

## **Karakterisasi Variabilitas Genetik Kedelai Pada Kondisi Tanah Masam Berdasarkan Karakter Morfologis dan Agronomis**

### **Characterization of Soybean Genetic Variability Under Acid Soil Conditions Based on Morphological and Agronomic Traits**

**Desfal Triati<sup>1\*</sup>, Patimah Anjelina<sup>1</sup>, dan Nadiya Pirhat<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Agroekoteknologi Universitas Andalas

Email korespondensi: [desfaltriati@agr.unand.ac.id](mailto:desfaltriati@agr.unand.ac.id)

#### **ABSTRACT**

*Acid soils are a major constraint to soybean production in tropical regions due to low nutrient availability and aluminum toxicity. This study aimed to evaluate genetic variability, phenotypic variability, and broad-sense heritability of several morphological and agronomic traits of soybean grown under acid soil conditions (pH  $\pm$ 4.5), and to identify potential selection criteria for developing acid-soil-adapted varieties. The experiment was conducted in Pulau Punjung District, Dharmasraya Regency, West Sumatra, using a randomized complete block design with four soybean varieties (Grobogan, Dena 1, Deja 1, and Dering 1) and three replications. Observations were made on qualitative and quantitative traits. The results showed that qualitative traits were relatively stable and mainly controlled by major genes, indicating minimal environmental influence under acid soil conditions. Quantitative traits exhibited variable responses among genotypes. Vegetative growth traits, such as plant height and number of branches, showed low genetic variability and heritability, suggesting a strong environmental effect. In contrast, yield components, particularly the number of filled pods per plant and 100-seed weight, exhibited high genetic variability and heritability, indicating strong genetic control and stable expression under acid soil stress. These findings suggest that yield-related traits are the most reliable selection criteria for soybean breeding programs targeting acid soil environments.*

**Keywords:** Soybean, Acid soil, Genetic variability, Heritability, Varietal selection

#### **ABSTRAK**

Tanah masam merupakan salah satu kendala utama dalam peningkatan produktivitas kedelai di wilayah tropis karena rendahnya ketersediaan hara dan tingginya toksisitas aluminium. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji variabilitas genetik, variabilitas fenotipik, dan heritabilitas arti luas beberapa karakter morfologis dan agronomis kedelai pada kondisi tanah masam (pH  $\pm$ 4,5), serta mengidentifikasi karakter seleksi potensial untuk pengembangan varietas adaptif. Percobaan dilaksanakan di Kecamatan Pulau Punjung, Kabupaten Dharmasraya, Sumatera Barat, menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan empat varietas kedelai (Grobogan, Dena 1, Deja 1, dan Dering 1) dan tiga ulangan. Pengamatan dilakukan terhadap karakter kualitatif dan kuantitatif tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakter kualitatif relatif stabil dan dikendalikan oleh gen mayor, sehingga tidak dipengaruhi secara nyata oleh kondisi tanah masam. Karakter kuantitatif menunjukkan respons yang beragam antar genotipe. Karakter pertumbuhan vegetatif, seperti tinggi tanaman dan jumlah cabang, memiliki variabilitas genetik dan heritabilitas rendah, menandakan dominasi pengaruh lingkungan. Sebaliknya, karakter komponen hasil, khususnya jumlah polong berisi per tanaman dan bobot 100 biji, menunjukkan variabilitas

genetik dan heritabilitas tinggi, yang mengindikasikan kuatnya pengendalian genetik dan stabilitas ekspresi pada tanah masam. Dengan demikian, karakter komponen hasil berpotensi dijadikan kriteria seleksi utama dalam pemuliaan kedelai adaptif pada lahan masam.

**Kata kunci:** Kedelai, Tanah masam, Variabilitas genetik, Heritabilitas, Seleksi varietas

## PENDAHULUAN

Produksi kedelai (*Glycine max* L. Merrill) memainkan peran penting dalam ketahanan pangan dan penyediaan protein nabati global (Ofoe *et al.*, 2023). Namun, produktivitas kedelai di banyak wilayah tropis masih terkendala oleh ketersediaan lahan suboptimal, khususnya lahan masam yang luas akibat pelapukan intensif dan curah hujan tinggi (Wei *et al.*, 2021). Tanah masam menyebabkan meningkatnya kelarutan aluminium ( $Al^{3+}$ ) serta menurunnya ketersediaan fosfor dan unsur hara esensial lainnya, yang berdampak langsung terhadap pertumbuhan akar dan efisiensi serapan hara tanaman (Ibrahim *et al.*, 2022).

Ekspresi sifat kuantitatif tanaman, seperti tinggi tanaman, umur berbunga, jumlah polong, dan bobot biji, merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor genetik dan lingkungan ( $G \times E$ ), di mana respons fenotip berbeda tergantung kombinasi genotipe dan kondisi lingkungan (Mullualem *et al.*, 2024). Studi multi-lokasi menggunakan analisis seperti AMMI dan GGE biplot menunjukkan bahwa efek  $G \times E$  dapat secara substansial menurunkan estimasi heritabilitas serta memperkecil perbedaan fenotip antar genotip, terutama ketika lingkungan sangat heterogen atau di bawah cekaman abiotik kuat (Yue *et al.*, 2025). Akibatnya, karakter yang pada kondisi optimal menunjukkan variabilitas genetik tinggi mungkin tidak dapat dijadikan dasar seleksi pada kondisi stres seperti tanah masam, sehingga pemilihan genotipe adaptif memerlukan pendekatan statistik dan evaluasi multi-lingkungan yang mempertimbangkan interaksi genotipe  $\times$  lingkungan secara eksplisit (Crosa *et al.*, 2021).

Penelitian eksperimental dan lapang pada kedelai yang dihadapkan pada kondisi tanah masam dan cekaman aluminium menunjukkan dua temuan utama. Pertama, beberapa genotip kedelai mampu mempertahankan kinerja pertumbuhan dan hasil yang relatif lebih baik melalui mekanisme toleransi akar, seperti sekresi asam organik (malat dan sitrat), penahanan aluminium pada dinding sel, serta regulasi gen toleransi aluminium yang spesifik (Bian *et al.*, 2020). Kedua, intervensi agronomi seperti pengapuran dan pemberian bahan organik terbukti mampu meningkatkan pH tanah dan menurunkan toksisitas Al, namun perlakuan tersebut tidak selalu mengubah urutan relatif performa genotipe, sehingga kebutuhan akan seleksi genetik tetap menjadi faktor kunci dalam perakitan varietas adaptif (Xu *et al.*, 2023). Oleh karena itu, karakterisasi variabilitas genetik yang dilakukan langsung pada kondisi tanah masam memberikan informasi yang lebih aplikatif dan relevan untuk mendukung program pemuliaan kedelai toleran tanah masam.

Dalam konteks ini, estimasi parameter genetika seperti varians genetik ( $V_g$ ), varians fenotipik ( $V_p$ ), dan heritabilitas arti luas ( $H^2$ ) pada kondisi tanah masam sangat penting untuk menilai potensi seleksi. Beberapa penelitian pada kedelai menunjukkan bahwa pada lingkungan cekaman asam dan toksisitas aluminium, karakter agronomis yang berhubungan dengan hasil umumnya masih mempertahankan varians genetik yang cukup untuk seleksi, sedangkan karakter pertumbuhan vegetatif cenderung mengalami penurunan kontribusi genetik akibat dominasi pengaruh lingkungan (Kuswanto, 2017). Upaya perbaikan

lingkungan tumbuh melalui pengapuran dan penambahan bahan organik terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman, namun tidak selalu mengubah urutan relatif performa genotip, sehingga seleksi genetik tetap menjadi pendekatan utama dalam pengembangan varietas adaptif (Bedassa *et al.*, 2022). Selain itu, dalam analisis parameter genetika, estimasi varians genetik bernilai negatif umumnya diperlakukan sebagai nol karena mencerminkan keterbatasan data dan dominasi pengaruh lingkungan, sehingga pendekatan statistik yang tepat sangat diperlukan dalam penafsiran heritabilitas (Acquaah, 2020). Oleh karena itu, evaluasi parameter genetika secara langsung pada kondisi tanah masam memberikan dasar yang lebih aplikatif dan reliabel bagi pemuliaan kedelai toleran tanah masam.

Keterbatasan kajian yang secara spesifik mengevaluasi variabilitas genetik kedelai pada kondisi pH sangat rendah ( $\approx 4,5$ ) di lingkungan tropis menjadikan penelitian yang menilai kinerja varietas secara langsung pada tanah masam penting bagi pemuliaan dan rekomendasi varietas pada lahan marginal. Kajian terbaru menunjukkan bahwa evaluasi genotipe kedelai pada kondisi lingkungan suboptimal memungkinkan pengungkapan keragaman genetik yang relevan untuk seleksi, serta membantu mengidentifikasi karakter morfologis dan agronomis yang paling informatif sebagai dasar pengembangan varietas adaptif. Pendekatan ini juga mendukung integrasi strategi seleksi genetik dengan pengelolaan lingkungan tumbuh dalam upaya meningkatkan keberlanjutan dan produktivitas kedelai pada lahan bermasalah (Pertiwi *et al.*, 2025).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji variabilitas genetik, variabilitas fenotipik, dan heritabilitas arti luas beberapa karakter morfologis dan agronomis kedelai pada kondisi tanah masam (pH  $\approx 4,5$ ), serta mengidentifikasi karakter seleksi potensial untuk

mendukung pengembangan varietas kedelai adaptif pada lahan masam.

## METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Pulau Punjung, Kabupaten Dharmasraya, Sumatera Barat, pada perkebunan rakyat dengan kondisi tanah masam memiliki pH sekitar  $\pm 4,5$ . Percobaan dilakukan pada lingkungan terbuka tanpa naungan selama satu musim tanam kedelai.

Percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan empat varietas kedelai sebagai perlakuan, yaitu Grobogan, Dena 1, Deja 1 dan Dering 1, yang masing-masing diulang sebanyak tiga kali sehingga terdapat 12 petak percobaan. Setiap petak percobaan berukuran  $1,5 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$ .

Penanaman kedelai dilakukan dengan jarak tanam  $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ . Setiap lubang tanam diisi dua benih, kemudian dilakukan penjarangan pada fase awal pertumbuhan dengan menyisakan satu tanaman per lubang tanam. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, penyiangan gulma, penyulaman tanaman yang tidak tumbuh, serta pengendalian organisme pengganggu tanaman sesuai kondisi lapangan.

Pengamatan dilakukan terhadap karakter morfologis dan agronomis tanaman kedelai selama fase pertumbuhan. Data yang diperoleh dianalisis secara statistik sesuai dengan rancangan percobaan yang digunakan untuk mengevaluasi perbedaan karakter antar varietas pada kondisi tanah masam.

## Analisis Data

Data kuantitatif yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) melalui uji F pada taraf signifikansi 5%. Selain itu, data kuantitatif digunakan untuk mengestimasi parameter genetika, khususnya heritabilitas. Perhitungan heritabilitas diawali dengan penentuan komponen ragam, meliputi varians genetik, varians galat, dan varians

fenotipik. Selanjutnya dihitung koefisien variasi genetik dan koefisien variasi fenotipik sebagai dasar untuk mengestimasi nilai heritabilitas. Nilai heritabilitas diperoleh dari perbandingan antara koefisien variasi genetik dan koefisien variasi fenotipik.

Nilai varians genetik :

$$\sigma^2_{genotip} = \frac{KT_{genotip} - KT_{error}}{r}$$

Koefisien variasi genetik:

$$\frac{\sqrt{\sigma^2_{genotip}}}{\bar{x}_{total}} \times 100\%$$

Nilai varians fenotip :

$$\sigma^2_{fenotip} = \sigma^2_{genotip} + \sigma^2_{error}$$

Koefisien variasi fenotip:

$$\frac{\sqrt{\sigma^2_{fenotip}}}{\bar{x}_{total}} \times 100\%$$

Nilai Heritabilitas :

$$H = \frac{\sigma^2_{genotip}}{\sigma^2_{fenotip}}$$

Keterangan:

KT	= Kuadrat Tengah
r	= repetition/ulangan
x	= rata-rata
$\sigma^2_{genotip}$	= varians genetik
$\sigma^2_{error}$	= varians galat
$\sigma^2_{fenotip}$	= varians fenotip
H	= nilai heritabilitas

Kriteria nilai heritabilitas dikelompokkan menjadi 3 kategori yaitu rendah, sedang, dan tinggi sebagai berikut:

- Nilai heritabilitas tinggi jika  $H > 0.5$
- Nilai heritabilitas sedang jika  $0.2 \leq H \leq 0.5$
- Nilai heritabilitas rendah jika  $H < 0.2$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakter Kualitatif

Karakter kualitatif merupakan sifat tanaman yang umumnya dikendalikan oleh sedikit gen dan relatif tidak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, sehingga dapat digunakan sebagai penanda untuk membedakan genotipe kedelai. Pengamatan karakter kualitatif pada penelitian ini meliputi warna hipokotil, warna bunga, bentuk daun, warna polong, dan warna kulit biji. Hasil pengamatan menunjukkan adanya variasi karakter antar genotipe kedelai yang diuji pada kondisi tanah masam. Perbedaan karakter tersebut mencerminkan adanya keragaman genetik pada masing-masing genotipe, yang dapat dimanfaatkan dalam kegiatan seleksi dan pemuliaan tanaman kedelai toleran tanah masam. Adapun hasil pengamatan karakter kualitatif kedelai disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakter Kualitatif Kedelai pada Tanah Masam

Genotipe	Karakter Kualitatif				
	Warna hipokotil	Warna bunga	Bentuk daun	Warna Polong	Warna kulit biji
Grobogan	Ungu	Ungu	Agak Bulat	Coklat Muda	Kuning
Dena 1	Ungu Tua	Ungu Tua	Oval	Coklat Muda	Kuning
Deja 1	Ungu	Ungu	Oval	Coklat Tua	Kuning
Dering 1	Ungu	Ungu	Oval	Coklat Muda	Kuning

Karakter kualitatif beberapa genotipe kedelai yang diuji pada kondisi tanah masam menunjukkan sifat relatif stabil dan menunjukkan variasi fenotip yang terbatas antar genotipe, yang

mencerminkan kuatnya pengendalian genetik terhadap karakter tersebut. Warna hipokotil dan bunga yang didominasi warna ungu hingga ungu tua pada seluruh genotipe mengindikasikan bahwa karakter

ini dikendalikan oleh gen mayor dan umumnya tidak dipengaruhi secara nyata oleh kondisi lingkungan, termasuk cekaman keasaman tanah. Perbedaan bentuk daun, di mana varietas Grobogan memiliki daun agak bulat sementara varietas Dena 1, Deja 1, dan Dering 1 menunjukkan bentuk daun oval, mencerminkan keragaman morfologi antar genotipe yang dapat dimanfaatkan sebagai karakter pembeda varietas. Variasi warna polong yang terbagi menjadi coklat muda dan coklat tua juga merupakan karakter kualitatif khas varietas yang relatif stabil pada berbagai kondisi tumbuh. Keseragaman warna kulit biji kuning pada seluruh genotipe menunjukkan bahwa tipe biji tidak terpengaruh oleh kondisi tanah masam dan tetap sesuai dengan karakter varietas kedelai konsumsi. Secara keseluruhan, stabilitas karakter kualitatif ini menunjukkan bahwa cekaman tanah masam tidak menyebabkan perubahan ekspresi fenotip yang signifikan. Karakter kualitatif pada kedelai umumnya dikendalikan oleh gen mayor dan relatif stabil terhadap variasi lingkungan, sehingga lebih berperan sebagai penanda identitas genotipe dibandingkan indikator

adaptasi terhadap cekaman lingkungan (Fehr, 1987).

### Karakter Kuantitatif

Hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan respons pertumbuhan dan hasil antar genotipe kedelai yang ditanam pada kondisi tanah masam (pH  $\pm 4,5$ ), yang mencerminkan variasi kemampuan adaptasi genotipe terhadap cekaman keasaman tanah. Varietas Grobogan menunjukkan tinggi tanaman tertinggi dibandingkan genotipe lain, mengindikasikan kemampuan awal pertumbuhan vegetatif yang relatif lebih baik pada tanah masam. Namun, keunggulan pertumbuhan vegetatif ini tidak selalu diikuti oleh peningkatan jumlah cabang dan jumlah polong berisi per tanaman, yang justru lebih tinggi pada varietas Dena 1 dan Dering 1. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi cekaman tanah masam, pertumbuhan vegetatif yang tinggi tidak selalu berkorelasi positif dengan pembentukan hasil, karena cekaman aluminium dan keterbatasan ketersediaan hara dapat menghambat proses pembungaan dan pengisian polong (Bian *et al.*, 2020).

Tabel 2. Karakter Kualitatif Kedelai pada Tanah Masam

Lokasi	Genotipe	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Cabang	Umur Berbunga (Hari)	Jumlah polong berisi pert tanaman	berta 100 biji (g)
Tanah Masam	Grobogan	33,67	3,67	29,00	39,67	23,00
Tanah Masam	Dena 1	30,67	4,67	33,00	91,00	19,33
Tanah Masam	Deja 1	29,78	4,67	36,00	60,33	13,00
Tanah Masam	Dering 1	27,22	5,00	37,00	70,67	13,00
	Rata-rata	30,33	4,50	33,75	65,42	17,08

Perbedaan umur berbunga antar genotipe juga menunjukkan variasi strategi adaptasi terhadap lingkungan masam. Varietas Grobogan berbunga lebih awal dibandingkan genotipe lainnya,

sedangkan Dering 1 dan Deja 1 menunjukkan umur berbunga lebih panjang. Pembungaan lebih awal pada lingkungan stres sering dikaitkan dengan mekanisme *stress escape*, sementara

pembungaan lebih lambat mencerminkan upaya tanaman untuk memperpanjang fase vegetatif guna mendukung pembentukan organ reproduktif yang lebih stabil (Blum, 2011). Variasi jumlah polong berisi dan bobot 100 biji yang cukup kontras antar genotipe menunjukkan bahwa karakter hasil masih dipengaruhi kuat oleh faktor genetik meskipun berada pada kondisi tanah masam. Varietas Grobogan memiliki bobot 100 biji tertinggi, sedangkan Dena 1 unggul dalam jumlah polong berisi, mengindikasikan adanya perbedaan alokasi asimilat antar genotipe pada kondisi cekaman. Temuan ini menegaskan bahwa evaluasi genotipe secara langsung pada tanah masam penting untuk mengidentifikasi karakter hasil yang paling informatif sebagai dasar seleksi varietas adaptif pada lahan marginal (Rahman *et al.*, 2023).

### **Analisis Heritabilitas**

Hasil analisis variabilitas genetik menunjukkan bahwa kemampuan ekspresi karakter kedelai pada kondisi tanah masam ( $\text{pH} \pm 4,5$ ) berbeda antar karakter, yang mencerminkan perbedaan kontribusi faktor genetik dan lingkungan. Karakter tinggi tanaman dan jumlah cabang memiliki nilai varians genetik (Vg) yang rendah, bahkan pada tinggi tanaman diperoleh nilai Vg negatif yang secara statistik umumnya diperlakukan sebagai nol, menandakan bahwa variasi fenotipik karakter tersebut lebih didominasi oleh pengaruh lingkungan dibandingkan faktor genetik. Kondisi ini lazim terjadi pada lingkungan cekaman kuat seperti tanah masam, di mana pertumbuhan vegetatif sangat sensitif terhadap keterbatasan hara dan toksisitas aluminium. Sebaliknya, karakter umur berbunga menunjukkan variabilitas genetik sedang, mengindikasikan bahwa karakter ini masih cukup dikendalikan oleh faktor genetik meskipun berada pada kondisi lingkungan yang tidak optimal. Variabilitas genetik tertinggi ditemukan

pada karakter jumlah polong berisi per tanaman dan bobot 100 biji, yang ditunjukkan oleh nilai Vg dan koefisien variasi genetik (CVg) yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa karakter komponen hasil relatif lebih stabil secara genetik dan tetap mampu mengekspresikan perbedaan antar genotipe pada kondisi tanah masam. Pola serupa juga dilaporkan pada penelitian karakterisasi variabilitas genetik kedelai berdasarkan parameter morfologis dan agronomis, di mana karakter hasil dan komponen hasil umumnya memiliki kontribusi genetik yang lebih besar dibandingkan karakter pertumbuhan vegetatif, sehingga lebih potensial digunakan sebagai kriteria seleksi awal dalam program pemuliaan (Anjelina, 2025). Temuan ini menegaskan bahwa pada lahan masam, seleksi varietas kedelai sebaiknya difokuskan pada karakter hasil yang memiliki variabilitas genetik tinggi dan relatif stabil terhadap pengaruh lingkungan.

Analisis variabilitas fenotip menunjukkan bahwa ekspresi karakter kuantitatif kedelai pada kondisi tanah masam ( $\text{pH} \pm 4,5$ ) sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, dengan tingkat variasi yang berbeda antar karakter. Karakter tinggi tanaman menunjukkan nilai varians fenotip yang sangat rendah, bahkan bernilai negatif, yang secara statistik umumnya diperlakukan sebagai nol. Hal ini mengindikasikan bahwa ekspresi tinggi tanaman pada kondisi cekaman keasaman tanah relatif seragam antar genotipe dan sangat dibatasi oleh lingkungan tumbuh. Pola serupa juga dilaporkan pada karakter pertumbuhan vegetatif lain seperti jumlah cabang, yang meskipun memiliki variabilitas fenotip tinggi, menunjukkan dominasi pengaruh lingkungan terhadap ekspresi fenotipnya. Sebaliknya, karakter umur berbunga menunjukkan variabilitas fenotip sedang, mencerminkan bahwa meskipun lingkungan berperan, faktor genetik masih berkontribusi terhadap perbedaan waktu berbunga antar genotipe. Variabilitas

fenotip tertinggi ditemukan pada karakter jumlah polong berisi per tanaman dan bobot 100 biji, yang ditunjukkan oleh nilai  $V_p$  dan koefisien variasi fenotip (CVf) yang tinggi. Tingginya variasi fenotip pada komponen hasil menunjukkan bahwa karakter tersebut mampu mengekspresikan perbedaan fenotip antar genotipe secara lebih jelas, meskipun

berada pada lingkungan masam. Karakter dengan variabilitas fenotip tinggi umumnya lebih sensitif terhadap perbedaan genotipe dan lingkungan, sehingga berpotensi memberikan informasi penting dalam evaluasi adaptasi varietas pada kondisi stres spesifik, terutama pada lahan marginal (Singh & Chaudhary, 2019).

Tabel 3. Analisis Variabilitas Genetik Karakter Kuantitatif pada Tanah Masam

Karakter	Mean	MS Genotip	MS Error	Jumlah Ulangan (r)	Vg (Varians Genetik)	CVg (%)	Kriteria
Tinggi Tanaman	30,33	21,20	36,73	3	-5,17	-	Rendah
Jumlah Cabang	4,50	1	0,67	3	0,11	7,40	Rendah
Umur Berbunga	33,75	38,75	0	3	12,91	10,64	Sedang
Jumlah polong berisi per tanaman berta 100 biji	65,42	1370,97	582,63	3	262,77	24,78	Tinggi
	17,08	73,41	0,91	3	24,16	28,77	Tinggi

Tabel 4. Analisis Variabilitas Fenotip Karakter Kuantitatif pada Tanah Masam

Karakter	Mean	MS Genotip	MS Error	Jumlah Ulangan (r)	Vp (Varians Fenotip)	CVf (%)	Kriteria
Tinggi Tanaman	30,33	21,20	36,73	3	31,56	18,52	Rendah
Jumlah Cabang	4,50	1	0,66	3	0,11	72,30	Tinggi
Umur Berbunga	33,75	38,75	0	3	595,55	24,82	Sedang
Jumlah polong berisi per tanaman berta 100 biji	65,42	1370,97	582,63	3	263,69	28,77	Tinggi
	17,08	73,416	0,916	3	24,166	28,78	Tinggi

Estimasi heritabilitas arti luas ( $H^2$ ) menunjukkan perbedaan tingkat pengendalian genetik antar karakter kedelai pada kondisi tanah masam (pH  $\pm 4,5$ ). Karakter tinggi tanaman dan jumlah cabang memiliki nilai heritabilitas rendah, mencerminkan dominasi pengaruh lingkungan atas faktor genetik sehingga seleksi berbasis karakter pertumbuhan vegetatif menjadi kurang efektif dalam kondisi cekaman. Studi heritabilitas terbaru juga menunjukkan bahwa

heritabilitas karakter agronomi kedelai sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan genotipe, sehingga strategi seleksi harus mempertimbangkan interaksi gen-lingkungan yang kuat (Wijaya *et al.*, 2024). Karakter umur berbunga menunjukkan heritabilitas sedang, yang mencerminkan kontribusi genetik yang cukup namun masih dipengaruhi oleh lingkungan, sehingga seleksi terhadap karakter ini masih dimungkinkan tetapi memerlukan

evaluasi yang lebih cermat dan pengujian berulang. Sebaliknya, karakter jumlah polong berisi per tanaman dan bobot 100 biji memiliki nilai heritabilitas yang tinggi, menunjukkan bahwa variasi fenotip pada kedua karakter tersebut terutama dikendalikan oleh faktor genetik dan relatif stabil terhadap pengaruh lingkungan. Tingginya heritabilitas pada komponen hasil ini menegaskan bahwa karakter tersebut sangat responsif terhadap seleksi dan berpotensi besar dijadikan kriteria utama dalam program pemuliaan tanaman, khususnya untuk pengembangan varietas kedelai adaptif pada lahan masam (Kalamkhede *et al.*, 2025).

### KESIMPULAN

Pada kondisi tanah masam dengan pH sekitar 4,5, ekspresi karakter morfologis dan agronomis kedelai menunjukkan perbedaan tingkat pengendalian genetik antar karakter. Karakter pertumbuhan vegetatif, seperti tinggi tanaman dan jumlah cabang, memiliki variabilitas genetik dan heritabilitas rendah, yang mengindikasikan dominasi pengaruh lingkungan sehingga kurang efektif dijadikan kriteria seleksi pada kondisi cekaman. Sebaliknya, karakter komponen hasil, khususnya jumlah polong berisi per tanaman dan bobot 100 biji, menunjukkan variabilitas genetik dan heritabilitas tinggi, menandakan kuatnya pengaruh genetik dan stabilitas ekspresi karakter pada tanah masam. Oleh karena itu, seleksi varietas kedelai adaptif pada lahan masam sebaiknya difokuskan pada karakter komponen hasil yang memiliki heritabilitas tinggi, karena memberikan peluang keberhasilan seleksi yang lebih besar dalam program pemuliaan kedelai pada lahan marginal.

### DAFTAR PUSTAKA

Acquaah, G. (2020). *Principles of Plant Genetics and Breeding*. Wiley-Blackwell.

- Bedassa, T. A., Abebe, A. T., & Tolessa, A. R. (2022). Tolerance to soil acidity of soybean (*Glycine max* L.) genotypes under field conditions Southwestern Ethiopia. *PLoS ONE*, 17(9) September). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272924>
- Bian, M., Zhou, M., Sun, D., & Li, C. (2020). Molecular approaches unravel the mechanisms of acid soil tolerance in plants. *The Crop Journal*, 8(4), 577–588. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.01.003>
- Blum, A. (2011). *Plant Breeding for Water-Limited Environments*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7491-4>
- Crossa, J., Fritsche-Neto, R., Montesinos-Lopez, O., Costa-Neto, G., Dreisigacker, S., & Singh, R. P. (2021). Genomic selection in plant breeding: Methods, models, and perspectives. *Crop Science*, 61(2), 769–789. <https://doi.org/10.1002/csc2.20389>
- Fehr, W. R. (1987). *Principles of Cultivar Development: Volume 1. Theory and Technique*. Macmillan Publishing Company.
- Ibrahim, M., Iqbal, M., Tang, Y. T., Khan, S., Guan, D. X., & Li, G. (2022). Phosphorus Mobilization in Plant–Soil Environments and Inspired Strategies for Managing Phosphorus: A Review. In *Agronomy* (Vol. 12, Issue 10). MDPI. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102539>
- Kalamkhede, P., Rathod, M., Gawali, K., Sapkal, D., Gangasagar, P., & Kharche, K. A. (2025). Estimation of genetic variability, heritability, and genetic advance in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) genotypes.

- International Journal of Research in Agronomy*, 8(8), 679–682. <https://doi.org/10.33545/2618060x.2025.v8.i8j.3622>
- Kuswantoro, H. (2017). Genetic variability and heritability of acid-adaptive soybean promising lines. *Biodiversitas*, 18(1), 378–382. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d180149>
- Mullualem, D., Tsega, A., Mengie, T., Fentie, D., Kassa, Z., Fassil, A., Wondaferew, D., Gelaw, T. A., & Astatkie, T. (2024). Genotype-by-environment interaction and stability analysis of grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes using AMMI and GGE biplot analyses. *Heliyon*, 10(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32918>
- Ofoe, R., Thomas, R. H., Asiedu, S. K., Wang-Pruski, G., Fofana, B., & Abbey, Lord. (2023). Aluminum in plant: Benefits, toxicity and tolerance mechanisms. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 13). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1085998>
- Anjelina, P. (2025). *Karakterisasi Variabilitas Genetik Tanaman Kedelai (Glycine max [L.] Merrill) Berdasarkan Parameter Morfologis dan Agronomis*.
- Pertiwi, A., Putri, A. K., Zains, A. R., Pratiwi, F. P., & Sandi, R. B. (2025). Studi Deskriptif Variabilitas Genetik Tanaman Kedelai sebagai Strategi Pertanian Berkelanjutan. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(4), 2628–2636. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i4.3951>
- Rahman, Md. M., Islam, Md. R., Hossain, Md. A., & Alam, Md. K. (2023). Genetic variability and selection of soybean genotypes under stress-prone environments. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 26(4), 389–401. <https://doi.org/10.1007/s12892-023-00174-6>
- Singh, R. K., & Chaudhary, B. D. (2019). *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis*. Kalyani Publishers.
- Wei, Y., Han, R., Xie, Y., Jiang, C., & Yu, Y. (2021). Recent advances in understanding mechanisms of plant tolerance and response to aluminum toxicity. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 4, pp. 1–22). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/su13041782>
- Wijaya, A. A., Maulana, H., Amien, S., Ruswandi, D., & Karuniawan, A. (2024). Genetic Diversity, Heritability, And Genetic Gain In Black Soybean (*Glycine Soja* L. Merrill) In West Java, Indonesia. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*, 56(5), 1858–1871. <https://doi.org/10.54910/sabrao2024.56.5.10>
- Xu, Y., Zhang, X., Liu, X., & Li, R. (2023). Liming and organic amendments improve acidic soil properties but do not alter genotype ranking of soybean. *Agronomy*, 13(4), 1021. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041021>
- Yue, H., Wang, Y., Chen, Z., Zhu, J., Behera, P. P., Liu, P., Yang, H., Wei, J., Bu, J., Jiang, X., & Ma, W. (2025). Assessing the role of genotype by environment interaction of winter wheat cultivars using envirotyping techniques in North China. *Frontiers in Plant Science*, 16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1538661>