

**ESTIMASI NILAI RAGAM GENETIK DAN HERITABILITAS TOMAT TIPE DETERMINATE
PADA DUA LINGKUNGAN TANAM DI DATARAN RENDAH**

**GENETIC VARIANCE ESTIMATION AND HERITABILITY OF DETERMINATE TOMATO IN
TWO PLANTING ENVIRONMENTS IN LOWLAND**

Najmi Farhah¹, Ady Daryanto^{1*}, Muhammad Ridha Alfarabi Istiqlal¹, Edi Minaji Pribadi¹,
Sigit Widiyanto²

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma, Depok
Jl. Margonda Raya 100, Depok, Jawa Barat, Indonesia 16424

²Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi,
Universitas Gunadarma, Depok Jl. Margonda Raya 100, Depok, Jawa Barat, Indonesia 16424

*Korespondensi : adydaryanto@yahoo.com

Diterima : 02 Januari 2022 /Disetujui :21 Juni 2022

ABSTRAK

Pertumbuhan tomat pada lingkungan berbeda memberikan perbedaan hasil karena adanya interaksi genetik x lingkungan yang mempengaruhi ekspresi suatu gen pada kondisi lingkungan tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk menduga nilai ragam genetik serta nilai heritabilitas arti luas pada genotip tomat tipe *determinate* di dua lingkungan tanam. Penelitian dilakukan dari Maret hingga Juli 2021 dengan menggunakan Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKL) di dua lingkungan tanam (Depok dan Jakarta). Perlakuan terdiri dari 3 genotip tomat generasi F₆ dan 2 varietas komersil diulang sebanyak 3 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lingkungan tanam memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan genotip tomat yang digunakan. Nilai ragam genetik pada setiap karakter tergolong dalam kriteria sempit, kecuali pada karakter tebal daging buah dan luas daun. Nilai heritabilitas arti luas terhadap karakter yang diamati menunjukkan kriteria tinggi, kecuali pada karakter diameter buah (kriteria sedang) dan karakter tinggi tanaman (kriteria rendah). Genotip RwTa-4-10U-6U-4U-2U memberikan penampilan terbaik pada kedua lokasi tanam, dengan tinggi tanaman lebih rendah (91,09 cm), diameter batang lebih kekar (9,69 mm), buah lebih panjang (5,64 cm), diameter buah lebih besar (4,25 cm), total padatan terlarut lebih tinggi (5,22^oBrix), bobot per buah lebih besar (48,43 g), serta umur berbunga lebih genjah (25 HST) dibandingkan varietas Tantyna dan varietas Tora.

Kata kunci: Dataran rendah, Genotip, Interaksi, *Solanum lycopersicum*, Variabilitas.

ABSTRACT

Tomatoes growth in different environments give different results due to genetic x environment interaction that affect the expression of genes in a certain environmental condition. This study aimed to estimate the genetic variance and the broad sense heritability of determinate tomato genotypes in two growing environments. The study was conducted from March to July 2021, using a Randomized Complete Block Design (RCBD) in two planting environments (Depok and Jakarta). The treatments consisted of 3 genotypes of tomato generation F₆ and 2 commercial varieties with 3 replications. The results showed that the environment affected the growth and development of the tomato genotypes used. The genetic

ISSN : 2407-7933

80

Cite this as: Farhah, N., Daryanto, A., Istiqlal, M, R, A., Pribadi, E, M. & Widiyanto, S. (2022). Estimasi nilai ragam genetik dan heritabilitas tomat tipe determinate pada dua lingkungan tanam di dataran rendah. *Jurnal AGRO*, 9(1), 80-94. <https://doi.org/10.15575/16276>

variance was classified into narrow criteria except for flesh thickness and leaves area. The heritability value showed high value except for fruit diameter (medium) and plant height (low). The genotype RwTa-4-10U-6U-4U-2U gave the best performance at both planting locations, with lower plant height (91.09 cm), more harder stem diameter (9.69 mm), longer fruit (5.64 cm), larger fruit diameter (4.25 cm), higher total dissolved solids (5.22°Brix), greater weight per fruit (48.43 g), and early flowering (25 DAP) compared to the Tantyna and Tora varieties.

Keywords : Genotype, Interaction, Lowland, *Solanum lycopersicum*, Variability

PENDAHULUAN

Tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.) berasal dari Amerika Selatan yang kemudian diproduksi dan dikonsumsi secara luas oleh berbagai negara di dunia. Pada tahun 2019, Cina merupakan produsen tomat tertinggi di dunia yakni sebesar 62.764.671 t, kemudian peringkat selanjutnya adalah India, Turki, Amerika Serikat dan Mesir, sementara Indonesia berada pada urutan ke 20 (FAO, 2021). Di Indonesia, tomat lebih banyak dimanfaatkan pada skala rumah tangga, dengan tingkat konsumsi sebesar 634.01 ribu t (BPS, 2020).

Terbatasnya aktivitas di luar rumah pada masa pandemi menyebabkan banyak masyarakat yang beralih untuk melakukan kegiatan pertanian di pekarangan rumah, khususnya pada wilayah perkotaan (*urban farming*) sebagai upaya untuk menjaga ketahanan pangan. Pengetahuan mengenai varietas yang dapat tumbuh baik pada area terbatas seperti wilayah perkotaan menjadi penting untuk diketahui. Wilayah perkotaan di Indonesia dominan berada di daerah dataran rendah sehingga memiliki tantangan tersendiri bagi penanaman tanaman hortikultura seperti tomat.

Tanaman tomat beradaptasi dengan baik pada daerah dataran tinggi. Hal ini ditunjukkan dengan jumlah varietas yang telah dilepas oleh Kementerian Pertanian Indonesia sebanyak 210 varietas hingga

tahun 2020, dengan perakitan dalam bentuk hibrida, serta memiliki tipe tumbuh *indeterminate* yang adaptif pada kondisi dataran tinggi (Direktorat Perbenihan Hortikultura, 2021). Varietas *indeterminate* memiliki ciri keragaan tanaman yang tinggi dengan buah berukuran besar dengan waktu panen yang relatif lebih lama daripada varietas *determinate* sehingga untuk area terbatas varietas *determinate* lebih baik digunakan (Sutjahjo *et al.*, 2016).

Perakitan varietas unggul tomat berdaya hasil tinggi di dataran rendah dapat mengatasi permasalahan cekaman suhu tinggi yang menyebabkan rendahnya produksi tomat. Suhu tinggi dilaporkan menyebabkan kerontokan bunga yang tinggi dan penurunan potensi hasil pada tanaman tomat (Daryanto *et al.*, 2020). Cekaman suhu tinggi pada tanaman tomat merupakan cekaman abiotik utama yang dapat menyebabkan menurunnya viabilitas polen dan kegagalan dalam perkembangan serbuk sari (Lestari *et al.*, 2020). Tomat dengan tipe tumbuh *determinate* lebih adaptif pada penanaman di wilayah dataran rendah dengan suhu tinggi dibandingkan tipe tomat *indeterminate* (Ganeva *et al.*, 2018).

Keragaman genetik merupakan modal awal dari kegiatan perakitan varietas sehingga pengetahuan tersebut diperlukan untuk merancang metode pemuliaan dan seleksi yang sesuai. Selain itu, informasi

terkait nilai heritabilitas juga diperlukan untuk mengukur sejauh mana faktor genetik berperan terhadap penampilan suatu karakter tanaman sehingga dapat terwariskan ke generasi berikutnya.

Kegiatan penanaman tomat pada lokasi berbeda seringkali memberikan perbedaan pada karakter kuantitatif dikarenakan adanya interaksi genetik x lingkungan. Pemulia memerlukan informasi terkait interaksi genetik x lingkungan guna memudahkan identifikasi genotip unggul yang diharapkan. Penanaman di dua lokasi dapat memberikan hasil penelitian yang lebih baik dan lengkap dibandingkan hanya di satu lokasi tanam dalam menduga nilai keragaman genetik dan heritabilitas (Hermanto *et al.*, 2017; Syukur *et al.*, 2018).

Hasil penelitian Hermanto *et al.* (2017) memperlihatkan bahwa penanaman tomat pada lokasi berbeda memberikan pengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan tomat, yakni pada karakter bobot buah dan kekerasan buah, serta terdapat interaksi antara genotip dan lingkungan yang memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap karakter yang diamati. Penelitian lain yang dilakukan Dewi *et al.* (2015) mengindikasikan adanya perbedaan hasil pada tomat yang ditanam pada lokasi yang berbeda, dimana terdapat interaksi antara genotip x lingkungan yang memberikan pengaruh sangat nyata terhadap semua karakter yang diamati memiliki keragaman hasil sebesar 88,50%.

Penelitian ini bertujuan untuk menduga nilai ragam genetik dan nilai heritabilitas arti luas pada genotip tomat tipe *determinate* di dua lingkungan tanam di dataran rendah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Maret hingga Juli 2021 di Depok (*Greenhouse* Kampus F6 Universitas Gunadarma wilayah Depok) dan Jakarta (Kebun Percobaan Agroteknologi Kampus F7 Universitas Gunadarma Jakarta Timur, Jakarta). *Greenhouse* yang digunakan adalah tipe tropis unit tunggal dengan dinding berbahan *screen-net* kerapatan 60% serta atap berbahan plastik UV. Lokasi Depok berada pada ketinggian 54 meter di atas permukaan laut (m dpl) dan lokasi Jakarta berada pada ketinggian 57 m dpl.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLK) diulang sebanyak tiga kali, dimana ulangan tersarang dalam lokasi (Depok dan Jakarta). Material genetik yang digunakan adalah 3 genotip tomat *determinate* generasi F6 hasil persilangan antara Tantyna F1 dan Rewako yaitu RwTa-4-10U-5U-2U-2U, RwTa-4-10U-6U-1H-3U, dan RwTa-4-10U-6U-4U-2U, serta 2 varietas komersil yaitu varietas Tantyna F1 dan varietas Tora IPB. Varietas Tora IPB digunakan sebagai standar dalam merakit varietas inbrida. Kedua varietas komersil tersebut telah ditanam luas oleh petani serta dijual dalam kemasan kecil (*small pouch*) untuk kegiatan *urban farming* di wilayah perkotaan.

Benih tomat disemai terlebih dahulu selama 25-30 hari atau hingga terdapat 4 daun sejati, kemudian dipindah tanam pada *planter bag* dengan media campuran arang sekam dan *cocopeat* dengan perbandingan 1:1 (v/v). Penanaman dalam *greenhouse* menggunakan sistem hidroponik dengan sistem irigasi tetes. Pemupukan pada kedua lokasi dilakukan dengan penyiraman larutan AB Mix sebanyak 250 ml per

tanaman dengan konsentrasi 500 ppm pada fase penyemaian, 1000 ppm pada fase vegetatif, dan kemudian ditingkatkan menjadi 1500 ppm. Pemupukan lainnya adalah NPK Mutiara 16:16:16 sebanyak 10 g L⁻¹ dan Gandasil B 10 g L⁻¹.

Pengamatan dilakukan terhadap seluruh tanaman pada setiap genotip dan lokasi. Karakter yang diamati mengacu pada *International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV) 2001*. Karakter yang diamati antara lain, tinggi tanaman pada fase vegetatif yang diambil

dari tanaman berumur 2 MST (Minggu Setelah Tanam) (cm), tinggi tanaman pada fase generatif yang diambil dari tanaman berumur 11 MST (cm), diameter batang (cm), tinggi dikotomus atau tinggi cabang Y (cm), umur berbunga (HST), panjang buah (cm), diameter buah (cm), tebal daging buah (mm), kekerasan buah (kg cm⁻²) diukur menggunakan alat *handpenetrometer*, total padatan terlarut (°Brix) diukur menggunakan alat *refractometer*, bobot per buah (g), panjang daun (cm), lebar daun (cm) dan luas daun (cm²).

Tabel 1. Analisis ragam gabungan di dua lokasi dengan model tetap

Sumber Keragaman	Db	Kuadrat Tengah	Kuadrat Tengah Harapan	F _{hitung}
Lokasi	(l-1)	M ₅	-	M ₅ /M ₁
Ulangan/Lokasi	l(r-1)	M ₄	-	
Genotip	g-1	M ₃	$\sigma^2_e + r(\sigma^2_{gl} + \sigma^2_{glm}) + rl(\sigma^2_{gl} + \sigma^2_{gm})$	M ₃ /M ₁
Genotip*Lokasi	(g-1)(l-1)	M ₂	$\sigma^2_e + r(\sigma^2_{gl} + \sigma^2_{glm})$	M ₂ /M ₁
Galat	l(g-1)(r-1)	M ₁	σ^2_e	

Keterangan : r= jumlah ulangan, l= jumlah lokasi tanam, dan g= jumlah genotip

Data yang diperoleh dari setiap karakter pada setiap genotip diuji menggunakan uji normalitas dengan metode Kolmogorov-Smirnov dan uji homogenitas ragam dengan uji Barlett menggunakan Minitab 14. Setelah itu dianalisis menggunakan analisis ragam gabungan untuk 2 lokasi 1 musim tanam menggunakan model tetap mengacu pada Adriani *et al.* (2015) yang disajikan pada Tabel 1. Jika hasil uji F pada karakter nyata, maka dapat dilanjutkan dengan melakukan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan taraf 5% menggunakan *Statistical Analysis System (SAS)* versi 9.0. Setelah itu, dilakukan perhitungan parameter genetik seperti ragam genetik (σ^2_g), ragam lingkungan (σ^2_e), ragam interaksi antara genetik x lingkungan (σ^2_{gl}), serta ragam fenotipe (σ^2_p). Serta nilai Koefisien Keragaman Genetik / Koefisien

Varians Genetik (KVG) diperoleh berdasarkan perhitungan dari rumus berikut :

$$(\sigma^2_g) = (M_3 - M_2) / r$$

$$(\sigma^2_e) = M_1$$

$$(\sigma^2_{gl}) = (M_2 - M_1) / r$$

$$(\sigma^2_p) = \sigma^2_g + ((\sigma^2_{gxe} / l) + (\sigma^2_e / rl)), \text{ dan}$$

$$KVG = \frac{\sqrt{\sigma^2_g}}{X} \times 100\%$$

Nilai KVG dikategorikan ke dalam kriteria luas dan sempit berdasarkan perhitungan ragam genetik (σ^2_g) serta standar deviasi ragam genetik ($\sigma_{\sigma^2_g}$). Ketika nilai $\sigma^2_g > 2 \sigma_{\sigma^2_g}$ maka dapat dikatakan memiliki keragaman genetik yang luas, sementara itu ketika $\sigma^2_g < 2 \sigma_{\sigma^2_g}$ maka dapat dikatakan memiliki keragaman genetik kriteria sempit (Yamin *et al.*, 2015)

Perhitungan standar deviasi ragam genetik menurut (Hermanto *et al.*, 2017) :

$$\sigma_{\sigma^2g} = \sqrt{\frac{2}{(rl)^2} \left[\frac{M_3^2}{db_g + 2} + \frac{M_2^2}{db_e + 2} \right]}$$

Perhitungan nilai heritabilitas arti luas dan kategorinya berdasarkan Syukur *et al.*, (2018) adalah sebagai berikut :

$$h^2_{(BS)} = \frac{\sigma^2_g}{\sigma^2_p} \times 100\%$$

Nilai heritabilitas arti luas dikategorikan ke dalam tiga kategori, yakni rendah apabila $h^2_{(BS)}$ kurang dari 20%, kategori sedang apabila $h^2_{(BS)}$ 20-50%, serta kategori tinggi apabila $h^2_{(BS)}$ lebih dari 50%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran suhu rata-rata pada pagi hari di dalam *greenhouse* sebesar 29 - 32°C dengan kelembaban 72-87%, suhu rata-rata sore hari 30-31°C dengan kelembaban 61-75%, sedangkan pada Kebun Percobaan memiliki suhu rata-rata pada pagi hari 31-36°C dengan kelembaban 52-62%, suhu rata-rata sore hari 28-31°C dengan kelembaban 65-74%. Berdasarkan hasil pengujian normalitas data dan homogenitas ragam terhadap karakter yang diamati pada kedua lokasi menunjukkan bahwa secara umum data menyebar normal dan homogen serta asumsi untuk analisis statistik telah terpenuhi yakni ditandai dengan besarnya nilai peluang pada salah satu atau kedua uji tersebut menunjukkan lebih dari 0.05. Terdapat satu karakter yang tidak memenuhi asumsi tersebut, yaitu

karakter tinggi tanaman fase generatif, maka dilakukan transformasi data agar memenuhi asumsi analisis statistika.

Galat menyebar normal dan memiliki ragam yang homogen merupakan beberapa asumsi analisis ragam yang perlu diperhatikan. Pengujian homogenitas ragam merupakan syarat untuk melakukan analisis sidik ragam gabungan (Syukur *et al.*, 2011) sedangkan asumsi normalitas data berlaku untuk pengujian hipotesis dan tidak diperlukan dalam pendugaan komponen ragam.

Nilai Koefisien Keragaman (KK) terhadap seluruh karakter amatan pada kedua lokasi diketahui kurang dari 25% yakni sebesar 1,17-23,77%. Nilai KK kurang dari 25% juga ditemukan pada hasil penelitian Daryanto *et al.* (2020) pada pengujian tomat hibrida di dalam *greenhouse*, disebutkan bahwa yang memiliki nilai KK kurang dari 25% dikategorikan rendah. Semakin rendah nilai KK maka semakin baik dan asumsi kehomogenan ragam terpenuhi. Nilai KK yang bervariasi mengindikasikan bahwa pengaruh lingkungan bervariasi terhadap karakter yang diamati (Khasanah, 2013).

Berdasarkan analisis sidik ragam gabungan (Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5), diketahui bahwa secara umum lokasi memberikan pengaruh nyata hingga sangat nyata terhadap karakter amatan, kecuali pada karakter diameter buah, panjang buah dan bobot per buah. Genotip memberikan pengaruh nyata hingga sangat nyata, kecuali pada karakter panjang daun dan kekerasan buah.

Tabel 2. Uji normalitas data dan homogenitas ragam

No.	Karakter		Nilai P	
			Normalitas Data	Homogenitas Ragam
1.	Tinggi tanaman	Fase Vegetatif	> 0,150	0,018
		Fase Generatif	0,041	0,008
2.	Tinggi dikotomus		> 0,150	0,620
3.	Diameter batang	Fase Vegetatif	< 0,010	0,988
		Fase Generatif	> 0,150	0,917
4.	Umur berbunga		> 0,150	0,762
5.	Panjang buah		> 0,150	0,159
6.	Diameter buah		> 0,150	0,231
7.	Tebal daging buah		0,068	0,735
8.	Kekerasan buah		> 0,150	0,976
9.	Bobot per buah		< 0,010	0,180
9.	Total padatan terlarut		> 0,150	0,853
10.	Panjang daun		> 0,150	0,964
11.	Lebar daun		> 0,150	0,873
12.	Luas daun		0,057	0,481

Keterangan: Nilai $P > 0,05$ data menyebar normal dan ragam homogen

Tabel 3. Kuadrat tengah karakter tinggi tanaman, diameter batang, dan tinggi dikotomus 5 genotip uji pada dua lokasi tanam

Sumber Keragaman	Kuadrat Tengah				
	TTV	TTG ^T	DBtgV	DBtgG	TD
Lokasi	524,59 *	0,12 **	49,17 **	36,08 **	974,36 *
Ulangan/Lokasi	4,13 tn	0,00 tn	0,39 *	1,29 *	57,72 tn
Genotip	73,71 **	0,02 **	0,50 *	1,44 *	393,07 *
Genotip*Lokasi	53,35 **	0,02 **	0,12 tn	0,12 tn	59,90 tn
Galat	2,83	0,00	0,08	0,21	34,46
KK (%)	5,55	1,17	5,71	5,02	15,49

Keterangan: : * = berpengaruh nyata pada taraf 5%; ** = berpengaruh nyata pada taraf 1%; tn = tidak nyata; KK = Koefisien Keragaman; TTV = Tinggi tanaman vegetatif; TTG = Tinggi tanaman generatif; DBtgV = Diameter batang vegetatif; TD = Tinggi dikotomus; ^T = transformasi data.

Tabel 4. Kuadrat tengah karakter umur berbunga, panjang daun lebar daun, dan luas daun 5 genotip uji pada dua lokasi tanam

Sumber Keragaman	Kuadrat Tengah			
	UB	PD	LD	LuasD
Lokasi	433,20 **	231,30 **	212,27 **	23800,83 **
Ulangan/Lokasi	23,07 *	13,14 tn	2,42 tn	859,60 tn
Genotip	13,95 *	30,05 tn	12,55 *	2178,49 tn
Genotip*Lokasi	4,62 tn	2,56 tn	0,98 tn	546,91 tn
Galat	2,23	12,63	3,51	721,82
KK (%)	5,63	13,02	10,38	21,57

Keterangan: : * = berpengaruh nyata pada taraf 5%; ** = berpengaruh nyata pada taraf 1%; tn = tidak nyata; KK = Koefisien Keragaman; UB = Umur berbunga; PD = Panjang daun; LD = Lebar daun; LuasD = Luas daun.

Interaksi genotip x lingkungan padatan terlarut serta memberikan berpengaruh nyata terhadap karakter total pengaruh sangat nyata terhadap karakter

tinggi tanaman (Gambar 1). Interaksi genotip x lingkungan yang nyata menunjukkan adaptasi spesifik dari genotip terhadap lingkungan tanamnya. Sementara itu Anggraini & Purnamaningsih (2019) menyatakan bahwa, interaksi genetik x lingkungan yang tidak berpengaruh nyata mengindikasikan bahwa ketika lingkungan berbeda, genetik memberikan respon yang sama serta menunjukkan bahwa genotip

memiliki daya adaptasi yang luas pada karakter tersebut. Lokasi menjadi penyumbang keragaman terbesar, kemudian disusul oleh pengaruh genotip dan pengaruh interaksi genotip-lokasi pada semua karakter yang diamati dari hasil analisis ragam (sidik ragam). Hasil serupa dilaporkan pada penelitian cabai (Syukur *et al.*, 2011) dan tomat (Hermanto *et al.*, 2017).

Tabel 5. Kuadrat tengah karakter diameter buah, panjang buah, kekerasan buah, total padatan terlarut, tebal daging buah dan bobot per buah 5 genotip uji pada dua lokasi tanam

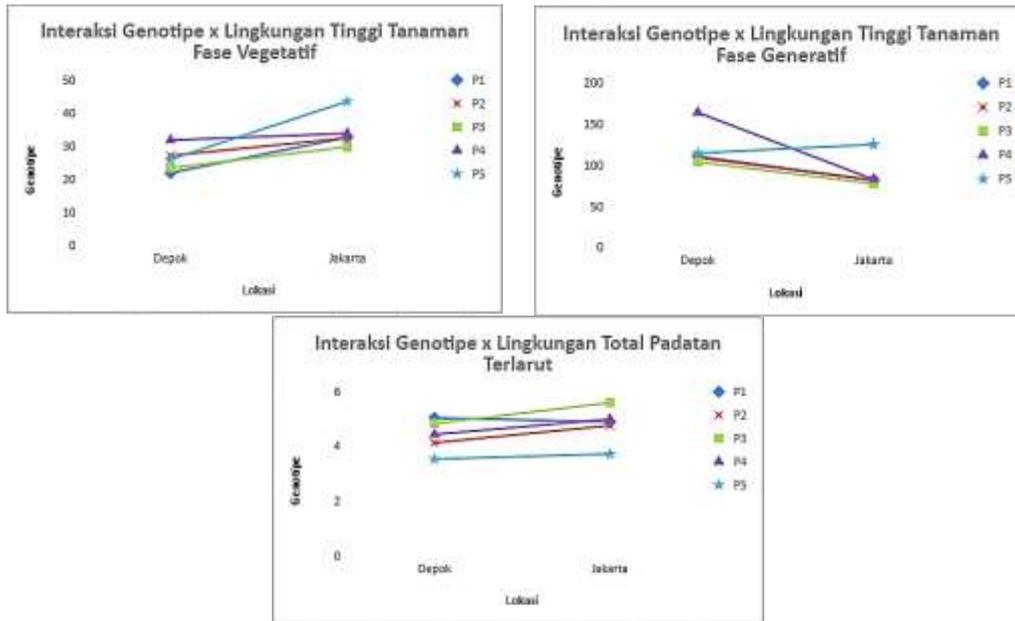
Sumber Keragaman	Kuadrat Tengah					
	PB	DB	TDB	KB	TPT	BPB
Lokasi	0,001 tn	0,04 tn	4,56**	7,19 *	0,67 *	31,97 tn
Ulangan/Lokasi	0,06 tn	0,03 tn	0,02 tn	0,23 tn	0,22 *	4,98 tn
Genotip	0,49 *	0,21*	0,77 *	0,84 tn	1,52 **	239,13 *
Genotip*Lokasi	0,08 tn	0,11 tn	0,10 tn	0,06 tn	0,20 *	146,98 tn
Galat	0,06	0,04	0,03	0,40	0,04	18,25
KK (%)	5,14	5,22	3,82	23,77	4,42	9,93

Keterangan: : *= berpengaruh nyata pada taraf 5%; ** = berpengaruh nyata pada taraf 1%; tn= tidak nyata; KK = Koefisien Keragaman; PB= Panjang buah; TDB= Tebal daging buah; KB= Kekerasan buah; TPT= Total padatan terlarut; BPB = Bobot per buah.

Genotip RwTa-4-10U-6U-4U-2U memiliki tinggi tanaman yang lebih rendah dibandingkan genotip uji lain dan kedua varietas komersil baik pada lokasi depok dan lokasi Jakarta dengan tinggi tanaman yang relatif sama. Perbedaan tinggi tanaman yang tajam ditunjukkan oleh varietas Tanyta F₁ dan Tora IPB. Hal tersebut menunjukkan adanya interaksi genetik x lingkungan yang sangat mempengaruhi ekspresi fenotipe pada lingkungan tanam yang berbeda.

Hasil tersebut sejalan dengan pernyataan Fischer *et al.* (2012), bahwa tinggi tanaman tomat yang berbeda pada masing-masing lokasi disebabkan karena adanya pengaruh interaksi genetik x

lingkungan terhadap aktivitas *source* dan *sink* pada proses fotosintesis. Hal ini menunjukkan bahwa tinggi tanaman antar genotip pada kedua lokasi memberikan keragaman yang berbeda, tidak seragam, dan belum memiliki daya adaptasi yang baik. Menurut Afandi *et al.* (2013), lingkungan seringkali dapat mempengaruhi tidak terekspresinya potensi genetik pada suatu tanaman. Karakter tinggi tanaman yang rendah dapat mengurangi biaya penyediaan dan penggunaan turus (tegakan bambu) pada budidaya tomat di dataran rendah.



Gambar 1 Grafik interaksi genotip (G) x lingkungan (E) karakter tinggi tanaman pada fase vegetatif, tinggi tanaman pada fase generatif, dan total padatan terlarut. P1 = RwTa-4-10U-5U-2U-2U; P2 = RwTa-4-10U-6U-1H-3U; P3 = RwTa-4-10U-6U-4U-2U; P4 = Tantina F1; P5 = Tora IPB.

Berdasarkan hasil perhitungan, karakter-karakter yang diamati memiliki nilai Koefisien Varians Genetik (KVG) dengan kriteria sempit, kecuali pada karakter luas daun dan tebal daging buah (Tabel 6). Karakter-karakter dengan nilai keragaman genetik yang rendah menunjukkan bahwa seleksi sudah tidak efektif dilakukan pada populasi tersebut (Syukur *et al.*, 2011). Keadaan tersebut sesuai dengan generasi dari materi genetik yang digunakan termasuk dalam kategori galur lanjut (generasi F_6) serta menunjukkan tingkat keseragaman populasi. Hal ini sejalan dengan penelitian Bahri *et al.* (2015) pada tomat generasi lanjut, bahwa pada karakter diameter batang, diameter buah, dan panjang buah memiliki nilai ragam genetik dengan kriteria sempit.

Nilai keragaman genetik sempit pada karakter kekerasan buah juga ditemukan pada penelitian Hermanto *et al.* (2017) serta

keragaman genetik kriteria sempit pada karakter tinggi tanaman dan umur berbunga sejalan dengan penelitian Wulandari *et al.* (2016). Seleksi masih efektif dilakukan pada karakter tebal daging buah dan luas daun karena memiliki nilai keragaman genetik yang luas. Keragaman genetik yang luas pada karakter tebal daging buah dilaporkan oleh Syukur *et al.* (2011) pada pengujian cabai di 6 lokasi penanaman.

Semakin bervariasi sifat individu pada suatu populasi, maka tingkat frekuensi gen yang diinginkan juga semakin meningkat. Hal ini menyebabkan semakin besarnya peluang untuk mendapatkan genotip yang memiliki sifat unggul untuk diwariskan pada generasi berikutnya melalui seleksi. Susunan genetik pada beberapa fase pertumbuhan dapat menyebabkan terjadinya keragaman terhadap pertumbuhan dan hasil suatu populasi tanaman.

Tabel 6. Nilai ragam genetik, standar deviasi ragam, dan koefisien keragaman genetik 5 genotip tomat pada dua lokasi

Karakter		σ_g^2	$\sigma_{\sigma_g^2}$	$2 \sigma_{\sigma_g^2}$	KVG(%)
Tinggi tanaman	Fase Vegetatif	3,39	8,76	17,52	33,46 S
	Fase Generatif	0,00	0,00	0,00	0,00 S
Tinggi dikotomus		55,53	38,26	76,56	121,04 S
Diameter batang	Fase Vegetatif	0,06	0,05	0,10	11,33 S
	Fase Generatif	0,22	0,14	0,28	15,60 S
Umur berbunga		1,56	1,41	2,82	24,21 S
Panjang buah		0,10	0,07	0,14	14,13 S
Diameter buah		0,02	0,03	0,06	7,62 S
Tebal daging buah		0,17	0,07	0,14	18,80 L
Kekerasan buah		0,20	0,12	0,24	27,08 S
Bobot per Buah		3,84	45,59	6,75	29,88 S
Total padatan terlarut		0,33	0,22	0,44	26,77 S
Panjang daun		4,58	2,90	4,80	40,96 S
Lebar daun		2,10	1,31	2,62	34,08 S
Luas daun		271,93	46712,27	216,13	147,73 L

Keterangan: KVG= koefisien varian genetik; σ_g^2 = ragam genetik; $\sigma_{\sigma_g^2}$ = standar deviasi ragam genetik; S= nilai keragaman genetik kriteria sempit; L= nilai keragaman genetik kriteria luas.

Apabila keragaman genetik sempit, maka kegiatan seleksi untuk perbaikan sifat menjadi kurang efektif dilakukan dikarenakan individu dalam populasi cenderung telah seragam (Hapsari, 2014). Hal serupa juga dijelaskan pada penelitian Sadimantara *et al.* (2013) bahwa karakter yang memiliki nilai keragaman genetik rendah atau sempit mengindikasikan bahwa tidak ada perbedaan susunan gen pada suatu genotip.

Nilai duga heritabilitas digunakan untuk mengetahui proporsi faktor genetik terhadap faktor lingkungan pada suatu karakter tanaman. Nilai heritabilitas arti luas pada karakter amatan berada pada rentang 27,63 – 93,27% sehingga tergolong dalam heritabilitas rendah hingga tinggi (Tabel 7). Karakter-karakter yang memiliki nilai heritabilitas kriteria tinggi (>50%) menunjukkan peran genetik lebih besar dibandingkan lingkungan dalam membentuk penampilan pada karakter tersebut serta dapat terwariskan. Sebaliknya karakter dengan nilai heritabilitas rendah disebabkan

oleh peran lingkungan yang lebih besar dibandingkan genetik dan tidak akan terwariskan ke generasi selanjutnya. Peran genetik yang besar diperlukan untuk kegiatan seleksi. Peran genetik yang besar dapat diduga dari nilai heritabilitas yang tinggi (Saputra *et al.*, 2019; Hermanto *et al.*, 2017).

Nilai heritabilitas karakter diameter buah berada pada kriteria sedang (44,53%). Kriteria sedang pada karakter diameter buah juga ditemukan pada penelitian Singh *et al.* (2015) sedangkan Saputra *et al.* (2019) melaporkan diameter buah dengan nilai heritabilitas yang tinggi sebesar 72%. Perbedaan tersebut diduga karena populasi tetua pembentuk yang berbeda. Nilai heritabilitas kriteria sedang juga terdapat pada karakter bobot per buah (38,53%). Heritabilitas pada karakter bobot per buah dengan kriteria sedang juga terdapat pada penelitian Rosyidah *et al.* (2016).

Kehadiran gen aditif dapat menyebabkan nilai heritabilitas yang tinggi pada suatu karakter. Nilai heritabilitas arti

luas yang diharapkan pada karakter amatan adalah sedang hingga tinggi, sehingga karakter tinggi tanaman tidak menjadi acuan untuk proses seleksi. Nilai heritabilitas yang rendah mengindikasikan bahwa faktor lingkungan memberikan porsi yang lebih besar sehingga seleksi pada karakter-karakter tersebut akan kurang efektif dilakukan.

Karakter tinggi tanaman fase vegetatif memiliki nilai heritabilitas sebesar 27,63%, sementara pada karakter tinggi tanaman

pada fase generatif nilai duga heritabilitas bernilai 0 hal ini dikarenakan nilai ragam genotip yang bernilai negatif, sehingga nilai heritabilitas tergolong dalam heritabilitas kriteria rendah. Nilai negatif pada pendugaan nilai heritabilitas diduga dikarenakan lokasi lebih dominan mempengaruhi dibandingkan dengan faktor genetik (Adriani *et al.*, 2015; Febriani *et al.*, 2022).

Tabel 7. Nilai ragam galat, ragam interaksi genetik x lingkungan, ragam genetik, ragam fenotip dan heritabilitas 5 genotip tomat pada dua lokasi

Karakter	σ^2_e	σ^2_{gxe}	σ^2_g	σ^2_p	$h^2_{(BS)}$
Tinggi tanaman fase vegetatif	2,83	16,84	3,39	12,29	27,63 R
Tinggi tanaman fase generatif	0,00	0,01	- 0,00	0,00	0,00 R
Tinggi dikotomus	34,46	59,90	55,53	65,51	84,76 T
Diameter batang fase vegetatif	0,08	0,01	0,06	0,08	76,23 T
Diameter batang fase generatif	0,21	0,00	0,22	0,24	92,00 T
Umur berbunga	2,23	0,79	1,56	2,33	66,91 T
Panjang buah	0,07	0,00	0,10	0,12	83,86 T
Diameter buah	0,04	0,04	0,02	0,05	44,53 S
Tebal daging buah	0,03	0,03	0,17	0,19	87,18 T
Kekerasan buah	0,40	0,00	0,20	0,21	93,27 T
Bobot per Buah	18,24	6,17	3,84	9,96	38,53 S
Total padatan terlarut	0,04	0,08	0,33	0,38	86,74 T
Panjang daun	12,63	0,00	4,58	5,01	91,46 T
Lebar daun	3,51	0,00	2,10	2,26	92,74 T
Luas daun	721,82	0,00	271,93	363,08	74,89 T

Keterangan: σ^2_e ragam galat; σ^2_g = ragam genetik; σ^2_{gxe} = ragam interaksi genetik x lingkungan; σ^2_p = ragam fenotip; $h^2_{(BS)}$ = heritabilitas arti luas; R= heritabilitas arti luas kriteria rendah; S= heritabilitas arti luas kriteria sedang; T= heritabilitas arti luas kriteria tinggi.

Genotip RwTa-4-10U-6U-4U-2U memiliki diameter batang yang lebih kekar dibandingkan genotip uji lain dan kedua varietas komersil. Tidak adanya interaksi genetik x lingkungan pada karakter diameter batang menunjukkan bahwa perubahan lingkungan dapat diatasi dengan adanya sifat yang terkombinasi sehingga karakter diameter batang dapat beradaptasi dengan baik pada kedua lingkungan (Anasari *et al.*,

2017). Diameter yang besar dapat mengurangi kerebahan pada saat tanaman tomat memasuki fase berbuah atau generatif. Panjaitan *et al.* (2015) menyatakan bahwa tanaman berbatang tinggi lebih rentan terhadap kerebahan dibandingkan dengan tanaman yang berbatang pendek sehingga ukuran diameter dapat dijadikan indikator tingkat kerebahan tanaman.

Tabel 8. Nilai rata-rata tinggi tanaman, tinggi dikotomus, diameter batang dan umur berbunga genotip tomat pada dua lokasi tanam

Genotip	TTV	TTG	DBtgV	DBtgG	TD	UB
RwTa-4-10U-5U-2U-2U	27,37 bc	96,68 b	5,27 a	9,37 ab	29,77 c	25,33 b
RwTa-4-10U-6U-1H-3U	29,86 b	85,76 b	4,91 ab	8,59 b	32,86 c	25,83 b
RwTa-4-10U-6U-4U-2U	26,67 c	91,09 b	5,19 a	9,69 a	34,05 bc	25,50 b
Tantyna F1	32,90 a	123,70 a	4,96 ab	9,17 ab	48,73 a	27,00 ab
Tora IPB	34,82 a	120,317 a	4,53 b	8,57 b	44,10 ab	29,00 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji lanjut BNJ taraf 5%; TTV = Tinggi tanaman vegetatif; TTG= Tinggi tanaman generatif; DBtgV= Diameter batang vegetatif; TD= Tinggi dikotomus; UB= Umur berbunga.

Genotip RwTa-4-10U-6U-4U-2U juga memiliki umur berbunga lebih genjah (25 HST), buah lebih panjang dan memiliki diameter yang besar. Menurut Imam *et al.* (2015), karakter panjang dan diameter buah

hasil persilangan akan menghasilkan berbeda nyata dengan varietas pembanding dan lebih dipengaruhi oleh faktor genetik, serta kedua karakter tersebut dikendalikan secara poligen (banyak gen).

Tabel 9. Nilai rata-rata panjang buah, diameter buah, tebal daging buah, kekerasan buah dan bobot per buah genotip tomat pada dua lokasi tanam

Genotip	Panjang Buah	Diameter Buah	Tebal Daging Buah	Kekerasan Buah	Bobot per Buah
RwTa-4-10U-5U-2U-2U	5,20 ab	3,66 b	4,33 b	2,23 a	41,76 ab
RwTa-4-10U-6U-1H-3U	5,09 ab	3,90 ab	5,10 a	2,70 a	40,78 b
RwTa-4-10U-6U-4U-2U	5,64 a	4,25 a	4,39 b	3,17 a	48,43 a
Tantyna F1	4,67 b	4,11 ab	5,32 a	3,07 a	43,02 ab
Tora IPB	5,02 ab	3,88 ab	4,64 b	2,19 a	41,02 ab

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji lanjut BNJ taraf 5%

Sementara itu, genotip RwTa-4-10U-6U-4U-2U memiliki buah yang cenderung lebih keras dibandingkan genotip uji lain dan varietas komersil yakni sebesar 3.17 kg.cm⁻². Baharuddin *et al.* (2014) melaporkan bahwa karakter kekerasan buah bernilai stabil baik dalam kondisi dengan naungan atau tanpa naungan. Saputra *et al.* (2019) melaporkan jumlah gen pengendali untuk karakter kekerasan buah dikendalikan oleh satu gen. Buah tomat yang keras lebih diminati oleh konsumen, dikarenakan dapat lebih lama disimpan. Tomat yang memiliki kekerasan yang baik terhindar dari kerusakan fisik

during transportation (Lospiani *et al.*, 2017).

Hasil penelitian pada karakter bobot per buah pada lima genotip uji menunjukkan bahwa genotip RwTa-4-10U-6U-4U-2U lebih berat dibandingkan dengan genotip uji lain maupun kedua varietas komersil, dimana genotip RwTa-4-10U-6U-4U-2U memiliki bobot per buah sebesar 48.43 g (Tabel 9). Bobot per buah pada genotip RwTa-4-10U-6U-4U-2U yang cenderung lebih berat ini dikarenakan diameter buah yang lebih besar. Sejalan dengan pertumbuhan diameter buah yang semakin besar, maka

berat per buah juga akan semakin besar (Magdalena *et al.*, 2014). Hasil yang berbeda pada genotip uji ini disebabkan karena faktor

genetik yang mempengaruhi (Imam *et al.*, 2015).

Tabel 10. Nilai rata-rata total padatan terlarut, panjang daun, lebar daun dan luas daun genotip tomat pada dua lokasi tanam

Genotip	Total Padatan Terlarut	Lebar Daun	Panjang Daun	Luas daun
RwTa-4-10U-5U-2U-2U	4.90 ab	19.70 a	28.85 a	137.53 a
RwTa-4-10U-6U-1H-3U	4.47 b	16.35 b	25.12 a	108.75 a
RwTa-4-10U-6U-4U-2U	5.22 a	16.62 ab	24.88 a	99.32 a
Tantyna F1	4.75 ab	18.40 ab	27.72 a	139.23 a
Tora IPB	3.60 c	19.17 ab	29.92 a	138.03 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji lanjut BNJ taraf 5%

Total padatan terlarut berkaitan dengan tingkat rasa manis pada buah tomat, dimana nilai total padatan terlarut pada buah tomat umumnya berkisar antara 5-7%. Berdasarkan hasil penelitian, nilai total padatan terlarut berkisar antara 3,60-5,22 °Brix, dimana seluruh genotip uji memiliki nilai total padatan terlarut lebih besar dibandingkan dengan varietas Tora IPB. Genotip RwTa-4-10U-6U-4U-2U menunjukkan nilai total padatan terlarut tertinggi (5,22 °Brix) (Tabel 10). Hal ini sejalan dalam penelitian Sentani *et al.*, (2016) bahwa, pada penanaman genotip tomat generasi lanjut menunjukkan karakter panjang buah, tebal daging buah serta total padatan terlarut memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan varietas komersil.

SIMPULAN

1. Keragaman genetik genotip tomat F6 dan varietas komersil yang diuji pada tergolong dalam kriteria sempit, kecuali pada karakter tebal daging buah dan luas daun.
2. Nilai heritabilitas arti luas terhadap karakter yang diamati menunjukkan kriteria tinggi, kecuali pada karakter diameter buah dan bobot per buah

(kriteria sedang) dan karakter tinggi tanaman (kriteria rendah).

3. Genotip RwTa-4-10U-6U-4U-2U memberikan penampilan yang baik pada kedua lokasi tanam, dengan tinggi tanaman lebih rendah (91,09 cm), diameter batang lebih kekar (9,69 mm), panjang buah (5,64 cm), diameter buah (4,25 cm), total padatan terlarut (5,22 °Brix), bobot per buah yang lebih berat (48,43 g), serta umur berbunga lebih genjah (25 HST) dibandingkan varietas Tantyna dan varietas Tora.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Masyarakat (DRTPM) Republik Indonesia, melalui Hibah Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi dengan nomor kontrak 069/E5/PG.02.00.PT/2022 (456/LL3/AK.04/2022, 11.31/LP/UG/VI/2022).

DAFTAR PUSTAKA

Adriani, A., M. Azrai, Suwarno, W. B., & S. H. Sutjah. (2015). Pendugaan keragaman genetik dan heritabilitas jagung hibrida

- silang puncak pada perlakuan cekaman kekeringan. *Informatika Pertanian*, 24(1), 91–100. <https://doi.org/10.21082/ip.v24n1.2015.p91-100>
- Afandi, M. A., Sulistyono, R., & Herlina, N. (2013). Respon pertumbuhan dan hasil lima varietas melon (*Cucumis melo* L.) pada tiga ketinggian tempat. *Jurnal Produksi Tanaman*, 1(4), 342–352. <https://doi.org/10.21176/protan.v1i4.43>
- Anasari, N. R., Kendarini, N., & Purnamaningsih, S. L. (2017). Interaksi genotip x lingkungan pada empat genotip pakchoy (*Brassica rapa* L.) di tiga lokasi. *Jurnal Produksi Tanaman*, 5(1), 56–60. <https://doi.org/10.21176/protan.v5i1.351>
- Anggraini, Y. D., & Purnamaningsih, S. L. (2019). Interaksi genotip x lingkungan beberapa genotip cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) di dua lokasi. *Jurnal Produksi Tanaman*, 7(8), 1574–1580.
- Baharuddin, R., Chozin, M. A., & Syukur, M. (2014). Toleransi 20 genotip tanaman tomat terhadap naungan. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 42(2), 130–135. <https://doi.org/10.24831/jai.v42i2.8431>
- Bahri, S., Zuhry, E., & Deviona. (2015). Pendugaan parameter genetik beberapa karakter agronomi pada populasi tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill. *Jom Faperta*, 2(1), 1–13.
- BPS. (2020). Statistik Hortikultura 2020. In *Badan Pusat Statistik*. Badan Pusat Statistik.
- Daryanto, A., Istiqlal, M. R. ., Kalsum, U., & Kurniasih, R. (2020). Penampilan karakter hortikultura beberapa varietas tomat hibrida di rumah kaca dataran rendah. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 48(2), 157–164. <https://doi.org/10.24831/jai.v48i2.30502>
- Dewi, S. M., Sobir, & Syukur, M. (2015). Interaksi Genotip x Lingkungan Hasil dan Komponen hasil 14 genotip tomat di empat lingkungan dataran rendah. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 43(1), 59–65. <https://doi.org/10.24831/jai.v43i1.9592>
- Direktorat Perbenihan Hortikultura. (2021). *Database varietas tomat*. <http://varitas.net/dbvarietas/>
- FAO. (2021). *Crop and livestock product*. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
- Febriani, N. F. S., Lestari, R., Widiyanto, S., & Daryanto, A. (2022). Penampilan agronomi populasi F3 tomat pada budidaya hidroponik di rumah kaca dataran rendah. *Jurnal Ilmu Dasar*, 23(1), 55–64. <https://doi.org/10.19184/jid.v23i1.24230>
- Fischer, G., Almanza-Merchán, P. J., & Ramírez, F. (2012). Source-sink relationships in fruit species: A review. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(2), 238–253. <https://doi.org/10.17584/rcch.2012v6i2.1980>
- Ganeva, D. G., Grozeva, S. Y., & Pevicharova, G. T. (2018). Evaluation of productivity and productivity compounds in tomato accessions grown under elevated temperature and reduced irrigation. *Journal of International Scientific Publications*, 6, 99–110.
- Hapsari, R. T. (2014). Pendugaan keragaman genetik dan korelasi antara komponen hasil kacang hijau berumur genjah. *Buletin Plasma Nutfah*, 20(2), 51–58. <https://doi.org/10.21082/blpn.v20n2.2014.p51-58>

- Hermanto, R., Syukur, M., & . W. (2017). Pendugaan ragam genetik dan heritabilitas karakter hasil dan komponen hasil tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) di dua lokasi. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 8(1), 31–38. <https://doi.org/10.29244/jhi.8.1.31-38>
- Imam, K., Murniati, & Deviona. (2015). Keragaan 8 genotip tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) di dataran rendah. *Jom Faperta*, 2(1), 1–8.
- Khasanah, U. (2013). Evaluasi karakter dan daya hasil beberapa genotip tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) di kebun percobaan IPB Tajur, Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Lestari, F. W., Suminar, E., Nuraini, A., Ezura, H., & Mubarak, S. (2020). Perubahan viabilitas pollen dan anatomi stomata pada dua mutan tomat, iaa9-3 dan iaa9-5, akibat cekaman suhu tinggi. *Agrikultura*, 31(1), 25. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v31i1.25768>
- Lospiani, N. P. N., Utama, I. M. S., & Pudja, I. . R. P. (2017). Pengaruh lama waktu cekaman anaerobik dan konsentrasi emulsi lilin lebah sebagai bahan pelapis terhadap mutu dan masa simpan buah tomat. *Beta (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 5(2), 9–19.
- Magdalena, L., Adiwirman, & Zuhry, E. (2014). Uji perumbuhan dan hasil beberapa genotip tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) di dataran rendah. *Jom Faperta*, 1(2), 1–10.
- Panjaitan, R., Zuhry, E., & Deviona. (2015). Karakterisasi dan hubungan kekerabatan 13 genotip sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Mouch koleksi Batan. *Jom Faperta*, 2(1), 1–7.
- Rosyidah, N. ., Damanhuri, & Respatijati. (2016). Seleksi Populasi F3 pada Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 4(3), 231–239.
- Sadimantara, Gusti, R., & Tanti, T. (2013). Pendugaan diversitas genetik dan korelasi antar karakter agronomi padi gogo. *Jurnal Agricultural*, 23(3), 1–9.
- Saputra, H. E., Ganefianti, D. W., Salamah, U., Sariasih, Y., & Ardiansyah, N. D. (2019). Estimasi ragam, jumlah kelompok gen pengendali karakter dan heritabilitas hasil tomat di dataran rendah. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 10(2), 112–118. <https://doi.org/10.29244/jhi.10.2.112-118>
- Sentani, L., Syukur, M., & Marwiyah, Si. (2016). Uji daya hasil lanjutan tomat (*Solanum lycopersicum* L.) populasi F8. *Buletin Agrohorti*, 4(1), 70–78.
- Singh, N., Ram, C. N., Deo, C., Yadav, G. C., & Singh, D. P. (2015). Genetic variability, heritability and genetic advance intomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Plant Archives*, 15(2), 705–709. <https://doi.org/ISSN 0972-5210>
- Sutjahjo, S. H., Herison, C., Sulastrini, I., & Marwiyah, S. (2016). Pendugaan keragaman genetik beberapa karakter pertumbuhan dan hasil pada 30 genotip tomat lokal. *Jurnal Hortikultura*, 25(4), 304–310. <https://doi.org/10.21082/jhort.v25n4.2015.p304-310>
- Syukur, M., Sujiprihati, S., & Yuniанти, R. (2018). *Teknik Pemuliaan Tanaman* (Edisi revi). Penebar Swadaya.
- Syukur, Muhamad, Sujiprihati, S., Yuniанти, R., & Kusumah, A. (2011). Pendugaan ragam genetik dan heritabilitas karakter komponen hasil beberapa genotip cabai. *Jurnal Agrivigor*, 10(2), 148–156.
- Yamin, M., Efendi, D., Meranti, J., & Darmaga, K. (2015). Pendugaan parameter genetik populasi F3 dan F4 tanaman gandum persilangan Oasis x

HP1744. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 34(2014), 237–245.

Wulandari, J. E., Yulianah, I., & Saptadi, D. (2016). Heritabilitas dan kemajuan genetik harapan empat populasi F2 tomat (*Lycopersicon esculentum Mill.*) pada budidaya organik. 4(5), 361–369. <https://doi.org/10.21176/protan.v4i5>.
304