BAB 3
ANALISIS DAN KEBUTUHAN ALGORITMA

3.1 Analisis Sistem

Analisis sistem bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai system yang nantinya akan dibangun. Sistem yang akan dibangun adalah sistem penentuan waktu panen dengan menggunakan algoritma genetika dan logika *fuzzy*.

3.1.1 Analisis Masalah

Dalam penentuan waktu panen dari tanaman hortikultura bergantung kepada tingkat kematangan dan tujuan pemanfaatan dari tanaman tersebut. Sehingga waktu panen dari tanaman dapat disesuaikan dengan permintaan dari konsumen ataupun pasar. Sebagai contoh tanaman tomat yang akan di pasarkan ke pasar yang jauh, maka tanaman tomat di panen saat memasuki fase hijau masak dan sedikit warna merah. Dan untuk tomat yang dikonsumsi maka di panen pada saat fase matang warna merah dominan. Kata sedikit dan dominan pada penentuan panen tersebut menimbulkan ketidakpastian, karena hanya bersisat perkiraan saja. Oleh karenan itu perlu adanya sebuah ukuran nilai yang dibuat untuk merepresentasikan tingkat kematangan dari tanaman. Cara yang dapat dilakukan dengan melakukan proses komputasi, ialah dengan menggukur sendiri kelapangan dimulai dari tanaman ditanam ditanah kemudian dihitung total harinya. Namun bisa saja hasil pengukuran yang didapat akan berbeda-beda disetiap musim tanam, Karena pertumbuhan tanaman sendiri dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti yang telah disebutkan pada bab sebelumnya.

Berdasarkan deskripsi diatas akan diterapkan kedalam sebuah system yang dapat menentukan kapan panen dilakukan fase-fase tersebut akan muncul selama masa tumbuh tanaman. Sistem yang akan dibuat adalah *system fuzzy logic* karena Sistem *fuzzy* merupakan penduga numerik yang terstruktur dan dinamik. Sistem tersebut mempunyai kemampuan untuk mengembangkan sistem intelijen dalam

lingkungan yang tidak pasti dan tidak tepat. Karena disini yang dihitung bukan hanya satu jenis tanaman saja. Maka dalam pembuatan aturan fuzzy dan fungsi keanggotaanya akan menjadi sulit dan membutuhkan waktu yang tidak sedikit. Oleh karena itu digunakan juga algoritma genetika yang berfungsi untuk membangkitkan nilai fungsi keanggotaan dan aturan fuzzy.

3.1.2 Analisis Data Masukan

Data masukan disini adalah berupa data index kematangan untuk tanaman hortikultura dan data curah hujan.

Tabel 3.1 Parameter waktu panen

No	Nama Tanaman	Parameter waktu panen	
		Index Kematangan	Curah hujan
1	Tomat Merah	Warna buah - Hijau - Kuning - Merah	- Rendah - Sedang - Tinggi
2	Cabai Merah	Warna buah - Hijau - Merah	

3.1.3 Analisis Metode

Analisis metode menjelaskan bagaiamana metode digunakan dalam sebuah kasus dengan nilai-nilai parameter yang telah ditetapkan, kemudian diproses secara manual untuk menghasilkan output. Algoritma yang digunakan untuk menghitung waktu panen tanaman hortikultura adalah logika *fuzzy*. Algoritma Genetika digunakan untuk mengoptimasikan fungsi keanggotaan dan aturan dari logika *fuzzy*.

3.1.3.1 Analisis Algoritma Genetika

Algoritma Genetika digunakan untuk mengoptimalkan fungsi keanggotaan dan aturan fuzzy. Adapun beberapa hal yang harus diperhatikan pada penggunaan algoritma genetika yaitu :

3.1.3.2 Parameter Algoritma Genetika

Pada penelitian ini parameter genetika ditentukan sebagai berikut.

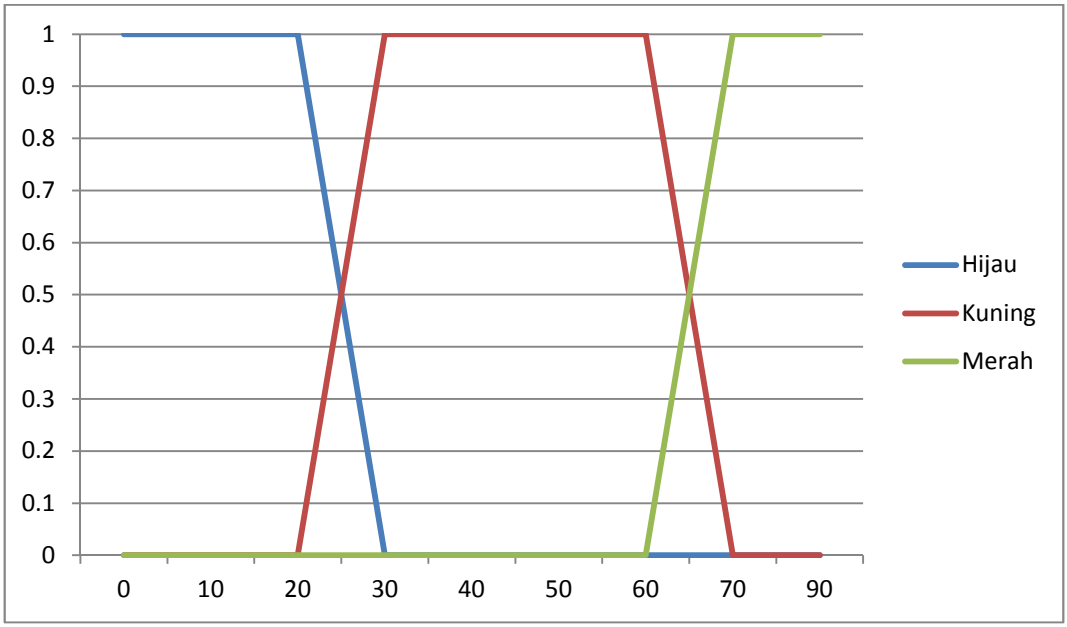
1. Peluang crossover= 0.95
2. Peluang mutasi = 0.01
3. Generasi = 1000
4. Populasi =30
5. Seleksi menggunakan seleksi *roulete wheel*
6. Metode crossover yang digunakan *multi-point crossover*
7. Metode mutasi yang digunakan *non-uniform mutation*

3.1.3.3 Pembentukan Popolasi Awal

Populasi awal dibentuk dengan menggunakan skema penggodean. Populasi berupa sekumpulan solusi yang pada kasus ini adalah fungsi keanggotaan dan aturan *fuzzy*.

1. Pembentukan Kromosom

   Kromosom berisi fungsi keanggotaan dan aturan fuzzy, fungsi keanggotaan fuzzy yang akan dibentuk berupa fungsi *trapezoid*. Dimisalkan sebuah variable input warna memiliki 3 nilai linguistik hijau, kuning, merah. Maka fungsi keanggotaanya jika menggunakan fungsi *trapezoid* akan terlihat seperti pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Contoh grafik variabel fuzzy

Fungsi keanggotan trapezoid memiliki 4 titik untuk setiap nilai linguistiknya maka dapat dibentuk sebuah representasi fungsi keanggotaanya sebagai berikut:

Input warna(x)$\in [a, b]$

a= nilai min

b= nilai max

misal X$\in$ [50,91]

maka x=[50,50,55,60,55,60,65,70,65,70,90,90]

Pada kebanyakan kasus fungsi trapezoid memiliki titik perpotongan yang memiliki nilai yang sama. Sehingga untuk mempermudah proses maka nilai x dapat dibuat menjadi

x= [0, 0, 55, 60, 65, 70, 90, 90]

Maka fungsi keanggotan untuk input warna(x) dapat di baca sebagai berikut:

Rendah = x0, x1, x2, x3

Sedang = x2, x3, x4, x5

Tinggi = x4, x5, x6, x7

untuk nilai x0,x1,x6,7 nilainya bersifat statis karenan merupakan batas awal dan akhir fungsi keanggotaan. Nilai x2, x3, x4, x5 akan dibangkitkan secara acak dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

X (i) = rand (a, b) (Persamaan 3.1)

Sedangkan merepresentasikan aturan fuzzy kedalam kromosom maka variabel linguistik fuzzy diubah kedalam bentuk bilangan integer Sebagai contoh: input_warna memiliki 3 variable lingusitik rendah, sedang, dan tinggi maka nilai ini Akan diubah kedalam bilangan *integer* yaitu 1, 2, 3.

Maka Akan didapat sebuah kromosom dengan panjang = jumlah panjang variable *fuzzy*. Misalkan sistem fuzzy dengan 2 *input* dan 1 *output*. *Input* 1 memiliki 3 variables, *input* 2 memiliki 5 variable dan *output* memiliki 3 variabel. Panjang representsi fungsi keanggotaan fuzzy, yaitu:

Panjang representasi= (axb)-(a-c) (Persamaan 3.2)

a= jumlah variabel

b= 4, curva *trapezoid* memiliki 4 titik

c= jumlah curva *trapezoid* sempurna (curva diantara curva ke 1 dan akhir)

Input 1= (3x4)-(3+1) =8

Input 2= (5x4)-(5+3) =12

Output= (3x4)-(3+1) =8

Panjangkromosom = 8+12+8 =28

Adapun susanan fungsi keanggotaan dan aturan *fuzzy* dalam kromsom adalah sebagai berikut:

Kita misalkan kromosom adalah sebuah *array* 3 dimensi dengan panjang *array* 28

Kromosom= [i, j, k]

i = posisi individu (i=0… populasi-1)

j= posisikromosom (j=0… panjangkromosom-1)

k= sebuah array berjumlah 4 buah, k=0, 1, 2, 3

Dimana k=0, nilai representasi fungsi keanggotaan

k=1, nilai representasi aturan dari input 1

k=2, nilai representasi aturan dari input 2

k=3, nilai representasi aturan dari output

Contoh: sebuah sistem *fuzzy* untuk menghitung waktu panen tanaman tomat, memiliki 2 variable input (Warna, Curah Hujan) dan output (Waktu Panen). Dengan variable linguistiknya yaitu Warna (hijau, kuning, merah), Curah Hujan (sedang, rendah, tinggi) dan Waktu Panen (pendek, sedang, panjang). Fungsi keanggotaan Warna memiliki batas (50-91) hari, Curah Hujan memiliki batas (20-150) mm dan Waktu Panen (1-7) hari. Maka representasi kromosomnya untuk individu 1-10 adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Hasil Pembangkitan Nilai Individu

Indvidu	Kromosom	Individu	Kromosom
1	Kromosom 1 = 50,1,2,1 Kromosom 2 = 50,1,0,1 Kromosom 3 = 58,0,0,3 Kromosom 4 = 64,2,1,3 Kromosom 5 = 56,1,2,2 Kromosom 6 = 79,1,0,2 Kromosom 7 = 91,1,1,1 Kromosom 8 = 91,0,1,1 Kromosom 9 = 20,1,0,3 Kromosom 10 = 20,2,0,2 Kromosom 11 = 102,1,1,2 Kromosom 12 = 104,2,0,1 Kromosom 13 = 136,1,0,3 Kromosom 14 = 131,1,2,3 Kromosom 15 = 150,0,1,3 Kromosom 16 = 150,1,2,3 Kromosom 17 = 1,1,1,3 Kromosom 18 = 1,0,1,1 Kromosom 19 = 2,1,0,2 Kromosom 20 = 3,1,2,1 Kromosom 21 = 2,0,1,2 Kromosom 22 = 1,1,1,1 Kromosom 23 = 7,2,0,1 Kromosom 24 = 7,1,1,3	6	Kromosom 1 = 50,0,2,3 Kromosom 2 = 50,2,2,3 Kromosom 3 = 71,0,2,1 Kromosom 4 = 83,0,0,2 Kromosom 5 = 77,2,1,2 Kromosom 6 = 71,0,1,2 Kromosom 7 = 91,0,1,3 Kromosom 8 = 91,0,2,2 Kromosom 9 = 20,0,1,2 Kromosom 10 = 20,2,0,3 Kromosom 11 = 53,2,2,2 Kromosom 12 = 104,2,1,1 Kromosom 13 = 47,1,0,2 Kromosom 14 = 138,0,0,1 Kromosom 15 = 150,1,0,2 Kromosom 16 = 150,2,1,3 Kromosom 17 = 1,1,2,1 Kromosom 18 = 1,1,1,2 Kromosom 19 = 1,0,1,2 Kromosom 20 = 4,1,2,3 Kromosom 21 = 2,0,2,3 Kromosom 22 = 5,2,0,3 Kromosom 23 = 7,2,0,3 Kromosom 24 = 7,0,2,3
2	Kromosom 1 = 50,2,1,2 Kromosom 2 = 50,2,1,2 Kromosom 3 = 80,0,1,1 Kromosom 4 = 73,2,1,3 Kromosom 5 = 60,0,1,1 Kromosom 6 = 69,0,2,1 Kromosom 7 = 91,0,2,1 Kromosom 8 = 91,1,1,1 Kromosom 9 = 20,2,1,3 Kromosom 10 = 20,2,2,3 Kromosom 11 = 90,0,2,2 Kromosom 12 = 21,0,1,3 Kromosom 13 = 107,2,1,2 Kromosom 14 = 136,1,1,1 Kromosom 15 = 150,1,0,1 Kromosom 16 = 150,2,1,3	7	Kromosom 1 = 50,1,2,3 Kromosom 2 = 50,0,0,1 Kromosom 3 = 60,2,2,3 Kromosom 4 = 80,0,0,3 Kromosom 5 = 65,2,0,3 Kromosom 6 = 86,1,1,2 Kromosom 7 = 91,0,0,3 Kromosom 8 = 91,0,2,2 Kromosom 9 = 20,2,0,3 Kromosom 10 = 20,2,1,1 Kromosom 11 = 134,0,2,3 Kromosom 12 = 96,0,0,2 Kromosom 13 = 99,2,1,2 Kromosom 14 = 24,1,0,1 Kromosom 15 = 150,1,2,2 Kromosom 16 = 150,0,2,2

	Kromosom 17 = 1,2,1,2 Kromosom 18 = 1,0,1,3 Kromosom 19 = 5,2,2,3 Kromosom 20 = 1,1,1,2 Kromosom 21 = 2,1,1,3 Kromosom 22 = 5,1,0,1 Kromosom 23 = 7,1,1,3 Kromosom 24 = 7,0,2,3		Kromosom 17 = 1,2,2,3 Kromosom 18 = 1,2,2,3 Kromosom 19 = 3,2,0,3 Kromosom 20 = 3,1,0,3 Kromosom 21 = 2,0,1,2 Kromosom 22 = 5,2,0,1 Kromosom 23 = 7,1,2,1 Kromosom 24 = 7,2,0,2
3	Kromosom 1 = 50,1,2,1 Kromosom 2 = 50,2,2,2 Kromosom 3 = 57,2,2,1 Kromosom 4 = 54,0,0,3 Kromosom 5 = 52,2,1,3 Kromosom 6 = 58,1,0,1 Kromosom 7 = 91,2,1,2 Kromosom 8 = 91,1,2,3 Kromosom 9 = 20,2,2,3 Kromosom 10 = 20,1,0,2 Kromosom 11 = 99,0,2,1 Kromosom 12 = 65,0,1,1 Kromosom 13 = 109,0,2,1 Kromosom 14 = 129,1,2,3 Kromosom 15 = 150,1,2,1 Kromosom 16 = 150,2,0,2 Kromosom 17 = 1,1,0,1 Kromosom 18 = 1,0,0,2 Kromosom 19 = 5,2,1,2 Kromosom 20 = 6,2,2,1 Kromosom 21 = 3,2,2,2 Kromosom 22 = 4,2,1,1 Kromosom 23 = 7,0,0,1 Kromosom 24 = 7,2,1,1	8	Kromosom 1 = 50,2,2,2 Kromosom 2 = 50,2,2,2 Kromosom 3 = 78,2,0,2 Kromosom 4 = 65,0,0,3 Kromosom 5 = 72,0,2,2 Kromosom 6 = 73,1,2,3 Kromosom 7 = 91,1,1,3 Kromosom 8 = 91,1,1,1 Kromosom 9 = 20,2,1,3 Kromosom 10 = 20,0,1,2 Kromosom 11 = 23,1,2,2 Kromosom 12 = 71,2,2,1 Kromosom 13 = 107,2,2,3 Kromosom 14 = 33,1,1,1 Kromosom 15 = 150,2,1,2 Kromosom 16 = 150,1,0,2 Kromosom 17 = 1,1,2,2 Kromosom 18 = 1,0,0,1 Kromosom 19 = 2,2,0,2 Kromosom 20 = 4,1,2,3 Kromosom 21 = 5,1,2,1 Kromosom 22 = 6,0,1,2 Kromosom 23 = 7,1,0,2 Kromosom 24 = 7,1,0,1
4	Kromosom 1 = 50,0,2,3 Kromosom 2 = 50,1,0,3 Kromosom 3 = 87,0,2,3 Kromosom 4 = 66,2,1,1 Kromosom 5 = 83,2,0,1 Kromosom 6 = 86,1,2,3 Kromosom 7 = 91,1,0,2 Kromosom 8 = 91,2,0,2 Kromosom 9 = 20,0,0,2 Kromosom 10 = 20,1,0,2 Kromosom 11 = 24,1,0,2 Kromosom 12 = 38,1,2,1 Kromosom 13 = 67,2,0,3 Kromosom 14 = 119,0,0,2 Kromosom 15 = 150,1,2,2 Kromosom 16 = 150,2,0,1 Kromosom 17 = 1,2,1,1 Kromosom 18 = 1,2,0,1 Kromosom 19 = 2,0,0,2 Kromosom 20 = 5,2,1,1 Kromosom 21 = 6,2,0,3 Kromosom 22 = 4,2,2,2 Kromosom 23 = 7,1,2,3 Kromosom 24 = 7,0,0,2	9	Kromosom 1 = 50,2,2,3 Kromosom 2 = 50,1,0,1 Kromosom 3 = 77,0,2,1 Kromosom 4 = 62,1,1,3 Kromosom 5 = 77,0,0,1 Kromosom 6 = 52,2,1,2 Kromosom 7 = 91,2,0,2 Kromosom 8 = 91,1,1,3 Kromosom 9 = 20,2,0,2 Kromosom 10 = 20,0,2,3 Kromosom 11 = 61,1,1,3 Kromosom 12 = 131,0,1,1 Kromosom 13 = 100,2,0,3 Kromosom 14 = 82,2,2,2 Kromosom 15 = 150,0,2,3 Kromosom 16 = 150,2,0,3 Kromosom 17 = 1,2,0,2 Kromosom 18 = 1,1,0,1 Kromosom 19 = 6,2,2,2 Kromosom 20 = 2,2,1,2 Kromosom 21 = 1,0,1,2 Kromosom 22 = 2,0,0,2 Kromosom 23 = 7,1,0,1 Kromosom 24 = 7,0,1,1
5	Kromosom 1 = 50,2,2,1 Kromosom 2 = 50,1,2,3 Kromosom 3 = 84,2,0,2	10	Kromosom 1 = 50,1,1,1 Kromosom 2 = 50,1,1,3 Kromosom 3 = 76,0,2,2

	Kromosom 4 = 52,1,0,3 Kromosom 5 = 70,0,1,1 Kromosom 6 = 87,2,1,2 Kromosom 7 = 91,1,2,2 Kromosom 8 = 91,2,1,1 Kromosom 9 = 20,2,1,2 Kromosom 10 = 20,0,0,3 Kromosom 11 = 113,1,2,2 Kromosom 12 = 90,2,0,3 Kromosom 13 = 56,0,1,3 Kromosom 14 = 49,1,0,1 Kromosom 15 = 150,0,2,2 Kromosom 16 = 150,1,2,2 Kromosom 17 = 1,1,0,1 Kromosom 18 = 1,0,2,1 Kromosom 19 = 1,2,0,1 Kromosom 20 = 6,0,0,3 Kromosom 21 = 1,0,0,2 Kromosom 22 = 2,2,0,1 Kromosom 23 = 7,0,1,1 Kromosom 24 = 7,1,0,3		Kromosom 4 = 76,2,1,1 Kromosom 5 = 54,1,2,3 Kromosom 6 = 62,2,0,1 Kromosom 7 = 91,2,2,3 Kromosom 8 = 91,1,0,1 Kromosom 9 = 20,0,1,1 Kromosom 10 = 20,2,2,2 Kromosom 11 = 50,1,2,3 Kromosom 12 = 141,0,2,1 Kromosom 13 = 54,1,0,2 Kromosom 14 = 103,1,0,1 Kromosom 15 = 150,2,1,1 Kromosom 16 = 150,2,1,1 Kromosom 17 = 1,1,2,3 Kromosom 18 = 1,1,1,1 Kromosom 19 = 5,0,2,2 Kromosom 20 = 6,0,0,3 Kromosom 21 = 5,2,0,3 Kromosom 22 = 2,0,1,1 Kromosom 23 = 7,2,1,1 Kromosom 24 = 7,2,0,3

Dari kromosom diatas didapat representasi *fuzzy* dengan fungsi keanggotan *trapezoid* dan jumlah aturan sebanyak panjang kromosom. Selanjutnya setiap kromosom akan dievaluasikan untuk mendapatkan fungsi keanggotaan dan aturan fuzzy yang optimum.

3.1.3.4 Evaluasi Kromosom

Pada tahap ini kromosom akan dievaluasi, untuk dapat mengevaluasi suatu system fuzzy dibutuhkan setidaknya minimal 1 kombinasi nilai input dan output dari tujuan yang akan dicari dengan menggunakan system fuzzy. Misalkan kita ambil contoh tanaman tomat, dapat dikatakan matang bila tanaman setidaknya memiliki warna Kuning pada hari ke 60, dengan curah hujan pada 1 minggu kedepan 70 mm. Kemudian akan dihitung nilai erornya (E) dengan persamaan

$$E = 1/N\left(\sum_{i=1}^{N} yi - ti\right) \qquad \text{(persamaan 3.3)}$$

Dengan N = jumlah kombinasi input output yang diketahui

y = output system fuzzy

t = data output yang diketahui

Sedangkan untuk aturan fuzzy diambil hanya aturan-aturan yang tidak memiliki kemiripan, aturan akan dibandingkan satu persatu untuk menghindari terdapat kemiripan antar aturan fuzzy. Sedangkan untuk nilai fitness (f) untuk tiap individu digunakan persamaan:

f= 1/ (E+const+1) (persamaan 3.4)

Dimana const di gunakan untuk menjada interval antara nilai dari fungsi keanggotaan, agar interval yang didapat tidak terlau jauh dan tidak terlalu dekat, const= 0 jika nilai interval terpenuhi, dan 1 jika tidak terpenuhi. Dari table 3.2 maka akan di dapatkan fungsi keanggotaan *fuzzy*, aturan dan nilai fitnessnya sebagai berikut:

Tabel 3.3 Fungsi Keanggotaan Tiap Individu

Individu	Warna	Curah Hujan	Waktu Panen
1	Hijau:50,50,56,58 Kuning:56,58,64,79 Merah:64,79,91,91	Rendah:20,20,102,104 Sedang:102,104,131,136 Tinggi:131,136,150,150	Panjang:1,1,1,2 Sedang:1,2,2,3, Panjang:2,3,7,7
2	Hijau:50,50,60,69 Kuning:60,69,73,80 Merah:73,80,91,91	Rendah:20,20,21,90 Sedang:21,90,107,136 Tinggi:107,136,150,150	Panjang:1,1,1,2 Sedang:1,2,5,5, Panjang:5,5,7,7
3	Hijau:50,50,52,54 Kuning:52,54,57,58 Merah:57,58,91,91	Rendah:20,20,65,99 Sedang:65,99,109,129 Tinggi:109,129,150,150	Panjang:1,1,3,4 Sedang:3,4,5,6, Panjang:5,6,7,7
4	Hijau:50,50,66,83 Kuning:66,83,86,87 Merah:86,87,91,91	Rendah:20,20,24,38 Sedang:24,38,67,119 Tinggi:67,119,150,150	Panjang:1,1,2,4 Sedang:2,4,5,6, Panjang:5,6,7,7
5	Hijau:50,50,52,70 Kuning:52,70,84,87 Merah:84,87,91,91	Rendah:20,20,49,56 Sedang:49,56,90,113 Tinggi:90,113,150,150	Panjang:1,1,1,1 Sedang:1,1,2,6, Panjang:2,6,7,7
6	Hijau:50,50,71,71 Kuning:71,71,77,83 Merah:77,83,91,91	Rendah:20,20,47,53 Sedang:47,53,104,138 Tinggi:104,138,150,150	Panjang:1,1,1,2 Sedang:1,2,4,5, Panjang:4,5,7,7
7	Hijau:50,50,60,65 Kuning:60,65,80,86 Merah:80,86,91,91	Rendah:20,20,24,96 Sedang:24,96,99,134 Tinggi:99,134,150,150	Panjang:1,1,2,3 Sedang:2,3,3,5, Panjang:3,5,7,7
8	Hijau:50,50,65,72 Kuning:65,72,73,78 Merah:73,78,91,91	Rendah:20,20,23,33 Sedang:23,33,71,107 Tinggi:71,107,150,150	Panjang:1,1,2,4 Sedang:2,4,5,6, Panjang:5,6,7,7

9	Hijau:50,50,52,62 Kuning:52,62,77,77 Merah:77,77,91,91	Rendah:20,20,61,82 Sedang:61,82,100,131 Tinggi:100,131,150,150	Panjang:1,1,1,2 Sedang:1,2,2,6, Panjang:2,6,7,7
10	Hijau:50,50,54,62 Kuning:54,62,76,76 Merah:76,76,91,91	Rendah:20,20,50,54 Sedang:50,54,103,141 Tinggi:103,141,150,150	Panjang:1,1,2,5 Sedang:2,5,5,6, Panjang:5,6,7,7

Untuk pembuatan aturan fuzzy diambil contoh individu ke-1 dimana representasi varibel linguistik didalam kromosom adalah Warna(0,1,2) , Curah Hujan(0,1,2) dan Waktu Panen(1,2,3)

Tabel 3.4 Aturan Fuzzy Individu ke-1

No	Integer	Lingusitik
1	1,2,1	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Tinggi Then Waktu Panen Pendek
2	1,0,1	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Rendah Then Waktu Panen Pendek
3	0,0,3	IF Warna is Hijau And Curah Hujan Is Rendah Then Waktu Panen Panjang
4	2,1,3	IF Warna is Merah And Curah Hujan Is Sedang Then Waktu Panen Panjang
5	1,2,2	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Tinggi Then Waktu Panen Sedang
6	1,0,2	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Rendah Then Waktu Panen Sedang
7	1,1,1	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Sedang Then Waktu Panen Pendek
8	0,1,1	IF Warna is Hijau And Curah Hujan Is Sedang Then Waktu Panen Pendek
9	1,0,3	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Rendah Then Waktu Panen Panjang

10	2,0,2	IF Warna is Merah And Curah Hujan Is Rendah Then Waktu Panen Sedang
11	1,1,2	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Sedang Then Waktu Panen Sedang
12	2,0,1	IF Warna is Merah And Curah Hujan Is Rendah Then Waktu Panen Pendek
13	1,0,3	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Rendah Then Waktu Panen Panjang
14	1,2,3	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Sedang Then Waktu Panen Panjang
15	1,2,1	IF Warna is Hijau And Curah Hujan Is Sedang Then Waktu Panen Panjang
16	1,2,3	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Sedang Then Waktu Panen Panjang
17	1,1,3	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Sedang Then Waktu Panen Panjang
18	0,1,1	IF Warna is Hijau And Curah Hujan Is Sedang Then Waktu Panen Pendek
19	1,0,2	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Rendah Then Waktu Panen Sedang
20	1,2,1	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Tinggi Then Waktu Panen Pendek
21	0,1,2	IF Warna is Hijau And Curah Hujan Is Sedang Then Waktu Panen Sedang
22	1,1,1	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Sedang Then Waktu Panen Pendek

23	2,0,1	IF Warna is Merah And Curah Hujan Is Rendah Then Waktu Panen Pendek
24	1,1,3	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Sedang Then Waktu Panen Panjang

Dari aturan pada table 3.4 dilakukaan perbandingan untuk mencari kemiripan dari tiap aturan sehingga tidak semua aturan digunakan, adapun jumlah aturan yang diharapkan adalah sama dengan 9 (banyak variable input Warna dikali banyak input Curah Hujan). Maka aturan yang digunakan yaitu no 1, 2, 3, 4, 7, 8, 10.

Selanjutnya indivdu di ujikan kedalam system fuzzy yang kemudian nilai outputnya dievaluasi dengan persamaan 3.3 dan nilai fitness dihitung dengan persamaan 3.4, Misalkan hasil yang didapat adalah sebagai berikut:

Tabel 3.5 Nilai Fitness

Individu	Nilai fitness	Individu	Nilai fitness
1	0.4230411	6	0.4624784
2	0.4585134	7	0.4781013
3	0.5483192	8	0.5112122
4	0.4754717	9	0.3941268
5	0.2978723	10	0.5529965

3.1.3.5 Seleksi

Seleksi dilakukan untuk mendapatkan calon induk yang baik, semakin tinggi nilai *fitness* suatu idnvidu semakin besar kemungkinannya untuk terpilih. Pada penelitian ini seleksi akan dilakukan dengan menggunakan metode *roullete wheel*. Tahapan sebagai berikut:

1. Ambil nilai *fitness* dari setiap individu (tabel 3.5)
2. Bandingkan nilai *fitness* setiap individu
3. Beri nilai untuk setiap individu berdasarkan nilai *fitness*-nya (nilai=1 sampai dengan N(jumlah populasi),

Tabel 3.6 Nilai fitness tiap individu

Individu	Nilai fitness	Rank	Individu	Nilai fitness	Rank
1	0.4230411	3	6	0.4624784	5
2	0.4585134	4	7	0.4781013	7
3	0.5483192	9	8	0.5112122	8
4	0.4754717	6	9	0.3941268	2
5	0.2978723	1	10	0.5529965	10

4. Individu dengan nilai 1 merupakan individu terburuk, individu terbaik bernilai N, nilai menyatakan peringkat (rank)
5. Jumlah kan nilai rank keluruhan (jum), jum = 57
6. Lakukan perulangan sebanyak jumlah induk(panjang induk = populasi-1) , i=0;i<jumlah induk
7. Bangkitkan bilangan acak dari jumlah nilai tiap individu, random(jum), rand(0,57) misal bilangan acak =20
8. Lakukan perulangan sebanyak jumlah rank, j=0;j<jumlah rank
9. Bangkitkan sebuah variabel cek, dimana cek= cek+rank[i]

Tabel 3.7 Nilai cek

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	8	18	24	25	30	37	45	47	57

10. Bandingkan cek dengan bilangan acak
11. Jika cek >=bilangan acak
12. Maka induk ke i = individu ke j maka individu ke 4 terpilih sebagai induk (acak = 20 nilai cek individu ke 4 =20)
13. Jika terdapat induk terpilih maka kembali ke langkah 8
14. Jika tidak kembali ke langkah ke 6

3.1.3.6 Reproduksi Kromosom Baru

Pembangkitan kromosom baru dilakukan dengan dua cara yaitu menggunakan kawin silang (*crossover*) dan mutasi

1. *Crossover*

Pindah silang bisa dilakukan hanya jika suatu bilangan acak (random) yang dibangkitkan untuk kromosom kurang dari probabilitas pindah silang (Pc) yang ditentukan. Peluang *crossover* diset seperti pada sub Bab 3.1.3.2 yaitu sebesar 0.90.

Metode pindah silang yang digunakan adalah pindah silang banyak titik potong (*multi-point crossover*). Tahapan dalam melakukan *crossover* adalah sebagai berikut:

a. Bangkitkan sebuah individu sementara

Individu baru =

Tabel 3.8 Individu baru

i=0…populasi	j=panjang kromosom	k=0…3

b. Lakukan perulangan sebanyak jumlah populasi, i=0;i<populasi
c. Bangkitkan bilangan acak ril(0,1) misal pada iterasi ke 1 bil acak =0.7
d. Bandigkan nilai dari bilangan acak ril dan peluang *crossover*
e. Jika bilangan acak ril < dari peluang crossover, lakukan pertukaran (Acak=0.7 < peluang *crossover* =0.9)
f. Bangkitkan posisi awal kromosom individu yang akan ditukar secara acak, posisi awal = rand(panjang kromosom -1), dimisalkan posisi awal =10
g. Bangkitkan posisi kedua kromosom secara acak, dengan syarat posisi kedua > posisi awal, jika tidak bangkitkan kembali dimisalkan posisi kedua = 15
h. Bangkitkan induk hasil dari proses seleksi, contoh didapat induk adalah individu ke 3, 4. Individu baru ke 1= induk ke 1(individu ke 3), individu baru ke dua = induk ke 2 (individu ke 4)
i. Jika posisi awal dan kedua di dapat, lakukan pertukaran

Tabel 3.9 Induk

Induk ke 1(individu ke-3)	Induk ke 1(individu ke-4)
Kromosom 1 = 50,1,2,1 Kromosom 2 = 50,2,2,2 Kromosom 3 = 57,2,2,1 Kromosom 4 = 54,0,0,3 Kromosom 5 = 52,2,1,3	Kromosom 1 = 50,0,2,3 Kromosom 2 = 50,1,0,3 Kromosom 3 = 87,0,2,3 Kromosom 4 = 66,2,1,1 Kromosom 5 = 83,2,0,1

Kromosom 6 = 58,1,0,1	Kromosom 6 = 86,1,2,3
Kromosom 7 = 91,2,1,2	Kromosom 7 = 91,1,0,2
Kromosom 8 = 91,1,2,3	Kromosom 8 = 91,2,0,2
Kromosom 9 = 20,2,2,3	Kromosom 9 = 20,0,0,2
Kromosom 10 = 20,1,0,2	Kromosom 10 = 20,1,0,2
Kromosom 11 = 99,0,2,1	Kromosom 11 = 24,1,0,2
Kromosom 12 = 65,0,1,1	Kromosom 12 = 38,1,2,1
Kromosom 13 = 109,0,2,1	Kromosom 13 = 67,2,0,3
Kromosom 14 = 129,1,2,3	Kromosom 14 = 119,0,0,2
Kromosom 15 = 150,1,2,1	Kromosom 15 = 150,1,2,2
Kromosom 16 = 150,2,0,2	Kromosom 16 = 150,2,0,1
Kromosom 17 = 1,1,0,1	Kromosom 17 = 1,2,1,1
Kromosom 18 = 1,0,0,2	Kromosom 18 = 1,2,0,1
Kromosom 19 = 5,2,1,2	Kromosom 19 = 2,0,0,2
Kromosom 20 = 6,2,2,1	Kromosom 20 = 5,2,1,1
Kromosom 21 = 3,2,2,2	Kromosom 21 = 6,2,0,3
Kromosom 22 = 4,2,1,1	Kromosom 22 = 4,2,2,2
Kromosom 23 = 7,0,0,1	Kromosom 23 = 7,1,2,3
Kromosom 24 = 7,2,1,1	Kromosom 24 = 7,0,0,2

Tabel 3.10 Pertukaran Induk ke 1 dan ke 2

Induk ke 1	1	…	10	11	12	13	14	15	…	24
Induk ke 2	1	…	10	11	12	13	14	15	…	24

Didapat hasil pertukaran berupa individu baru (anak) seperti tabel berikut:

Tabel 3.11 Individu baru

Individu baru ke 1	Individu baru ke 2
Kromosom 1 = 50,1,2,1	Kromosom 1 = 50,0,2,3
Kromosom 2 = 50,2,2,2	Kromosom 2 = 50,1,0,3
Kromosom 3 = 57,2,2,1	Kromosom 3 = 87,0,2,3
Kromosom 4 = 54,0,0,3	Kromosom 4 = 66,2,1,1
Kromosom 5 = 52,2,1,3	Kromosom 5 = 83,2,0,1
Kromosom 6 = 58,1,0,1	Kromosom 6 = 86,1,2,3
Kromosom 7 = 91,2,1,2	Kromosom 7 = 91,1,0,2
Kromosom 8 = 91,1,2,3	Kromosom 8 = 91,2,0,2
Kromosom 9 = 20,2,2,3	Kromosom 9 = 20,0,0,2
Kromosom 10 = 20,1,0,2	Kromosom 10 = 20,1,0,2
Kromosom 11 = 24,1,0,2	Kromosom 11 = 99,0,2,1
Kromosom 12 = 38,1,2,1	Kromosom 12 = 65,0,1,1
Kromosom 13 = 67,2,0,3	Kromosom 13 = 109,0,2,1
Kromosom 14 = 119,0,0,2	Kromosom 14 = 129,1,2,3
Kromosom 15 = 150,1,2,2	Kromosom 15 = 150,1,2,1
Kromosom 16 = 150,2,0,2	Kromosom 16 = 150,2,0,1
Kromosom 17 = 1,1,0,1	Kromosom 17 = 1,2,1,1
Kromosom 18 = 1,0,0,2	Kromosom 18 = 1,2,0,1
Kromosom 19 = 5,2,1,2	Kromosom 19 = 2,0,0,2
Kromosom 20 = 6,2,2,1	Kromosom 20 = 5,2,1,1
Kromosom 21 = 3,2,2,2	Kromosom 21 = 6,2,0,3
Kromosom 22 = 4,2,1,1	Kromosom 22 = 4,2,2,2
Kromosom 23 = 7,0,0,1	Kromosom 23 = 7,1,2,3
Kromosom 24 = 7,2,1,1	Kromosom 24 = 7,0,0,2

j. Jika acak ril > dari peluang crossover, tidak terjadi pertukaran

k. Kembali ke langkah b.

2. Mutasi

Mutasi dilakukan pada tingkat, jika bilangan acak (*random*) yang dibangkitkan kurang dari probabilitas mutasi yang telah ditentukan maka beberapa informasi gen akan dirubah dengan menggunakan metode pengkodean nilai. Metode mutasi yang dipilih adalah *non-uniform mutation*. Nilai peluang memiliki nilai seperti pada sub Bab 3.1.3.2. Operasi mutasi dilakukan dengan menggunakan persamaan 3.5 dan 3.6. Tahapan proses mutasi adalah sebagai berikut.

$$v_k^t = \begin{cases} vk + \Delta(t, UB - vk)(persamaan\ ke\ 1) \\ vk - \Delta(t, vk - LB)(persamaan\ ke\ 2) \end{cases} \quad \text{(persamaan 3.5)}$$

Dimana

$$\Delta(t, y) = y * (1 - r^{\left(1-\frac{t}{T}\right)^b}) \quad \text{(persamaan 3.6)}$$

Tahapannya adalah sebagai berikut:

a. Lakukan perulangan sebanyak jumlah populasi, i=0; i<jumlah populasi

b. Lakukan perulangan sebanyak panjang kromosom j=0;j<panjang kromosom

c. Bangkitkan bilangan acak ril (0, 1). Contoh:

Tabel 3.12 Nilai acak tiap kromosom

Kromosom Ke	Acak Ril
1	0,034
2	0.245
3	0,013
4	0,456
5	0,734
6	0,143
7	0,987
8	0,076

9	0,342
10	0,107
11	0,012
12	0,343
13	0,865
14	0,223
15	0,890
16	0,401
17	0,112
18	0,222
19	0,345
20	0,567
21	0,267
22	0,004
23	0,333
24	0,446

d. Bandingkan nilai acak ril dengan peluang mutasi(peluang mutasi =0.05),
e. Jika nilai acak ril < dari peluang mutasi , lakukan mutasi, maka didapat kromosom yang akan dimutasi yaitu kromosom ke 3,8,10,16,22
f. Pada non-uniform mutation, terdapat 2 kondisi yang bergantung dari nilai acak 0 dan 1, misalkan p=1 atau p=0. Digunakan persamaan 3.5 untuk mencari nilai baru untuk setiap gen yang di mutasikan
g. Jika p=1 dipilih persamaan ke 1 , dan jika p=0 dipilih persamaan ke 2
   Contoh pada individu ke 1 terpilih untuk proses mutasi
   Misalkan didapata nilai p sebagai berikut:

Tabel 3.13 Nilai P

Kromosom ke	Nilai P
3	0
11	0

22	1

h. Bangkitkan nilai acak r(0..1) untuk mencari nilai $\Delta(t, y)$ dari tiap kromosom

i. Kemudian cari nilai $\Delta(t, y)$ dengan persamaan 3.6

Tabel 3.14 Kromosom yang akan di cari Nilai $\Delta(t, y)$

Kromosom Ke	Kromosom terdiri dari elemen k			
	0	1	2	3
3	58	0	0	3
11	102	1	1	2
22	1	1	1	1

Untuk k=0, yang merupakaan representasi fungsi keanggotaan yang dengan format sebagai berikut;

Kromosom ke 1-8 untuk input ke 1 (50-91)

Kromosom ke 9-16 untuk input ke 2 (20-150)

Kromosom ke 17-24 untuk output (1-7)

Sehinggan nilai $\Delta(t, y)$ akan disesuaikan dengan nilai batas dari masing-masing fungsi keanggotaan, untuk k=1, 2, 3 nilai $\Delta(t, y)$disesuaikan dengan nilai batas dari representasi aturan fuzzy. Yaitu batas k=1(0-2), k=2(0-2) k=3(1-3). Nilai y disesuaikan dengan nilai p. nilai y untuk table 3.14 adalah

Tabel 3.15 Nilai y

Kromosom Ke	y			
	k=0	k=1	k=2	k=3
3(p=0)	33	2	2	0
11(p=0)	48	1	1	1
22 (p=1)	0	1	1	0

Maka nilai delta dengan nilai r=0.2, generasi (t) =1, b=2 untuk kromosom pada table 3.14 adalah:

Tabel 3.16 Nilai $\Delta(t, y)$

Kromosom Ke	$\Delta(t, y)$			
	k=0	k=1	k=2	k=3
3	26	2	2	0
11	38	1	1	1
22	0	1	1	0

Kemudian $\Delta(t, y)$ dimasukkan kedalam persamaan 3.5 maka akan di dapat nilai baru untuk kromosom ke 3, 11, 22 adalah sebagai berikut:

Tabel 3.17 Kromosom hasil Mutasi

Kromosom Ke	Nilai setelah mutasi			
	k=0	k=1	k=2	k=3
3 (p=0)	84	2	2	3
11 (p=0)	140	2	2	3
22 (p=1)	1	0	0	1

Setelah terjadinya mutasi maka akan diperoleh kromosom baru pada individu ke 1. Hasilnya dapat di lihat pada tabel 3.18.

Tabel 3.18 Individu ke 1

Kromosom sebelum Mutasi	Kromosom Setelah Mutasi

Kromosom 1 = 50,1,2,1	Kromosom 1 = 50,1,2,1
Kromosom 2 = 50,1,0,1	Kromosom 2 = 50,1,0,1
Kromosom 3 = 58,0,0,3	Kromosom 3 = 84,2,2,3
Kromosom 4 = 64,2,1,3	Kromosom 4 = 64,2,1,3
Kromosom 5 = 56,1,2,2	Kromosom 5 = 56,1,2,2
Kromosom 6 = 79,1,0,2	Kromosom 6 = 79,1,0,2
Kromosom 7 = 91,1,1,1	Kromosom 7 = 91,1,1,1
Kromosom 8 = 91,0,1,1	Kromosom 8 = 91,0,1,1
Kromosom 9 = 20,1,0,3	Kromosom 9 = 20,1,0,3
Kromosom 10 = 20,2,0,2	Kromosom 10 = 20,2,0,2
Kromosom 11 = 102,1,1,2	Kromosom 11 = 140,2,2,3
Kromosom 12 = 104,2,0,1	Kromosom 12 = 104,2,0,1
Kromosom 13 = 136,1,0,3	Kromosom 13 = 136,1,0,3
Kromosom 14 = 131,1,2,3	Kromosom 14 = 131,1,2,3
Kromosom 15 = 150,0,1,3	Kromosom 15 = 150,0,1,3
Kromosom 16 = 150,1,2,3	Kromosom 16 = 150,1,2,3
Kromosom 17 = 1,1,1,3	Kromosom 17 = 1,1,1,3
Kromosom 18 = 1,0,1,1	Kromosom 18 = 1,0,1,1
Kromosom 19 = 2,1,0,2	Kromosom 19 = 2,1,0,2
Kromosom 20 = 3,1,2,1	Kromosom 20 = 3,1,2,1
Kromosom 21 = 2,0,1,2	Kromosom 21 = 2,0,1,2
Kromosom 22 = 1,1,1,1	Kromosom 22 = 1,0,0,1
Kromosom 23 = 7,2,0,1	Kromosom 23 = 7,2,0,1
Kromosom 24 = 7,1,1,3	Kromosom 24 = 7,1,1,3

j. Kembali ke langkah a.

Setelah proses mutasi selesai maka individu hasil mutasi akan dievaluasi kembali, prores ini berlangsung hingga kondisi selesai.

3.1.3.7 Kondisi Selesai

Kondisi selesai jika proses telah mencapai iterasi tertentu atau pada saat nilai optimal yang diharapkan sudah terpenuhi.

3.1.4 Analisis Logika Fuzzy

Pada penelitian ini logika *fuzzy* digunakan untuk mencari waktu panen berdasar index kematangan tanaman dan curah hujan. Metode *fuzzy* yang digunakan adalah metode mamdani. Misalkan akan dibuat Sebuah sistem *fuzzy* untuk menghitung waktu panen tanaman tomat, memiliki 2 variable input (Warna, Curah hujan) dan output (Waktu Panen). Dengan variable linguistiknya yaitu Warna (hijau, kuning, merah), Curah hujan (rendah, sedang, tinggi) dan Waktu Panen (pendek, sedang, panjang). Fungsi keanggotaan Warna memiliki batas (50-91) dalm satuan hari, Curah hujan memiliki batas (20-150) dalam satuan mm dan Waktu Panen (1-7) dalam satuan hari .Tahapan-tahapan dari analisis logika *fuzzy* adalah sebagai berikut

3.1.4.1 Variabel *Fuzzy*

Ada 3 variabel yang digunakan dalam fungsi *fuzzy*, yaitu sebagai berikut:

1. Variabel Warna sebagai variabel input.
2. Variabel Curah Hujan sebagai variabel input.
3. Variabel Waktu Panen sebagai variabel Ouput

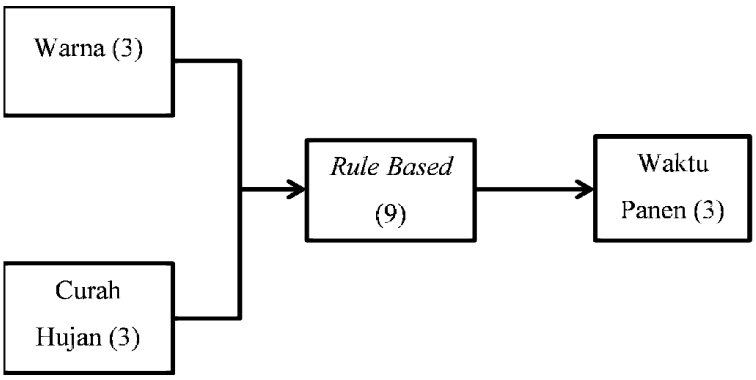
3.1.4.2 Nilai Linguistik

Dari tiga variabel yang digunakan, maka nilai linguistiknya sebagai berikut:

1. Variabel Warna, terbagi menjadi 2 input yaitu: Hijau, Kuning dan Merah.
    a. Hijau
    b. Kuning
    b. Merah
2. Variabel Curah hujan, terbagi menjadi 3 input yaitu: Rendah, Sedang dan Tinggi.
    a. Rendah
    b. Sedang
    b. Tinggi
3. Variabel Waktu Panen, terbagi menjadi 3 input yaitu: Pendek, Sedang dan Panjang.
    a. Pendek
    b. Sedang
    c. Panjang

3.1.4.3 Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi merupakan proses memetakan nilai *crisp* (numerik) ke dalam himpunan *fuzzy* dan menentukan derajat keanggotaannya. Secara garis besar pemetaan nilai *crisp* ke dalam himpunan *fuzzy* dijelaskan dengan gambar sebagai berikut.



Gambar 3.2 *Fuzzy Interface System*

Untuk variabel keanggotaan fuzzy nilainya akan diambil dari nilai tiap individu algoritma genetika. Contoh individu yang digunakan adalah individu ke 1:

Tabel 3.19 Individu ke 1

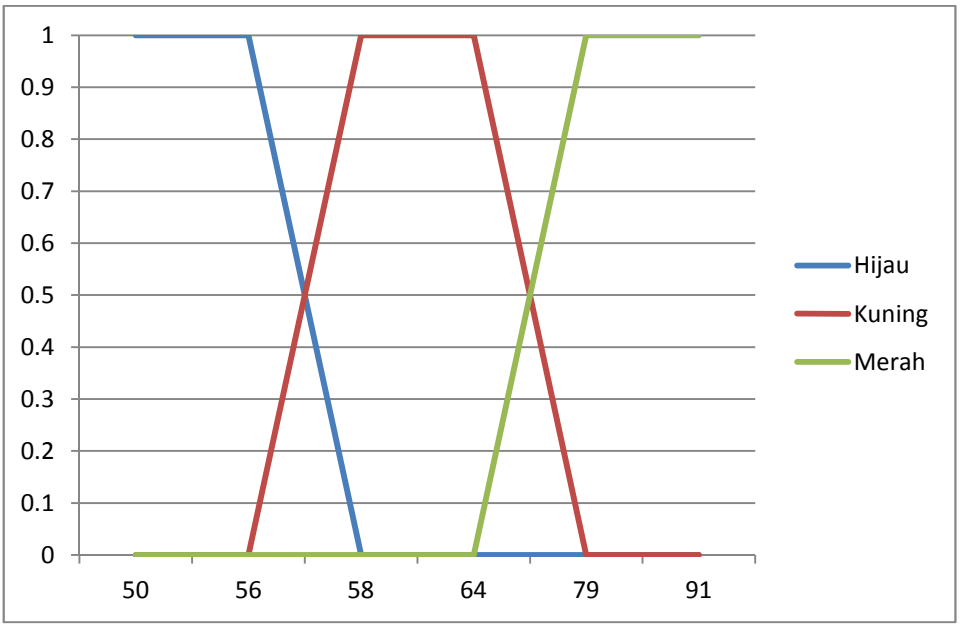
Individu	Warna	Curah Hujan	Waktu Panen
1	Hijau:50,50,56,58 Kuning:56,58,64,79 Merah:64,79,91,91	Rendah:20,20,102,104 Sedang:102,104,131,136 Tinggi:131,136,150,150	Panjang:1,1,1,2 Sedang:1,2,2,3, Panjang:2,3,7,7

1. Variabel Warna, terbagi menjadi 3 input yaitu: Hijau, Kuning dan Merah. Range nilai untuk variabel Warna antara 50 – 91 hari akan dijelaskan sebagai berikut:

   a. Hijau = 50 -58

   b. Kuning = 56 – 79

   c. Merah = 64 - 91



Gambar 3.3 Grafik variabel Warna

Perhitungan *fuzzyfikasi* variabel Warna:

$$\mu\text{Hijau } [x] \begin{cases} 1; x \leq 56 \\ \frac{-x-58}{2} \quad ; 56 \leq x \leq 58 \\ 0; x \geq 58 \end{cases}$$

$$\mu\text{Kuning } [x] \begin{cases} 0; x \leq 56, x \geq 79 \\ \frac{x-56}{2}; 56 < x < 58 \\ 1; x \geq 58, x \leq 64 \\ \frac{-x-79}{10}; 64 < x \leq 79 \end{cases}$$

$$\mu\text{Merah } [x] \begin{cases} 0; x \leq 64 \\ \frac{x-64}{10} \quad ; 64 < x < 79 \\ 1; x \geq 79 \end{cases}$$

Keterangan:

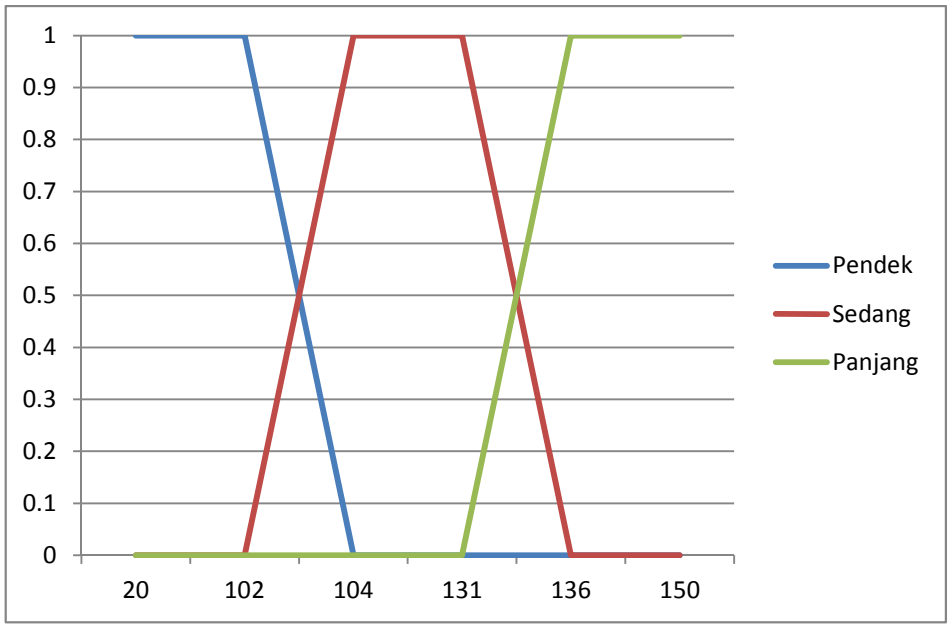
μ = derajat keanggotaan variabel

2. Variabel Curah Hujan, terbagi menjadi 3 input yaitu: Rendah, Sedang dan Tinggi. Range nilai untuk variabel Curah Hujan antara 20 – 150 mm akan dijelaskan sebagai berikut:

   a. Rendah = 20 - 104

   b. Sedang = 102- 136

   c. Tinggi = 131 - 150



Gambar 3.4 Grafik variabel Curah Hujan

Perhitungan *fuzzyfikasi* variabel Curah Hujan:

$$\mu\text{Rendah } [x] \begin{cases} 1; x \leq 102 \\ \frac{-x-104}{2} \quad ; \; 102 < \text{x} \leq 104 \\ 0; x \geq 104 \end{cases}$$

$$\mu\text{Sedang } [x] \begin{cases} 0; x \leq 102, x \geq 136 \\ \frac{x-102}{2}; 102 < x < 104 \\ 1; x \geq 104, x \leq 131 \\ \frac{-x-136}{5}; 131 < x \leq 136 \end{cases}$$

$$\mu\text{Tinggi } [x] \begin{cases} 0; x \leq 131 \\ \frac{x-131}{5} \quad ; \; 131 < \text{x} < 136 \\ 1; x \geq 136 \end{cases}$$

Keterangan:

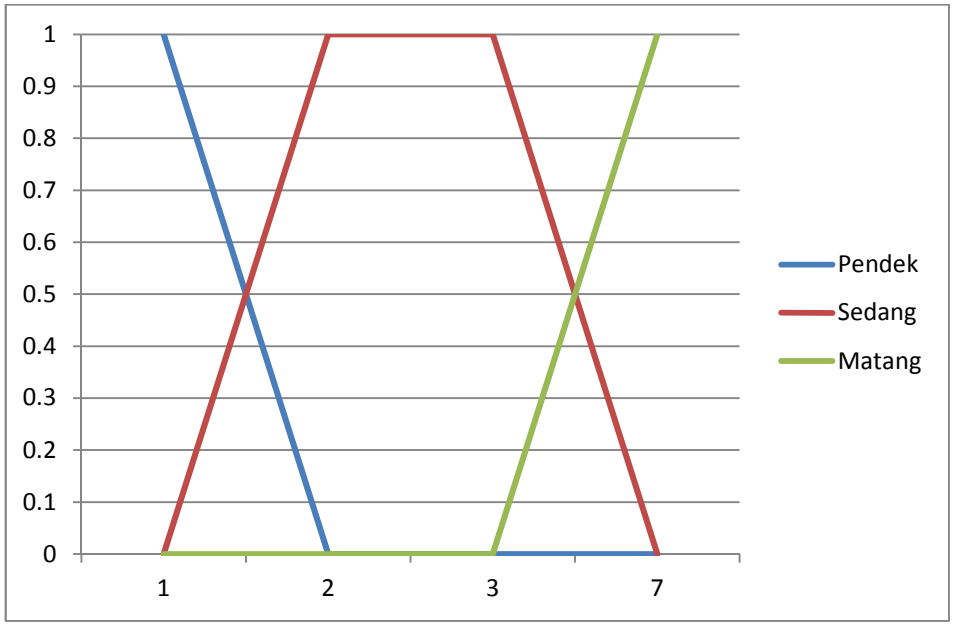
μ = derajat keanggotaan variabel

3. Variabel Waktu Panen, terbagi menjadi 3 input yaitu: Belum Matang, Matang dan Terlalu Matang. Range nilai untuk variabel Waktu Panen antara 1 – 7 hari akan dijelaskan sebagai berikut:

   a. Pendek = 1 – 2

   b. Sedang = 1 - 3

   c. Panjang = 2 – 7



Gambar 3.5 Grafik variabel Waktu Panen

Perhitungan *fuzzyfikasi* variabel Waktu Panen:

$$\mu\text{B.Matang [y]} \begin{cases} 1; x \leq 2 \\ \frac{-x-2}{1} \\ 0; x \geq 2 \end{cases} ; \ 1 \leq \text{x} \leq 2$$

$$\mu\text{Matang[y]}\begin{cases}0; x \leq 1, x \geq 3\\ \frac{x-1}{1}; 1 < x < 2\\ 1; x \geq 2, x \leq 3\\ \frac{-x-3}{1}; 2 < x \leq 3\end{cases}$$

$$\mu\text{T.Matang[y]}\begin{cases}0; x \leq 2\\ \frac{x-3}{1}\ ; 2 < \text{x} < 3\\ 1; x \geq 3\end{cases}$$

Keterangan:

μ = derajat keanggotaan variabel

3.1.4.4 Kaidah *Fuzzy* atau *Fuzzy Rules*

Kaidah *fuzzy (rules)* pada didapat dari individu ke-1 setelah di hilangkan aturan yang memiliki kemiripan didapat aturan berjumlah 9 buah yaitu sebagai berikut:

Tabel 3.20 *Fuzzy Rules*

No	Lingusitik
1	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Tinggi Then Waktu Panen Pendek
2	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Rendah Then Waktu Panen Pendek
3	IF Warna is Hijau And Curah Hujan Is Rendah Then Waktu Panen Panjang
4	IF Warna is Merah And Curah Hujan Is Sedang Then Waktu Panen Panjang
5	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Sedang Then Waktu Panen Pendek
6	IF Warna is Hijau And Curah Hujan Is Sedang Then Waktu Panen Pendek
7	IF Warna is Merah And Curah Hujan Is Rendah Then Waktu Panen Sedang

3.1.4.5 Agregasi atau *Deffuzyfikasi*

Agregasi untuk menentukan keluaran semua rules yang dikombinasikan menjadi sebuah *fuzzy* set tunggal. Defuzzyfikasi merupakan proses pemetaan besaran dari himpunan *fuzzy* set yang dihasilkan ke dalam bentuk nilai *crisp*. Defuzzifikasi pada metode mamdani adalah dengan menghitung *centroid*.

$$y* = \frac{\sum y\mu r(y)}{\sum \mu r(y)}$$ Persamaan (3.7)

y*=titik pusat nilai *crisp*

μr=derajat keanggotaan masing-masing variabel

y = nilai crips y

Contoh kasus:

Misalkan tanaman tomat memiliki Warna Hijau pada hari 60 dengan Curah Hujan 70 mm. Maka proses menentukan tahapan sesuai dengan *rules* yang telah dibuat sebagai berikut:

1. Fuzzyfikasi:

a. Warna 60 berada pada nilai linguistik Kuning, derajat keanggotaan
   Sedang $(60 \geq 58, 60 \leq 64)$= 1
b. Curah Hujan 70 berada pada nilai linguistik Tinggi,
   Derajat keanggotaanya
   Rendah $(x \leq 102)$ =1

2. Proses Inferensi

Dari hasil proses fuzzyfikasi diperoleh, Sedang (1) dan Rendah (1). Maka aturan yang dapat digunakan yaitu:

R2	IF Warna is Kuning And Curah Hujan Is Rendah Then Waktu Panen Pendek

Untuk R2

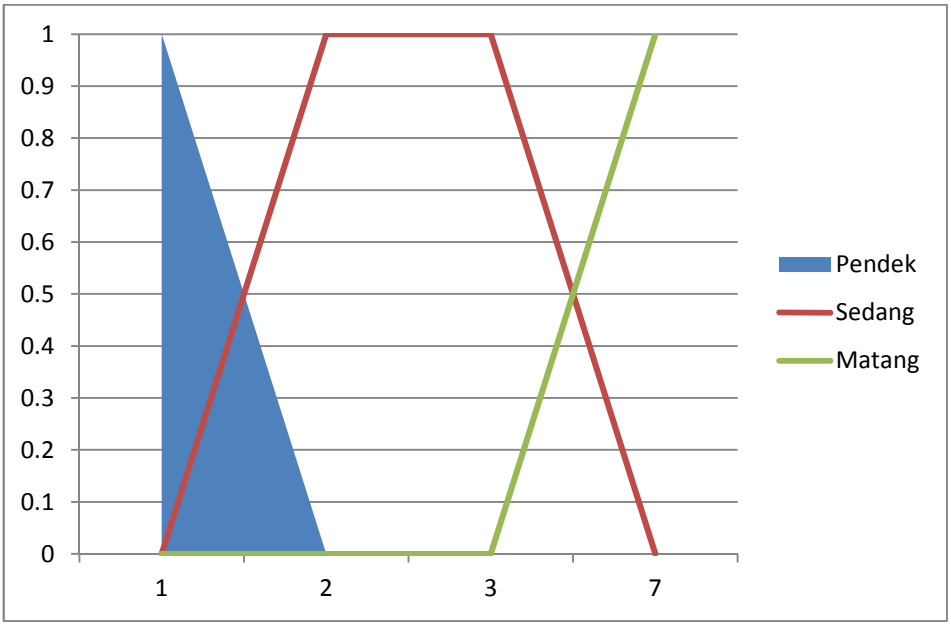
$\alpha\text{-pred}_1 = \mu\text{Tinggi} \cap \text{Tinggi}$

= MIN (μKuning [60]; μRendah [70])

= MIN (1; 1)

= 1

Dari hasil implikasi aturan, digunakan metode *Max* untuk melakukan kompisi semua aturan maka akan didapat suatu area seperti pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Area Solusi Fuzzy

3. Defuzzyfikasi

Proses defuzzyfikasi digunakan fungsi *centroid* seperti pada persamaan 3.7. Untuk menghitung area solusi, maka titik-titik pada area solusi di bangkitkan secara acak, misalkan nilai yang dibangkitkan yaitu: 1, 1.2, 1.3, dan 1.7 maka akan didapatkan hasil sebagai berikut:

$$y* = \frac{(1+1.2+1.3+1.7)*1}{1+1+1+1} = 5.2 / 4 = 1$$

Jadi dengan menggunakan model Mamdani, untuk tanaman tomat dengan Warna 60 hari (Kuning) dan Curah Hujan 70 mm (Rendah) diperoleh output berupa nilai crisp Waktu Panen 1 hari. Artinya tanaman dapat segera dipanen pada rentang waktu 1 hari.

3.1.5 Analisis Kebutuhan Non Fungsional

Analisis kebutuhan non fungsional adalah sebuah langkah dimana seorang pembangun perangkat lunak menganalisis sumber daya manusia yang akan menggunakan perangkat lunak yang dibangun, perangkat keras dan perangkat dimiliki sesuai dengan kebutuhan, sehingga dapat ditentukan kompabilitas aplikasi yang dibangun terhadap sumber daya yang ada. Analisis kebutuhan non fungsional yang dilakukan dibagi dalam tiga tahap, yaitu Analisis perangkat keras (*hardware*), Analisis perangkat lunak (*software*), Analisis pengguna (*user*).

3.1.5.1 Analisis Perangkat Keras

Berdasarkan analisis spesifikasi perangkat keras minimum yang dibutuhkan untuk pembangunan aplikasi ini adalah:

1) Processor 2.5 GHz
2) Hardisk 80 GB
3) RAM 2 GB
4) Grapic Card 512 MB
5) Mouse & Keyboard

3.1.5.2 Analisis Perangkat Lunak

Perangkat lunak digunakan dalam sebuah sistem merupakan perintah yang diberikan kepada perangkat keras agar bisa saling berinteraksi diantara keduanya. Perangkat lunak yang dibutuhkan untuk membangun aplikasi ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem Operasi Windows 7
2. Microsoft Visual Studio 2010

3.1.5.3 Analisis Pengguna

Pada penelitian ini pembangunan aplikasi ditujukan untuk pengujian implementasi algoritma sehingga pengguna disini disarankan memiliki karakteristik berikut ini:

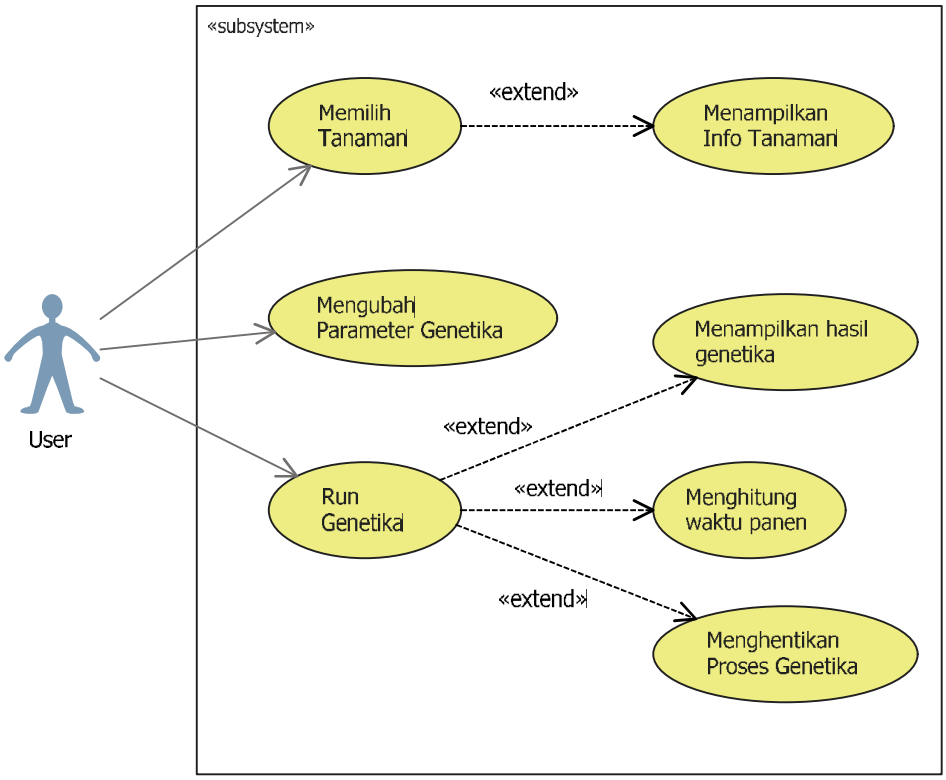
1. Bisa mengoperasikan komputer dengan sistem operasi *windows*
2. Mengerti Mengenai konsep algoritma gentika dan logika *fuzzy*

3.1.6 Analisis Kebutuhan Fungsional

Tahap pertama yang dilakukan dalam melakukan analisis berorientasi objek menggunakan UML adalah menentukan aktor atau pengguna sistem. Kata aktor dalam konteks UML, menampilkan peran (*roles*) pengguna atau sesuatu diluar sistem yang dikembangkan yang dapat berupa perangkat keras, end user, sistem yang lain, dan sebagainya.

3.1.6.1 *Use case* Diagram

Use case diagram digunakan untuk memodelkan dan menyatakan fungsi atau layanan yang disediakan oleh sistem ke pengguna. Berikut ini adalah *use case* dari aplikasi yang akan dibangun:



Gambar 3.7 *Use case* diagram

3.1.6.2 Definisi *Use case*

Desinisi *use case* berfungsi untuk menjelaskan proses yang terdapat pada setiap *use case*. Berikut di bawah ini table definisi *use case* yaitu:

Tabel 3.21 Definisi Use Case

No.	*Use case*	Deskripsi
1	Memilih Tanaman	Fungsionalitas pemilihan jenis tanaman oleh pengguna
2	Menampilkan Info Tanaman	Fungsionalitas untuk menampilkan informasi dari tanaman yang dipilih
3	Mengubah Parameter Genetika	Fungsionalitas untuk mengubah parameter dari algoritma genetika
4	Run Genetika	Fungsionalitas untuk menjalankan proses algoritma genetika untuk mengoptimasi sistem *fuzzy*
5	Menampilkan Hasil Genetika	Proses menampilkan hasil optimasi sistem *fuzzy*
6	Menghitung waktu panen	Fungsionalitas untuk menhitung waktu panen
7	Menghentikan proses genetika	Fungsionalitas menghentikan proses optimasi

3.1.6.3 Skenario *Use case*

Skenario *use case* merupakan bagian pada *use case* yang menunjukkan proses apa saja yang terjadi pada setiap bagian di dalam *use case*, dimana pengguna memberikan perintah pada setiap bagian dan respon apa yang diberikan oleh sistem kepada pengguna setelah pengguna memberikan perintah pada setiap bagian-bagian *use case*. Berikut ini beberapa skenario *use case* berdasarkan *use case diagram* yaitu:

1. *Use case* Memilih tanaman

Tabel 3.22 Skenario *Use case* Memilih tanaman

Nama *Use case*	Memilih tanaman
Aktor	Pengguna
Tujuan	Memperoleh data masukan dari Tanaman yang dipilih

Kondisi Awal	Sistem menampilkan info dari Tanaman berserta data masukannya
Skenario	
Pengguna	Sistem
1. Memilih Tanaman	
	2. Periksa Nama Tanaman
	3. Membaca data tanaman yang tersimpan di dalam file plant.ini
Kondisi Akhir	Data masukkan diganti nilainya oleh pengguna dengan nilai yang baru

2. *Use case* Menampilkan info tanaman

Tabel 3.23 Use case Menampilkan info tanaman

Nama *Use case*	Menampilkan info tanaman
Aktor	System
Tujuan	Menampilkan informasi dari tanaman yang dipilih
Kondisi Awal	Tampilan info masih kosong
Skenario	
	Sistem
	1. Membaca data info tanaman yang tersimpan
	2. Menampilkan informasi tanaman
Kondisi Akhir	Informasi tanaman ditampilkan

3. *Use case* Mengubah parameter genetika

Tabel 3.24 Skenario *Use case* Mengubah parameter genetika

Nama *Use case*	Mengubah parameter genetika
Aktor	Pengguna
Tujuan	Mengubah parameter dari algoritma genetika
Kondisi Awal	Pengguna belum mengklik tombol pameter genetika
Skenario	
Pengguna	Sistem
1. Menklik tombol parameter genetika	
	2. Membaca data parameter genetika
	3. Menampilkan form parameter genetika
4. Mengubah nilai parameter genetika	
5. Mengklik tombol simpan	
	6. Menyimpan nilai parameter genetika yang baru
Kondisi Akhir	Nilai parameter genetika diganti dengan nilai yang baru

4. *Use case Run* genetika

Tabel 3.25 Skenario *Use case Run* genetika

Nama *Use case*	*Run* genetika

Aktor	Pengguna
Tujuan	Menjalankan proses optimasi system *fuzzy* sesuai dengan data masukan
Kondisi Awal	Pengguna belum mengklik tombol proses
Skenario	
Pengguna	Sistem
1. Menklik tombol proses	
	2. Membaca parameter genetika
	3. Membaca data masukan dari variabel sementara
	4. Menjalankan proses inisialisasi pembentukan individu
	5. Menjalankan proses evaluasi individu
	6. Menjalankan proses seleksi
	7. Menjalankan proses crossover
	8. Menjalankan proses mutasi
Kondisi Akhir	Proses optimasi selesai jika telah mencapai iterasi maksimum atau jika hasil telah optimal

5. *Use case* Menampilkan hasil genetika

Tabel 3.26 Skenario *Use case* Menampilkan hasil genetika

Nama *Use case*	Menampilkan hasil genetika
Aktor	Pengguna
Tujuan	Menampilkan hasil dari proses optimasi waktu panen
Kondisi Awal	Tampilan hasil masih kosong
Skenario	
Pengguna	Sistem
1. Mengklik tombol hasil	
	2. Membaca data hasil proses genetika
	3. Menampilkaan hasil dari proses optimasi
Kondisi Akhir	Sistem Menampilkan hasil optimasi

6. *Use case* Menghitung waktu panen

Tabel 3.27 Skenario *Use case* Menghitung waktu panen

Nama *Use case*	Menghitung waktu panen
Aktor	Pengguna
Tujuan	Menghitung waktu panen dari tanaman
Kondisi Awal	Output masih kosong
Skenario	
Pengguna	Sistem
1. Mengisi data masukan	
2. Mengklik tombol hitung	
	3. Melakukan proses fuzzifikasi

	4. Melakukan proses inferensi
	5. Melakukan proses deffuzifikasi
Kondisi Akhir	Menampilkan hasil waktu panen

7. *Use case* Menghentikan proses genetika

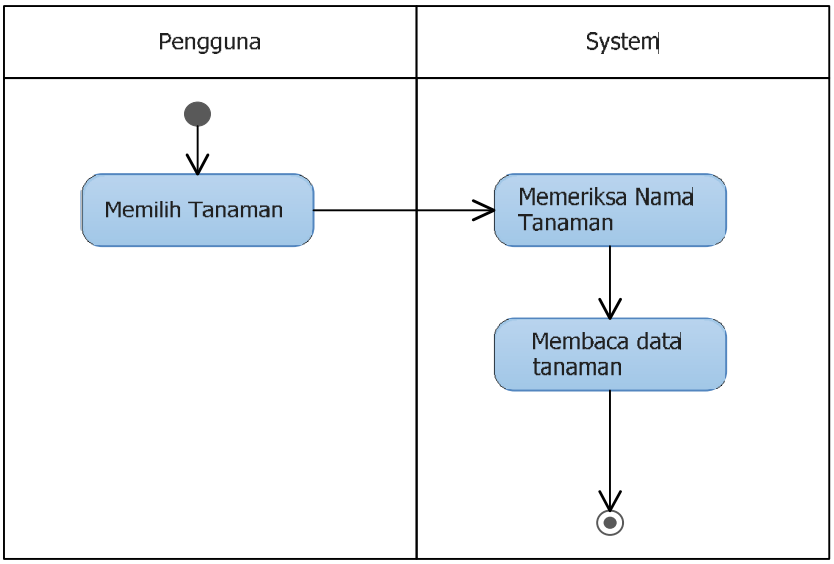
Tabel 3.28 Skenario *Use case* Menghentikan proses genetika

Nama *Use case*	Menghentikan proses genetika
Aktor	Pengguna
Tujuan	Menhentikan proses optimasi
Kondisi Awal	Proses optimasi sedang berjalan
Skenario	
Pengguna	Sistem
1. Mengklik Tombol berhenti	
	2. Menehentikan proses optimasi
Kondisi Akhir	Prose optimasi berhenti

3.1.6.4 *Activity Diagram*

Activity diagram menggambarkan berbagai aliran aktivitas dalam sistem yang sedang dirancang. Brikut ini *activity diagram* yang terdapat pada sistem ini yaitu:

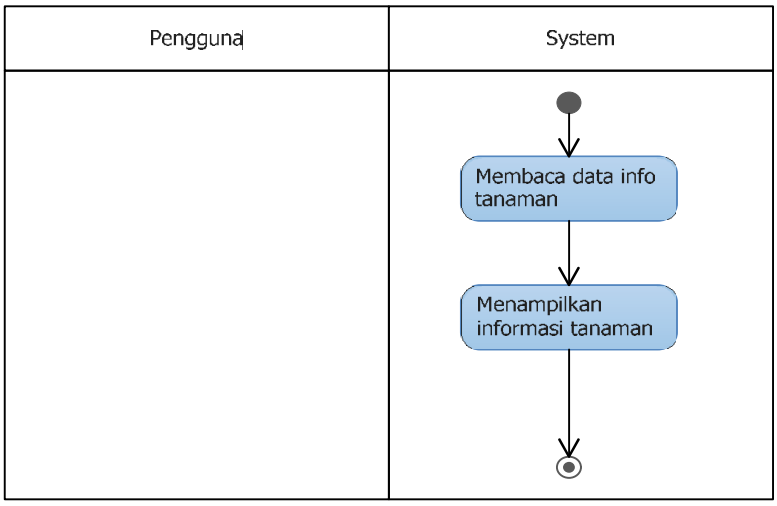
1. *Activity Diagram* Memilih Tanaman



Gambar 3.8 *Activity Diagram* Memilih Tanaman

Actity diagram pilih tanaman menggambarkan aktiftas yang terjadi saat pengguna memilih tanaman. Kemudian sistem akan membaca nama tanaman dan menampilkan info dari tanaman berserta data masukannya.

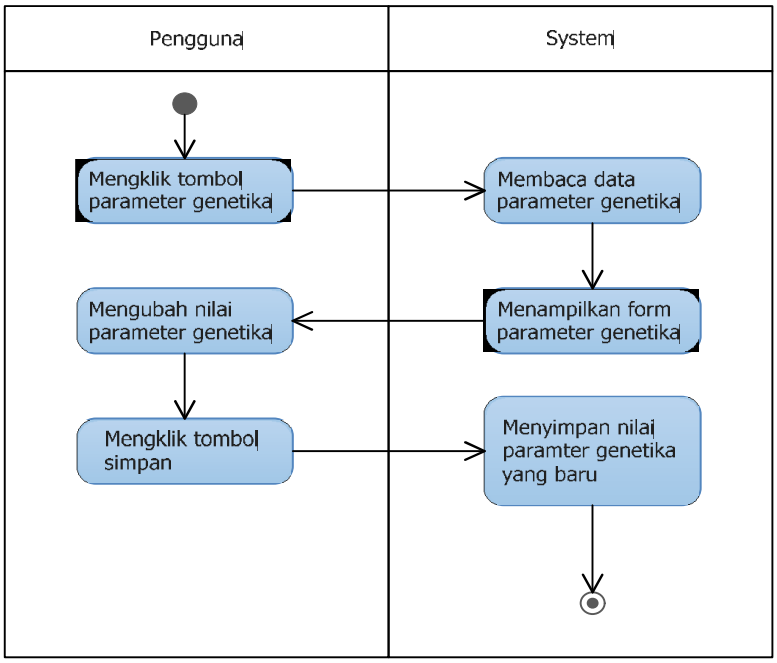
2. *Activity Diagram* Menampilkan Info Tanaman



Gambar 3.9 *Activity Diagram* Menampilkan info tanaman

Actity diagram pilih tanaman menggambarkan aktiftas yang terjadi saat tanaman telah dipilih oleh pengguna system akan menampilkan info dari tanaman.

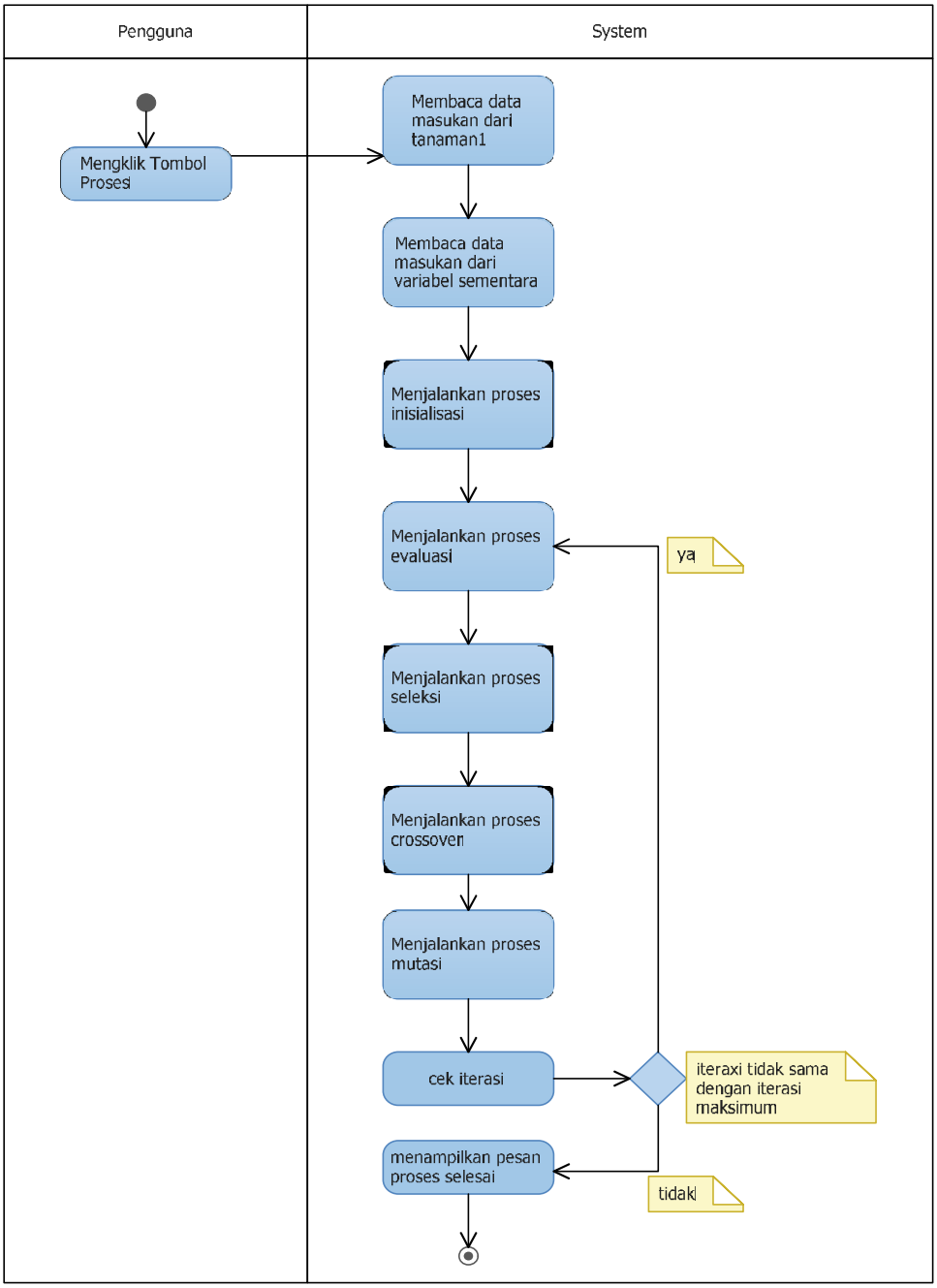
3. *Activity Diagram* Mengubah Parameter Genetika



Gambar 3.10 Activity Diagram Mengubah Parameter Genetika

Aktivity diagram proses menggambarkan aktifitas pada saat pengguna mengklik tombol parameter genetika. Sistem akan merespon dengan membaca data parameter genetika, dilanjutkan dengan menampilkan form parameter genetika, kemudia pengguna dapat mengubah nilai dari parameter genetika, kemudia mengklik tombol simpan, system akan menyimpan niilai parameter genetika yang baru.

4. *Activity Diagram Run* Genetika

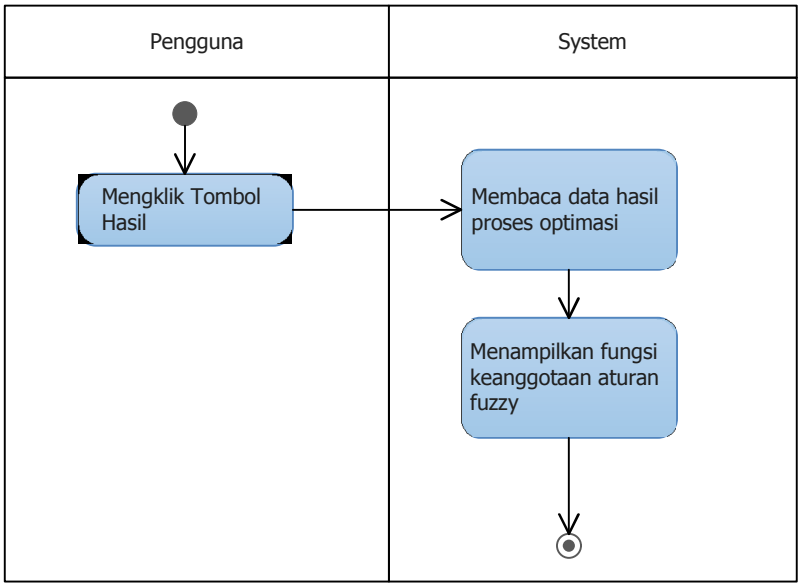


Gambar 3.11 *Activity Diagram Run* Genetika

Aktivity diagram proses menggambarkan aktifitas pada saat pengguna telah memilih tanaman, kemudian pengguna mengklik tombol proses. Sistem akan merespon dengan membaca data masukan dari tanaman, dilanjutkan dengan menjalankan proses optimasi, proses optimasi akan selesai hingga batas iterasi

yang telah ditentukan, jika telah selesai maka sistem akan menampilkan informasi waktu lamanya proses.

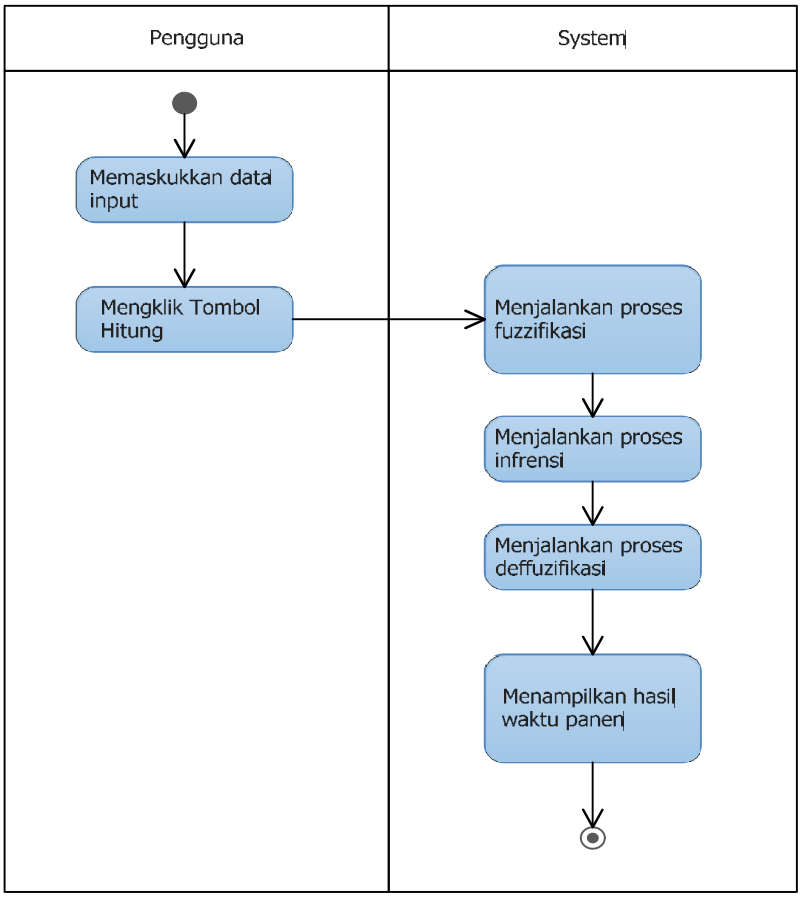
5. *Activity Diagram* Menampilkan Hasil Genetika



Gambar 3.12 *Activity Diagram* Menampilkan Hasil Genetika

Ativity diagram proses optimasi menggambarkan aktifitas pada saat pengguna mengklik tombol hasil, sistem kemudian akan data hasil proses optimasi, kemudia menampilkan fungsi keanggotaan dan aturan *fuzzy*.

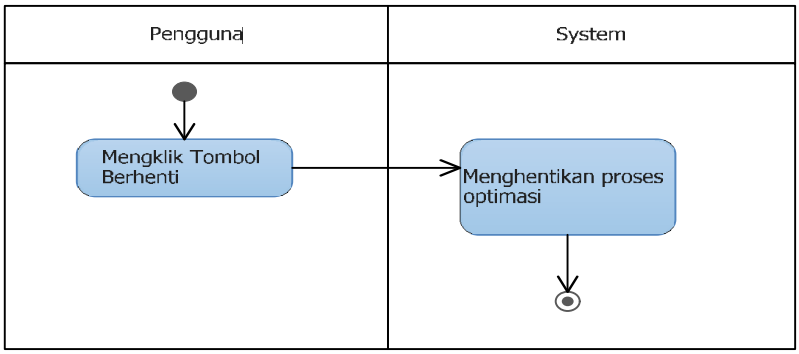
6. *Activity Diagram* Menghitung Waktu Panen



Gambar 3.13 *Activity Diagram* Menghitung waktu panen

Activity diagram hitung menggambarkan aktifitas pada saat pengguna ingin menggunakan *system fuzzy*, pengguna memasukkan data input ke dalam *system fuzzy*, kemudia mengklik tombol hitung. Sistem kemudian akan membaca data masukan dan menjalankan *system fuzzy*, kemudian menampilkan nilai output dari *system fuzzy*.

7. *Activity Diagram* Menghentikan Proses Genetika

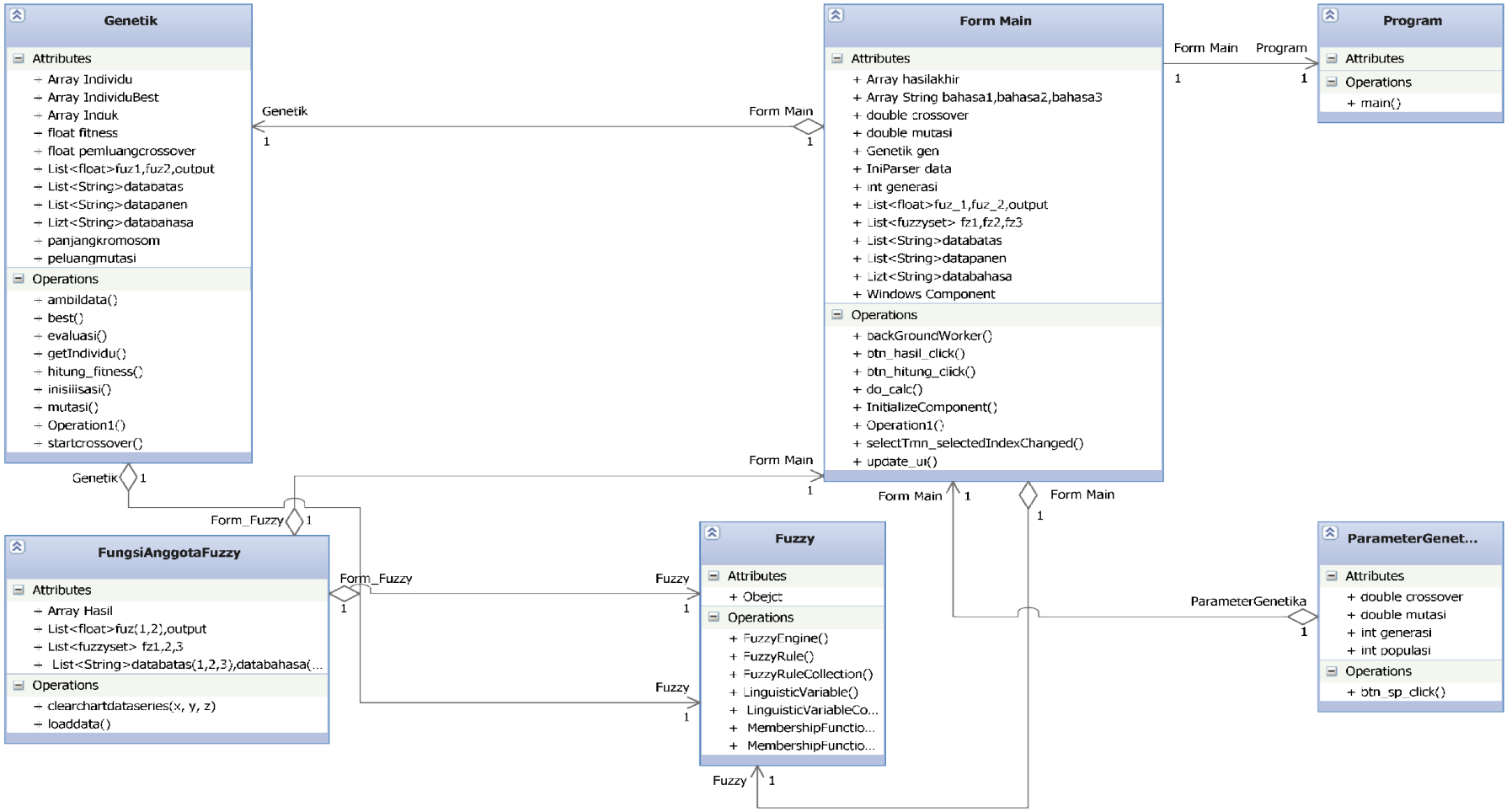


Gambar 3.14 *Activity Diagram* Menghentikan Proses Genetika

Actitvity diagram berhenti menggambarkan aktifitas pada saat pengguna mengklik tombol berhenti, sistem kemudia akan mengehentikan proses optimasi waktu panen.

3.1.6.5 *Class Diagram*

Class diagram menggambarkan struktur sistem dari segi pendefinisian kelas-kelas yang dibuat untuk membangun sistem. Berikut adalah *class diagram* pada aplikasi perhitungan waktu panen.



Gambar 3.15 Class Diagram

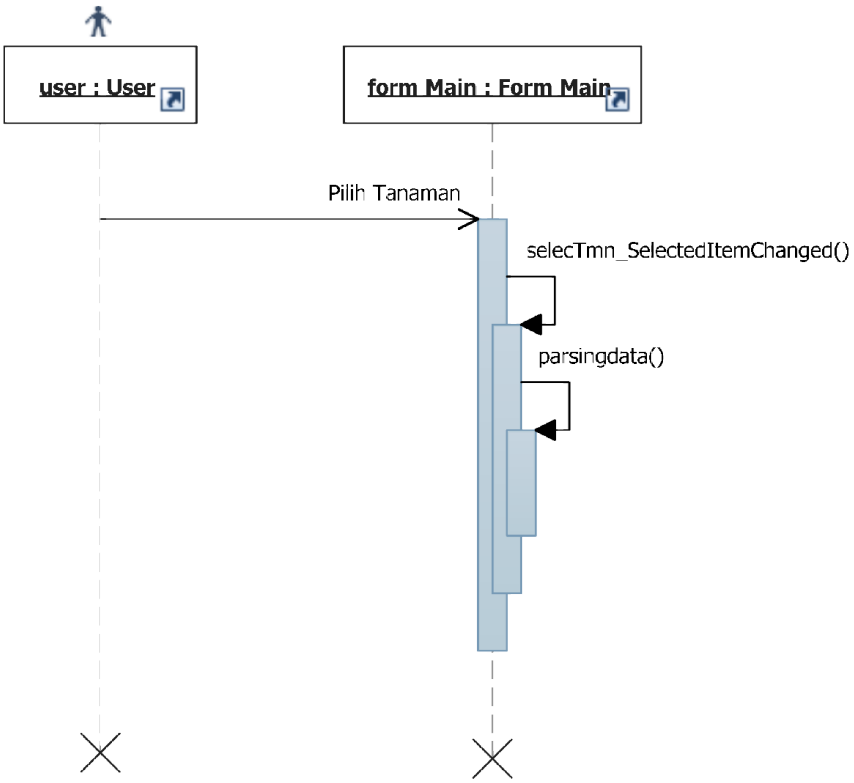
Tabel 3.29 Dekripsi Class Diagram

Class	Jenis Class	Deskripsi
Program	Control	Merupakan class utama yang akan dipanggil saat aplikasi dijalankan
Form_Main	Interface	Merupakan class untuk menampilkan menu utaman aplikasi
Genetika	Control	Merupakan class yang digunakan untuk menajalankan algoritma genetika
Fuzzy	Control	Merupakan class yang digunakan untuk menjalankan logika fuzzy
FungsiAnggotaFuzzy	Interface	Merupakan class yang menampilkan fungsi keanggotaan dan aturan fuzzy
ParameterGenetika	Interface	Merupakan class yang menampilkan parameter genetika

3.1.6.6 *Sequence Diagram*

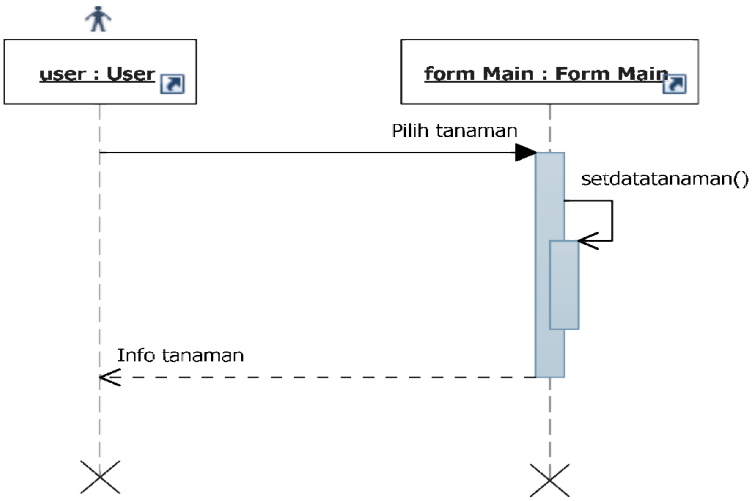
Sequence diagram menggambarkan interaksi antar objek di dalam dan disekitar sistem berupa message yang digambarkan terhadap waktu. Berikut ini beberapa *sequence diagram* yang terdapat pada aplikasi yaitu:

1. *Sequence Diagram* MemilihTanaman



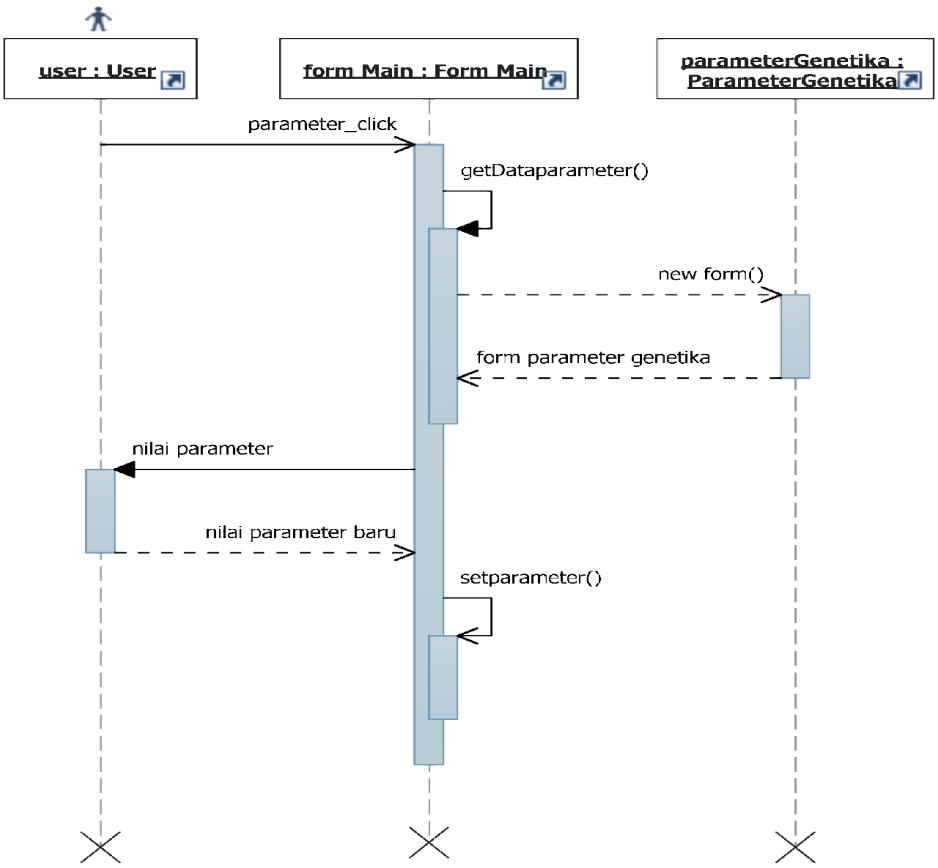
Gambar 3.16 *Sequence Diagram* Memilih Tanaman

2. *Sequence Diagram* Menampillkan info tanaman



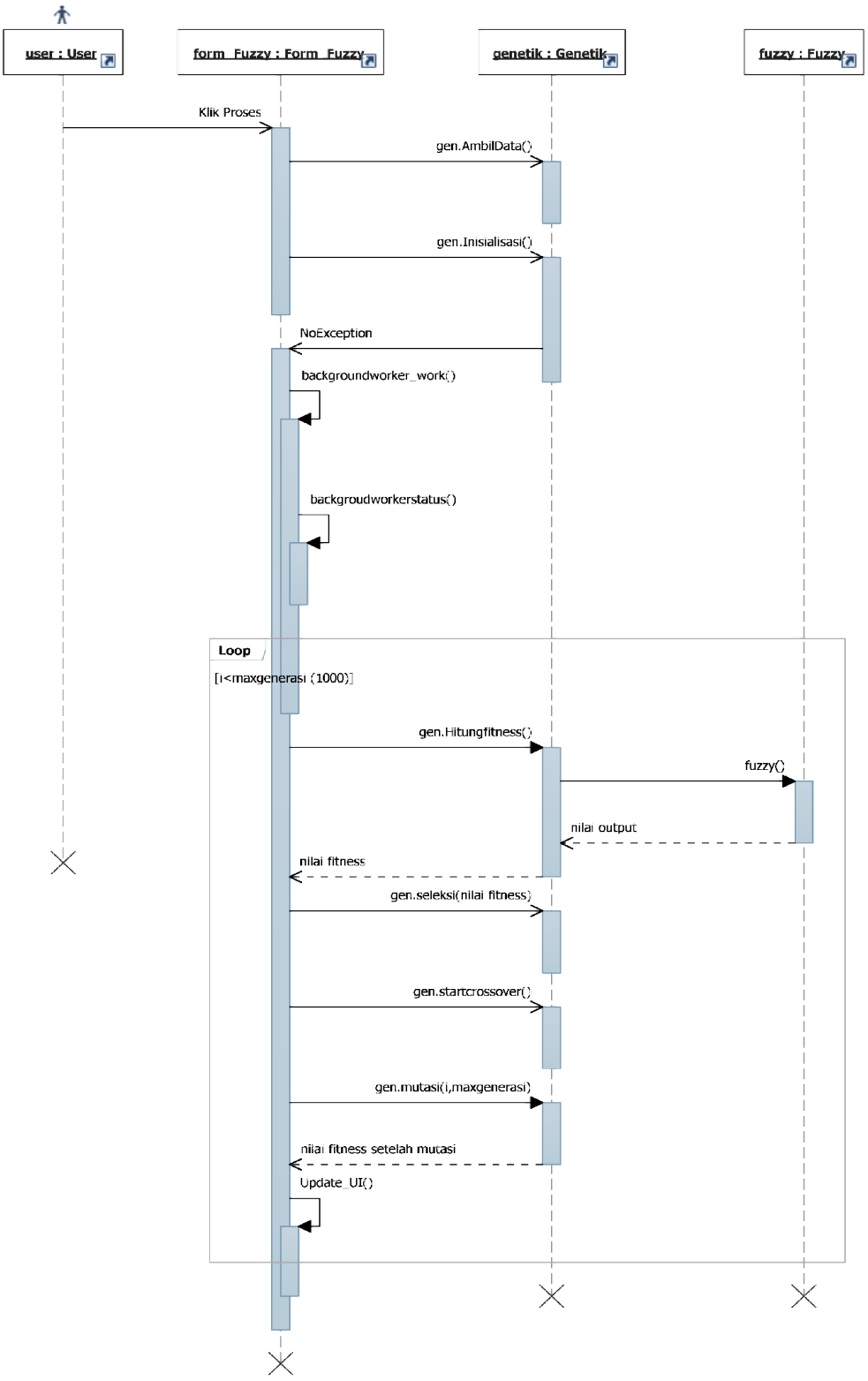
Gambar 3.17 Sequence Diagram Menampillkan info tanaman

3. *Sequence Diagram* Mengubah parameter genetika



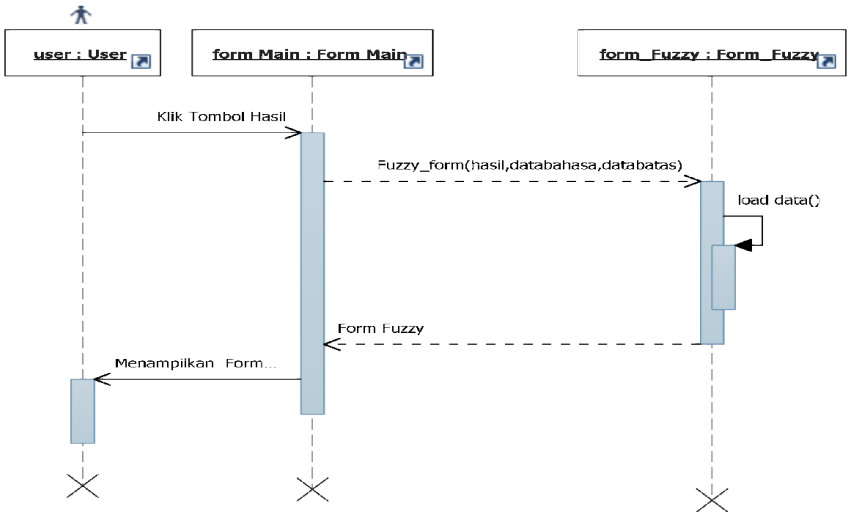
Gambar 3.18 Sequence Diagram Mengubah parameter genetika

4. *Sequence Diagram* Run Genetika



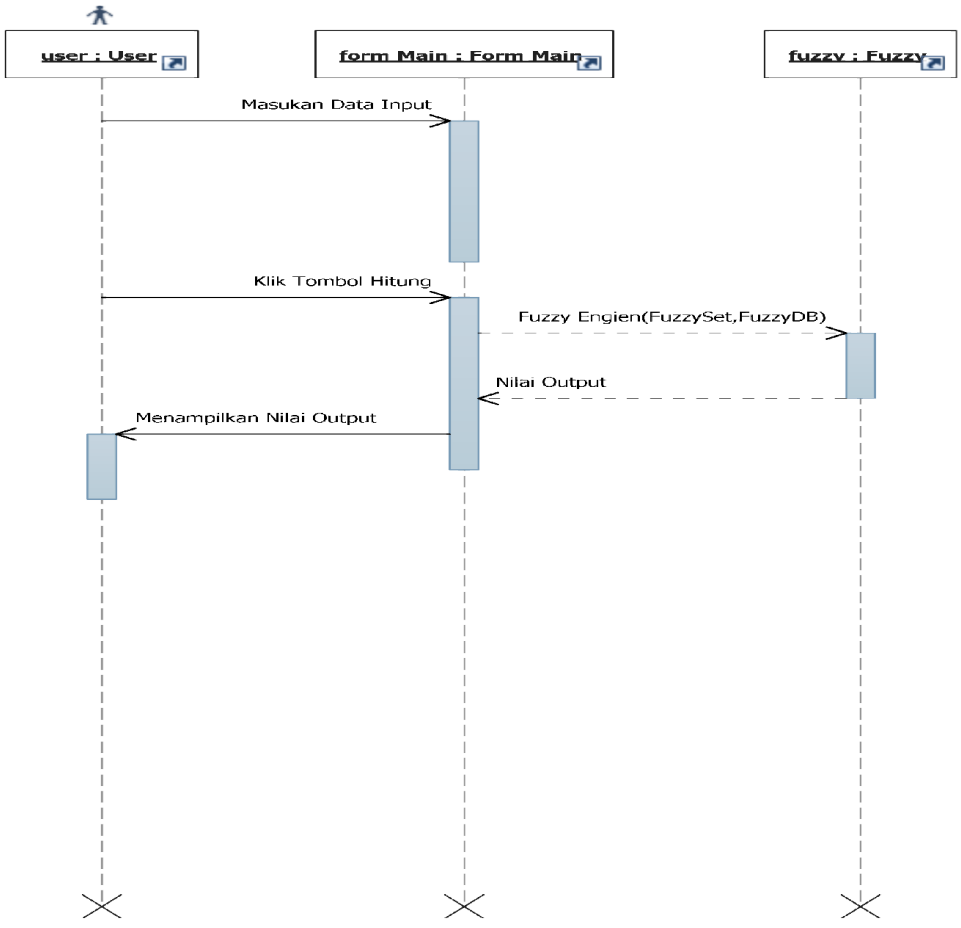
Gambar 3.19 *Sequence Diagram* Run Genetika

5. *Sequence Diagram* Menamplikan Hasil Genetika



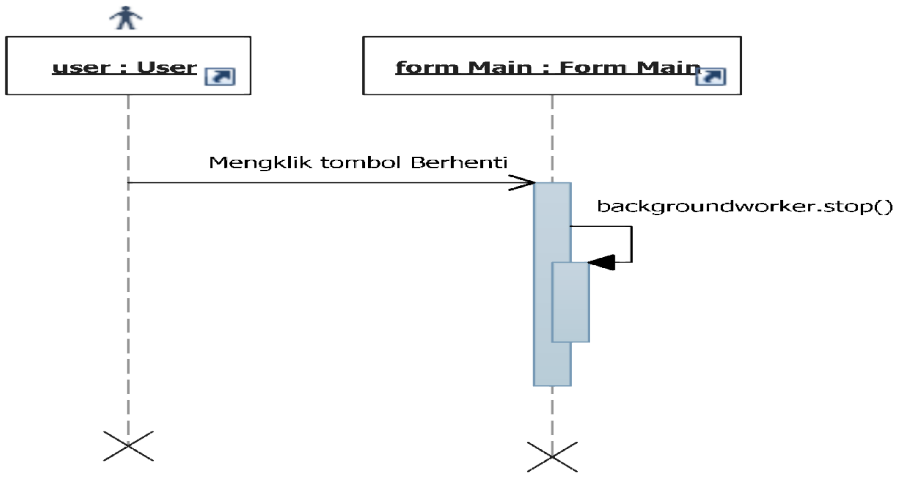
Gambar 3.20 *Sequence Diagram* Menamplikan Hasil Genetika

6. *Sequence Diagram* Melakukan proses hitung waktu panen



Gambar 3.21 *Sequence Diagram* Menghitung waktu panen

7. *Sequence Diagram* Menghentikan proses genetika



Gambar 3.22 *Sequence Diagram* Menghentikan proses genetika

3.1.7 Perancangan Sistem

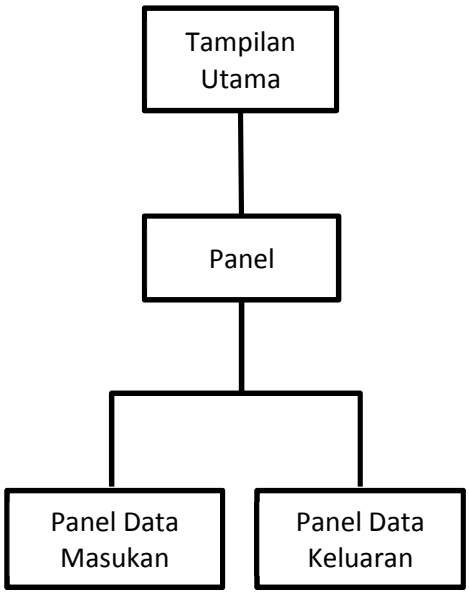
Perancangan adalah suatu bagian dari metodologi pengembangan suatu perangkat lunak yang dilakukan setelah tahapan untuk memberikan gambaran secara terperinci. Dalam tahap ini digambarkan rancangan sistem yang akan dibangun sebelum dilakukan pengkodean kedalam suatu bahasa pemrograman. Perangan sistem terdiri dari beberapa tahapan yaitu:

3.1.7.1 Perancangan Arsitektur

Setelah melakukan perancangan data pada sistem yang dibangun, maka dilakukanlah perancangan arsistekrur. Perancangan arsitektur ini meliputi beberapa perancangan diantaranya struktur menu, perancangan antarmuka.

3.1.7.2 Perancangan Struktur Menu

Perancangan struktur menu merupakan gambaran menu untuk menyediakan fungsi-fngsi yang akan digunakan dalam aplikasi perthitungan waktu panen.

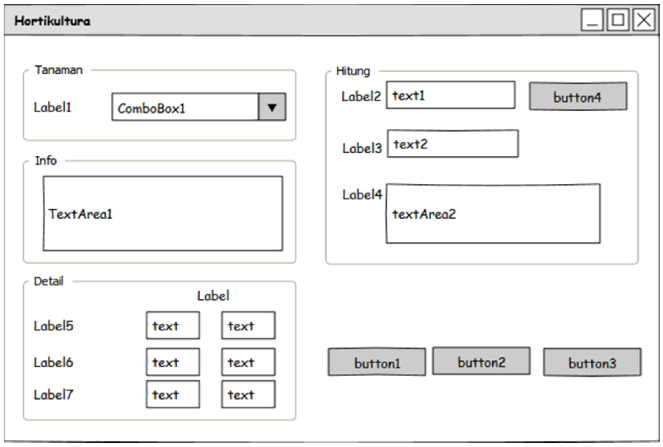


Gambar 3.23 Perancangan Menu

3.1.7.3 Perancangan Antarmuka

Perancangan antarmuka dibutuhkan untuk mewakili keadaan sebenarnya dari aplikasi yang akan dibangun. Berikut ini beberapa perancangan antarmuka dari aplikasi yang akan dibangun yaitu:

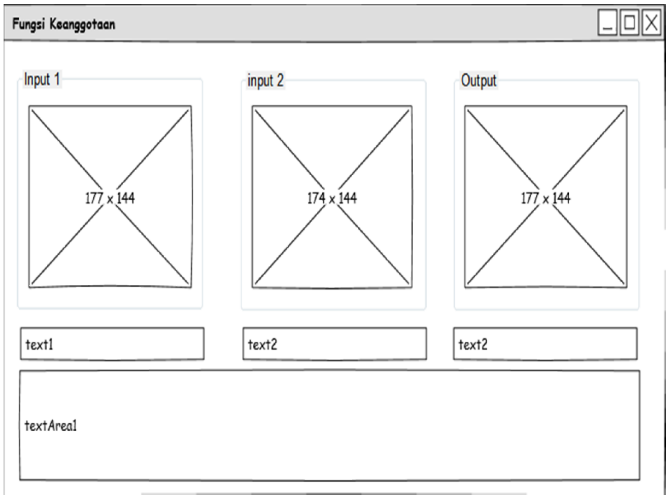
1. Tampilan Utama

TO1	
	▪ Label1:nama ▪ Label 2:input fuzzy 1 ▪ Label 3:input fuzzy 2 ▪ Label 4: output fuzzy ▪ Label5:rentang input 1 ▪ Label6:rentang input2 ▪ Label 7: rentang ouput ▪ ComboBox1 : data tanaman ▪ Text Area 1 : info tanaman ▪ Text1:nilai Min Input 1 ▪ Text2nilai Min input 2 ▪ Text3:nilai Min Input 1 ▪ Text4nilai Min input 2

	▪ Text5:nilai Min Input 1 ▪ Text5nilai Min input 2 ▪ Text1:nilai Min Input 1 ▪ Text2nilai Min input 2 ▪ Text Area 2: hasil Output Fuzzy ▪ Button1: parameter genetika ▪ Button 2: proses ▪ Button 2: hasil ▪ Button 3: hitung

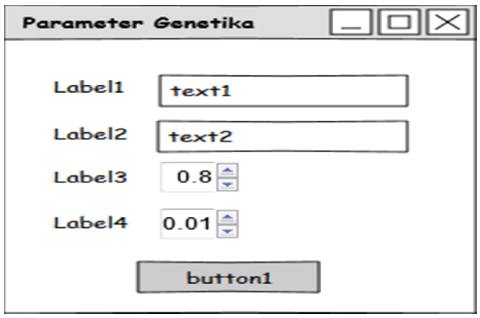
Gambar 3.24 Perancangan Antarmuka Tampilan Utama

2. Perancangan Antarmuka Fungsi Keanggotaan

T02	
	▪ Group 1 : Fungsi Keanggotaan Input 1 ▪ Group 2 : Fungsi Keanggotaan Input 2 ▪ Group 3: Fungsi Keanggotaan Output ▪ textArea1: aturan fuzzy ▪ text1: nilai variabel input 1 ▪ text2: nilai variable input2 ▪ text3: nilai variabel output

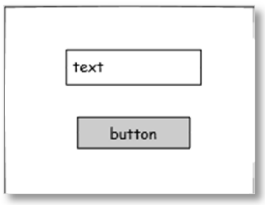
Gambar 3.25 Perancangan Antarmuka Fungsi Keanggotaan

3. Perancangan Antarmuka Parameter Genetika

T03	
	▪ Label 1: generasi ▪ Label2:populasi ▪ Label3:crossover ▪ Label4:mutasi ▪ Text 1: nilai generasi ▪ Text2 : nilai populasi ▪ Button1:tombol simpan

Gambar 3.26 Perancangan Antarmuka Parameter Genetika

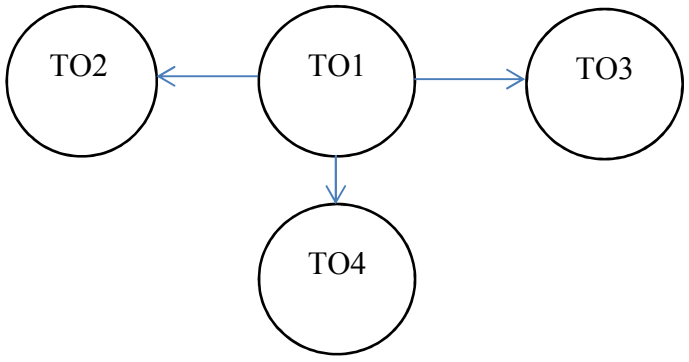
4. Perancangan Antarmuka Pesan

T04	
	▪ Text : Menampilkan pesan proses genetika selesai ▪ Button: menutup pesan

Gambar 3.27 Perancangan Antarmuka Pesan

3.1.7.4 Jaringan Semantik

Struktur aplikasi ini dibuat secara moduler, yaitu program dipecah menjadi modul-modul kecil yang mudah dibuat, mudah dites, dan mudah dimodifikasi. Dalam pembuatan aplikasi ini menggunakan alat bantu struktural yang disebut jaringan semantik.



Gambar 3.28 Jaringan Semantik