

Evaluasi Stabilitas dan Adaptabilitas Karakter Agronomi Kedelai (*Glycine max* L. Merrill) dalam Respon Interaksi Genotip dengan Lingkungan

Patimah Anjelina^{1*}

¹Universitas Andalas, Padang, Indonesia

patimahanjelina@agr.unand.ac.id*

| Received: 07/08/2024 |

Revised: 13/07/2025

| Accepted: 14/07/2025 |

Copyright©2025 by authors, all rights reserved. Authors agree that this article remains permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License

Abstrak

Kedelai merupakan komoditas strategis nasional yang memainkan peran penting dalam ketahanan pangan. Namun, produksi kedelai berkualitas dalam negeri masih rendah, sehingga menyebabkan ketergantungan yang tinggi pada impor. Salah satu strategi untuk mengurangi impor kedelai adalah melalui program pemuliaan tanaman. Program ini bertujuan untuk menghasilkan varietas kedelai berproduksi tinggi yang dapat beradaptasi dengan baik pada berbagai kondisi agroekologis. Namun, dalam praktiknya, pemulia kedelai sering dihadapkan pada kondisi lahan yang beragam sehingga menyebabkan ketidakstabilan dalam penampilan kedelai. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi stabilitas dan adaptabilitas 14 genotipe kedelai berdasarkan respon fenotipik terhadap tiga lingkungan berbeda. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, umur berbunga, jumlah polong per tanaman, dan jumlah biji per tanaman. Analisis dilakukan menggunakan model stabilitas Eberhart dan Russell, dengan mempertimbangkan nilai koefisien regresi (b_i), deviasi dari regresi (Sd^2), dan standar error $SE(b_i)$. Genotipe Detap 1, Detam 3 Prida, dan Galur 122 menunjukkan stabilitas tinggi dan adaptabilitas luas pada beberapa karakter agronomik. Ketiga genotipe ini mampu menghasilkan performa yang relatif konsisten dan baik di berbagai kondisi lingkungan optimal maupun suboptimal. Sedangkan genotipe Wilis, Galur 106, dan Devon 1 tergolong tidak stabil dengan nilai deviasi yang signifikan. Genotipe Anjasmoro dan Devon 2, menunjukkan stabilitas baik namun adaptabilitasnya lebih spesifik terhadap lingkungan tertentu. Hasil penelitian ini menjadi dasar ilmiah yang kuat dalam pemilihan varietas kedelai sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan, mendukung perencanaan produksi yang konsisten, serta mengurangi risiko penurunan hasil akibat ketidaksesuaian varietas dengan lingkungan tanam.

Kata kunci: adaptabilitas, genotipe, interaksi, kedelai, stabilitas

Abstract

Soybeans are a strategic national commodity that plays an important role in food security. However, domestic production of high-quality soybeans remains low,

leading to high dependence on imports. One strategy to reduce soybean imports is through a plant breeding program, which aims to produce high-yielding soybean varieties that can adapt well to various agroecological conditions. However, in practice, soybean breeders often face diverse soil conditions, which can cause instability in soybean performance. This study aims to evaluate the stability and adaptability of 14 soybean genotypes based on their phenotypic responses to three different environments. The parameters observed include plant height, flowering time, number of pods per plant, and number of seeds per plant. Analysis was conducted using the Eberhart and Russell stability model, considering the regression coefficient (b_i), deviation from regression (S_d^2), and standard error $SE(b_i)$. Results indicated significant genotype-environment interactions, reflecting the instability of some genotypes to changes in environmental conditions. The genotypes Detap 1, Detam 3 Prida, and Galur 122 showed high stability and broad adaptability across several agronomic traits, while the genotypes Wilis, Galur 106, and Devon 1 were classified as unstable with significant deviation values. Some genotypes, such as Anjasmoro and Devon 2, exhibited good stability but had more specific adaptability to certain environments. The results of this study provide a strong scientific basis for soybean variety selection, thereby improving land use efficiency, supporting consistent production planning, and reducing the risk of yield decline due to variety unsuitability to the growing environment.

Keywords: adaptability, genotype, interaction, soybean, stability

Pendahuluan

Ketahanan pangan merupakan isu strategis yang sangat penting di Indonesia, karena dapat memicu dinamika sosial dan politik yang kompleks apabila tidak ditangani dengan baik. Dalam hal ini, kedelai memiliki peran signifikan sebagai komoditas pangan utama ketiga setelah padi dan jagung (Direktorat Statistik Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan, 2024). Kebutuhan kedelai nasional terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan meningkatnya permintaan dari industri pangan olahan. Sayangnya, produksi kedelai domestik masih belum mencukupi kebutuhan nasional, sehingga masih sangat bergantung pada impor. Saat ini, sekitar 80–90% kebutuhan kedelai dalam negeri dipenuhi dari negara-negara produsen utama seperti Amerika Serikat, Brasil, dan Argentina.

Mengurangi ketergantungan terhadap impor dan meningkatkan produksi kedelai dalam negeri, diperlukan upaya peningkatan produksi secara berkelanjutan. Hal ini dapat dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu ekstensifikasi (perluasan lahan budidaya) dan intensifikasi (peningkatan hasil melalui penerapan teknologi budidaya dan pemanfaatan potensi genetik tanaman). Intensifikasi dengan program pemuliaan tanaman bertujuan menghasilkan varietas kedelai yang berdaya hasil tinggi serta mampu beradaptasi dengan baik terhadap berbagai kondisi agroekologi. Namun pada praktiknya, seringkali dihadapkan pada kondisi lahan yang beragam yang implikasinya memunculkan ketidakstabilan penampilan kedelai.

Informasi tentang interaksi genotipe x lingkungan penting (Adediran et al., 2023) dalam menentukan pola adaptasi galur yang akan dilepas sebagai varietas unggul baru, dan menentukan rekomendasi dari varietas yang akan dilepas (Yan 2011; Jandong et al. 2011; Sundari et al., 2016)

sekaligus untuk mendapatkan hasil yang tinggi dan stabil (Popovic 2010). Genotipe unggul dengan penampilan stabil diidentifikasi melalui evaluasi di sejumlah lokasi, musim, dan lingkungan (Thanki et al. 2010; Sundari et al., 2016).

Stabilitas genotipe mengacu pada konsistensi performa agronomik suatu genotipe di berbagai kondisi lingkungan. Genotipe yang stabil menunjukkan variasi hasil yang kecil meskipun ditanam pada lingkungan yang berbeda (Abebe et al., 2024). Sebaliknya, adaptabilitas mengacu pada kemampuan suatu genotipe untuk berproduksi optimal dalam kondisi lingkungan optimal maupun suboptimal. Genotipe dengan adaptabilitas luas mampu berproduksi di berbagai lokasi, sedangkan genotipe dengan adaptabilitas sempit hanya unggul di lingkungan spesifik (Carvalho et al., 2021).

Menurut Eberhart dan Russell (1966), nilai stabilitas dan adaptabilitas dapat dianalisis melalui pendekatan regresi linier, di mana koefisien regresi (b) dan deviasi dari regresi digunakan sebagai indikator. Genotipe yang ideal adalah yang memiliki koefisien regresi mendekati satu ($b \approx 1$) dan deviasi yang rendah, karena menunjukkan respons yang stabil serta adaptif terhadap perubahan lingkungan. Selain metode regresi, pendekatan AMMI (*Additive Main Effects and Multiplicative Interaction*) dan GGE Biplot (*Genotype and Genotype $\times$ Environment Interaction Biplot*) juga banyak digunakan untuk mengevaluasi interaksi $G \times E$ secara lebih komprehensif dan visual (Amogne, 2024).

Berbagai penelitian karakterisasi variabilitas genetik kedelai telah dilakukan di berbagai wilayah Indonesia dengan menggunakan beragam sumber genotipe, varietas unggul nasional, genotipe lokal, hingga hasil persilangan baru. Namun demikian, belum terdapat publikasi ilmiah yang secara komprehensif mendokumentasikan tingkat plastisitas fenotipik genotipe (stabilitas dan adaptabilitas) genotipe kedelai di wilayah Jatinangor. Kondisi agroklimat Jatinangor memiliki suhu udara lebih rendah, pola curah hujan spesifik, serta intensitas radiasi matahari yang berbeda dibandingkan dengan sebagian besar sentra uji kedelai di Indonesia sehingga berpotensi menghasilkan respon pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang khas. Pengujian langsung di lokasi penelitian sangat penting untuk menggambarkan respon aktual kedelai terhadap lingkungan lokal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi stabilitas dan adaptabilitas genotipe kedelai (*Glycine max L. Merrill*) berdasarkan karakter agronomik seperti tinggi tanaman, umur berbunga, jumlah polong per tanaman, dan jumlah biji per tanaman. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menjadi dasar dalam pemilihan genotipe unggul yang stabil dan adaptif, guna mendukung keberhasilan budidaya tanaman kedelai lokal serta memperkuat ketahanan pangan nasional secara berkelanjutan.

Metodologi Penelitian

Sebanyak 14 genotip kedelai yang terdiri dari Anjasmoro, Burangrang, Deja 1, Dena 1, Dering 1, Detam 1, Detam 3 Prida, Detap1, Devon 1, Devon 2, galur 106, Galur 122, Grobongan, dan Wilis diuji di 3 kondisi lingkungan berbeda. Penelitian dirancang menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) 14 perlakuan dengan 3 ulangan pada 3 lingkungan berbeda naungan yaitu E1 = tanpa naungan, E2 = naungan paranet 55%, dan E3 = naungan paranet 80% di lahan percobaan kampus ITB Jatinangor pada bulan September sampai November 2018. Suhu rata-rata

harian berkisar antara 25–26 °C, dengan suhu maksimum siang hari mencapai sekitar 30–31 °C. Kelembapan relatif udara yaitu 75–85%.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkul, sekop, alat tulis, alat ukur, penggaris, timbangan, furadan 3G, polibag ukuran 40x35 cm, paranet kerapatan 55% dan 80%, pupuk kandang, dan pupuk NPK. Tahapan penelitian diawali dengan persiapan media tanam, penanam 2 benih kedelai pada setiap lubang tanam, penyulaman tanaman jika yang tidak tumbuh, dan penjarangan dengan menyisakan satu tanaman dalam polibag. Dilakukan pengamatan terhadap karakter kuantitatif pada fase vegetatif yakni tinggi tanaman 16 MST dan fase generatif meliputi umur berbunga, jumlah polong per tanaman, dan jumlah biji per tanaman.

Data kuantitatif yang diperoleh dianalisis menggunakan uji Bartlett dengan prinsip uji kecocokan *Chi-Square* untuk melihat homogenitas ragam galat semua lingkungan sebagai berikut:

$$X^2 = \frac{M}{C}$$

$$M = \gamma [a (\ln s^{-2}) - \sum_i \ln s_i^2] \quad \left| \quad s^{-2} = \frac{\sum_i s_i^2}{a} \quad \right| \quad C = 1 + \frac{a+1}{3a\gamma}$$

Keterangan :

γ = derajat bebas galat

s_i = kuadrat tengah galat pada lokasi ke-i

a = jumlah Lokasi

Jika nilai ragam galat semua lingkungan homogen, maka dilakukan analisis varians gabungan seluruh lokasi untuk mengetahui interaksi genotip x lingkungan mengikuti metode Hallauer and Miranda-Fo (1995). Selanjutnya, data kuantitatif dianalisis untuk menghitung nilai stabilitas dan adaptabilitas. Nilai Stabilitas hasil setiap genotipe ditentukan dengan menggunakan metode Eberhart & Russell (1966).

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij}$$

Keterangan:

Y_{ij} = rata-rata genotip ke-i pada lingkungan ke-j

μ_i = rata-rata genotip ke-i di semua lingkungan

β_i = nilai koefisien regresi dari genotip ke-i pada indeks lingkungan yang menunjukkan respons genotip terhadap variasi lingkungan

I_j = indeks lingkungan, yaitu deviasi dari rata-rata genotip pada suatu lingkungan dari semua rata-rata:

$$I_j = \sum_i \frac{Y_{ij}}{t} - \sum_i \sum_j \frac{Y_{ij}}{ts}$$

Dimana t = banyaknya genotip dan s = banyaknya lingkungan

δ_{ij} = deviasi regresi dari genotip ke-i pada lingkungan ke-j

Simpangan regresi S_{di}^2 dihitung dengan rumus :

$$S_{di}^2 = \frac{\sum_i \delta_{ij}^2}{n-2} - \frac{\delta_e^2}{r}$$

Dimana $\frac{\delta_e^2}{r}$ = kuadrat Tengah dari galat gabungan, n = banyaknya lingkungan

Hasil dan Pembahasan

Adanya interaksi menunjukkan ketidakstabilan penampilan suatu varietas di berbagai lingkungan. Ketidakstabilan penampilan suatu genotip ditunjukkan oleh perbedaan respon fenotipik yang mengakibatkan perubahan penampilan tanaman di setiap perubahan lingkungan, yang berpotensi menjadi pembatas dalam melakukan seleksi dan dalam memberikan rekomendasi genotipe yang sesuai dengan lingkungan, terutama apabila terdapat perubahan peringkat diantara genotipe yang diuji (Navabi *et al.* 2006; Sundari *et al.*, 2016). Perbedaan respon fenotipik ditunjukkan dengan perbedaan tinggi tanaman (Tabel 1), umur berbunga dan masak (Tabel 2), jumlah polong per tanaman (Tabel 3), dan jumlah biji per tanaman (Tabel 4).

Tinggi Tanaman

Rerata tinggi tanaman semua genotip kedelai yang diuji pada 3 lingkungan yang berbeda disajikan pada Tabel 1. Rata-rata tinggi tanaman dari 14 genotipe kedelai bervariasi dari 17,55 cm (Deja 1) hingga 60,84 cm (Anjasmoro). Genotipe Anjasmoro memiliki rata-rata tertinggi, yang menunjukkan potensi vigor pertumbuhan lebih baik dibandingkan genotipe lainnya. Sementara genotipe Deja 1 memiliki rata-rata tinggi tanaman yang terendah yang menunjukkan respon genetik terhadap lingkungan yang terbatas.

Parameter stabilitas yang diamati diantaranya adalah Nilai b_i yang merupakan indikator respon genotipe terhadap perubahan lingkungan. Nilai $b_i = 1$ memiliki arti bahwa genotip tersebut adaptif di berbagai lingkungan. Genotipe yang memberikan respon produktif spesifik di lingkungan optimal tandainya dengan nilai $b_i > 1$. Sedangkan nilai $b_i < 1$ artinya genotipe tersebut beradaptasi spesifik pada lingkungan marginal, tahan terhadap stres, tetapi memiliki produktivitas yang rendah pada lingkungan optimal (Evangelista *et al.*, 2020). Beberapa genotipe dengan nilai b_i mendekati 1 yaitu Detap 1 ($b = 1,01$), Galur 122 ($b = 0,95$), dan Galur 106 ($b = 0,09$). Sebaliknya, genotipe Wilis ($b = -1,72$) dan Galur 106 ($b = 0,09$) menunjukkan ketidaksesuaian yang mencolok dengan model regresi stabilitas terlihat dari nilai b_i yang jauh dari 1. Genotip tersebut menunjukkan ketidakstabilan atau ketidaksesuaian dengan rata-rata respon lingkungan.

Nilai SE (b_i) tersaji pada Tabel.1 dimana Galur 106 dan Wilis memiliki nilai SE (b_i) tertinggi masing-masing 2,62 dan 2,32. SE (b_i) adalah pengukuran standar error koefisien regresi. Nilai tersebut digunakan untuk menguji signifikansi dari nilai b_i . Nilai SE yang tinggi menunjukkan ketidakpastian estimasi nilai b_i yang mendukung interpretasi bahwa kedua genotipe ini tidak stabil.

Parameter selanjutnya yaitu deviasi stabilitas (S_d^2), mengukur penyimpangan residual dari model regresi. Semakin kecil nilai S_d^2 maka genotip tersebut termasuk dalam kelompok

stabil. Sedangkan nilai Sd^2 tinggi dan signifikan (*) menunjukkan bahwa genotip tersebut tidak stabil (Majidian et al., 2024). Genotipe yang memiliki Sd^2 tinggi dan bertanda * (signifikan) adalah Galur 106 (272,69) dan Wilis (292,82). Kedua genotipe tersebut sangat tidak stabil terhadap perubahan lingkungan.

Tabel 1. Hasil Uji Stabilitas Tinggi Tanaman

Genotip	Rentang	Rata-rata	Parameter Stabilitas			Keterangan
			b_i	SE (b_i)	$Sd^2 = 0$	
Anjasmoro	59,20 - 62,27	60,84	0,15	0,23	-58,876	stabil
Burangrang	38,00 - 48,27	43,43	0,87	0,25	-58,2606	stabil
Deja 1	12,83 - 25,22	17,55	1,14	0,25	-58,1384	stabil
Dena 1	39,22 - 44,33	42,56	0,07	0,5	-45,8212	stabil
Dering 1	35,43 - 44,22	39,11	-0,33	0,73	-27,5271	stabil
Detam 1	28,00 - 43,33	35,67	1,32	0,23	-58,63	stabil
Detam 3 Prida	34,33 - 51,00	41,11	1,51	0,21	-59,39	stabil
Detap 1	19,66 - 34,77	27,11	1,3	0,2	-59,67	stabil
Devon 1	26,51 - 31,73	28,34	-0,11	0,5	-45,72	stabil
Devon 2	47,22 - 63,11	53,63	1,44	0,21	-59,22	stabil
Galur 106	37,33 - 61,33	52,14	0,09	2,26	272,69*	tidak stabil
Galur 122	34,22 - 87,45	52,2	4,98	1,88	169,16	stabil
Grobogan	22,40 - 35,87	27,2	-0,15	1,3	49,2	stabil
Wilis	21,53 - 53,32	40,2	1,72	2,32	292,82 *	tidak stabil

Genotipe dengan tinggi tanaman yang stabil dan beradaptasi luas dapat dijadikan pilihan utama untuk dibudidayakan di berbagai lokasi, terutama pada sistem tanam dengan jarak tanam tertentu atau pada kondisi lingkungan yang bervariasi. Tinggi tanaman yang konsisten membantu mempermudah pengelolaan lahan, termasuk pengendalian gulma, pemupukan, dan panen, serta mengurangi risiko rebah tanaman yang dapat menurunkan hasil. Sebaliknya, genotipe yang menunjukkan adaptabilitas spesifik dapat dimanfaatkan secara optimal pada lokasi dengan kondisi agroklimat yang sesuai, sehingga potensi pertumbuhan vegetatif dapat tercapai secara maksimal.

Umur Berbunga

Uji stabilitas umur berbunga 14 genotip kedelai pada tiga lingkungan berbeda menunjukkan adanya variasi yang cukup nyata antar genotipe. Rata-rata umur berbunga berkisar antara 33,46 hari yaitu genotipe Deja 1 hingga 62,23 hari pada genotipe Anjasmoro. Umur berbunga dikontrol oleh faktor genetik yang ada pada masing-masing genotip kedelai. Beberapa gen yang mengendalikan pembungaan yang telah diidentifikasi pada tanaman kedelai diantara E1, E2, E3, E4, J, LUX, Tof5 (*Time of Flowering* 5), FT2a, FT5a, Tof11, Tof12, Tof16, dan

Tof18. E1 merupakan gen paling penting dalam pengaturan waktu berbunga dan pematangan serta memainkan peran krusial dalam sensitivitas terhadap fotoperiode dan adaptasi tanaman (Li et al., 2023).

Beberapa genotipe seperti Anjasmoro, Burangrang, Deja 1, Detam 1, Detam 3 Prida, Devon 2, Galur 122, Grobogan, dan Wilis tergolong stabil, karena menunjukkan performa umur berbunga yang konsisten pada berbagai lingkungan. Sebaliknya, genotipe seperti Dena 1, Dering 1, dan Galur 106 memiliki nilai Sd^2 yang sangat tinggi dan signifikan, sehingga dikategorikan tidak stabil. Ketidakstabilan ini mencerminkan bahwa umur berbunga sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, dan tidak menunjukkan adaptabilitas yang baik. Genotipe Detap 1 menarik perhatian karena meskipun tidak sepenuhnya stabil, tetap diinterpretasikan sebagai genotipe yang adaptif pada lingkungan produktif, ditunjukkan oleh nilai b_i mendekati 1 dan deviasi stabilitas yang signifikan. Sementara itu, genotip Devon 1 dengan nilai b_i sebesar 3,41 menunjukkan sensitivitas yang tinggi terhadap lingkungan dan hanya sesuai untuk kondisi lingkungan yang spesifik.

Tabel 2. Hasil Uji Stabilitas Umur Berbunga

Genotip	Rentang	Rata-rata	Parameter Stabilitas			Keterangan
			b_i	$SE(b_i)$	$Sd^2 = 0$	
Anjasmoro	47,60 - 75,70	62,23	2,8	0,85	7,6852	stabil
Burangrang	41,77 - 89,34	58,66	5,37	1,32	54,6124	stabil
Deja 1	30,44 - 37,67	33,46	0,67	0,41	-18,5017	stabil
Dena 1	34,10 - 66,11	49,03	0,61	3,29	475,9026 *	tidak stabil
Dering 1	32,50 - 56,82	46,99	1,1	2,42	245,7173 *	tidak stabil
Detam 1	31,27 - 41,63	36,52	0,71	0,81	4,08	stabil
Detam 3 Prida	43,00 - 49,06	46,72	0,56	0,38	-19,28	stabil
Detap 1	38,83 - 56,44	48,79	0,94	1,62	96,17 *	tidak stabil
Devon 1	22,73 - 54,97	37	3,41	0,10 *	-25,68	adaptif pada lingkungan produktif
Devon 2	43,53 - 57,28	51,59	1,19	0,38	-19,53	stabil
Galur 106	30,10 - 52,40	40,03	-1,27	1,96	151,53 *	tidak stabil
Galur 122	34,78 - 42,43	39,2	0,4	0,75	-0,24	stabil
Grobogan	40,40 - 58,60	48,38	-1,71	0,74	44,9824	stabil
Wilis	41,82 - 50,00	45,3	-0,78	0,39	-19,09	stabil

Genotipe dengan umur berbunga yang stabil dan adaptabilitas luas dapat dijadikan pilihan utama bagi petani di berbagai wilayah, karena mampu mempertahankan fase generatifnya meskipun menghadapi variasi kondisi lingkungan. Hal ini penting untuk sinkronisasi waktu panen

dan pengaturan pola tanam, khususnya pada sistem tumpangsari atau rotasi tanaman. Sebaliknya, genotipe yang menunjukkan adaptabilitas spesifik sebaiknya diarahkan untuk ditanam di lokasi dengan kondisi iklim dan musim tanam yang sesuai, sehingga efisiensi pertumbuhan dapat dioptimalkan.

Jumlah Polong Per Tanaman

Uji stabilitas jumlah polong per tanaman (JPPT) pada 14 genotipe kedelai di tiga lingkungan menunjukkan adanya keragaman respons terhadap kondisi lingkungan. Nilai rata-rata JPPT berkisar dari 33 (Galur 122) hingga 41,67 (Devon 1), mengindikasikan adanya potensi genetik yang berbeda dalam pembentukan polong. Berdasarkan hasil analisis, genotipe Anjasmoro, Deja 1, Dena 1, Dering 1, Detam 3 Prida, Devon 2, Galur 122, dan Wilis menunjukkan kriteria stabil. Genotipe-genotipe ini cenderung memiliki jumlah polong yang konsisten di berbagai kondisi lingkungan, sehingga layak dipertimbangkan dalam program pemuliaan untuk adaptasi luas. Genotipe Detam 1 memiliki nilai deviasi tidak signifikan, tetapi nilai $SE(b_i)$ -nya sangat kecil dan diikuti $b_i > 1$, mengindikasikan potensi adaptasi terhadap lingkungan yang lebih produktif.

Sebaliknya, genotipe Devon 1 dan Galur 106 dikategorikan tidak stabil karena menunjukkan nilai Sd^2 yang signifikan (*), yang berarti jumlah polong sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Genotipe Devon 1 juga memiliki nilai b yang sangat negatif ($-19,52$), menunjukkan respon yang tidak konsisten bahkan berlawanan arah terhadap peningkatan kesuburan lingkungan. Pada penelitian ini ditemukan beberapa nilai #NUM! pada genotipe Burangrang, Grobogan, dan Galur 106 untuk $SE(b_i)$, yang mungkin disebabkan oleh data yang seragam atau tidak bervariasi, sehingga tidak memungkinkan perhitungan regresi yang valid.

Tabel 3. Hasil Uji Stabilitas Jumlah Polong Per Tanaman

Genotip	Rentang	Rata-rata	Parameter Stabilitas			Keterangan
			b_i	$SE(b_i)$	$Sd^2 = 0$	
Anjasmoro	36,63 – 36,87	36,79	-0,04	1,03	-0,818	stabil
Burangrang	35,00 – 35,00	35	0	#NUM!	-0,8542	#NUM!
Deja 1	35,67 – 38,33	37	5,45	8,59	1,6802	stabil
Dena 1	37,67 – 40,00	38,78	8,86	1,11	-0,8121	stabil
Dering 1	37,00 – 40,00	38,67	7,99	8,48	1,6177	stabil
Detam 1	35,00 – 36,00	35,51	3,82	0,01*	-0,85	adaptif pada lingkungan produktif
Detam 3 Prida	35,00 – 35,33	35,22	1,3	0,68	-0,84	stabil
Detap 1	35,00 – 37,67	36,44	6,69	7,8	1,24	stabil
Devon 1	40,00 – 45,00	41,67	-19,52	10,2	2,72*	tidak stabil
Devon 2	36,33 – 37,33	36,78	2,42	3,04	-0,54	stabil

Galur 106	35,67 – 38,33	37,44	-0,49	11,74	3,88*	tidak stabil
Galur 122	33,67 – 35,33	34,4	2,79	5,76	0,29	stabil
Grobogan	34,00 – 34,00	34	0	#NUM!	-0,85	#NUM!
Willis	35,00 – 36,67	35,7	-5,27	4,19	-0,25	stabil

Jumlah Biji Per Tanaman

Analisis stabilitas jumlah biji per tanaman (JBPT) kedelai pada tiga lingkungan menunjukkan adanya variasi yang signifikan antar genotipe. Nilai rata-rata JBPT berkisar antara 34,07 (Deja 1) hingga 112,14 (Anjasmoro), menunjukkan perbedaan potensi genetik dalam produksi biji. Sebagian besar genotipe, seperti Anjasmoro, Burangrang, Deja 1, Dena 1, Dering 1, Detam 1, Detam 3 Prida, Detap 1, Devon 1, dan Devon 2, dikategorikan stabil karena memenuhi kriteria memberikan hasil JBPT yang relatif konsisten pada berbagai kondisi lingkungan.

Namun, terdapat empat genotipe yang tergolong tidak stabil, yaitu Galur 106, Galur 122, Grobogan, dan Wilis dengan nilai deviasi dari regresi (S_d^2) yang signifikan, performa JBPT sangat dipengaruhi oleh lingkungan. Galur 122 dengan nilai $b_i = 4,32$ dan $S_d^2 = 1271,15$ menunjukkan respons yang sangat tinggi terhadap lingkungan produktif, tetapi tidak konsisten di lingkungan suboptimal. Sementara itu, genotipe Wilis menunjukkan nilai b negatif ($-1,75$), menandakan bahwa kinerjanya cenderung menurun di lingkungan yang lebih baik, serta deviasi yang sangat tinggi ($1562,23^*$), mengindikasikan ketidakstabilan yang sangat nyata.

Secara keseluruhan, genotipe-genotipe stabil berpotensi untuk dikembangkan pada berbagai agroekosistem, sehingga produktivitas tetap terjaga meskipun terjadi fluktuasi iklim atau perbedaan lingkungan tumbuh. Sebaliknya, genotipe tidak stabil memerlukan seleksi atau perbaikan lebih lanjut sebelum dapat dilepas sebagai varietas unggul yang adaptif sehingga potensi hasil bijinya dapat dimaksimalkan.

Tabel 4. Hasil Uji Stabilitas Jumlah Biji Per Polong

Genotip	Rentang	Rata-rata	Parameter Stabilitas			Keterangan
			b_i	$SE(b_i)$	$S_d^2 = 0$	
Anjasmoro	100,30 – 120,37	112,14	0,33	0,81	-40,6749	stabil
Burangrang	70,87 – 90,87	79,53	0,68	0,52	-152,3617	stabil
Deja 1	26,22 – 46,56	34,07	0,89	0,19	-219,7944	stabil
Dena 1	76,44 – 91,00	85,19	0,56	0,31	-202,3091	stabil
Dering 1	88,50 – 110,14	99,41	1,03	0,61	-17,396	stabil
Detam 1	45,33 – 85,00	70,78	1,5	1,08	102,92	stabil
Detam 3 Prida	63,83 – 85,00	77,67	2,05	1,01	99,64	stabil

Detap 1	30,33 – 73,77	48,77	1,87	0,66	-222,25	stabil
Devon 1	32,73 – 50,53	40,84	1,21	0,73	-5,276	stabil
Devon 2	51,55 – 86,78	69,33	0	0,76	-73,87	stabil
Galur 106	55,72 – 121,56	89,95	2,36	0,8	1006,89*	tidak stabil
Galur 122	52,67 – 126,33	83,94	4,32	1,18	1271,15*	tidak stabil
Grobogan	33,67 – 83,43	56,3	- 1,08	1,81	705,33*	tidak stabil
Willis	7,00 – 79,78	41,7	- 1,75	2,5	1562,23*	tidak stabil

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa beberapa genotipe menunjukkan stabilitas tinggi dan adaptabilitas luas, ditandai dengan nilai koefisien regresi (b_i) mendekati 1 dan deviasi stabilitas (Sd^2) yang rendah dan tidak signifikan diantaranya kedelai genotipe Detap 1, Galur 122, dan Detam 3 Prida. Genotip kedelai Anjasmoro, Deja 1, dan Devon 2, menunjukkan performa yang relatif konsisten (stabil) pada beberapa karakter, tetapi adaptabilitasnya cenderung spesifik terhadap lingkungan tertentu. Sedangkan genotipe Wilis, Galur 106, dan Galur 122 secara umum menunjukkan nilai deviasi stabilitas yang tinggi dan signifikan, serta nilai b_i yang jauh dari 1 (terlalu tinggi atau negatif), menandakan ketidakstabilan yang nyata terhadap lingkungan. Genotipe-genotipe ini memerlukan perbaikan atau seleksi lanjutan sebelum direkomendasikan untuk dikembangkan lebih lanjut. Hasil penelitian ini menjadi dasar ilmiah yang kuat dalam pemilihan varietas berbasis kinerja sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan, mendukung perencanaan produksi yang konsisten, serta mengurangi risiko penurunan hasil akibat ketidaksesuaian varietas dengan lingkungan tanam. Selain itu, informasi ini berguna bagi program pemuliaan untuk menghasilkan varietas baru yang tidak hanya berproduktivitas tinggi tetapi juga konsisten di berbagai kondisi lingkungan.

Daftar Pustaka

- Abebe, A. T., Adewumi, A. S., Adebayo, M. A., Shaahu, A., Mushoriwa, H., Alabi, T., Derera, J., Agbona, A., & Chigeza, G. (2024). Genotype x environment interaction and yield stability of soybean (*Glycine max* l.) genotypes in multi-environment trials (METs) in Nigeria. *Heliyon*, 10(19). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38097>
- Adediran, B. O., Ayo-Vaughan, M. A., Ariyo, O. J., Sakariyawo, O. S., Aremu, C. O., & Ibitoye, D. O. (2023). Genotype by Environment Interaction in Soybean and its Implications for Crop Improvement. *International Journal of Plant & Soil Science*, 35(18), 162–173. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i183280>
- Amogne, A. (2024). AMMI and GGE-biplot Analysis of the Yield Performance and Stability of Medium-Mature Soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] Genotyped Plants in Southern and Northwestern Ethiopia. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3956070/v1>

- Carvalho, M. P., Nunes, J. A. R., Carmo, E. L. Do, Simon, G. A., & Moraes, R. N. O. (2021). Adaptability and stability of conventional soybean by GGE biplot analysis. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 51. <https://doi.org/10.1590/1983-40632021v5167995>
- Evangelista, J. S. P. C., Alves, R. S., Peixoto, M. A., de Resende, M. D. V., Teodoro, P. E., da Silva, F. L., & Bhering, L. L. (2020). Soybean productivity, stability, and adaptability through mixed model methodology. *Ciencia Rural*, 51(2), 1–7. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200406>
- Direktorat Statistik Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan. (2024). *Analisis Produktivitas Jagung Dan Kedelai Di Indonesia The Analysis Of Maize And Soybean Yield In Indonesia (The Result Of Crop-Cutting Survey)*. Jakarta : Badan Pusat Statistik
- Eberhart, SA. & WA. Russell. (1966). Stability Parameter for Comparing Varieties. *Crop Science* . 6:36-40.
- Hallauer, AR. & JB. Miranda Filho. (1995). *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. 2.ed. Ames: Iowa State University Press. Hossain, A. & JAT.
- Li, H., Du, H., He, M., Wang, J., Wang, F., Yuan, W., Huang, Z., Cheng, Q., Gou, C., Chen, Z., Liu, B., Kong, F., Fang, C., Zhao, X., & Yu, D. (2023). Natural variation of FKF1 controls flowering and adaptation during soybean domestication and improvement. *New Phytologist*, 238(4), 1671–1684. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/nph.18826>
- Majidian, P., Masoudi, B., Hezarjaribi, E., Razmi, N., Peyghamzadeh, K., & Gholizadeh, A. (2024). Deciphering genotype-by-environment interaction in new soybean lines based on multiple traits using different adaptability and stability methods. *Food Science and Nutrition*, 12(5), 3295–3308. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3996>
- Sundari, T., Nugrahaeni Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, N., Raya Kendalpayak, J., & Pos, K. (2016). *Interaksi Genotipe x Lingkungan dan Stabilitas Karakter Agronomi Kedelai (Glycine max (L.) Merrill) [Genotype x environment interaction and agronomic characters stability of soybean (Glycine max (L.) Merrill)]*.