

SISTEM SIMULASI SELEKSI POPULASI BERSEGREGASI F2 TOMAT UNTUK MENDAPATKAN GALUR UNGGULAN DENGAN PENENTUAN KARAKTER SELEKSI DAN PERHITUNGAN INDEKS SELEKSI (STUDI KASUS: LABORATORIUM AGRONOMI FP-UNIB)

Rachmat Ade Okiarlis¹, Asahar Johar², Helfi Eka Saputra³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu Jl. WR. Supratman Kandang Limun Bengkulu 38371A INDONESIA
(telp: 0736-341022; fax: 0736-341022)

¹rachmatokiarlis@gmail.com,
²asahar.johar@unib.ac.id,
³helfisaputra@yahoo.com

Abstrak : Seleksi populasi bersegregasi F2 tomat adalah penyeleksian yang dilakukan pemulia untuk mendapatkan varietas baru tanaman tomat unggulan. Penelitian ini bertujuan untuk membangun suatu sistem simulasi yang dapat digunakan oleh pemulia dalam menyeleksi populasi bersegregasi F2 tomat; menanamkan pola penyeleksian populasi F2 tomat ke dalam sistem simulasi agar sistem simulasi dapat menggambarkan proses penyeleksian dan mengambil suatu kesimpulan layaknya pola tersebut. Sistem ini dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman *Java* dengan IDE Netbeans 8.1. Metode pengembangan sistem yang digunakan untuk membangun aplikasi ini adalah model *waterfall* dan *Unified Modeling Language* (UML) sebagai perancangan sistem. Pengujian yang digunakan adalah pengujian *white box* dengan 100% *independent path* berhasil dijalankan dan pengujian *black box* dengan 95,71% skenario pengujian berhasil. Hasil akhir dari penelitian ini adalah terciptanya sebuah sistem simulasi seleksi populasi F2 tomat yang sesuai dengan hasil perhitungan manual dibuktikan dengan akurasi data sebesar 100%.

Kata kunci : Seleksi Populasi F2 Tomat, Sistem Simulasi.

Abstract : Population selection of the segregation F2 tomato is selection that done to get a new variety of tomato seed. The goal of the research is to build simulation system that can be used by breeders in selecting population of the segregation F2 tomato; instill a population selection of F2 tomato pattern into simulation system so that it can describe the process of selection and take a conclusion like the

pattern. The system was builded using the Java language program with IDE Netbeans 8.1. The system development method used to build this application was *waterfall* model and *Unified Modeling Language* (UML) as a system planning. The testing was use *white box testing* with 100% *independent path* was successfully

executed and black box testing with scenario testing was 95,71% successful. The final result of this research was creating a simulation system of the population selection of the F2 tomato in accordance with the result of the manual calculation could be seen with the data accuracy of 100%.

Keywords: Population Selection of The F2 Tomato, Simulation System.

I. PENDAHULUAN

Tomat merupakan sayuran komoditas hortikultura unggulan di Indonesia dengan produksi nasional meningkat dari 657.459 ton/tahun menjadi 992.780 ton/tahun selama periode 2003-2013 (Badan Pusat Statistik, 2014). Oleh karena itu produksi tomat tiap tahun akan meningkat mengimbangi kebutuhan masyarakat dan perluasan pasar sehingga peningkatan produksi tomat perlu terus diupayakan untuk dapat mencukupi kebutuhan sayuran di Indonesia. Peningkatan hasil dan kualitas buah tomat perlu dilakukan dalam upaya memenuhi kebutuhan tomat yang semakin tinggi dengan melakukan pengembangan bibit tomat unggulan.

Di Laboratorium Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu terdapat penelitian terkait pengembangan bibit tomat unggulan dengan melakukan seleksi populasi bersegregasi F2. Seleksi populasi bersegregasi F2 merupakan metode yang digunakan seorang pemulia dalam menyeleksi suatu populasi tanaman untuk mendapatkan varietas unggul baru yang sesuai dengan keinginan pemulia.

Kunci keberhasilan suatu seleksi ditentukan oleh karakter seleksi tanaman yang sesuai dan perhitungan indeks seleksi populasi. Ada beberapa

parameter yang dapat digunakan untuk menentukan suatu karakter tanaman dapat dijadikan karakter seleksi yaitu nilai himpunan ragam dan heritabilitas [1], serta penggunaan analisis korelasi dan analisis lintas (*path analysis*) dalam mempelajari hubungan keeratan antar karakter tanaman untuk mengembangkan karakter seleksi [2][3][4][5]. Proses seleksi yang dilakukan di Laboratorium Agronomi FP-UNIB pada saat ini masih dihitung secara manual, yang menyebabkan perhitungan kurang efektif dan tidak efisien karena akan menyita banyak waktu.

Sistem simulasi merupakan suatu teknik meniru operasi-operasi atau proses-proses yang terjadi dalam suatu pola dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga pola tersebut bisa dipelajari secara ilmiah [6]. Sistem simulasi bekerja dengan cara menanamkan pola penyeleksian populasi F2 tomat ke dalam sistem simulasi agar sistem simulasi dapat menggambarkan proses penyeleksian dan mengambil suatu kesimpulan layaknya pola tersebut.

Berdasarkan permasalahan di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan membangun sistem simulasi dalam penyeleksian populasi bersegregasi F2 tomat untuk mendapatkan galur unggulan dengan penentuan karakter seleksi dan perhitungan indeks seleksi berbasis *desktop*.

II. LANDASAN TEORI

A. Tomat

Tomat merupakan tanaman sayuran yang termasuk dalam famili *Solanaceae* atau *nightshade* dan marga (genus) *Lycopersicon* atau *Lycopersicum* yang terdiri atas beberapa jenis (*species*). Tanaman tomat banyak ditanam di

dataran tinggi, dataran sedang, atau dataran rendah. Tanaman tomat merupakan tanaman semusim (*annual*) yang berbentuk herba dengan ketinggian antara 70 cm – 200 cm, tergantung varietasnya. Pada waktu masih rendah tanaman dapat berdiri tegak, tetapi setelah tumbuh tinggi dan keluar cabang-cabang yang menyebar, sehingga tidak dapat menahan beratnya, tanaman roboh dan tumbuh menjalar [7].

B. Proses Seleksi Populasi F2 Tomat

Proses penyeleksian populasi F2 tomat merupakan penyeleksian yang dilakukan untuk mendapatkan varietas baru tanaman tomat unggulan. Proses ini dimulai dengan menentukan varietas baru tanaman tomat yang diinginkan dengan menyilangkan tanaman tetua 1 (P1) dan tanaman tetua 2 (P2). Proses persilangan P1 dan P2 akan menghasilkan populasi tanaman yang disebut dengan populasi tanaman F1 (filial pertama). Populasi F1 yang tumbuh selanjutnya dibiarkan menyebuk sendiri atau disilangkan dengan sesamanya dan menghasilkan biji generasi berikutnya yaitu F2 [8]. Pada populasi F2 proses penyeleksian dilakukan dengan menentukan karakter seleksi dan perhitungan indeks seleksi.

1) Penentuan Karakter Seleksi

Penentuan karakter seleksi merupakan proses yang dilakukan untuk memperoleh informasi karakter seleksi yang akan digunakan untuk menghitung indeks seleksi tomat galur unggul [8]. Penentuan karakter seleksi dilakukan dengan menghitung himpunan ragam dan heritabilitas, korelasi, dan analisis lintasan (*path analysis*) berdasarkan pengamatan terhadap beberapa karakter kuantitatif tanaman tomat.

Pada populasi F2 perhitungan himpunan ragam dan heritabilitas dihitung berdasarkan nilai

tengah dan ragam. Himpunan ragam dan heritabilitas dapat diduga sebagai berikut [9] :

$$\text{Ragam lingkungan } (S^2_E) = \frac{\sigma^2_1 + \sigma^2_2 + \sigma^2_1}{3} \quad \text{Persamaan (2.1)}$$

$$\text{Ragam fenotipe } (S^2_P) = \sigma^2_{F2} \quad \text{Persamaan (2.2)}$$

$$\text{Ragam genotipe } (S^2_G) = \frac{\sigma^2_1 + \sigma^2_2 + \sigma^2_1}{3} \quad \text{Persamaan (2.3)}$$

$$\text{Heritabilitas arti luas } (h^2_{bs}) = \frac{\sigma^2_1 + \sigma^2_2 + \sigma^2_1}{\sigma^2_{F2}} \times 100\% \quad \text{Persamaan (2.4)}$$

Keterangan :

- σ^2_1 = ragam tetua 1
- σ^2_2 = ragam tetua 2
- σ^2_{F1} = ragam populasi F1
- σ^2_{F2} = ragam populasi F2

Klasifikasi nilai heritabilitas ditetapkan sebagai berikut : rendah ($h^2_{bs} \leq 20\%$), sedang ($20\% < h^2_{bs} \leq 50\%$), dan tinggi ($h^2_{bs} > 50\%$) [10].

Keeratan hubungan antar karakter dianalisis menggunakan analisis korelasi Pearson [11] :

$$r = \frac{\sqrt{(\sum x^2 - (\sum x)^2)(\sum y^2 - (\sum y)^2)}}{\sum xy} \quad \text{Persamaan (2.5)}$$

Keterangan :

- r = koefisien korelasi antara variabel x dan variabel y, dua variabel yang dikorelasikan
- n = banyaknya data

Nilai korelasi antar karakter yang didapat diuji dengan pengujian uji t untuk melihat korelasi antar karakter tersebut memiliki hubungan yang kuat atau tidak

$$t \text{ korelasi} = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}}$$

Persamaan (2.6)
 $t_{tabel} = t(0,05/2 ; n-2)$

Keterangan :

r = koefisien korelasi
 n = banyaknya data

Nilai t korelasi dibandingkan dengan nilai t pada tabel distribusi t . Karena pengujian merupakan pengujian dua arah sehingga apabila t korelasi $>$ t tabel atau t korelasi $<$ (t tabel), maka dapat dipastikan terjadi hubungan korelasi yang kuat diantara karakter tersebut.

Karakter yang memiliki nilai korelasi yang kuat terhadap karakter yang ditargetkan dilanjutkan dengan analisis lintasan untuk melihat besarnya pengaruh langsung dan pengaruh tak langsung di dalam korelasi tersebut. Analisis lintasan dihitung berdasarkan persamaan simultan sebagai berikut [11] :

$$\begin{matrix}
 11 & 12 & \dots & 1 & 1 & 1 \\
 21 & 22 & \dots & 2 & & 2 \\
 & & & & 2 & \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & = & \dots \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 [1 & 2 & \dots &] & [] \\
 & & & [] & \\
 R_x & & & \underline{C} & R_y
 \end{matrix}$$

Persamaan (2.8)

Berdasarkan persamaan di atas, nilai C dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\underline{C} = R_x^{-1}R_y$$

Persamaan (2.9)

Keterangan :

R_x = matriks korelasi antar peubah bebas

R_x^{-1} = invers matriks R_x

\underline{C} = vector koefisien lintasan yang menunjukkan pengaruh langsung setiap peubah bebas yang telah dibakukan terhadap peubah tak bebas

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

Karakter kuantitatif yang dijadikan sebagai karakter seleksi ditentukan berdasarkan nilai heritabilitas dan analisa lintasan yang didapat.

2) Perhitungan Indeks Seleksi, Diferensial Seleksi, dan Kemajuan Genetik Harapan

Pada Populasi F_2 indeks seleksi merupakan seleksi pemilihan populasi tanaman tomat yang baik berdasarkan karakter seleksi yang didapat. Seleksi ini menggunakan suatu populasi yang ditanam di areal yang cukup luas. Hanya individu dengan indeks seleksi yang tinggi yang dipilih untuk diteruskan ke generasi-generasi seleksi selanjutnya. Nilai indeks seleksi didapat dengan persamaan [9] :

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

Persamaan (2.10)

Keterangan :

I = nilai indeks seleksi

w_n = nilai koefisien karakter

Z = nilai amatan terstandarisasi

Kemudian untuk melihat keunggulan populasi yang terseleksi terhadap populasi keseluruhan F_2 menggunakan diferensial seleksi. Diferensial seleksi diestimasi menggunakan formula [9] :

$$S = (\sum /) - (\sum 0 / 0)$$

Persamaan (2.11)

Keterangan :

S = diferensial seleksi

$(\sum /)$ = nilai tengah populasi terseleksi

$(\sum 0 / 0)$ = nilai tengah populasi sebelum seleksi

Kemajuan genetik harapan dihitung untuk melihat intensitas kemajuan genetik karakter yang didapatkan berdasarkan hasil seleksi. Kemajuan genetik harapan diduga sebagai berikut [12] :

$$KG = i \times \sigma P \times h^2$$

Persamaan (2.12)

$$KGH = \frac{KG}{i} \times 100\%$$

Persamaan (2.13)

Keterangan :

KG = kemajuan genetic

KGH = kemajuan genetik harapan

i = intensitas seleksi 20% (1,4)

σP = standar deviasi fenotip

h^2 = heritabilitas arti luas
= rata-rata umum

Kriteria kemajuan genetik harapan ditetapkan sebagai berikut : rendah 0-7%, sedang 7,1-14%, dan tinggi >14,1% [12].

A. Sistem Simulasi

Menurut Murdick dan Ross (1993) system didefinisikan sebagai seperangkat elemen yang digabungkan satu dengan lainnya untuk suatu tujuan bersama. Menurut Scott (1996), sistem terdiri dari unsur-unsur seperti masukan (*input*), pengolahan (*processing*), serta keluaran (*output*). Dengan demikian secara sederhana sistem dapat diartikan sebagai suatu kumpulan atau himpunan dari unsur atau variabel-variabel yang saling terorganisasi, saling berinteraksi, dan saling bergantung sama lain.

Menurut Hoover dan Perry (1990) simulasi adalah proses perancangan model matematis atau logis suatu pola nyata, melakukan eksperimen terhadap model dengan menggunakan komputer untuk menggambarkan, menjelaskan dan memprediksi perilaku pola tersebut. Menurut McLeod dan Schell (2007) Simulasi adalah peniruan operasi sebuah pola atau proses yang dapat dilakukan secara manual maupun dengan bantuan komputer. Dengan demikian dapat disimpulkan simulasi adalah suatu teknik numerik untuk melakukan percobaan-percobaan pada suatu

komputer, yang melibatkan bentuk-bentuk fungsi matematika dan logika tertentu untuk menjelaskan tingkah laku dan struktur suatu pola yang kompleks

Berdasarkan paparan definisi sistem dan simulasi di atas, dapat disimpulkan sistem simulasi merupakan suatu teknik meniru operasi-operasi atau proses-proses yang terjadi dalam suatu pola dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga pola tersebut bisa dipelajari secara ilmiah. Sistem simulasi dapat menjelaskan tingkah laku sebuah pola dalam beberapa waktu dengan mengobservasi tingkah laku dari sebuah model matematika yang dibuat sesuai dengan karakter pola yang asli [6].

II. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan yaitu penelitian tentang simulasi seleksi populasi bersegregasi F2 tomat untuk mendapatkan galur unggulan dengan penentuan karakter seleksi dan perhitungan indeks seleksi ke dalam suatu sistem simulasi. Dilihat dari tujuan yang akan dicapai maka penelitian ini termasuk dalam penelitian terapan (*applied research*). Pada penelitian ini dibuat sebuah aplikasi yang mampu melakukan seleksi populasi bersegregasi F2 tomat untuk mendapatkan galur unggulan. Penyeleksian menggunakan metode penentuan karakter seleksi dan perhitungan indeks seleksi. Penentuan karakter seleksi yang terdiri dari perhitungan himpunan ragam dan heritabilitas, korelasi, dan analisis lintasan. Dan perhitungan indeks seleksi yang terdiri dari perhitungan indeks seleksi, diferensial seleksi, dan kemajuan genetik harapan. Penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dan menghitung selisih

jarak antara perhitungan dalam aplikasi dan perhitungan yang dilakukan secara manual.

B. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data yang diperoleh

dengan cara langsung ataupun tidak langsung dari subjek atau objek yang diteliti. Pengumpulan data-data tersebut dilakukan dengan cara berikut ini :

1) Studi Pustaka

Metode ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari berbagai literatur, seperti buku dan media internet yang berhubungan dengan penelitian yang terkait sehingga dapat membantu proses pengerjaan tugas akhir.

2) Studi Lapangan

Metode ini dilakukan dengan cara turun ke lapangan dalam mempelajari dan mengumpulkan data. Data yang dipelajari dan dikumpulkan di lapangan berupa data hasil penelitian seleksi populasi bersegregasi F2 tomat untuk mendapatkan galur unggulan yang dilakukan di Laboratorium Agronomi FP-UNIB yang akan disimpan ke dalam sistem.

3) Wawancara

Metode ini dilakukan dengan cara menemui pemulia tomat yang ada di Kota Bengkulu, yaitu Helfi Eka Saputra yang dapat ditemui di Laboratorium Agronomi FP-UNIB. Wawancara yang dilakukan berkaitan erat dengan proses penyeleksian populasi F2 tomat berupa perhitungan himpunan ragam dan heritabilitas karakter tanaman tomat, korelasi antar karakter tanaman tomat, dan analisa lintasan korelasi dalam menentukan karakter seleksi dan perhitungan indeks seleksi untuk

dijadikan bahan perhitungan di dalam sistem simulasi.

C. Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan untuk penelitian ini adalah metode *waterfall*. Tahapan yang dilakukan pada model *waterfall* adalah sebagai berikut :

1) Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan bertujuan untuk menentukan kemampuan dan fungsi sistem sesuai dengan kebutuhan pengguna. Analisis kebutuhan dari sistem dijabarkan sebagai berikut :

a) Kebutuhan data masukan

Data masukan yang dibutuhkan pada sistem ini nantinya adalah nama penelitian yang akan digunakan, jumlah populasi tanaman tomat yang diteliti, karakter-karakter yang diteliti pada tanaman tomat, nilai masing-masing karakter pertanaman, koefisien karakter target dan karakter yang terpilih sebagai karakter seleksi, dan jumlah tanaman yang terpilih sebagai tanaman berindeks positif terseleksi.

b) Kebutuhan data keluaran

Data keluaran yang dibutuhkan adalah hasil dari proses data masukan berupa populasi tomat yang termasuk dalam indeks seleksi yang tinggi (unggul) disertai dengan informasi himpunan ragam dan heritabilitas setiap karakter tanaman tomat, korelasi dan analisa lintasan antar karakter tanaman tomat, tanaman tomat yang dapat dijadikan karakter seleksi, nilai diferensial seleksi, dan intensitas kemajuan genetik harapan.

c) Kebutuhan *interface*

Interface yang dibutuhkan sistem berupa tampilan yang *friendly* sehingga memudahkan pengguna dalam menggunakan sistem aplikasi.

2) Perancangan Sistem dan Aplikasi

Tahap perancangan sistem dan aplikasi merupakan tahap yang bertujuan untuk memperkirakan pengkodean sistem dan merancang tampilan dari sistem ini nantinya. Tahap ini juga membantu dalam menspesifikasikan kebutuhan *hardware* dan sistem serta mendefinisikan arsitektur sistem secara keseluruhan. Diagram yang digunakan dalam pembangunan sistem ini adalah *Unified Modeling Language (UML)* yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem.

3) Implementasi

Pada tahap ini dilakukan proses pengkodean dan percobaan sistem. Implementasi juga merupakan tahapan secara nyata dalam penelitian ini, maksudnya pada tahap ini dilakukan pengerjaan sistem secara maksimal.

4) Penerapan dan Pengujian Algoritma

Proses pengujian yang dilakukan pada sistem yang dibuat menggunakan dua metode pengujian, yaitu *white box testing* dan *black box testing* serta uji kelayakan sistem.

A. White Box Testing

White box testing merupakan kondisi pengujian yang didesain dengan memeriksa jalur logika [14]. Jenis pengujian yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *basis path testing*. Pengujian *basis path testing* dilakukan dengan cara menentukan jalur (*path*) sesuai desain diagram alir. Adapun pengujian yang akan dilakukan berupa *basis path testing* proses penentuan karakter seleksi.

B. Black Box Testing

Pengujian *black box* atau pengujian fungsional adalah pengujian kondisi yang dibangun berdasarkan fungsional dari program atau sistem, maksudnya pada pengujian *black box* dibutuhkan informasi mengenai data masukan dan sasaran keluaran tanpa harus mengetahui bagaimana program atau sistem tersebut bekerja [14].

Teknik pengujian *black box* yang dilakukan pada penelitian ini adalah teknik *equivalence partitioning*, yaitu teknik pengujian yang membagi domain *input* dari suatu program ke dalam kelas data, menentukan kasus pengujian dengan mengungkapkan kelas-kelas kesalahan, sehingga akan mengurangi jumlah keseluruhan kasus pengujian. Adapun pengujian yang akan dilakukan berupa pengujian *equivalence partitioning* masukan yang tidak sesuai, masukan kosong, dan pengujian fungsional sistem.

C. Uji Kelayakan Sistem

Teknik dari uji kelayakan ini adalah menghitung tingkat akurasi perhitungan hasil keluaran dari sistem yang dibuat dengan perhitungan yang dilakukan secara manual. Langkah-langkah perhitungan manual dilakukan berdasarkan diagram alir algoritma. Tingkat akurasi diperoleh dengan rumus :

$$\Sigma \text{ Persamaan (3.1)}$$

Tingkat akurasi menunjukkan tingkat kebenaran perhitungan yang dilakukan oleh sistem terhadap perhitungan yang dilakukan secara manual. Tingkat akurasi yang baik adalah tingkat akurasi yang mendekati 100%.

5) Pemeliharaan

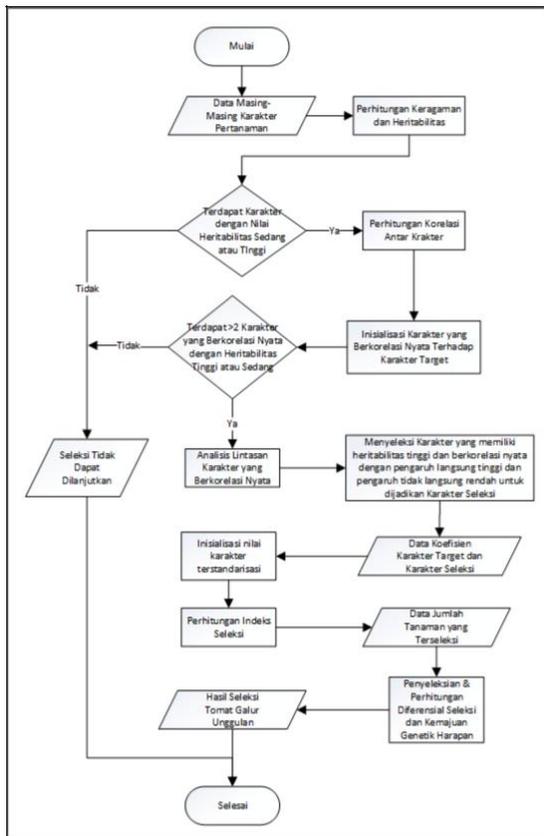
Tahap pemeliharaan merupakan tahap akhir dari metode *waterfall* yang bertujuan untuk memelihara sistem. Apabila di kemudian hari

terdapat pengembangan fungsional yang diinginkan oleh pengguna maka akan dilakukan pemeliharaan.

III. ANALISIS DAN PERANCANGAN

a. Alur Algoritma

Berikut diagram alir algoritma penyeleksian populasi F2 tomat dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut ini :



Gambar 4.1 Diagram Alir Sistem

Pada gambar 4.1 diagram alir algoritma dimulai dengan pengguna memasukkan data masing-masing karakter pertanaman untuk diproses oleh sistem dengan menghitung keragaman dan heritabilitas karakter tomat. Apabila hasil dari perhitungan keragaman dan heritabilitas karakter tomat tidak terdapat satu pun karakter yang termasuk dalam heritabilitas sedang ataupun tinggi, maka proses penyeleksian tidak

dapat dilanjutkan dan selesai. Apabila hasil dari perhitungan keragaman dan heritabilitas karakter tomat terdapat karakter yang termasuk dalam heritabilitas sedang ataupun tinggi, maka proses penyeleksian dilanjutkan ke proses perhitungan korelasi antar karakter. Setelah proses perhitungan korelasi didapat, maka sistem akan menginisialisasi karakter dengan nilai heritabilitas tinggi atau sedang yang berkorelasi nyata terhadap karakter yang ditargetkan untuk varietas yang diharapkan.

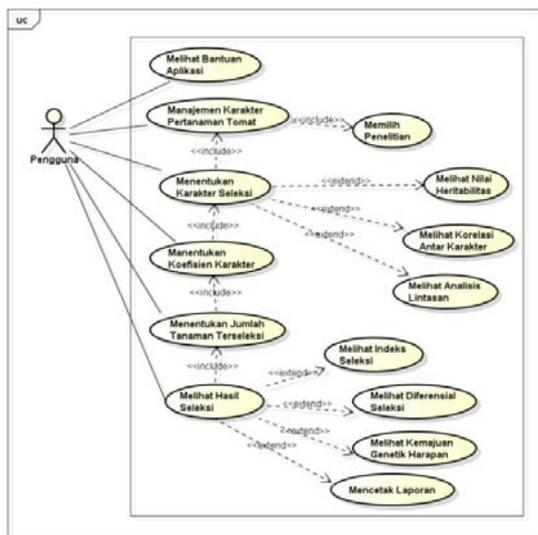
Hasil dari proses perhitungan korelasi memiliki percabangan dengan kondisi apabila karakter dengan nilai heritabilitas tinggi atau sedang yang berkorelasi nyata terhadap karakter target tidak mencapai lebih dari dua karakter, maka proses penyeleksian tidak dapat dilanjutkan dan selesai. Namun apabila karakter dengan nilai heritabilitas tinggi atau sedang yang berkorelasi nyata terhadap karakter target lebih dari dua karakter maka penyeleksian dilanjutkan ke proses analisis lintasan terhadap korelasi nyata yang didapat untuk melihat pengaruh langsung dan tak langsung korelasi karakter tersebut. Setelah analisis lintasan dilakukan maka sistem akan melakukan penyeleksian karakter yang baik untuk dijadikan karakter seleksi dengan ketentuan karakter tersebut memiliki nilai heritabilitas yang tinggi dan berkorelasi nyata terhadap karakter target dengan pengaruh langsung yang besar dan pengaruh tak langsung yang kecil.

Proses dilanjutkan dengan menentukan koefisien karakter target dan karakter yang terpilih sebagai karakter seleksi. Setelah koefisien karakter dimasukkan maka sistem akan melakukan inialisasi nilai standarisasi karakter target dan masing-masing karakter yang terpilih sebagai karakter seleksi. Kemudian sistem akan melakukan

perhitungan indeks seleksi berdasarkan koefisien yang dimasukkan tadi dan nilai masing-masing karakter yang terstandarisasi. Proses perhitungan indeks seleksi akan menampilkan nilai indeks seleksi setiap tanaman (genotipe) terurut dari nilai indeks terbesar hingga terkecil. Kemudian proses dilanjutkan dengan menentukan jumlah tanaman yang termasuk ke dalam indeks seleksi positif terseleksi dan sistem akan langsung melakukan proses penyeleksian dan perhitungan diferensial seleksi dan kemajuan genetik harapan. Setelah proses perhitungan diferensial seleksi dan kemajuan genetik harapan dilakukan, maka sistem akan menampilkan output berupa hasil seleksi tomat galur unggulan beserta informasi diferensial seleksi dan persentase kemajuan genetik harapan.

b. Use Case Diagram

Perancangan aplikasi yang mengimplementasikan metode penentuan karakter seleksi dan perhitungan indeks seleksi pada proses penyeleksian populasi F2 tomat dapat dilihat pada usecase diagram seperti berikut :



Gambar 4.2 Usecase Diagram

Gambar 4.2 merupakan usecase diagram dari aplikasi sistem simulasi seleksi populasi F2 tomat.

Pada sistem ini terdapat satu aktor, yaitu pengguna yang merupakan peneliti atau pemulia tanaman tomat. Pengguna dapat memilih penelitian, memanajemen karakter pertanaman tomat, menentukan karakter seleksi, menentukan koefisien karakter, menentukan jumlah tanaman terseleksi, melihat hasil seleksi, dan melihat bantuan aplikasi.

IV. PEMBAHASAN

a. Implementasi Antarmuka

1) Halaman Utama

Halaman Utama adalah halaman pembuka ketika pertama kali pengguna menjalankan aplikasi. Berikut adalah tampilan dari halaman utama aplikasi yang ditunjukkan pada gambar 5.1



Gambar 5.1 Halaman Utama

Dapat dilihat pada Gambar 5.1 merupakan tampilan halaman utama yang berfungsi sebagai halaman menu utama ditampilkan. Halaman utama ini terdiri dari empat menu utama pada panel kiri dan satu menu tambahan pada panel kanan.

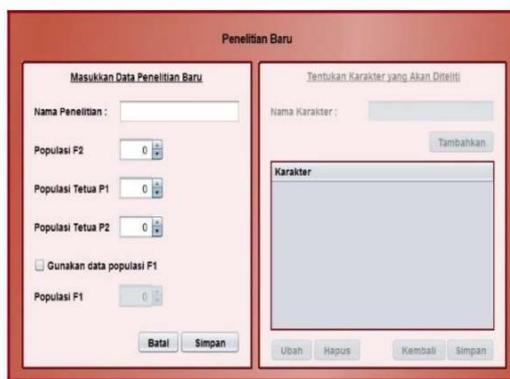
Adapun menu pada halaman utama yaitu:

- a) Penelitian Baru : untuk menampilkan form penelitian baru.
- b) Muat Penelitian : untuk menampilkan form muat penelitian.

- c) Bantuan : untuk menampilkan halaman bantuan aplikasi
- d) Keluar : untuk keluar dari aplikasi
- e) Muat : untuk memuat data penelitian yang terakhir kali dikerjakan

2) *Form* Penelitian Baru

Form penelitian baru akan muncul saat tombol ‘penelitian baru’ pada halaman utama ditekan. Berikut adalah tampilan dari *form* penelitian baru yang dapat dilihat pada gambar 5.2



Gambar 5.2 *Form* Penelitian Baru

Dapat dilihat pada Gambar 5.2 merupakan tampilan *form* penelitian baru yang berfungsi sebagai *form* untuk pengguna memasukkan data penelitian baru (nama penelitian dan jumlah populasi-populasi yang diteliti) dan data karakter-karakter yang akan diteliti.

Adapun menu pada *form* penelitian baru yaitu :

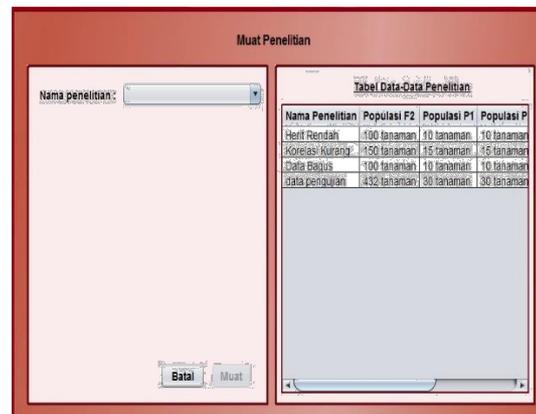
- 1) Simpan (panel kiri) : untuk menyimpan data penelitian baru yang dimasukkan, menonaktifkan panel kiri, dan mengaktifkan panel kanan.
- 2) Batal : untuk membatalkan proses pembuatan penelitian baru dan menutup *form* penelitian baru.
- 3) Tambahkan : untuk menambahkan karakter yang diteliti ke dalam *database*.
- 4) Simpan (panel kanan) : untuk menyelesaikan proses memasukkan karakter

yang diteliti dan menampilkan halaman menu seleksi.

- 5) Kembali : untuk menghapus semua karakter yang telah dimasukkan, mengaktifkan panel kiri, dan menonaktifkan panel kanan.
- 6) Ubah : untuk mengubah nama karakter yang terseleksi pada tabel.
- 7) Hapus : untuk menghapus karakter yang terseleksi pada tabel.

3) *Form* Muat Penelitian

Form muat penelitian akan muncul saat tombol ‘muat penelitian’ pada halaman utama ditekan. Berikut adalah tampilan dari *form* muat penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 5.3



Gambar 5.3 *Form* Muat Penelitian

Dapat dilihat pada Gambar 5.3 merupakan tampilan *form* muat penelitian yang berfungsi sebagai *form* tempat pengguna memilih dan memuat data penelitian yang pernah dilakukan. *Combobox* pada panel kiri memuat nama-nama penelitian yang pernah dilakukan. Pada panel kanan terdapat tabel informasi data-data penelitian yang pernah dibuat.

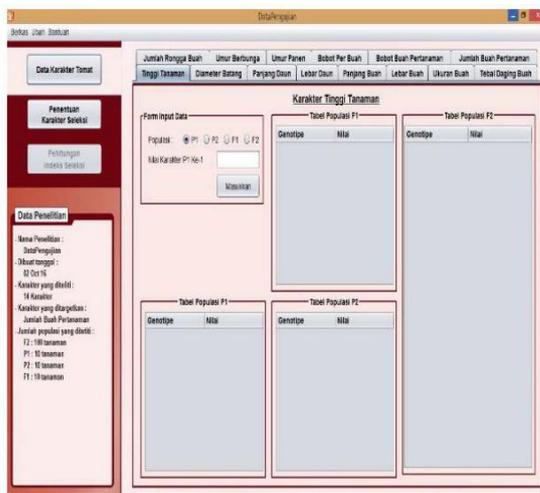
Adapun menu pada *form* muat penelitian ini yaitu :

- a) Muat : untuk memuat data penelitian yang terpilih.

- b) Batal : untuk membatalkan proses memuat data penelitian dan menutup *form* muat penelitian.

4) Halaman Menu Seleksi

Halaman menu seleksi merupakan halaman lanjutan setelah pengguna memilih memuat data atau membuat data penelitian baru. Berikut adalah tampilan dari halaman menu seleksi yang dapat dilihat pada Gambar 5.4



Gambar 5.4 Halaman Menu Seleksi

Dapat dilihat pada Gambar 5.4 merupakan tampilan halaman menu seleksi yang berfungsi sebagai halaman proses penyeleksian populasi F2 tomat dilakukan. Halaman menu seleksi secara otomatis pertama kali akan menampilkan juga halaman manajemen karakter pertanaman tomat. Pada halaman menu seleksi terdapat tiga tombol menu dan tiga *menubar*.

Adapun menu pada halaman menu seleksi ini yaitu :

- a) Data Karakter Tomat : untuk menampilkan halaman manajemen karakter pertanaman tomat.
 b) Penentuan Karakter Seleksi : untuk menyelesaikan proses manajemen

karakter pertanaman tomat dan melanjutkan proses seleksi ke proses penentuan karakter seleksi dengan menampilkan halaman karakter seleksi, mengganti menu data karakter tomat menjadi menu lihat data tomat, dan mengganti menu penentuan karakter seleksi menjadi menu lihat karakter seleksi.

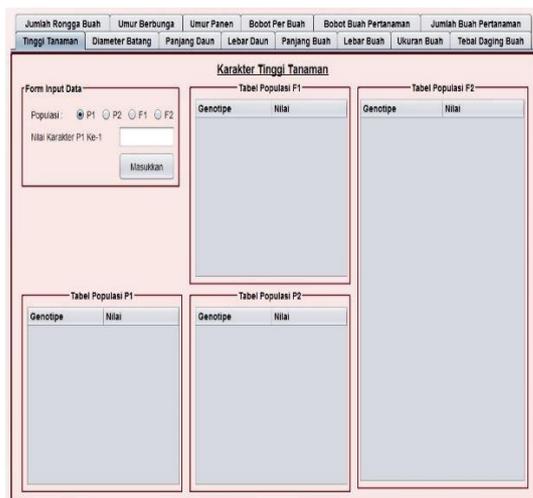
- c) Perhitungan Indeks Seleksi : untuk melanjutkan proses ke penentuan koefisien karakter dengan menampilkan halaman perhitungan indeks seleksi.
 d) Lihat Data tomat : untuk menampilkan halaman manajemen karakter pertanaman tomat tanpa dapat melakukan manajemen data.
 e) Lihat karakter seleksi : untuk menampilkan halaman karakter seleksi.
 f) Lihat Hasil Seleksi : untuk menampilkan halaman hasil seleksi.
 g) *Menubar* berkas : *menubar* yang terdiri dari 5 pilihan *menu item*.
 i. Penelitian baru : untuk menampilkan *form* penelitian baru.
 ii. Muat penelitian : untuk menampilkan *form* muat penelitian.
 iii. Impor data : untuk mengimpor data excel ke dalam *database*.
 iv. Ekspor ke excel : untuk mengeksport data hasil seleksi ke dalam data excel.
 v. Keluar : untuk keluar dari aplikasi.
 h) *Menubar* ubah : *menubar* yang terdiri dari 2 pilihan *menu item*.
 i) Data karakter tomat : untuk mengembalikan proses seleksi ke proses manajemen karakter pertanaman tomat.

j) Data koefisien karakter : untuk menampilkan tabel data tanaman yang telah menentukan kembali koefisien karakter target dan karakter seleksi.

k) *Menubar* bantuan : *menubar* yang berisikan *menutem* bantuan aplikasi yang berfungsi untuk menampilkan halaman bantuan aplikasi.

5) Halaman Manajemen Karakter Pertanaman Tomat

Halaman manajemen karakter pertanaman tomat merupakan halaman yang pertama kali tampil pada halaman menu seleksi. Berikut adalah tampilan dari halaman manajemen data karakter tomat yang dapat dilihat pada Gambar 5.5



Gambar 5.5 Halaman Manajemen Karakter Pertanaman Tomat

Dapat dilihat pada Gambar 5.5 merupakan tampilan halaman manahemen karakter pertanaman tomat yang berfungsi sebagai halaman untuk memamanajemen data masing-masing karakter pertanaman tomat. Halaman ini terdiri dari beberapa *tab pane* yang jumlahnya tergantung dengan karakter-karkater yang diteliti. Dalam satu *tab pane* terdiri lima kotak panel, satu panel navigasi untuk memasukkan data karakter satu per satu dan empat panel lainnya berfungsi untuk

6) Halaman Karakter Seleksi

Halaman karakter seleksi merupakan halaman yang tampil apabila pengguna telah selesai memamanajemen data karakter pertanaman tomat dan menekan tombol ‘penentuan karakter seleksi’ pada menu seleksi. Berikut adalah tampilan dari halaman karakter seleksi yang dapat dilihat pada Gambar 5.6



Gambar 5.6 Halaman Karakter Seleksi

Dapat dilihat pada Gambar 5.6 merupakan tampilan halaman karakter seleksi yang berfungsi sebagai halaman informasi karakter seleksi. Karakter yang terpilih sebagai karakter seleksi ditampilkan dalam bentuk tabel.

Adapun menu pada halaman karakter seleksi ini yaitu :

- a) Keragaman & Heritabilitas : untuk menampilkan halaman heritabilitas.
- b) Informasi Korelasi : untuk menampilkan halaman korelasi.
- c) Informasi Analsisi Lintasan : untuk menampilkan halaman analisis lintasan.

7) Halaman Hasil Seleksi

Halaman hasil seleksi merupakan halaman yang tampil apabila pengguna telah selesai



menentukan koefisien karakter. Berikut adalah tampilan dari halaman hasil seleksi yang dapat dilihat pada Gambar 5.7, 5.8, dan 5.9

Gambar 5.8 Halaman Hasil Seleksi (Panel Tengah)

INDEKS SELEKSI DAN HASIL SELEKSI

Tabel Informasi Diferensial Seleksi dan Kemajuan Genetik Harapan

Karakter	Xs	X0	S	KG	KGH	Seleksi
TT	54.77	53.77	1	519.66	0.66%	Sec
DB	2.76	1.37	0.79	46.35	35.38%	Ti
PD	6.45	6.26	0.18	42.68	6.91%	Ref
LD	4.11	4.32	-0.21	29.46	6.82%	Ref
PB	6.29	4.52	1.77	141.29	31.27%	Ti
LB	3.49	3.51	-0.01	15.89	4.54%	Ref
UKB	4.89	4.01	0.88	97.17	24.22%	Ti
TDB	56.26	40.31	15.95	1384.26	34.34%	Ti
JRB	4.32	4.43	-0.11	9.88	2.23%	Ref
UB	45.97	46	-0.63	199.03	3%	Ref
UP	63.47	64.02	-0.55	106.22	1.66%	Ref
PBP	332.42	336.02	-25.6	5901.83	16.21%	Ti
BPB	2027.53	3181.26	-253.75	53968.74	16.07%	Ti
JBPT	134.37	92.54	41.83	3822.1	41.3%	Ti

Keterangan:
 - Xs : Rata-rata populasi terseleksi
 - X0 : Rata-rata seluruh populasi
 - S : Diferensial seleksi
 - KG : Kemajuan Genetik
 - KGH : Kemajuan Genetik Harapan

Klasifikasi:
 Kriteria kemajuan genetik harapan ditetapkan sebagai berikut : rendah < 0.7%, sedang 7.1-14%, dan tinggi > 14.1%

Rumus yang digunakan:
 Diferensial Seleksi dihitung untuk melihat keunggulan populasi yang terseleksi terhadap populasi keseluruhan F2. Diferensial seleksi disediakan menggunakan formula:

$$S = (\sum Xs / ns) - (\sum X0 / n0)$$
 Keterangan :
 S = diferensial seleksi
 $(\sum Xs / ns)$ = nilai rata-rata populasi terseleksi
 $(\sum X0 / n0)$ = nilai rata-rata populasi keseluruhan

Kemajuan genetik harapan dihitung untuk melihat intensitas kemajuan genetik karakter yang didapatkan berdasarkan hasil seleksi. Kemajuan genetik harapan diujuga sebagai berikut :

$$KG = i \times \sigma_p \times h^2$$

$$KGH = (KG / k) \times 100\%$$
 Keterangan :
 KG = Kemajuan Genetik
 KGH = Kemajuan Genetik Harapan
 i = intensitas seleksi 20% (1,4)
 σ_p = standar deviasi fenotip
 h^2 = heritabilitas karakter
 k = rata-rata umur

Gambar 5.9 Halaman Hasil Seleksi (Panel Bawah)

Dapat dilihat pada Gambar 5.7, 5.8, dan 5.9 merupakan tampilan halaman hasil seleksi yang terdiri dari tiga panel. Panel paling atas berfungsi untuk memuat tabel informasi nilai-nilai karakter seleksi dan karakter target setiap genotipe pada populasi F2. Panel tengah berfungsi untuk memuat nilai standar deviasi karakter dan indeks seleksi setiap genotipe yang diurutkan dari indeks terbesar ke indeks terkecil.

Panel paling bawah berfungsi untuk memuat nilai diferensial seleksi dan kemajuan genetik harapan. perhitungan sistem dengan perhitungan

manual. Adapun hasil yang akan dibandingkan berupa hasil perhitungan himpunan ragam dan heritabilitas, hasil perhitungan korelasi, hasil perhitungan uji korelasi, hasil perhitungan analisis lintasan, hasil penentuan karakter seleksi, hasil perhitungan indeks seleksi, genotipe terbaik hasil seleksi, dan hasil perhitungan diferensial seleksi dan kemajuan genetik harapan.

Data uji yang digunakan yaitu data penelitian untuk mendapatkan tomat varietas baru dengan karakter target bobot buah pertanaman yang besar. Populasi yang digunakan pada penelitian berjumlah 413 tanaman hidup dan 19 tanaman mati untuk populasi F2, 27 tanaman hidup dan 3 tanaman mati untuk populasi P1, 28 tanaman hidup dan 2 tanaman mati untuk populasi P2, dan 40 tanaman hidup dan 5 tanaman mati untuk populasi F1.

Karakter-karakter yang terdapat pada penelitian tersebut meliputi tinggi tanaman (TT), diameter batang (DB), panjang (PD), dan lebar daun (LD), jumlah bunga (JB), umur berbunga (UB), umur panen (UP), panjang (PB) dan lebar buah (LB), ukuran buah (UKB), tebal daging buah (TDB), jumlah rongga buah (JRB), kekerasan buah (KB), panjang kotiledon (PK), lebar kotiledon (LK), panjang hipokotil (PH), kadar air (KA), padatan total terlarut (PTT), persentase buah pecah (PBP), bobot per buah (BPB), jumlah buah pertanaman (JBPT) dan terakhir karakter yang ditargetkan itu sendiri, yaitu bobot buah pertanaman (BBPT).

Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5.1 :

Tabel 5.1 Tingkat Akurasi Perhitungan Manual Terhadap Perhitungan Menggunakan Sistem

No.	Nama Pengujian	Total Data	Data Benar	Tingkat Akurasi
-----	----------------	------------	------------	-----------------

1	Perhitungan Himpunan Ragam dan Heritabilitas	22	22	100%
2	Perhitungan Korelasi	22	22	100%
3	Perhitungan Uji Korelasi Terhadap Uji T	23	23	100%
4	Perhitungan Analisis	7	7	100%
5	Penentuan Karakter Seleksi	7	7	100%
6	Perhitungan Indeks Seleksi	413	413	100%
7	Genotipe Terbaik Hasil Seleksi	35	35	100%
8	Perhitungan Diferensial Seleksi dan Kemajuan Genetik Harapan Lintasan	22	22	100%

Dapat dilihat pada Tabel 5.1 total data merupakan total data yang diujikan, data benar merupakan total data yang sama antara hasil perthitungan yang dilakukan sistem terhadap perhitungan manual, dan tingkat akurasi merupakan tingkat akurasi hasil perbandingan perthitungan yang dilakukan sistem terhadap perhitungan manual. Berdasarkan pembahasan diatas, hasil yang didapatkan pada perhitungan manual memiliki tingkat akurasi 100% sama dengan perhitungan yang dihasilkan oleh sistem. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penerapan pola penyeleksian populasi F2 tomat berhasil diterapkan ke dalam sistem simulasi seleksi populasi F2 tomat.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini menghasilkan sebuah aplikasi sistem simulasi seleksi populasi F2 tomat dengan penentuan karakter seleksi dan perhitungan indeks seleksi berbasis desktop. Aplikasi ini dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman Java dan database MySQL.
2. Penelitian ini berhasil mensimulasikan proses penyeleksian populasi bersegregasi F2 tomat dengan penentuan karakter seleksi dan perhitungan indeks seleksi dibuktikan dengan pengujian *whitebox* dan pengujian *blackbox* :
 - a) Tingkat akurasi pengujian *white box* dengan metode *basis path test case* pada implementasi algoritma penentuan karakter seleksi pada aplikasi sistem simulasi seleksi populasi F2 tomat adalah dari 36 node menghasilkan 7 *independent path* yang berhasil dijalankan 100%.
 - b) Tingkat akurasi pengujian *black box* dengan metode *equivalence partitioning* adalah 95,71 % skenario pengujian berhasil atau sesuai dengan yang diharapkan. Menggunakan 2 kelas pengujian, yaitu pengujian masukan tidak sesuai dan pengujian perintah kosong, dan 1 pengujian fungsional sistem. Pengujian masukan tidak sesuai dengan 4 kelas uji, yang terdiri dari 13 skenario pengujian, 11 skenario pengujian berhasil dan 2 skenario pengujian tidak berhasil. Pengujian perintah kosong dengan 5 kelas uji, yang terdiri dari 10 skenario pengujian, 9 skenario pengujian berhasil dan 1 skenario pengujian tidak berhasil. Pengujian fungsional sistem yang terdiri

dari 47 aktivitas pengujian, 47 aktivitas pengujian berhasil dan 0 aktivitas pengujian gagal.

3. Tingkat akurasi perbandingan hasil perhitungan dari proses seleksi populasi F2 antara perhitungan yang dilakukan secara manual dan menggunakan sistem yaitu sebesar 100% menghasilkan hasil atau keluaran yang sama.

VI. SARAN

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Membangun aplikasi yang dapat melakukan seleksi lanjutan dari proses penyeleksian populasi F2, yaitu penyeleksian populasi F3 dan F4.
2. Dapat dikembangkan untuk pengguna umum dengan proses pendeteksian dan perhitungan secara otomatis.
3. Sistem dapat dikembangkan untuk berbagai platform (*web, mobile, dll*).

REFERENSI

- [1.] Yuniarti, R, Sastrosumarjo S, Sujiprihati S, Surahman M, dan Hidayat SH. 2010. *Kriteria seleksi untuk perakitan*

- varietas cabai tahan Phytophthora capsici Leonian. J. Agron. Indonesia* 38 (2): 122-129.
- [2.] Mohanty, B K. 2003. *Genetic Variability, correlation and path coefficient studies in tomato*. Indian. J. Agric. Res. 37(1): 68-71.
- [3.] Golani, I J, Mehta DR, Purohit VL, Pandya HM, dan Kanzaria MV. 2007. *Genetic variability, correlation and path coefficient studies in tomato*. Indian J. Agric. Res. 41(2): 146-149.
- [4.] Haydar, A, Mandal MA, Ahmed MB, Hannan MM, Karim R, Razvy MA, Roy UK, dan Salahin M. 2007. *Studies og genetic variability and interrelationship among the different traits in tomato (Lycopersicum esculentum Mill)*. Middle-East J. Sci. Res. 2(3-4): 139-142.
- [5.] Tiwari, J K, dan Upadhyay D. 2011. *Correlation and path-coefficient studies in tomato (Lycopersicum esculentum Mill)*. Res. J. Agric. Sci. 2(1): 63-68.
- [6.] Law, A. M., dan W. David Kelton. 1991. *Simulation modeling and analysis*. McGraw-Hill: International.
- [7.] Pitojo, S. 2005. *BENIH TOMAT*. Yogyakarta: KANISIUS.
- [8.] Syukur, Muhamad, Sriani Sujiprihati, dan Rahmi Yuniarti. 2012. *Teknik Pemuliaan Tanaman*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- [9.] Roy, Darbeshwar. 2000. *Plant Breeding, Analysis and Exploitation of Variation*. New Delhi (IN): Narosa Publishing House.
- [10.] Bahar, Helmidar, dan Syahrul Zen. 1993. *Parametergenetik pertumbuhan tanaman, hasil dan komponen hasil*
- [11.] Singh, R K, dan B. D. Chaudhary. 1979. *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis*. New Delhi (IN): Kalyani.Knight, R. 1979. "Quantitative Genetics, Statistics and Plant breeding." Dalam *Plant Breeding*, oleh G. M. Halloran, R. Knight, K. S. Mc Whirter dan D. H.B. Sparrow, 41-78. Brisbane: Australia Vice Consellers Comite.
- [12.] Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- [13.] Lewis, William E. 2005. *Software Testing and Continuous Quality Improvement Second Edition*. United States of America: AUERBACH PUBLICATIONS