48: 258–267.
- Karuniawan, A, and H Maulana. 2020. Identifikasi stabilitas hasil genotipe ubi jalar (*Pomoea batatas* L. (Lam) harapan baru di tiga lingkungan. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 48: 235–248.
- Kementrian pertanian RI, 2017. Swasembada gula bukanlah isapan jempol. Berita perkebunan, Jakarta.
- Khalili, M, and A Pour-Aboughadareh. 2016. Parametric and non-parametric measures for evaluating yield stability and adaptability in barley doubled haploid lines. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 18: 789–803.
- Kusmana, N, R Kirana, dan A Rahayu. 2019. Uji adaptasi dan stabilitas hasil enam genotipe cabai hibrida di dataran tinggi Jawa Barat. *Jurnal Hortikultura*. 29: 17–22.
- Leon, J, and HC Becker, 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*. 101: 1–23.
- Mattjik, AAIMS, 2018. Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab. PT Penerbit IPB Press.
- Mustamu, YA, K Tjintokohadi, WJ Grüneberg, A Karuniawan, and D Ruswandi. 2018. Selection of superior genotype of sweet-potato in Indonesia based on stability and adaptability. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 78: 461–469.
- Pabendon, M, S Ud, R Sarungallo, dan A Nur. 2012. Penampilan fenotipik dan stabilitas sorgum

- manis untuk bahan baku bioetanol. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. 31: 60–69.
- Pramudyawardani, EF, B Suprihatno, dan MJ Mejaya. 2015. Potensi hasil galur harapan padi sawah ultra genjah dan sangat genjah. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. 34: 1-11.
- Rasyad, A, dan Idwar. 2010. Interaksi genetik x lingkungan dan stabilitas komponen hasil berbagai genotipe kedelai di Provinsi Riau. Jurnal Agronomi Indonesia. 38: 25–29.
- Riajaya, P, and F Kadarwati. 2016. The suitability of sugarcane variety ripe types in heavy textured, rainfed, and smooth drainage land typologies. Buletin Tanaman Tembakau, Serat dan Minyak Industri. 8: 85–97.
- Seife, A, and E Tena. 2020. Genotype x environment interaction and yield stability analysis of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) genotypes. International Journal of Advanced Research in Biological Science. 8: 1–5.
- Setimela, PS, B Vivek, M Bänziger, J Crossa, and F Maiden. 2007. Evaluation of early to medium maturing open pollinated maize varieties in SADC region using GGE biplot based on the SREG model. Field Crops Research. 103: 161–169.
- Siddique, MI, S Back, JH Lee, J Jo, S Jang, K Han, J Venkatesh, JK Kwon, YD Jo, and BC Kang. 2020. Development and characterization of an ethyl methane sulfonate (EMS) induced mutant population in *Capsicum annuum* L. Plants. 9: 1–16.
- Sitairesmi, T, C Gunarsih, N Nafisah, Y Nugraha, B Abdullah, I Hanarida, H Aswidinnoor, IGP Muliarta, AA Daradjat, dan B Suprihatno. 2016. Interaksi genotipe x lingkungan untuk hasil gabah padi sawah. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. 35: 89.
- Sujak, S, DA Sunarto, dan S Subiyakto. 2021. Uji toleransi lapang galur-galur tebu terhadap hama penggerek pucuk (*Scirpophaga excerptalis* Walker) dan penggerek batang (*Chilo* sp.). Agrovigor Jurnal Agroekoteknologi. 14: 41–46.
- Tena, E, F Goshu, H Mohamad, M Tesfa, D Tesfaye, and A Seife. 2019. Genotype × environment interaction by AMMI and GGE-biplot analysis for sugar yield in three crop cycles of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) clones in Ethiopia. Cogent Food and Agriculture. 5: 1–14.
- Trustinah, dan R Iswanto. 2015. Pengaruh interaksi genotipe dan lingkungan terhadap hasil kacang hijau. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. 32: 36–42.
- Zhang, PP, H Song, XW Ke, XJ Jin, LH Yin, Y Liu, Y Qu, W Su, NJ Feng, DF Zheng, and BL Feng. 2016. GGE biplot analysis of yield stability and test location representativeness in proso millet (*Panicum miliaceum* L.) genotypes. Journal of Integrative Agriculture. 15: 1218–1227.