

Penentuan Karakter Seleksi dan Seleksi Individu F₂ Persilangan Tomat Buah Besar dengan Buah Kecil

Determination of Selection Characters and Individual Selection in F₂ Progeny from a Cross between Large-Fruited and Small-Fruited Tomato Plants

Helfi Eka Saputra*, Dwi Wahyuni Ganefianti, Atra Romeida

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu,
Jl. WR Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371, Indonesia

*Penulis Korespondensi: hesaputra@unib.ac.id

Disetujui : 18 Juli 2025 / *Published Online* September 2025

ABSTRACT

Crossing large-fruited tomatoes with small-fruited ones results in high diversity in the F₂ population. Determining selection characters and conducting individual selection in the F₂ population is crucial for obtaining the best genotypes. This study aimed to determine the characters that contributed directly and indirectly to yield and to obtain superior F₂ individuals with the potential to become the best lines. The research was conducted in Kandang Limun Village, Bengkulu City, 10 meters above sea level (lowland). The F₂ population, derived from the cross between large-fruited and small-fruited tomatoes, consisted of 200 plants. The results indicated that the number of fruits per plant was the primary selection criterion, while plant height, flowering age, fruit length, fruit diameter, and flesh thickness supported yield improvement. The twenty best F₂ genotypes selected were TMU-9, TMU-184, TMU-215, TMU-198, TMU-164, TMU-191, TMU-214, TMU-204, TMU-10, TMU-163, TMU-193, TMU-194, TMU-44, TMU-207, TMU-213, TMU-195, TMU-61, TMU-220, TMU-166, and TMU-201.

Keywords: genetic gain, genotype, path analysis, selection index

ABSTRAK

Persilangan tomat buah besar dengan buah kecil akan menghasilkan keragaman yang tinggi pada populasi F₂. Penentuan karakter seleksi dan seleksi individu pada populasi F₂ sangat dibutuhkan untuk mendapatkan genotipe terbaik. Penelitian bertujuan untuk menentukan karakter-karakter yang memberikan kontribusi langsung dan tidak langsung terhadap hasil dan memperoleh individu F₂ unggul yang berpotensi sebagai galur terbaik. Penelitian dilaksanakan di Kelurahan Kandang Limun, Kota Bengkulu dengan ketinggian 10 m dpl (dataran rendah). Populasi yang digunakan adalah F₂ hasil persilangan tomat buah besar dengan buah kecil sebanyak 200 tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakter jumlah buah per tanaman merupakan karakter seleksi utama. Karakter tinggi tanaman, umur berbunga, panjang buah, diameter buah, dan tebal daging buah juga berperan penting sebagai pendukung peningkatan hasil. Dua puluh genotipe F₂ terbaik yang terseleksi adalah TMU-9, TMU-184, TMU-215, TMU-198, TMU-164, TMU-191, TMU-214, TMU-204, TMU-10, TMU-163, TMU-193, TMU-194, TMU-44, TMU-207, TMU-213, TMU-195, TMU-61, TMU-220, TMU-166, dan TMU-201.

Kata kunci: analisis lintas, genotipe, indeks seleksi, kemajuan genetik

PENDAHULUAN

Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) merupakan salah satu komoditas hortikultura penting dengan nilai ekonomi dan kandungan gizi yang tinggi. Permintaan varietas unggul yang memiliki produktivitas tinggi, mutu buah yang baik, serta adaptasi luas terhadap kondisi lingkungan semakin meningkat seiring perkembangan kebutuhan pasar dan industri pengolahan (Egea *et al.*, 2022). Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan program pemuliaan tomat untuk memperoleh genotipe baru dengan kombinasi karakter agronomis dan mutu buah yang unggul.

Persilangan antara tetua berbuah besar dan kecil merupakan pendekatan yang umum digunakan dalam pemuliaan tomat. Genotipe buah besar umumnya memiliki potensi hasil tinggi, sedangkan buah kecil cenderung lebih adaptif, lebih awal berbuah, dan memiliki ketahanan lebih baik terhadap stres lingkungan (Eshwar *et al.*, 2023). Persilangan kedua tipe ini menghasilkan populasi F₂ dengan keragaman genetik luas yang memungkinkan dilakukannya seleksi individu unggul (Saputra *et al.*, 2019). Namun, seleksi pada generasi segregasi awal seperti F₂ menjadi kompleks karena segregasi genetik yang tinggi (Fhadilah *et al.*, 2022). Populasi segregasi yang tinggi tersebut dapat dimanfaatkan untuk seleksi individu. Seleksi langsung berdasarkan hasil sering kali kurang efisien karena hasil merupakan karakter kuantitatif yang dipengaruhi oleh banyak komponen sehingga analisis korelasi antar karakter terhadap hasil menjadi penting sebagai pertimbangan dalam seleksi. Analisis korelasi memberikan gambaran hubungan antar karakter, melainkan tidak dapat untuk menilai kontribusi langsung dan tidak langsung suatu karakter terhadap hasil. Solusi dari masalah tersebut dengan analisis lintas (*path analysis*) (Arya *et al.*, 2023; Tsaye *et al.*, 2022).

Analisis lintas (*path analysis*) memungkinkan pemulia mengidentifikasi karakter-karakter utama yang paling berpengaruh terhadap hasil, sehingga dapat dijadikan dasar dalam seleksi (Eshwar *et al.*, 2023). Karakter-karakter seperti jumlah buah per tanaman, bobot buah per buah, dan diameter buah dilaporkan memiliki pengaruh langsung yang kuat terhadap hasil (Arya *et al.*, 2023; Zannat *et al.*, 2023). Selain itu, pendekatan indeks seleksi (*selection index*) telah digunakan secara luas untuk meningkatkan efisiensi seleksi dalam pemuliaan tanaman. Indeks seleksi memungkinkan pemilihan individu berdasarkan kombinasi beberapa karakter penting secara simultan dengan mempertimbangkan

kontribusi relatif masing-masing karakter terhadap tujuan seleksi (Farid *et al.*, 2024; Fhadilah *et al.*, 2022).

Penggunaan seleksi indeks pada populasi F₂ menjadi sangat penting karena memanfaatkan segregasi maksimal. Kombinasi antara hasil analisis lintas dan penyusunan indeks seleksi memberikan landasan yang kuat dalam menentukan kriteria seleksi yang tepat, efisien, dan berbasis data. Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi analisis korelasi, *path analysis*, dan seleksi indeks dapat secara signifikan meningkatkan akurasi seleksi dan keberhasilan pemuliaan tanaman tomat (Farid *et al.*, 2024; Anisa *et al.*, 2022; Fhadilah *et al.*, 2022). Namun, informasi terkait penerapan gabungan metode tersebut pada populasi F₂ hasil persilangan genotipe tomat buah besar dan kecil masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakter-karakter yang memberikan kontribusi langsung dan tidak langsung terhadap hasil serta memperoleh individu F₂ unggul hasil persilangan tomat buah besar dengan buah kecil yang berpotensi sebagai galur terbaik.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kelurahan Kandang Limun, Kota Bengkulu dengan ketinggian 10 m dpl (dataran rendah). Populasi yang digunakan adalah F₂ hasil persilangan tomat buah besar dengan buah kecil sebanyak 200 tanaman. Setiap individu pada populasi F₂ yang berbeda secara genetik sehingga tidak menggunakan rancangan lingkungan. Lahan tanam yang digunakan dioptimalkan pada kondisi seragam berupa lahan datar dan tanpa ada naungan. Karakter yang diamati adalah karakter vegetatif dan generatif meliputi:

1. Tinggi tanaman (cm), diamati pada umur 6 MST yang diukur dari permukaan tanah hingga titik tumbuh tertinggi.
2. Panjang anak daun terujung (cm), diamati pada umur 6 MST pada anak daun terujung di daun yang berada pada 1/3 bagian tanaman, panjang anak daun diukur dari pangkal anak daun hingga ujung anak daun.
3. Lebar anak daun terujung (cm), diamati pada umur 6 MST pada anak daun terujung di daun yang berada pada 1/3 bagian tanaman, diameter anak daun diukur pada bagian terlebar anak daun.
4. Umur berbunga (HST), ditandai dengan mekarnya bunga ketiga pada tandan kedua.
5. Umur panen (HST), ditandai dengan ada satu buah yang memiliki warna merah.

6. Rerata jumlah bunga per tandan (bunga), diukur dengan merata-ratakan jumlah bunga yang terbentuk dari tandan kedua sampai keempat.
7. Rerata jumlah buah per tandan (buah), diukur dengan merata-ratakan jumlah buah yang terbentuk dari tandan kedua sampai keempat.
8. Jumlah buah per tanaman (buah), dihitung setiap kali panen dengan merata-ratakan jumlah buah yang dipanen pada setiap tanaman.
9. Panjang buah (cm), diukur dari pangkal hingga ujung buah pada bagian tengah buah yang sama yang dipanen antara panen kedua hingga keempat pada 5 buah setiap tanaman.
10. Diameter buah (cm), diukur pada bagian tengah buah yang sama yang dipanen antara panen kedua hingga keempat pada 5 buah setiap tanaman.
11. Jumlah rongga buah (lokul), diukur pada 5 buah yang dipanen pada panen kedua hingga keempat dengan merata-ratakan jumlah lokul yang terbentuk dari setiap buah yang diamati.
12. Tebal daging buah (mm), diukur dengan merata-ratakan bagian terlebar dan tersempit pada buah yang dibelah secara melintang terhadap 5 buah yang dipanen antara panen kedua hingga keempat setiap tanaman.
13. Kekerasan buah (kg cm^{-1}), diukur dengan alat *handpenetrometer* terhadap 5 buah yang dipanen antara panen kedua hingga keempat setiap tanaman.
14. Padatan total terlarut ($^{\circ}\text{brik}$), dihitung menggunakan alat *refraktometer* terhadap 5 buah yang dipanen antara panen kedua hingga keempat setiap tanaman.
15. Bobot buah per tanaman (g), dihitung setiap kali panen sebanyak 5 kali panen dengan merata-ratakan bobot buah yang dipanen setiap tanaman.

Karakter seleksi ditentukan berdasarkan analisis korelasi dan analisis lintas. Keeratan hubungan antar karakter dianalisis menggunakan analisis korelasi Pearson dilanjutkan dengan analisis lintas berdasarkan persamaan simultan sebagai berikut (Du *et al.*, 2021):

$$\begin{matrix}
 \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2p} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & r_{pp} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \cdots \\ \cdots \\ C_P \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} r_{1Y} \\ r_{2Y} \\ \cdots \\ \cdots \\ r_{PY} \end{bmatrix} \\
 \text{Rx} & \underline{\text{C}} & & \text{Ry}
 \end{matrix}$$

Berdasarkan persamaan tersebut, nilai $\underline{\text{C}}$ dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\underline{\text{C}} = \text{Rx}^{-1}\text{Ry}$$

Keterangan:

Rx = matriks korelasi antar peubah bebas

Rx^{-1} = invers matriks Rx

$\underline{\text{C}}$ = vektor koefisien lintas yang menunjukkan pengaruh langsung setiap peubah bebas yang telah dibakukan terhadap peubah tak bebas

Ry = vektor koefisien korelasi antara peubah bebas X_i ($i = 1, 2, \dots, p$) dengan peubah tak bebas Y

Seleksi segregan terbaik berdaya hasil tinggi menggunakan intensitas seleksi 10% dan dianalisis menggunakan seleksi langsung, seleksi tidak langsung, serta indeks seleksi. Persamaan indeks seleksi sebagai berikut :

$$I = w_1Z_1 + w_2Z_2 + w_3Z_3 + \dots + w_nZ_n;$$

Dimana:

I = nilai indeks seleksi

W_n = pembobot untuk indeks seleksi

Z_n = nilai amatan yang dibakukan ($Z_n = \frac{(x - \mu)}{\sigma}$),
(x = nilai individu), (μ = rata-rata populasi)
dan (σ = simpangan baku populasi)

Diferensial seleksi diestimasi menggunakan formula :

$$S = (\Sigma X_s / n_s) - (\Sigma X_0 / n_0);$$

dimana:

S = diferensial seleksi

$\Sigma X_s / n_s$ = nilai tengah populasi terseleksi

$\Sigma X_0 / n_0$ = nilai tengah populasi sebelum seleksi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Koefisien korelasi masing-masing karakter disajikan pada Tabel 1. Karakter yang dijadikan target adalah bobot buah per tanaman. Berdasarkan hasil analisis, delapan karakter menunjukkan hubungan dengan bobot buah per tanaman, yaitu tinggi tanaman, umur berbunga, rerata jumlah bunga per tandan, rerata jumlah buah per tandan, jumlah buah per tanaman, panjang buah, diameter buah, dan tebal daging buah. Delapan karakter tersebut menunjukkan korelasi positif terhadap bobot buah per tanaman, kecuali umur berbunga yang berkorelasi negatif. Hasil penelitian ini sama seperti yang dilaporkan Thakur *et al.* (2025), Chaerunnisa *et al.* (2024) dan Kumar *et al.* (2023). Koefisien korelasi positif mengindikasikan bahwa peningkatan nilai suatu karakter diikuti oleh peningkatan bobot buah per tanaman, sedangkan korelasi negatif menunjukkan bahwa penurunan nilai suatu karakter justru dapat meningkatkan bobot buah per tanaman.

Tabel 1. Koefisien korelasi antar karakter

Karakter	TT	PADT	LADT	UB	UP	RJBG	RJBUT	JBPT	PB	DB	JRB	TDB	KB	PTT	BBPT
TT	1														
PADT		1													
LADT			1												
UB				1											
UP					1										
RJBG						1									
RJBUT							1								
JBPT								1							
PB									1						
DB										1					
JRB											1				
TDB												1			
KB													1		
PTT														1	
BBPT															1

Keterangan : TT = tinggi tanaman, PADT = panjang anak daun terujung, LADT = lebar anak daun terujung, UB = umur berbunga, UP = umur panen, RJBG = rerata jumlah bunga per tandan, RJBUT = rerata jumlah buah per tandan, JBPT = panjang buah, DB = diameter buah, JRB = jumlah rongga buah, TDB = tebal daging buah, KB = kekerasan buah, PTT = padatan total terlarut, BBPT = bobot buah per tanaman. Angka-angka yang berwarna merah pada antar karakter menunjukkan korelasi nyata pada taraf 5 %

Karakter umur berbunga yang berkorelasi negatif terhadap bobot buah per tanaman mengindikasikan bahwa individu yang berbunga lebih awal cenderung memiliki bobot hasil yang lebih tinggi. Temuan ini sejalan dengan hasil studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa karakter genjah dapat meningkatkan efisiensi alokasi fotosintat menuju pembentukan buah dan produksi (Thakur *et al.*, 2025; Çelik *et al.*, 2023). Karakter-karakter yang menunjukkan korelasi signifikan dengan bobot buah per tanaman memiliki potensi tinggi untuk dijadikan sebagai dasar seleksi karena hubungan terhadap peningkatan hasil.

Koefisien korelasi yang tinggi hanya menggambarkan keeratan hubungan linier antar karakter, namun tidak cukup untuk menjelaskan arah serta sifat hubungan kausal terhadap karakter target, seperti bobot buah per tanaman. Dalam hal ini, analisis lintas (*path analysis*) menjadi metode yang efektif untuk memisahkan pengaruh langsung dan tidak langsung suatu karakter terhadap hasil (Çelik *et al.*, 2023). Analisis lintas hanya dilakukan terhadap karakter-karakter yang menunjukkan korelasi signifikan dengan karakter target, karena karakter-karakter tersebut memiliki potensi dalam memengaruhi hasil secara langsung maupun melalui karakter lain (Kumar *et al.*, 2023; Tsagaye *et al.*, 2022). Beberapa kriteria penting dalam interpretasi analisis lintas telah dikemukakan oleh para peneliti, di antaranya bahwa: (1) seleksi langsung akan efektif apabila nilai koefisien korelasi mendekati nilai pengaruh langsungnya, karena menunjukkan hubungan kausal yang kuat; (2) korelasi positif namun pengaruh langsung rendah atau negatif mengindikasikan adanya kontribusi pengaruh tidak langsung dari karakter lain; dan (3) korelasi negatif dengan pengaruh langsung positif menunjukkan perlunya mengevaluasi pengaruh tak langsung yang mungkin bersifat antagonistik dan mengaburkan

hubungan kausal sebenarnya (Chaerunnisa *et al.*, 2024; Tsutsumi-Morita *et al.*, 2021). Analisis lintas juga memberikan informasi penting dalam penentuan karakter seleksi yang paling efektif. Suatu karakter dikategorikan sebagai kandidat seleksi jika memiliki pengaruh langsung yang tinggi dan positif terhadap bobot buah per tanaman (Chaerunnisa *et al.*, 2024; Kumar *et al.*, 2023; Zannat *et al.*, 2023; Tsutsumi-Morita *et al.* 2021). Berdasarkan Tabel 1, delapan karakter dianalisis melalui *path analysis*, yaitu tinggi tanaman, umur berbunga, rerata jumlah bunga per tandan, rerata jumlah buah per tandan, jumlah buah per tanaman, panjang buah, diameter buah, dan tebal daging buah.

Enam karakter menunjukkan pengaruh langsung positif terhadap bobot buah per tanaman, yaitu tinggi tanaman, umur berbunga, jumlah buah per tanaman, panjang buah, diameter buah, dan tebal daging buah. Sementara itu, dua karakter lainnya, yaitu rerata jumlah bunga per tandan dan rerata jumlah buah per tandan menunjukkan pengaruh langsung negatif (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa korelasi positif antara kedua karakter tersebut dengan bobot buah per tanaman lebih disebabkan oleh pengaruh tak langsung melalui karakter lain yang lebih dominan (Chaerunnisa *et al.*, 2024; Zannat *et al.*, 2023). Penetapan karakter seleksi yang efektif perlu mempertimbangkan tiga kriteria utama, yaitu: (1) nilai korelasi yang signifikan terhadap bobot buah per tanaman, (2) nilai pengaruh langsung yang besar dan positif, serta (3) selisih antara nilai korelasi dan pengaruh langsung yang kecil, umumnya < 0.05 (Gonzalo dan Nancy 2023; Du *et al.*, 2021; Baye *et al.*, 2020). Berdasarkan ketiga kriteria tersebut, jumlah buah per tanaman dinilai sebagai karakter yang paling berkontribusi terhadap hasil.

Tabel 2. Koefisien lintas pengaruh langsung dan tidak langsung berbagai karakter pada bobot buah per tanaman

Karakter	Pengaruh langsung	Pengaruh tak langsung								Total	Selisih
		TT	UB	RJBGT	RJBUT	JBPT	PB	DB	TDB		
		0.05	0.03	-0.03	-0.03	0.72	0.02	0.16	0.20		
TT	0.05	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.19	0.00	0.03	0.03	0.28	0.23
UB	0.03	-0.01	0.00	0.01	0.00	-0.18	-0.01	-0.03	-0.07	-0.25	-0.29
RJBGT	-0.03	0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.19	0.01	0.03	0.06	0.26	0.29
RJBUT	-0.03	0.01	0.00	-0.01	0.00	0.38	0.01	0.05	0.12	0.52	0.55
JBPT	0.71	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.01	0.07	0.11	0.89	0.18
PB	0.02	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.38	0.00	0.13	0.16	0.66	0.64
DB	0.16	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.32	0.02	0.00	0.10	0.59	0.43
TDB	0.19	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.40	0.02	0.08	0.00	0.68	0.48
CS	0.36										

Keterangan: TT = tinggi tanaman, UB = umur berbunga, RJBGT = rerata jumlah bunga per tandan, RJBUT = rerata jumlah buah per tandan, JBPT = jumlah buah per tanaman, PB = panjang buah, DB = diameter buah, TDB = tebal daging buah, CS = sisa/ residual.

Karakter ini memiliki pengaruh langsung sebesar 0.71 dan total pengaruh tidak langsung sebesar 0,18 (Tabel 2) yang menegaskan potensinya sebagai kriteria seleksi utama dalam pemuliaan tomat generasi F₂.

Perbaikan beberapa karakter secara bersamaan sering kali menjadi kebutuhan karena peningkatan pada satu karakter dapat berdampak positif maupun negatif terhadap karakter penting lainnya. Oleh karena itu, metode seleksi yang bersifat simultan untuk sejumlah karakter sangat diperlukan agar tidak mengeliminasi genotipe potensial hanya karena performa rendah pada satu karakter (Farid *et al.*, 2024; Karima *et al.*, 2021; Padjung *et al.*, 2021; Tirtana *et al.*, 2021; Alsabah *et al.*, 2019). Seleksi berbasis indeks memungkinkan penggabungan nilai dari berbagai karakter dengan pembobotan tertentu untuk memperoleh skor agregat yang mencerminkan keunggulan genotipe secara keseluruhan (Khan *et al.*, 2023; Farid *et al.*, 2022; Batista *et al.*, 2021). Seleksi indeks terbukti lebih efisien dan efektif dalam pemilihan genotipe unggul pada populasi segregasi dibandingkan dengan seleksi berurutan atau *independent* (Chung dan Liao, 2022).

Karakter yang dijadikan dasar pembobotan dalam indeks seleksi perlu memenuhi kriteria yaitu berkorelasi signifikan, memiliki pengaruh langsung yang positif terhadap hasil, serta mudah diamati di lapang (Farid *et al.*, 2024; Cerón-Rojas dan Crossa 2022; Marulanda *et al.*, 2021). Berdasarkan hasil analisis korelasi dan analisis lintas, karakter yang memenuhi kriteria tersebut antara lain tinggi tanaman, umur berbunga, rerata jumlah bunga per tandan, rerata jumlah buah per tandan, jumlah buah per tanaman, panjang buah, diameter buah, dan tebal daging buah. Penentuan bobot indeks pada masing-masing karakter disesuaikan dengan nilai ekonomis dan arah seleksi yang diinginkan. Dalam penelitian ini, bobot tertinggi diberikan pada karakter bobot buah per tanaman, yaitu empat, karena merupakan tujuan utama seleksi. Karakter jumlah buah per tanaman memperoleh bobot tiga karena memiliki kontribusi langsung. Empat karakter lainnya, yaitu panjang buah, tebal daging buah, rerata jumlah bunga per tandan, dan rerata jumlah buah per tandan, diberi

bobot dua. Karakter diameter buah diberikan bobot satu, sementara tinggi tanaman dan umur berbunga diberi bobot negatif karena preferensi seleksi diarahkan ke genotipe yang rendah dan genjah.

Berdasarkan hasil perhitungan indeks seleksi terhadap populasi F₂ dengan intensitas seleksi sebesar 10% diperoleh 20 genotipe dengan skor indeks tertinggi, yakni berkisar antara 5.21 hingga 42.14 (Tabel 3). Genotipe dengan indeks tertinggi adalah Genotipe TMU-9, diikuti Genotipe TMU-184, TMU-215, TMU-198, TMU-164, TMU-191, TMU-214, TMU-204, TMU-10, TMU-163, TMU-193, TMU-194, TMU-44, TMU-207, TMU-213, TMU-195, TMU-61, TMU-220, TMU-166, dan TMU-201. Masing-masing genotipe menunjukkan keragaan agronomis yang baik (Tabel 4), dengan nilai tertinggi bobot buah per tanaman mencapai 1332.4 g dan jumlah buah per tanaman 77 buah. Nilai positif pada indeks seleksi menunjukkan bahwa potensi galur tersebut lebih baik daripada rata-rata populasi umum (Farid *et al.*, 2022; Karima *et al.*, 2021; Peternelli *et al.*, 2017;). Oleh karena itu, pendekatan nilai indeks positif menjadi dasar untuk proses pemilihan jalur untuk dilanjutkan pada pengujian hasil awal.

Dua puluh genotipe yang terpilih menunjukkan karakteristik lebih baik dari rerata semua genotipe yang dievaluasi sehingga dapat menentukan differensial seleksi. Evaluasi lebih lanjut dilakukan melalui perhitungan nilai diferensial seleksi (Tabel 5). Nilai diferensial positif untuk bobot buah per tanaman (319.23) dan jumlah buah per tanaman (15.17) menunjukkan bahwa populasi hasil seleksi mengalami perbaikan dibandingkan populasi dasar. Sebaliknya, karakter umur berbunga dan umur panen memiliki nilai diferensial negatif (-2.51 dan -0.41), yang diinginkan karena menunjukkan peningkatan genotipe-genotipe genjah. Oleh sebab itu, nilai diferensial seleksi yang positif dan negatif sama-sama dibutuhkan tergantung dengan perbaikan karakter yang diharapkan. Dengan demikian, kombinasi pendekatan seleksi indeks dan analisis lintas memberikan dasar ilmiah yang kuat dalam penentuan genotipe harapan tomat F₂ dengan produktivitas dan kualitas yang unggul.

Tabel 3. Indeks seleksi dua puluh individu populasi F₂ dengan Intensitas seleksi 10%

Genotipe	Tinggi tanaman	Umur berbunga	Rerata jumlah bunga per tandan		Rerata jumlah buah per tandan	Jumlah buah per tanaman	Panjang buah	Diameter buah	Tebal daging buah	Bobot buah per tanaman	Indeks
			-1	2							
TMU-9	0.38	-0.79	1.49	3.00	2.15	2.02	0.86	3.42	3.64	42.14	
TMU-184	1.42	-0.63	0.36	2.13	4.60	0.47	0.08	1.34	3.31	34.93	
TMU-215	-0.09	-0.31	1.87	0.68	1.00	1.11	1.04	1.10	1.38	19.48	
TMU-198	0.85	-0.31	0.36	2.42	1.69	0.68	0.31	1.45	0.86	18.11	
TMU-164	1.04	-0.47	0.36	0.39	0.77	1.09	1.74	0.75	2.01	16.71	
TMU-191	0.57	-0.63	0.55	2.13	0.15	1.86	0.51	1.54	0.79	16.34	
TMU-214	0.95	-0.31	-0.02	-0.19	1.30	0.95	0.84	1.22	1.62	14.51	
TMU-204	-0.37	-0.31	1.49	1.84	0.46	1.30	0.33	0.99	0.21	14.47	
TMU-10	0.19	-1.10	-0.02	1.55	1.07	0.73	-0.14	1.57	0.70	14.45	
TMU-163	0.38	-0.47	-0.58	-0.77	1.00	1.61	1.26	1.22	1.61	13.73	
TMU-193	0.95	-0.31	2.05	0.68	0.23	0.95	0.61	1.45	0.65	13.53	
TMU-194	1.51	-0.31	0.36	0.39	1.00	0.71	1.21	0.41	1.34	12.07	
TMU-44	0.66	-0.79	1.49	0.39	0.46	1.33	0.23	1.92	-0.04	11.81	
TMU-207	-1.32	-0.31	-0.20	0.97	0.30	0.92	0.36	1.68	0.23	10.57	
TMU-213	1.61	-1.42	-0.96	-0.77	1.84	1.02	1.54	0.41	1.03	10.37	
TMU-195	0.48	-0.63	0.92	0.68	0.00	1.21	0.74	0.75	0.46	9.87	
TMU-61	-0.66	1.12	-0.96	0.68	2.15	-0.43	0.11	-0.52	1.45	9.42	
TMU-220	2.17	1.12	2.62	0.10	1.00	-0.15	0.16	-0.17	0.64	7.20	
TMU-166	-1.60	-0.79	-1.14	-1.06	1.15	0.97	-0.07	-0.41	0.89	6.06	
TMU-201	-1.22	-0.31	0.17	-0.48	1.00	0.09	-0.22	-0.29	0.48	5.21	

Tabel 4. Individu terseleksi berdasarkan indeks seleksi dengan intensitas seleksi 10%

Genotipe	TT (cm)	UB (HST)	RJBGT (bunga)	RJBUT (buah)	JBPT (buah)	PB (cm)	DB (cm)	TDB (cm)	BBPT (g)
TMU-9	68	29	8.00	5.33	45	4.98	3.58	1.00	1332.4
TMU-184	79	30	6.00	4.33	77	3.68	2.96	0.64	1241.4
TMU-215	63	32	8.67	2.67	30	4.22	3.72	0.60	712.1
TMU-198	73	32	6.00	4.67	39	3.86	3.14	0.66	569.3
TMU-164	75	31	6.00	2.33	27	4.20	4.28	0.54	885.4
TMU-191	70	30	6.33	4.33	19	4.85	3.30	0.67	549.2
TMU-214	74	32	5.33	1.67	34	4.08	3.56	0.62	777.6
TMU-204	60	32	8.00	4.00	23	4.38	3.16	0.58	389.4
TMU-10	66	27	5.33	3.67	31	3.90	2.78	0.68	524.6
TMU-163	68	31	4.33	1.00	30	4.64	3.90	0.62	773.6
TMU-193	74	32	9.00	2.67	20	4.08	3.38	0.66	511.3
TMU-194	80	32	6.00	2.33	30	3.88	3.86	0.48	699.3
TMU-44	71	29	8.00	2.33	23	4.40	3.08	0.74	320.6
TMU-207	50	32	5.00	3.00	21	4.06	3.18	0.70	395.6
TMU-213	81	25	3.67	1.00	41	4.14	4.12	0.48	614.2
TMU-195	69	30	7.00	2.67	17	4.30	3.48	0.54	459.5
TMU-61	57	41	3.67	2.67	45	2.92	2.98	0.32	730.4
TMU-220	87	41	10.00	2.00	30	3.16	3.02	0.38	507.5
TMU-166	47	29	3.33	0.67	32	4.10	2.84	0.34	577.5
TMU-201	51	32	5.67	1.33	30	3.36	2.72	0.36	464.4

Tabel 5. Rerata populasi terseleksi, rerata seluruh populasi dan diferensial seleksi 20 genotipe hasil seleksi

Karakter	Rerata populasi terseleksi	Rerata seluruh populasi	Diferensial seleksi
TT	68.15	63.96	4.19
UB	31.45	33.96	-2.51
RJBGT	6.23	5.36	0.90
RJBUT	2.73	1.88	0.85
JBPT	32.20	17.03	15.17
PB	4.06	3.28	0.77
DB	3.35	2.89	0.46
TDB	0.58	0.41	0.17
BBPT	651.76	332.43	319.34

Keterangan: TT = tinggi tanaman, UB = umur berbunga, RJBGT = rerata jumlah bunga per tandan, RJBUT = rerata jumlah buah per tandan, JBPT = jumlah buah per tanaman, PB = panjang buah, DB = diameter buah, TDB = tebal daging buah, BBPT = bobot buah per tanaman

KESIMPULAN

Karakter jumlah buah per tanaman merupakan karakter seleksi utama karena memiliki pengaruh langsung tertinggi dan positif terhadap bobot buah per tanaman. Karakter tinggi tanaman, umur berbunga, panjang buah, diameter buah, dan tebal daging buah juga berperan penting sebagai pendukung peningkatan hasil. Penerapan seleksi indeks berbasis delapan karakter terpilih dengan pembobotan sesuai nilai ekonomis dan arah seleksi mampu menghasilkan 20 genotipe F₂ terbaik dengan kombinasi produktivitas tinggi, kualitas

buah baik, dan umur genjah. Dua puluh genotipe F₂ terbaik yang terseleksi adalah TMU-9, TMU-184, TMU-215, TMU-198, TMU-164, TMU-191, TMU-214, TMU-204, TMU-10, TMU-163, TMU-193, TMU-194, TMU-44, TMU-207, TMU-213, TMU-195, TMU-61, TMU-220, TMU-166, dan TMU-201.

DAFTAR PUSTAKA

Alsabah, R., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, Y. Wahyu. 2019. Selection index for selecting promising doubled haploid lines of black rice. SABRAO J. Breed. Genet. 51(4):430-441.

- Anisa W.N., E.N. Afifah, R.H. Murti. 2022. Selection of tomato breeding lines based on morphological traits associated with high yield potential in double-cross population. *Biodiversitas*. 23(6):2973-2980. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230624>.
- Arya, D., A.K. Pal, A.K. Singh, B. Kumar, A. Rathour. 2023. Studies of correlation and path coefficients for tomato yield and quality attributes (*Solanum lycopersicum* L.). *Int. J. Environ. Clim. Change*. 13(10):381-388. DOI: <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i102650>.
- Batista, L.G., R.C. Gaynor, G.R.A. Margarido, T. Byrne, P. Amer, G. Gorjanc, J.M. Hickey. 2021. Longterm comparison between index selection and optimal independent culling in plant breeding programs with genomic prediction. *PLoS One*. 16:1-5. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235554>.
- Baye, A., B. Berihun, M. Bantayehu, B. Derebe. 2020. Genotypic and phenotypic correlation and path coefficient analysis for yield and yield-related traits in advanced bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines. *Cogent Food & Agriculture*. 6:1752603. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1752603>.
- Çelik, I., S. Aydın, H.C. Kayıkçı, A. Ünlü, E. Gümrükçü, N. Çelik, Y. Doğan, S.M. Sülü. 2023. Evaluation of the relations between yield and yield components of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) hybrids by correlation and path analysis. *Hortis*. 40(2):49-54. DOI: <https://doi.org/10.16882/hortis.1283084>.
- Cerón-Rojas, J.J., J. Crossa. 2022. The statistical theory of linear selection indices from phenotypic to genomic selection. *Crop Sci*. 62:537-563. DOI: <https://doi.org/10.1002/csc2.20676>.
- Chaerunnisa, A.N.J., M. Farid, Nasaruddin, M.F. Anshori, J. Messa. 2024. Transgressive segregant of tomato F4 populations based on fruit yield and lycopene content. *SABRAO J. Breed. Genet*. 56(1):129-141. DOI: <https://doi.org/10.54910/sabrao2024.56.1.12>.
- Chung, P.Y., C.T. Liao. 2022. Selection of parental lines for plant breeding via genomic prediction. *Front. Plant Sci*. 13:934767. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.934767>.
- Du Y., J. Du, X. Liu, Z. Yuan. 2021. Multiple-to-multiple path analysis model. *PLoS ONE*. 16(3):e0247722. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247722>.
- Egea, I., Y. Estrada, F.B. Flores, M.C. Bolarín. 2022. Improving production and fruit quality of tomato under abiotic stress: Genes for the future of tomato breeding for a sustainable agriculture. *Environ. Exp. Bot*. 204:105086. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.105086>.
- Eshwar, O. Sridevi, Mahmadsafi, A. Jadhav, Revanasiddayya, Channabasava, V.C. Raghavendra, P. Sagar, R. Kumar, Sainath, K. Mohinuddin. 2023. Genetic variability, correlation and path coefficient analysis in multi-parent derived F2 population of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Int. J. Environ. Clim. Change*. 13(11):2372-2379. DOI: <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i113402>.
- Farid, M., M.F. Anshori, K. Mantja, I. Ridwan, A. Adnan, G. Subroto. 2024. Selection of lowland tomato advanced lines using selection indices based on PCA, path analysis, and the Smith-Hazel index. *SABRAO J. Breed. Genet*. 56(2):708-718. DOI: <https://doi.org/10.54910/sabrao2024.56.2.22>.
- Farid, M., M.F. Anshori, I. Ridwan. 2022. Tomato F3 lines development and its selection index based on narrow-sense heritability and factor analysis. *Biodiversitas*. 23:5790- 5797. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d231132>.
- Fhadilah, A.N., M. Farid, I. Ridwan, M.F. Anshori, A. Yassi. 2022. Genetic parameters and selection index of high-yielding tomato F2 populations. *SABRAO J. Breed. Genet*. 54(5):1026-1036. DOI: <https://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.5.6>.
- Gonzalo dan Nancy. 2023. Correlation analysis and path coefficients for yield components in nine experimental tomato lines. *J. Selva Andina Res. Soc*. 14(2):26-35. DOI: <https://doi.org/10.36610/j.jsars.2023.140200026x>.
- Karima, A.W., R.K. Putri, B.S. Purwoko, I.S. Dewi, W.B. Suwarno, A. Kurniawati. 2021. Selection of doubled haploid black rice lines in advanced yield trial based on multivariate analysis. *Biodiversitas*. 22:5425-5431. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221225>.
- Khan, M.M.H., M.Y. Rafii, S.I. Ramlee, M. Jusoh, M. Al Mamun. 2022. Path-coefficient and correlation analysis in Bambara groundnut (*Vigna subterranea* [L.] Verdc.) accessions over environments. *Sci. Rep*. 12:245. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03692-z>.

- Kumar, C.S., R.S. Jawadagi, B. Fakrudin, C.N. Hanchinamani, M.S. Kulkarni, T.N. Lakshmiddevamma, R. Vijayakumar. 2023. Assessment of growth and yield parameters in recombinant inbred line populations of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) through correlation and path analysis. J. Hortic. Sci. 18(2):295-300. DOI: <https://doi.org/10.24154/jhs.v18i2.1819>.
- Marulanda, J.J., X. Mi, H.F. Utz, A.E. Melchinger, T. Würschum, C.F.H. Longin. 2021. Optimum breeding strategies using genomic and phenotypic selection for the simultaneous improvement of two traits. Theor. Appl. Genet. 134:4025-4042. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03945-5>.
- Padjung, R., M. Farid, Y. Musa, M.F. Anshori, A. Nur, A. Masnenong. 2021. Drought-adapted maize line based on morpho-physiological selection index. Biodiversitas. 22(9):4028-4035. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220951>.
- Peternelli, L.A., É.F.A. Moreira, M. Nascimento, C.D. Cruz. 2017. Artificial neural networks and linear discriminant analysis in early selection among sugarcane families. Crop Breed. Appl. Biotechnol. 17:299-305. DOI: <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n4a46>.
- Saputra, H.E., D.W. Ganefianti, U. Salamah, Y. Sariasih, N.D. Ardiansyah. 2019. Estimasi ragam, jumlah kelompok gen pengendali karakter dan heritabilitas hasil tomat di dataran rendah. J. Hort. Indonesia. 10(2):112-118. DOI: <https://doi.org/10.29244/jhi.10.2.112-118>.
- Thakur, N., D. Sharma, J. Kaur, V. Sharma. 2025. Characterizing tomato genotypes in the varied climates of north-western Himalayas and implications for environmental resilience using GGE Biplot analyses. Scientific Reports. 15:28524. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-83454-9>.
- Tirtana A, Purwoko BS, Dewi IS, Trikoesoemaningtyas (2021). Selection of upland rice lines in advanced yield trials and response to abiotic stress. Biodiversitas. 22: 4694-4703. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221063>.
- Tsagaye, D., A. Gadebo, S. Aklilu. 2022. Correlation and path analysis in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) genotypes. Ecology and Evolutionary Biology 7(3): 46-53.
- Tsutsumi-Morita, E. Heuvelink, S. Khaleghi, D. Bustos-Korts, L.F.M. Marcelis, K.M.C.A. Vermeer, H. van Dijk, F.F. Millenaar, G.A.K. van Voorn, F.A. van Eeuwijk. 2021. Yield dissection models to improve yield: a case study in tomato. In Silico Plants. 3(1):1-18. DOI: <https://doi.org/10.1093/insilicoplants/diab012>.
- Zannat, A., Md.A. Hussain, A.H.Md. Abdullah, Md.I. Hossain, Md. Saifullah, F.A. Saffie, K.S. Alshallash, E. Mansour, A.I. ElSayed, Md.S. Hossain. 2023. Exploring genotypic variability and interrelationships among growth, yield, and quality characteristics in diverse tomato genotypes. Heliyon. 9:e18958. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18958>.