

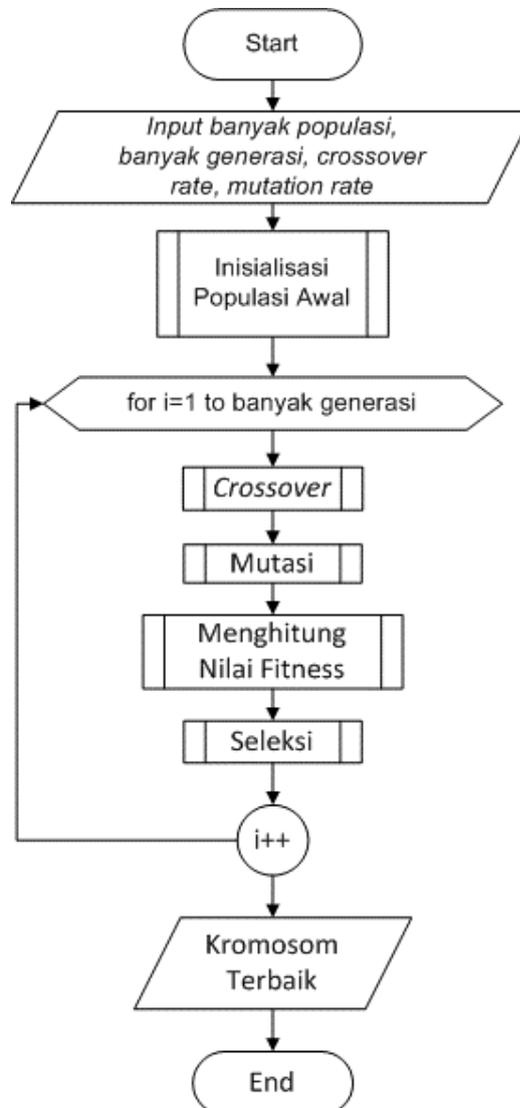
## BAB 4 PERANCANGAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai perancangan sistem yang akan digambarkan dalam diagram alir. Selain itu pula bab ini menjadi pedoman dalam implmentasi sistem nantinya agar tidak meyimpang dari pembahasan. Penjelasan detail mengenai desain algoritme, perhitungan manual, dan tampilan antarmuka.

### 4.1 Desain Algoritme

Sebelum algoritme genetika diimplementasikan untuk mengoptimasi batasan *fuzzy inference system* Mamdani, akan terlebih dahulu digambarkan dalam diagram alir yang merupakan alur kerja dari sistem nantinya.

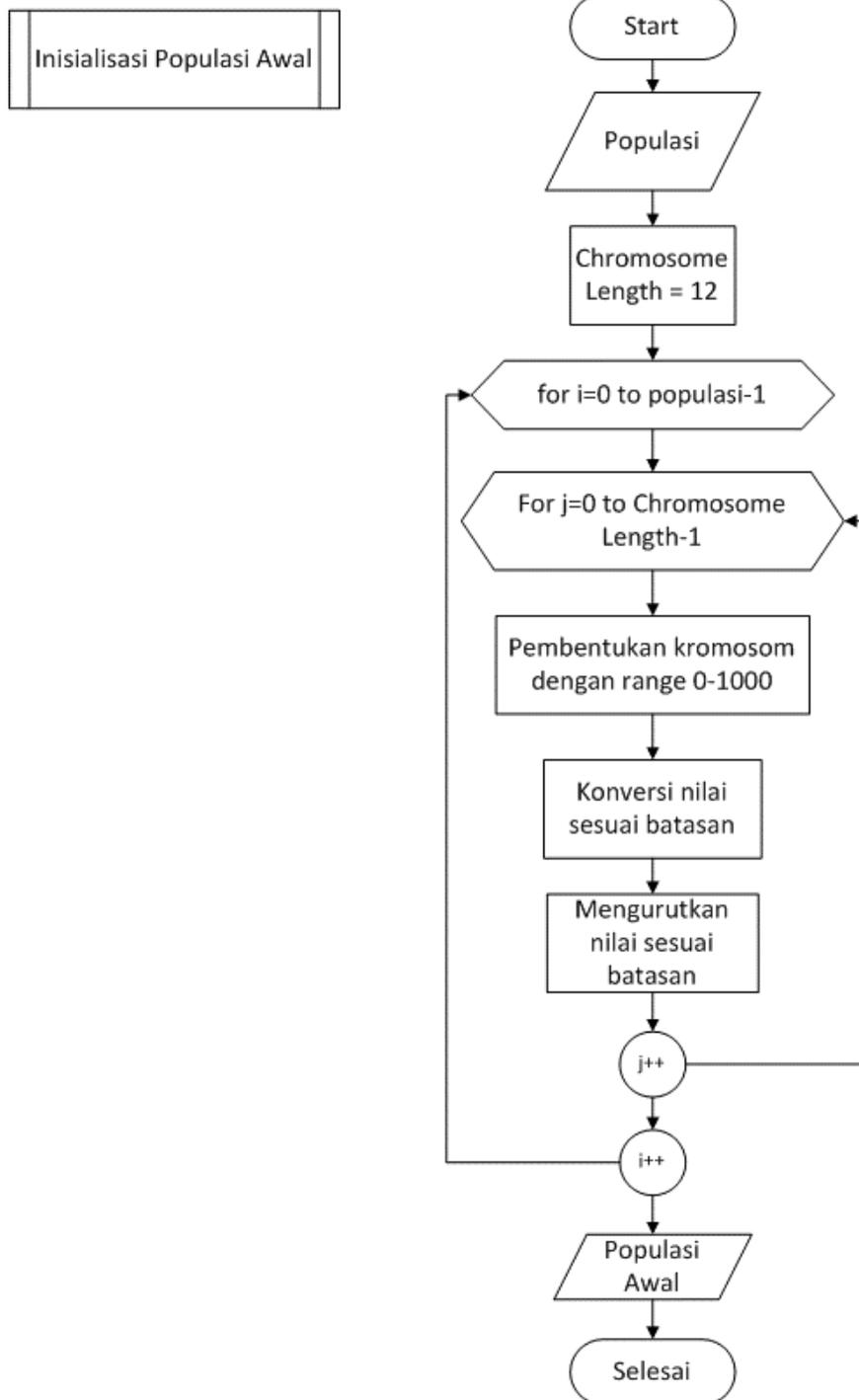
#### 4.1.1 Diagram Alir Algoritme Genetika



Gambar 0.1 Diagram Alir Algoritme Genetika

Gambar 4.1 menjelaskan mengenai alur dari algoritme genetika yang akan diimplementasikan pada sistem, terdapat lima proses utama untuk menyelesaikan masalah optimasi menentukan lama waktu siram pada tanaman, yaitu proses inialisasi populasi awal, proses *crossover*, proses mutasi, proses menghitung nilai fitness, dan proses seleksi.

#### 4.1.2 Diagram Alir Inialisasi Populasi Awal

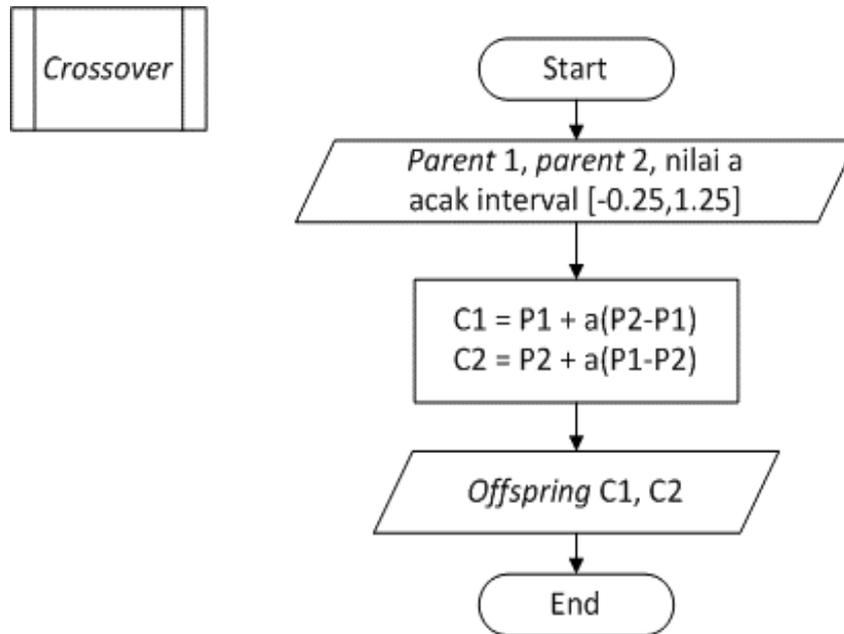


**Gambar 0.2 Diagram Alir Inialisasi Populasi Awal**

Berdasarkan diagram alir Gambar 4.2 dapat dijelaskan proses dalam pembuatan inisialisasi populasi awal:

1. *Input* sebanyak jumlah populasi untuk pembentukan populasi awal.
2. Pembentukan individu akan dilakukan dengan cara mengacak nilai dengan *range* 0-1000 untuk mendapatkan nilai tiga angka dibelakang koma, setelah nilai diacak akan dilakukan proses konversi dan diurutkan sesuai batasan pada proses *fuzzy*.
3. Individu akan dibentuk berdasarkan jumlah populasi yang dimasukkan sebelumnya.

#### 4.1.3 Diagram Alir Crossover

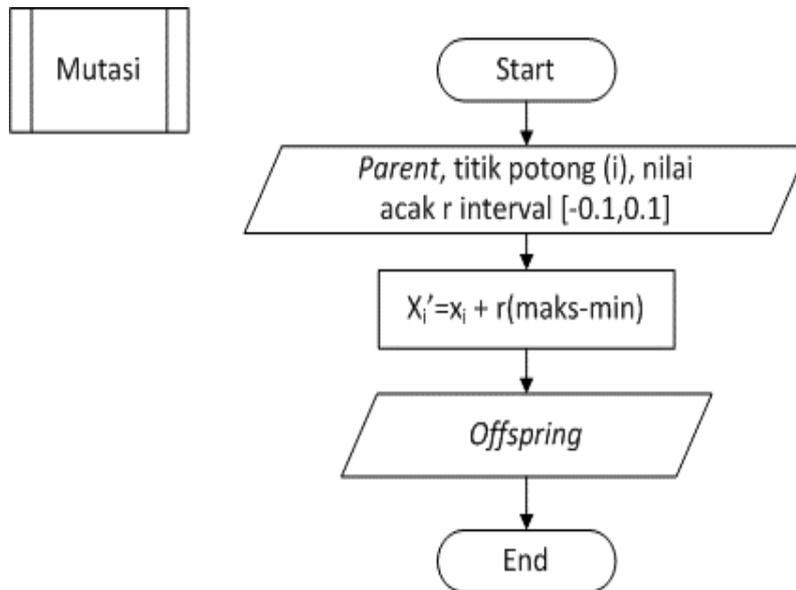


**Gambar 0.3 Diagram Alir Crossover**

Berdasarkan diagram alir Gambar 4.3 dapat dijelaskan proses *crossover*:

1. Proses *input* pemilihan 2 *parents* secara acak dari hasil pembentukan populasi awal.
2. Proses *input* membangkitkan nilai alpha secara acak dengan interval [-0,25,1,25].
3. Proses pembentukan *offspring* yang dilakukan dengan cara menjumlahkan setiap gen pada *parent* terpilih dengan hasil perkalian dari nilai alpha dan selisih gen *parent* 1 dan parent 2 ataupun sebaliknya.
4. Pada satu kali proses *crossover* akan menghasilkan 2 buah *offspring*.
5. *Offspring* terbentuk akan digunakan pada proses selanjutnya.

#### 4.1.4 Diagram Alir Mutasi

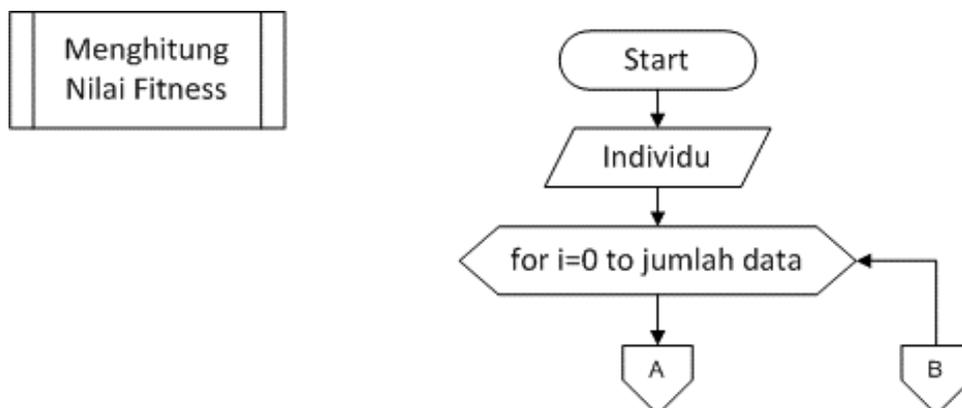


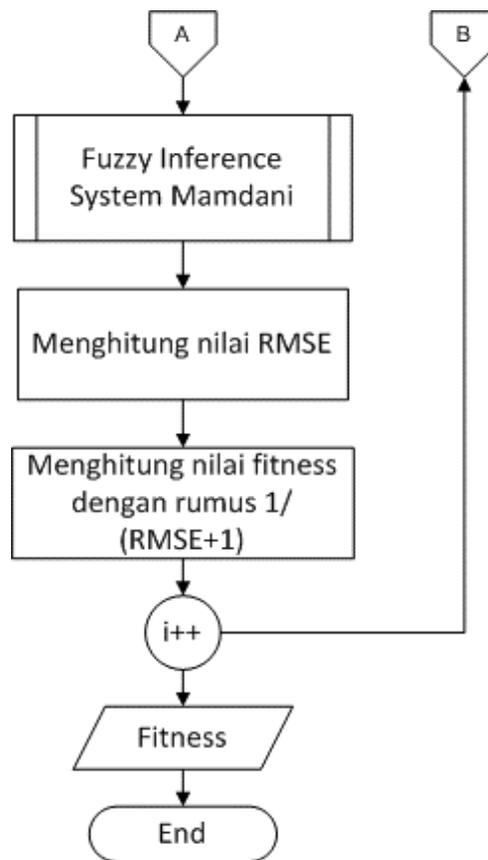
**Gambar 0.4 Diagram Alir Mutasi**

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 4.4 proses mutasi dapat dijelaskan:

1. Proses *input* 1 *parent* yang telah dipilih secara acak dari populasi awal yang telah dibangkitkan.
2. Proses pemilihan nilai 1 gen secara acak pada *parent* terpilih untuk dilakukan proses mutasi.
3. Pembangkitan nilai *r* dengan interval [-0,1:0,1].
4. Proses mutasi dimana satu gen terpilih akan dijumlahkan dengan hasil perkalian nilai *r* dan selisih nilai maksimum, minimum dari gen yang terpilih.
5. Pada satu kali mutasi hanya akan dihasilkan 1 *offspring*.
6. *Offspring* terbentuk akan digunakan pada proses selanjutnya.

#### 4.1.5 Diagram Alir Menghitung Nilai Fitness



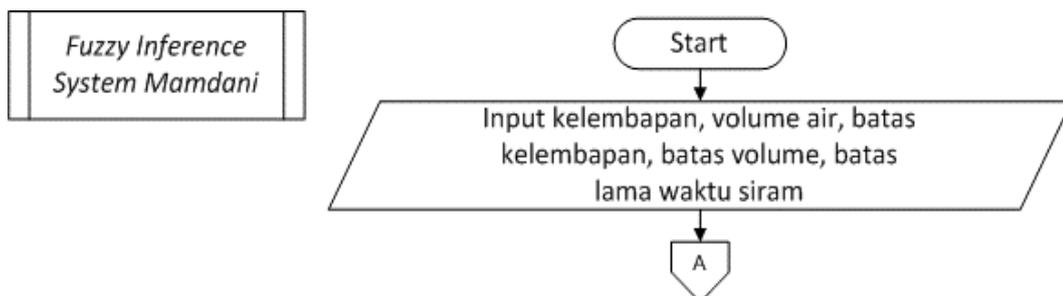


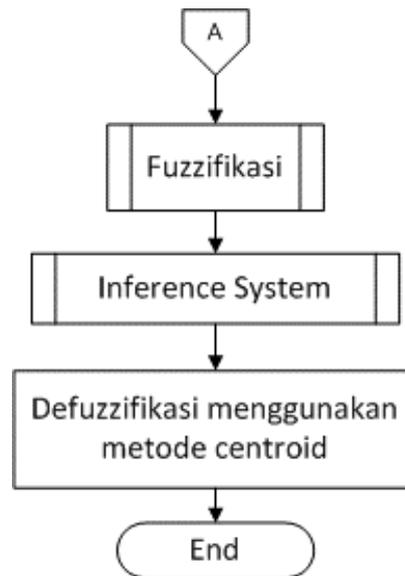
**Gambar 0.5 Diagram Alir Menghitung Fitness**

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 4.5 proses menghitung *fitness* dapat dijelaskan:

1. Proses *input* individu sebanyak individu gabungan.
2. Setelah individu dimasukkan akan dihitung lama waktu siram setiap individu menggunakan *fuzzy inference system* Mamdani.
3. Setelah didapatkan lama waktu siram hasil perhitungan fis Mamdani maka akan dihitung nilai RMSE.
4. Nilai RMSE ini akan menjadi masukkan bagi proses perhitungan nilai *fitness*.
5. Nilai *fitness* setiap individu didapatkan.

#### 4.1.6 Diagram Alir Fuzzy Inference System Mamdani



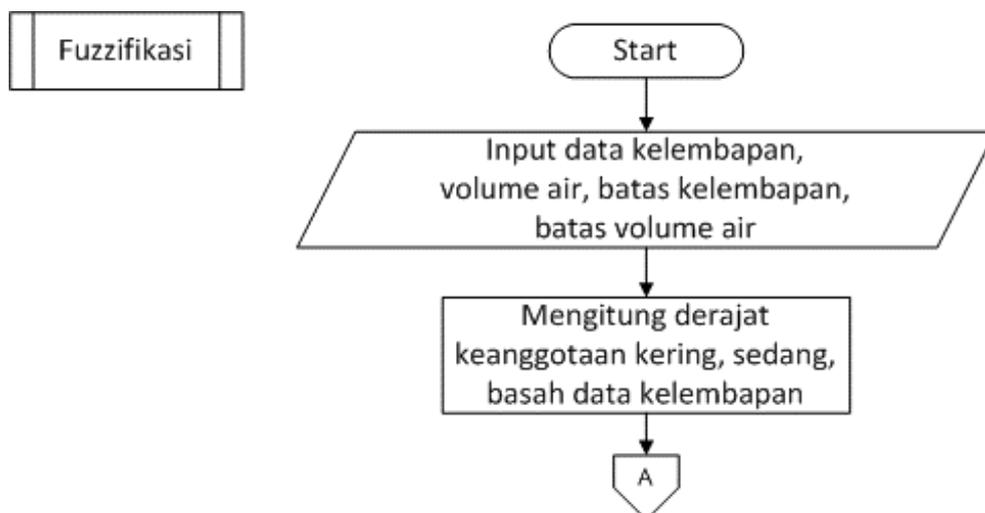


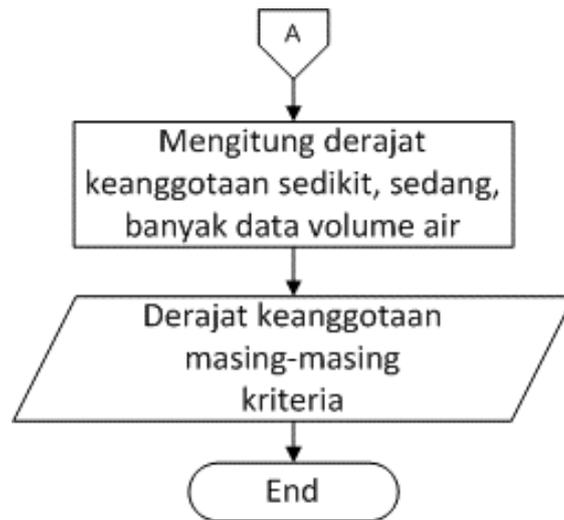
**Gambar 0.6 Diagram Alir Fuzzy Inference System Mamdani**

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 4.6 proses *fuzzy inference system* Mamdani dapat dijelaskan:

1. Masukkan berupa data kelembaban, volume air, batasan kelembaban, batasan volume air, serta batasan lama waktu siram.
2. Proses selanjutnya adalah proses fuzzifikasi yang merupakan proses pembentukan fungsi keanggotaan setiap data.
3. Proses *inference system* merupakan proses pencarian nilai minimum dan maksimum dari aturan yang telah dibuat sebelumnya.
4. Lalu setelah didapatkan nilai maksimum setiap kriteria akan dihitung lama waktu siram berdasarkan metode *centroid*.

#### 4.1.7 Diagram Alir Fuzzifikasi



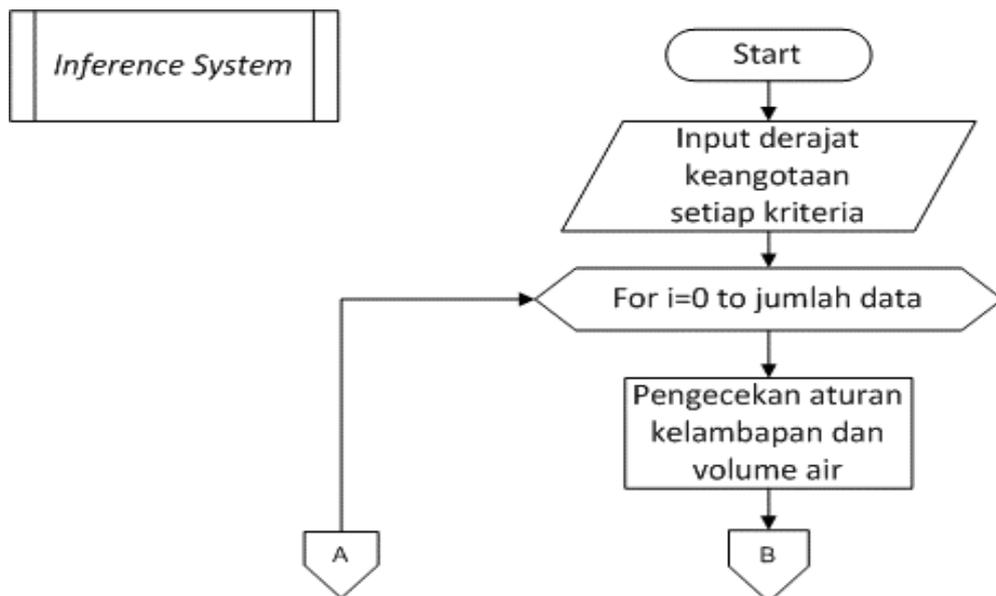


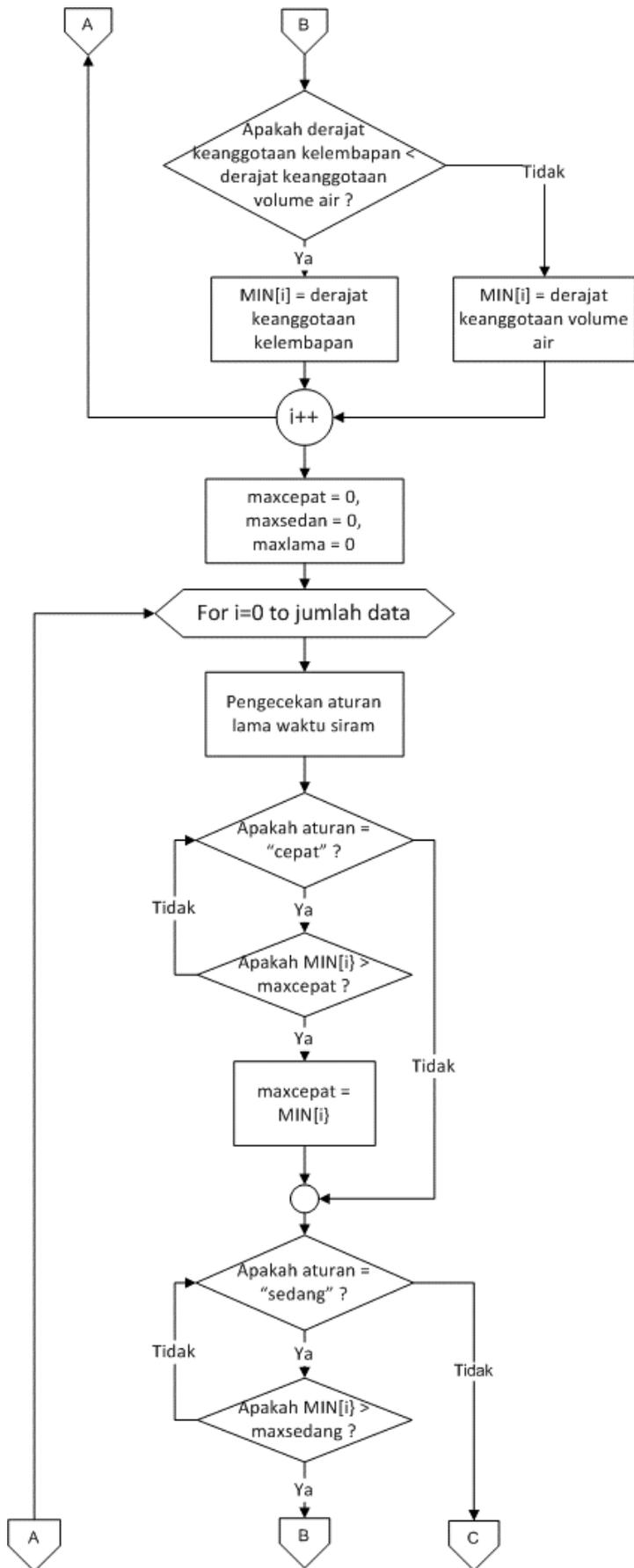
**Gambar 0.7 Diagram Alir Fuzzifikasi**

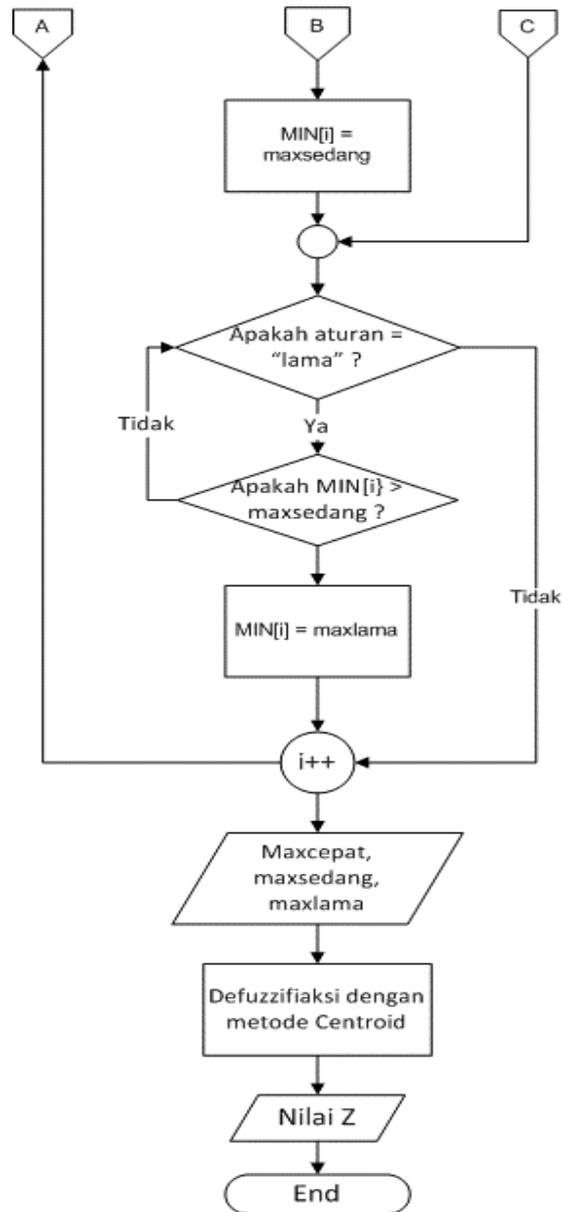
Berdasarkan diagram alir pada Gambar 4.7 proses fuzzifikasi dapat dijelaskan:

1. Proses memasukkan nilai kelembapan, volume air, batasan kelembapan dan batas volume air.
2. Menghitung derajat keanggotaan dari data kelembapan yang dibagi menjadi 3 kriteria yaitu kering, sedang dan basah.
3. Menghitung derajat keanggotaan dari data volume air yang dibagi menjadi 3 kriteria yaitu sedikit, sedang banyak.
4. Hasil keluaran berupa derajat keanggotaan masing-masing kriteria data.

#### 4.1.8 Diagram Alir Inference System







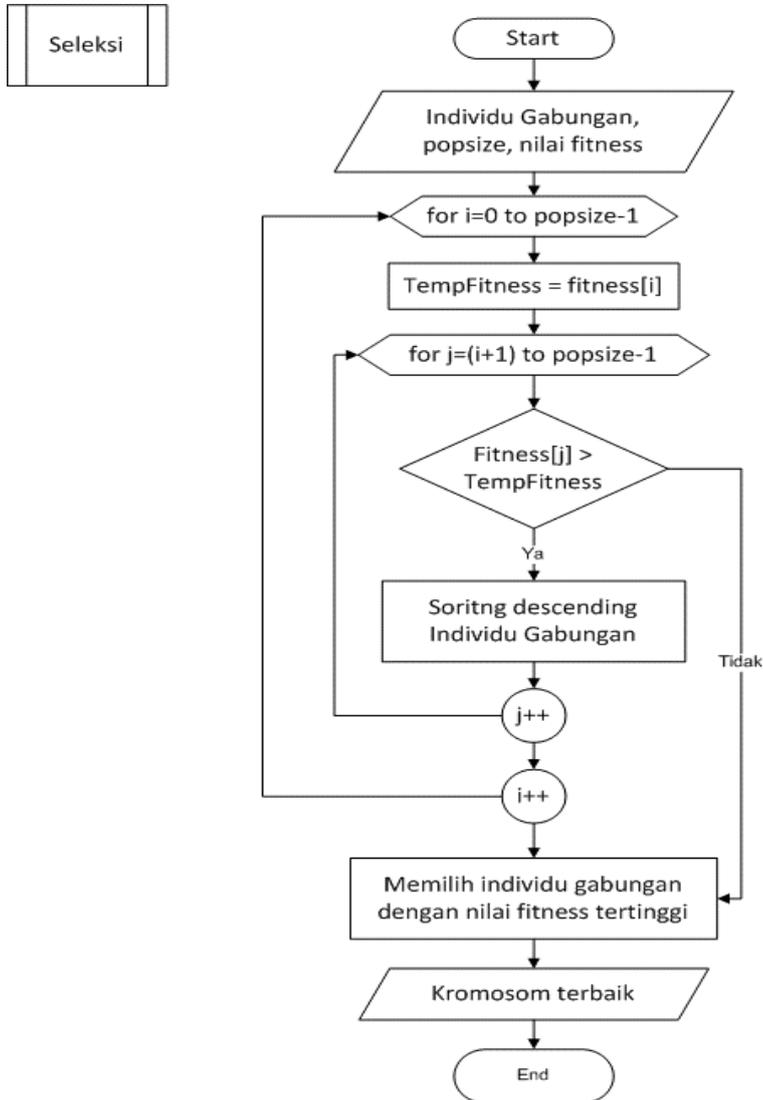
**Gambar 0.8 Diagram Alir Inference System**

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 4.8 proses *inference system* dapat dijelaskan:

1. Proses input derajat keanggotaan setiap kriteria dari hasil fuzzifikasi data kelembapan dan volume air.
2. Proses pengecekan aturan untuk kelembapan dan volume air yang telah dibuat.
3. Mengambil nilai minimum dari setiap kriteria fungsi keanggotaan berdasarkan aturan yang telah dibuat sebelumnya.
4. Pengecekan aturan untuk lama waktu siram yang telah dibuat.
5. Mengambil nilai maksimum setiap kriteria.

6. Nilai maksimum setiap kriteria akan dimasukkan pada proses defuzzifikasi.
7. Hasil dari proses defuzzifikasi merupakan nilai lama waktu siram.

#### 4.1.9 Diagram Alir Seleksi



**Gambar 0.9 Diagram Alir Seleksi**

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 4.9 maka proses seleksi dapat dijelaskan:

1. *Input* individu gabungan, *popsize*, dan nilai *fitness* dari setiap individu.
2. Proses memilih individu gabungan berdasarkan nilai *fitness* tertinggi lalu akan dipilih individu sebanyak *popsize*.
3. Hasil individu terpilih sesuai jumlah *popsize* akan diurutkan dari terbesar ke terkecil berdasarkan nilai *fitness*nya.
4. Memilih 1 satu individu terbaik berdasarkan nilai *fitness* tertinggi.
5. Didapatkan kromosom terbaik.

## 4.2 Perhitungan Manual

Pada perhitungan manual ini akan diberikan contoh implementasi dari desain algoritme sebelum diimplementasikan kedalam sistem. Perhitungan yang akan ditampilkan tidak secara keseluruhan melainkan hanya sebagai contoh saja.

### 4.2.1 Algoritme Genetika Untuk Optimasi FIS Mamdani

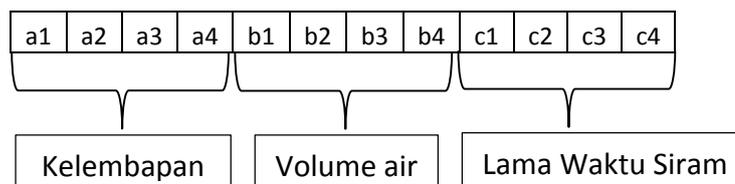
Dalam menyelesaikan masalah menentukan lama waktu siram menggunakan algoritme genetika ini, memerlukan beberapa tahap diantaranya adalah menentukan ukuran populasi, banyaknya generasi yang diinginkan, peluang *crossover* dan peluang mutasi. Apabila *offspring* yang dihasilkan sudah memenuhi ukuran *offspring* yang diinginkan maka akan dilanjutkan dengan perhitungan *fitness* dari masing-masing individu yang terbentuk termasuk individu *offspring*, sebaliknya apabila tidak memenuhi maka akan kembali dilakukan proses *crossover* dan mutasi hingga memenuhi ukuran *offspring*. Selanjutnya adalah melakukan tahapan seleksi. Pada penelitian ini, proses seleksi yang digunakan adalah *elitism selection*. Siklus yang dijelaskan di atas akan terus berulang hingga tercapainya ukuran banyaknya generasi yang diinginkan.

Langkah-langkah dalam optimasi FIS Mamdani menggunakan algoritme genetika adalah:

1. Representasi Kromosom
2. Pembentukan populasi awal
3. Proses *crossover*
4. Proses mutasi
5. Perhitungan nilai *fitness*
6. Proses seleksi

#### 1.2.1.1 Representasi Kromosom

Pada tahapan representasi kromosom menentukan lama waktu siram pada tanaman digunakan bilangan real sehingga representasi kromosom yang digunakan adalah *real-coded* (pengkodean real). Kromosom dibentuk dari batasan nilai interval pada setiap himpunan *fuzzy* yang telah dibentuk. Terdapat 12 gen pada satu kromosom, dimana setiap gen mewakili setiap batasan himpunan *fuzzy*. Untuk lebih jelas representasi kromosom akan dijelaskan pada Gambar 4.10.



**Gambar 0.10 Representasi Kromosom**

Keterangan Gambar 4.10, yaitu:

1. a1, a2, a3, a4 adalah segmen kriteria kelembapan awal.

2. b1, b2, b3, b4 adalah segmen kriteria volume air.
3. c1, c2, c3, c4 adalah segemen kriteria lama waktu siram.

Contoh representasi kromosom yang digunakan untuk bilangan *real*, dengan membangkitkan nilai acak antara 0-1000 seperti dapat dilihat pada Gambar 4.11:

30	907	555	636	91	140	326	681	584	729	115	871
----	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Gambar 0.11 Contoh Kromosom**

Setelah kromosom dibangkitkan, langkah berikutnya adalah mengkonversi setiap nilai gen pada kromosom sesuai dengan batasan minimal dan maksimal dari setiap kriteria himpunan *fuzzy* yang ada.

Konversi nilai gen pada kromosom dapat menggunakan persamaan 4.1:

$$G = \frac{x}{1000} * (maks - min) + min \quad (4.1)$$

Keterangan:

G = nilai konversi gen pada kromosom.

x = nilai acak 0-1000 pada gen.

maks = nilai maksimal *interval* setiap gen pada himpunan *fuzzy*.

min = nilai minimal *interval* setiap gen pada himpunan *fuzzy*.

Perhitungan konversi gen dengan persamaan 4.1:

- a. Kelembapan Awal

$$G1 = \frac{30}{1000} * (5 - 0) + 0 = 0,15$$

$$G2 = \frac{907}{1000} * (5 - 0) + 0 = 4,535$$

$$G3 = \frac{555}{1000} * (5 - 0) + 0 = 2,775$$

$$G4 = \frac{636}{1000} * (5 - 0) + 0 = 3,18$$

- b. Volume Air

$$G5 = \frac{91}{1000} * (3 - 0) + 0 = 0,273$$

$$G6 = \frac{140}{1000} * (3 - 0) + 0 = 0,42$$

$$G7 = \frac{326}{1000} * (3 - 0) + 0 = 0,978$$

$$G8 = \frac{681}{1000} * (3 - 0) + 0 = 2,043$$

- c. Lama Waktu Siram

$$G9 = \frac{584}{1000} * (25 - 0) + 0 = 14,6$$

$$G10 = \frac{729}{1000} * (25 - 0) + 0 = 18,225$$

$$G11 = \frac{115}{1000} * (25 - 0) + 0 = 2,875$$

$$G12 = \frac{871}{1000} * (25 - 0) + 0 = 21,775$$

Setelah dilakukan konversi nilai acak 0-1000 pada setiap gen maka kromosom yang terbentuk dapat dilihat seperti Gambar 4.12.

0,15	4,535	2,775	3,18	0,273	0,42	0,978	2,043	14,6	18,225	2,875	21,775
------	-------	-------	------	-------	------	-------	-------	------	--------	-------	--------

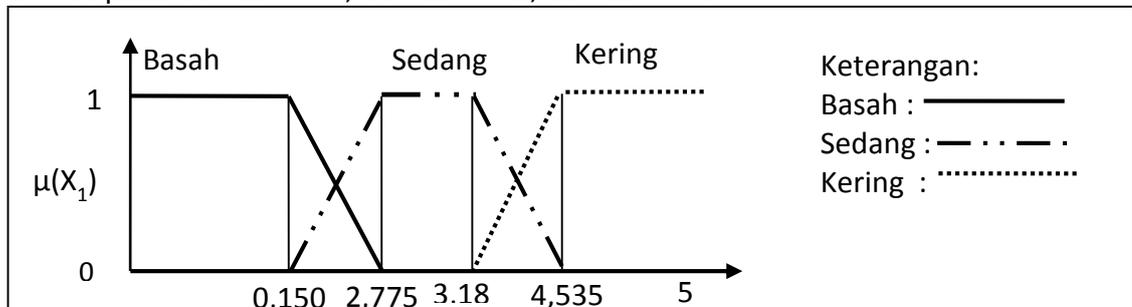
**Gambar 0.12 Kromosom Setelah Dikonversi**

Gambar 4.12 menunjukkan kromosom hasil setelah dilakukan konversi sesuai batasan himpunan fuzzy. Setelah hasil konversi didapatkan maka setiap gen dalam setiap segmen harus diurutkan dari yang terkecil ke yang terbesar seperti pada Gambar 4.13.

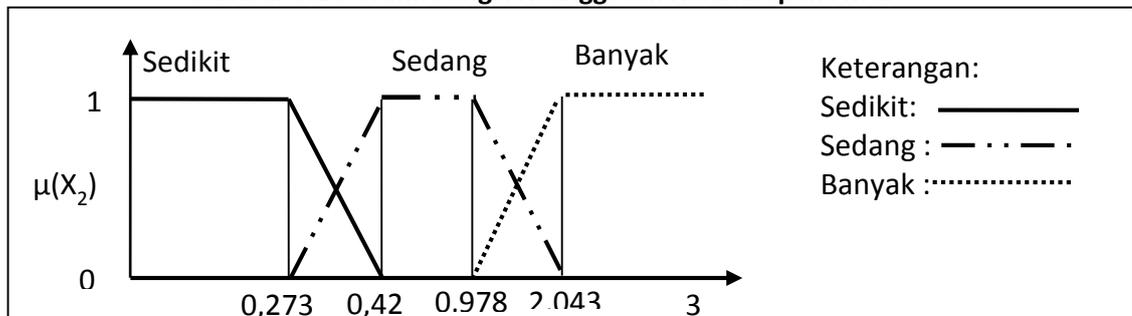
0,15	2,775	3,18	4,535	0,273	0,42	0,978	2,043	2,875	14,6	18,225	21,775
------	-------	------	-------	-------	------	-------	-------	-------	------	--------	--------

**Gambar 0.13 Kromosom Setelah Diurutkan**

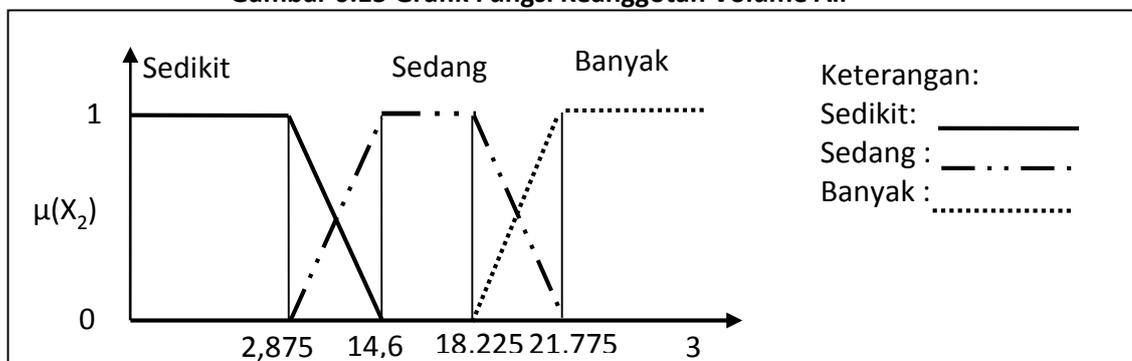
Kemudian setelah didapatkan nilai kromosom hasil konversi dan sudah diurutkan maka nilai-nilai tersebut dapat digunakan sebagai batasan pada FIS Mamdani. Penggunaan nilai kromosom sebagai batasan pada FIS Mamdani dapat di lihat pada Gambar 4.14, Gambar 4.15, Gambar 4.16:



**Gambar 0.14 Grafik Fungsi Keanggotan Kelembapan Awal**



**Gambar 0.15 Grafik Fungsi Keanggotan Volume Air**



**Gambar 0.16 Grafik Fungsi Keanggotan Lama Waktu Siram**

#### 4.2.1.2 Inisialisasi Populasi Awal

Telah dijelaskan pada proses sebelumnya pembangkitan nilai kromosom menggunakan nilai acak dengan *interval* 0-1000 dan panjang gen pada setiap kromosom sebanyak 12 gen. Dengan 8 gen sebagai 2 fungsi keanggotaan kriteria masukkan dan 4 gen untuk fungsi keanggotaan hasil keputusan. *Pop-size* yang digunakan sebanyak 3 populasi awal seperti pada Tabel 4.1:

**Tabel 0.1 Inisialisasi Populasi Awal**

Individu	Representasi Kromosom											
	Kelembaban				Volume				Lama Waktu Siram			
P1	30	907	555	636	91	140	326	681	584	729	115	871
P2	786	42	310	832	75	313	359	932	774	936	391	735
P3	100	30	120	568	208	415	182	645	206	16	865	179

Setelah dilakukan inisialisasi populasi awal maka langkah selanjutnya melakukan konversi nilai sesuai dengan batasan pada himpunan fungsi keanggotaan *fuzzy* seperti pada Tabel 4.2:

**Tabel 0.2 Hasil Konversi**

Individu	Representasi Kromosom											
	Kelembaban				Volume				Lama Waktu Siram			
P1	0,15	4,535	2,775	3,18	0,273	0,42	0,978	2,043	14,6	18,225	2,875	21,775
P2	3,93	0,21	1,55	4,16	0,225	0,939	1,077	2,796	19,35	23,4	9,775	18,375
P3	0,5	0,15	0,6	2,84	0,624	1,245	0,546	1,935	5,15	0,4	21,625	4,475

Setelah dilakukan konversi maka selanjutnya dilakukan proses pengurutan pada setiap segmen dari mulai yang terkecil ke yang terbesar seperti pada Tabel 4.3:

**Tabel 0.3 Hasil Pengurutan**

Individu	Representasi Kromosom											
	Kelembaban				Volume				Lama Waktu Siram			
P1	0,15	2,775	3,18	4,54	0,273	0,42	0,978	2,043	2,875	14,6	18,225	21,775
P2	0,21	1,55	3,93	4,16	0,225	0,939	1,077	2,796	9,775	18,375	19,35	23,4
P3	0,15	0,5	0,6	2,84	0,546	0,624	1,245	1,935	0,4	4,475	5,15	21,625

#### 4.2.1.3 Proses Crossover

Pindah silang (*crossover*) merupakan proses pemilihan dua induk dari populasi secara acak. Metode *crossover* yang digunakan adalah metode *extended intermediate crossover*. Dalam satu kali proses *crossover* akan menghasilkan dua *offspring* yang telah dikombinasikan dari dua induk yang telah dipilih secara acak sebelumnya. Banyaknya *offspring* yang dihasilkan bergantung pada *crossover rate* yang telah ditentukan sebelumnya. Pada penelitian ini *crossover rate* yang digunakan sebesar 0,7. Jika pada satu kali proses *crossover offspring* yang

dihasilkan belum terpenuhi maka proses *crossover* akan dilanjutkan. Individu yang dipilih untuk proses *crossover* yaitu P1 dan P2. Persamaan *crossover* yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 2.5, 2.6, 2.7.

P1

30	907	555	636	91	140	326	681	584	729	115	871
----	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

P2

786	42	310	832	75	313	359	932	774	936	391	735
-----	----	-----	-----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Misalnya terpilih gen nomor 3 dan  $\alpha$  sebesar 0,385 maka:

$$C1 = 555 + 0,385(310 - 555)$$

$$C1 = 555 - 94,325$$

$$C1 = 460,656$$

$$C2 = 310 + 0,385(555 - 310)$$

$$C2 = 310 + 94,325$$

$$C2 = 404,344$$

C1

30	907	460,656	636	91	140	326	681	584	729	115	871
----	-----	---------	-----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

C2

786	42	404,344	832	75	313	359	932	774	936	391	735
-----	----	---------	-----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

#### 4.2.1.4 Proses Mutasi

Setelah proses *crossover* dilakukan maka langkah selanjutnya adalah melakukan proses mutasi. Mutasi dilakukan dengan cara memilih satu induk secara acak. Pada penelitian ini metode mutasi yang akan digunakan adalah metode *random mutation*. Pada *random mutation* akan dipilih satu gen acak dari satu induk yang telah dipilih secara acak pula. Setelah salah satu gen dipilih secara acak maka nilai gen tersebut dapat ditambah atau dikurang dengan nilai acak yang kecil (Mahmudy, 2015). Selain itu pada metode ini juga dibutuhkan nilai batasan maksimal dan minimal untuk gen terpilih. Pada proses mutasi *mutation rate* yang digunakan 0.3. Menghitung *random mutation* dapat dilakukan dengan persamaan 2.8.

P3

100	30	120	568	208	415	182	645	206	16	865	179
-----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	-----	-----

Misalnya terpilih gen nomor 4 dan  $r$  sebesar 0,079 maka:

$$x'_4 = 568 + 0,079(5 - 0)$$

$$x'_4 = 568 + 0,395$$

$$x'_4 = 568,395$$

C3

100	30	120	568,395	208	415	182	645	206	16	865	179
-----	----	-----	---------	-----	-----	-----	-----	-----	----	-----	-----

#### 4.2.1.5 Perhitungan Nilai Fitness

Dalam menyelesaikan permasalahan dalam menghitung lama waktu siram tanaman ini menggunakan *fuzzy* Mamdani dilakukan untuk menghitung nilai *fitness* dengan dimulai pembentukan himpunan *fuzzy* terlebih dahulu. Ketika sebuah himpunan *fuzzy* sudah terbentuk berdasarkan variabel-variabel pembatas yang diperoleh dari pakar, akan terbentuk aplikasi fungsi implikasi (aturan) dari kriteria dan variabel yang ada. Pada *fuzzy* Mamdani, fungsi implikasi menggunakan operator AND atau fungsi min. Fungsi min akan mencari nilai keanggotaan terkecil antara dua himpunan *fuzzy*. Kemudian setelah fungsi implikasi didapatkan dari tiap aturan, kemudian melakukan inferensi sistem menggunakan metode *max*. Pada metode ini solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum dari semua aturan yang ada pada masing-masing kelasnya. Langkah yang terakhir yaitu proses defuzzifikasi dengan menggunakan metode *Centroid*. Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara menghitung nilai *centroid* (nilai Z) pada daerah *fuzzy*. Di mana dari nilai Z ini dapat ditentukan kelas dari data yang telah diproses tadi. Setelah nilai Z didapatkan akan dihitung nilai eror menggunakan RMSE. Dimana nilai eror ini akan didapat dari selisih data lama waktu siram dengan nilai Z hasil proses *fuzzy*. Kemudian nilai eror akan digunakan dalam perhitungan nilai *fitness* nantinya.

**Tabel 0.4 Data Permasalahan**

No	Kelembapan	Volume Air (L)	Lama Waktu Siram (m)
1	3,75	1,33	11,08
2	4,87	2,10	17,50
3	4,16	1,41	11,75
4	1,97	0,33	7,33
5	1,54	0,16	3,56
6	1,47	0,10	2,22
7	3,98	1,65	13,75
8	3,47	1,26	10,50
9	2,52	0,46	10,22
10	3,87	1,36	11,33
11	4,43	1,70	14,17
12	3,28	1,16	19,33
13	2,11	0,51	8,50
14	3,51	1,30	21,67
15	2,94	0,99	16,50
16	1,79	0,19	4,22
17	2,27	0,56	9,33
18	1,67	0,19	4,22
19	2,03	0,43	9,56
20	3,34	1,44	12,00

**Table 4.4 Data Permasalahan**

No	Kelembaban	Volume Air (L)	Lama Waktu Siram (m)
21	3,02	1,26	10,50
22	1,83	0,21	4,67
23	2,41	0,68	15,11
24	4,85	2,08	17,33
25	2,67	0,79	13,17
26	4.69	1.90	15.83
27	4.56	1.80	15.00
28	1.72	0.23	5.11
29	4.31	1.51	12.58
30	2.86	0.85	14.17

Dari salah satu data ke-5 pada Tabel 4.4 dapat dihitung lama waktu siram pada tanaman berdasarkan metode *fuzzy* Mamdani melalui 4 tahapan yaitu:

1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy* (Fuzzifikasi)
 

Terdapat 3 variabel *fuzzy*. 2 terdiri dari variabel *input* dan 1 terdiri dari variabel *output*.

  - Variabel *Input* :
    - a. Kelembaban Awal : 1,54 V
    - b. Volume : 0,16 L
  - Variabel *Output* :
    - a. Lama Waktu Siram : Cepat/Sedang/Lama

Berdasarkan batas-batas setiap kriteria yang telah dilakuakn dari hasil pengamatan, rentang nilai *fuzzy* dari masing-masing kriteria dapat diuraikan pada Tabel 4.5:

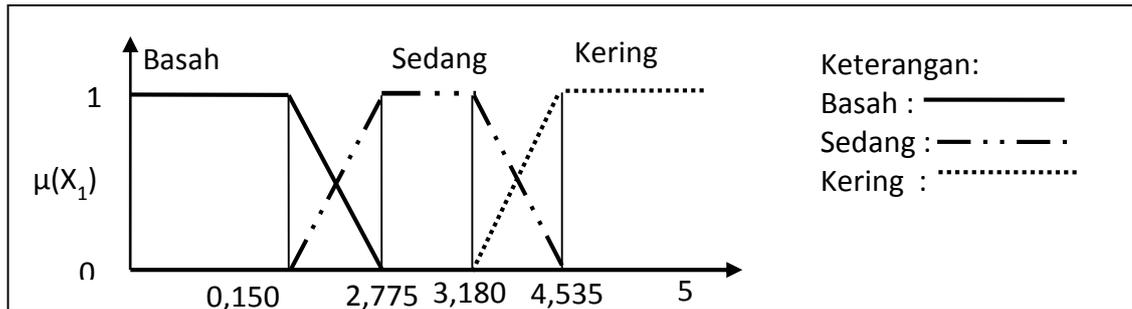
**Tabel 0.5 Rentang nilai bilangan range pada kriteria**

Kriteria	Range
Kelembaban Awal	0-5
Volume	0-3

Dari setiap kriteria pada Tabel 4.5, terdapat beberapa ketetapan parameter yang digunakan untuk mengukur nilai masing-masing kriteria.

- a. Kriteria 1 : Kelembaban Awal (Misal  $x_1$ )

Batasan *fuzzy* diambil dari *parent* 1, nilai kelembaban awal tanah dikelompokkan menjadi tiga kategori yaitu kering, normal, dan basah. Untuk kategori basah, batas atasnya 0,15V dan batas bawahnya 2,775V. Untuk kategori normal, batas atasnya 2,775V dan 3,18V dan batas bawahnya 0,15V dan 4,535V. Sedangkan untuk kategori kering batas atasnya 4,535V dan batas bawahnya 3,18V. Rentang nilai *fuzzy* dapat ditunjukkan pada Gambar 4.17.



**Gambar 0.17 Grafik Fungsi Keanggotaan Kelembapan Awal**

Dari Gambar 4.17 grafik fungsi keanggotaan dapat dibuat dalam persamaan 4.2, persamaan 4.3, dan persamaan 4.4:

$$\mu_{basah}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 0,15 \\ \frac{2,775-x}{2,775-0,15}; & 0,15 < x < 2,775 \\ 0; & x \geq 2,775 \end{cases} \quad (4.2)$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 0,15 \\ \frac{x-0,15}{2,775-0,15}; & 0,15 < x < 2,775 \\ 1; & 2,775 \leq x \leq 3,18 \\ \frac{4,535-x}{4,535-3,18}; & 3,18 < x < 4,535 \\ 0; & x \geq 4,535 \end{cases} \quad (4.3)$$

$$\mu_{kering}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 3,18 \\ \frac{x-3,18}{4,535-3,18}; & 3,18 < x < 4,535 \\ 1; & x \geq 4,535 \end{cases} \quad (4.4)$$

Sehingga untuk kelembapan awal 1,54V memiliki derajat keanggotaan sebagai berikut:

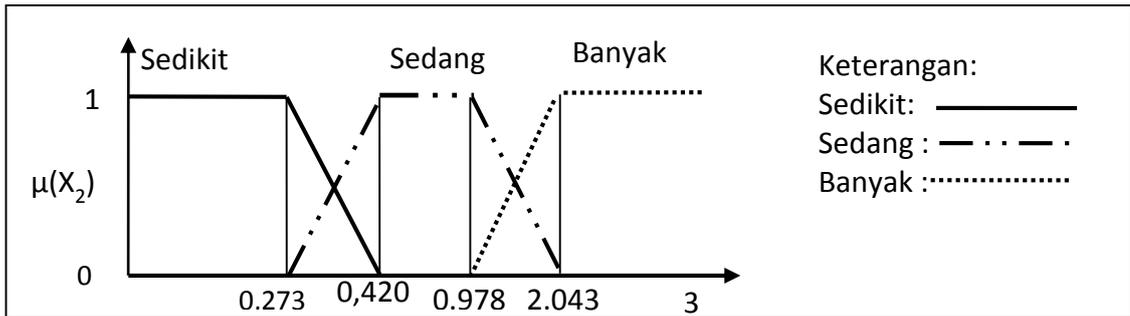
$$\mu_{basah}(x_1) = \frac{2,775-1,54}{2,775-0,15} = 0,47$$

$$\mu_{sedang}(x_1) = \frac{1,54-0,15}{2,775-0,15} = 0,53$$

$$\mu_{kering}(x_1) = 0$$

b. Kriteria 2 : Volume (Misal  $x_2$ )

Nilai Volume dikelompokkan menjadi tiga kategori yaitu sedikit, sedang, dan banyak. Untuk kategori sedikit batas atasnya 0,273L, kategori sedang batas atasnya 0,42L dan 0,978L, kategori banyak batas atasnya 2,043L. Rentang nilai fuzzy dapat ditunjukkan pada Gambar 4.18.



**Gambar 0.18 Grafik Fungsi Keanggotaan Volume Air**

Dari Gambar 4.18 grafik fungsi keanggotaan volume air dapat dibuat kedalam sebuah persamaan 4.5, persamaan 4.6, persamaan 4.7:

$$\mu_{sedikit}(x) = \begin{cases} 1; x \leq 0,273 \\ \frac{0,42-x}{0,42-0,273}; 0,273 < x < 0,42 \\ 0; x \geq 0,42 \end{cases} \quad (4.5)$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0; x \leq 0,273 \\ \frac{x-0,273}{0,42-0,273}; 0,273 < x < 0,42 \\ 1; 0,42 \leq x \leq 0,978 \\ \frac{2,043-x}{2,043-0,978}; 0,978 < x < 2,043 \\ 0; x \geq 2,043 \end{cases} \quad (4.6)$$

$$\mu_{banyak}(x) = \begin{cases} 0; x \leq 0,978 \\ \frac{x-0,978}{2,043-0,978}; 0,978 < x < 2,043 \\ 1; x \geq 2,043 \end{cases} \quad (4.7)$$

Sehingga untuk volume air 0,16L memiliki derajat keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{sedikit}(x_2) = 1$$

$$\mu_{sedang}(x_2) = 0$$

$$\mu_{banyak}(x_2) = 0$$

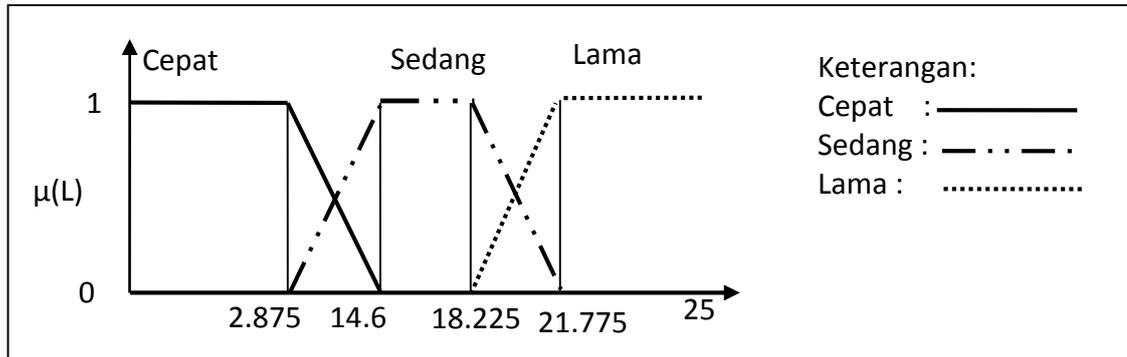
c. Variabel Kesimpulan (misal L)

Setelah ditentukan fungsi keanggotaan masing-masing kriteria maka langkah selanjutnya adalah menentukan nilai derajat keanggotaan perhitungan lama waktu siram tanaman. Nilai derajat keanggotaan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

**Tabel 0.6 Tabel Kriteria Lama Waktu Siram Tanaman**

Kriteria	Range
Cepat	0-8
Sedang	5-18
Lama	≥15

Dari Tabel 4.6, dapat digambarkan dalam bentuk grafik *fuzzy* yang ditunjukkan pada Gambar 4.19.



**Gambar 0.19 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Kesimpulan**

Dari Gambar 4.19 grafik fungsi keanggotaan variabel kesimpulan dapat dibuat kedalam persamaan 4.8, persamaan 4.9, persamaan 4.10:

$$\mu_{cepat}(L) = \begin{cases} 1; x \leq 2,875 \\ \frac{14,6-x}{14,6-2,875}; 2,875 < x < 14,6 \\ 0; x \geq 14,6 \end{cases} \quad (4.8)$$

$$\mu_{sedang}(L) = \begin{cases} 0; x \leq 2,875 \\ \frac{x-2,875}{14,6-2,875}; 2,875 < x < 14,6 \\ 1; 14,6 \leq x \leq 18,225 \\ \frac{21,775-x}{21,775-18,225}; 18,225 < x < 21,775 \\ 0; x \geq 21,775 \end{cases} \quad (4.9)$$

$$\mu_{lama}(L) = \begin{cases} 0; x \leq 18,225 \\ \frac{x-18,225}{21,775-18,225}; 18,225 < x < 21,775 \\ 1; x \geq 21,775 \end{cases} \quad (4.10)$$

## 2. Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan menjelaskan mengenai fakta, pemikiran, teori, maupun aturan langkah-langkah dalam menyelesaikan suatu permasalahan. Basis pengetahuan tersebut terdiri dari dua pendekatan yaitu pendekatan berdasarkan fakta dan pendekatan berdasarkan solusi kasus telah dipecahkan yang dipakai sebelumnya dan diturunkan berdasarkan keadaan yang terjadi sekarang. Terdapat 13 aturan yang telah terbentuk dari hasil konversi data latih kedalam fungsi keanggotaan. Aturan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.7.

**Tabel 0.7 Basis Pengetahuan**

No	Linguistic Input		Linguistic Output
	Kelembapan	Volume Air	Lama Waktu Siram
1	kering	sedang	sedang
2	kering	banyak	sedang

**Tabel 4.7 Basis Pengetahuan**

No	Linguistic Input		Linguistic Output
	Kelembaban	Volume Air	Lama Waktu Siram
3	kering	banyak	lama
4	basah	sedikit	cepat
5	basah	sedikit	sedang
6	sedang	sedikit	cepat
7	sedang	sedikit	sedang
8	kering	sedikit	sedang
9	kering	sedang	lama
10	sedang	sedang	sedang
11	sedang	sedikit	lama
12	kering	sedikit	lama
13	sedang	sedang	lama

Dari aturan-aturan yang telah terbentuk pada Tabel 4.7 dapat terjadi perubahan sewaktu-waktu sesuai dengan keadaan yang berkembang saat ini. Sehingga basis pengetahuan pada Tabel 4.7 dibuat secara dinamis dapat terjadi penambahan aturan baru maupun perubahan pada aturan yang ada. Setelah terbentuk basis pengetahuan maka selanjutnya akan dihitung nilai minimum dari setiap kriteria fungsi keanggotaan. Nilai minimum akan ditunjukkan pada Tabel 4.8.

**Tabel 0.8 Nilai minimal derajat keanggotaan dari data ke-5**

No	Input data ke 5 rule based			$\alpha$ -predikat
	Kelembaban	Volume Air	Lama Waktu Siram	
1	0	0	sedang	0
2	0	0	sedang	0
3	0	0	lama	0
4	0.47	1	cepat	0.47
5	0.47	1	sedang	0.47
6	0.53	1	cepat	0.53
7	0.53	1	sedang	0.53
8	0	1	sedang	0
9	0	0	lama	0
10	0.53	0	sedang	0
11	0.53	1	lama	0.53
12	0	1	lama	0
13	0.53	0	lama	0

### 3. Komposisi Aturan (Agregasi)

Dari hasil fungsi implikasi dari tiap aturan, kemudian dilakukan inferensi sistem menggunakan metode *max*. Pada metode ini solusi himpunan *fuzzy*

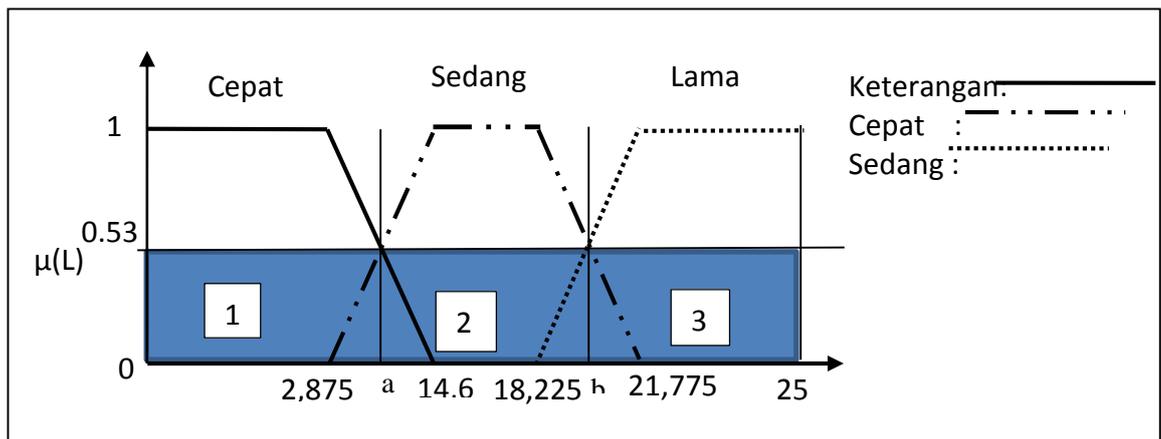
diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum dari semua aturan yang ada pada masing-masing kelasnya. Nilai maksimum ditunjukkan pada Tabel 4.9.

**Tabel 0.9 Nilai maksimum derajat keanggotaan dari data ke-5**

Kelas	Nilai Maksimum
Cepat	0,53
Sedang	0,53
Lama	0,53

#### 4. Defuzzifikasi

Langkah selanjutnya adalah proses defuzzifikasi dengan menggunakan metode *centroid*. Pada proses defuzzifikasi ini akan menghasilkan nilai Z yang merupakan lama waktu siram. Untuk menghitung lama waktu siram, dibutuhkan sebelumnya nilai maksimum dari masing-masing kriteria. Dari hasil komposisi antar semua aturan *fuzzy* diperoleh nilai maksimum derajat keanggotaan didapatkan untuk masing-masing kriteria. Sehingga nilai maksimum ini dapat digunakan untuk menggambarkan daerah variabel kesimpulan, dan hasil komposisi aturan dapat digambarkan dalam sebuah grafik seperti dilihat pada Gambar 4.20.



**Gambar 0.20 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Kesimpulan**

Pada daerah hasil komposisi yang ditunjukkan Gambar 4.20 terdiri dari 3 daerah, yaitu 1, 2, 3. Daerah 1 batasnya adalah nilai a, daerah 2 batasnya adalah nilai b, daerah 3 batasnya adalah nilai 25. Untuk nilai a dan b dapat dihitung dengan cara:

1. Untuk menghitung nilai a dapat digunakan persamaan 4.9.

$$\mu_{sedang}(L) = \frac{14,6-x}{14,6-2,875} = \frac{14,6-a}{14,6-2,875}$$

$$0,53 = \frac{14,6-a}{14,6-2,875}$$

$$a = 14,6 - (0,53 * (14,6 - 2,875)) = 8,38575$$

2. Untuk menghitung nilai b dapat digunakan persamaan 4.10.

$$\mu_{sedang}(L) = \frac{21,775-x}{21,775-18,225} = \frac{21,775-b}{21,775-18,225}$$

$$0,53 = \frac{21,775-b}{21,775-18,225}$$

$$b = 21,775 - (0,53 * (21,775 - 18,225)) = 19,8935$$

Setelah didapat nilai a dan b maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Z. Pada penelitian ini untuk mendapatkan nilai Z akan digunakan metode *centroid*. Dimana nilai Z akan diperoleh dari jumlah momen bidang terbentuk dibagi dengan jumlah luas bidang terbentuk. Maka dapat dituliskan dalam persamaan 4.11.

$$Z = \frac{\text{Jumlah Momen}}{\text{Jumlah Luas Momen}} \quad (4.11)$$

#### a. Menghitung momen

Sebelum menghitung nilai Z maka terlebih dahulu akan dihitung nilai momen dari setiap bidang yang telah terbentuk pada daerah komposisi hasil variabel kesimpulan. Menghitung momen dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut.

$$M1 = \int_0^{8,38575} (0,53)z \, dz = 0,265 z^2 \Big|_0^{8,38575} = 18,63501$$

$$M2 = \int_{8,38575}^{19,8935} (0,53)z \, dz = 0,265 z^2 \Big|_{8,38575}^{19,8935} = 86,23909$$

$$M3 = \int_{19,8935}^{25} (0,53)z \, dz = 0,265 z^2 \Big|_{19,8935}^{25} = 60,75089$$

#### b. Menghitung Luas Bidang

Setelah menghitung momen maka langkah selanjutnya adalah menghitung luas bidang dari daerah komposisi hasil variabel kesimpulan. Karena bidang terbentuk semuanya merupakan persegi panjang, maka menghitung luas dapat dilakukan dengan persamaan 4.12.

$$\text{Luas Persegi Panjang} = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \quad (4.12)$$

$$L1 = 0,53 \times (8,38575 - 0) = 4,444448$$

$$L2 = 0,53 \times (19,8935 - 8,38575) = 6,099108$$

$$L2 = 0,53 \times (25 - 19,8935) = 2,706445$$

#### c. Menghitung Nilai Z

Setelah didapatkan nilai momen bidang dan nilai luas bidang maka nilai Z dapat dihitung berdasarkan persamaan 4.11.

$$Z = \frac{18,63501 + 86,23909 + 60,75089}{4,444448 + 6,099108 + 2,706445} = 12,5$$

#### d. Menghitung Root Mean Squared Error (RMSE)

Menghitung nilai RMSE bertujuan untuk mendapatkan nilai eror dari hasil prediksi dengan data latih, sebelum dilakukan perhitungan *fitness*. Perhitungan RMSE akan dijelaskan pada persamaan 4.13.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y'_i - y_i)^2} \quad (4.13)$$

Keterangan:

n = banyak data

$y'_i$  = hasil prediksi

$y_i$  = data aktual

**Tabel 0.10 Hasil Prediksi dan Data Aktual**

No	Data Aktual	Hasil Prediksi
1	11,08	20,05
2	17,50	17,86
3	11,75	18,38
4	7,33	16,20
5	3,56	12,50
6	2,22	14,84
7	13,75	15,58
8	10,50	16,07
9	10,22	16,36
10	11,33	16,75
11	14,17	17,02
12	19,33	17,16
13	8,50	17,32
14	21,67	17,48
15	16,50	17,49
16	4,22	17,04
17	9,33	17,16
18	4,22	16,84
19	9,56	16,97
20	12,00	17,13
21	10,50	17,23
22	4,67	16,92
23	15,11	16,99
24	17,33	17,03
25	13,17	17,07
26	15,83	17,13
27	15,00	17,21
28	5,11	17,00
29	12,58	17,11
30	14,17	17,13

Tabel 4.10 menunjukkan hasil data prediksi dari 30 data latih yang ada, dan data aktual lama waktu siram tanaman. Akan diambil 5 yaitu data ke 1 sampai data

ke 5 data sebagai contoh perhitungan RMSE. Maka proses RMSE dapat dihitung sebagai berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{30} \times ((20,05 - 11,08) + (17,86 - 17,5) + (18,38 - 11,75) + (16,20 - 7,33) + (12,5 - 3,56))^2}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{30} \times (33,77)^2} = 6,1650$$

e. Menghitung Nilai *Fitness*

Setelah didapatkan nilai RMSE maka nilai *fitness* dapat dihitung menggunakan persamaan 4.14.

$$Fitness = \frac{1}{RMSE + 1} \quad (4.14)$$

$$Fitness = \frac{1}{6,1650 + 1} = 0,1395$$

Pada Tabel 4.11 akan ditampilkan hasil perhitungan nilai *fitness* dari keseluruhan individu yang telah terbentuk.

**Tabel 0.11 Nilai Fitness Individu**

Individu	Konversi dan Pengurutan Individu Gabungan												Fitness
	Kelembapan				Volume				Lama Waktu Siram				
P1	0,150	2,775	3,180	4,535	0,273	0,420	0,978	2,043	2,875	14,600	18,225	21,775	0,152
P2	0,210	1,550	3,930	4,160	0,225	0,939	1,077	2,796	9,775	18,375	19,350	23,400	0,223
P3	0,150	0,500	0,600	2,840	0,546	0,624	1,245	1,935	0,400	4,475	5,150	21,625	0,338
C1	0,666	2,303	3,273	3,666	0,244	0,555	1,036	2,306	3,275	18,484	21,350	22,532	0,132
C2	0,414	2,022	4,067	4,079	0,254	0,804	1,019	2,533	9,375	15,466	18,800	19,093	0,150
C3	0,150	0,500	0,600	2,842	0,546	0,624	1,245	1,935	0,400	4,475	5,150	21,625	0,338

#### 4.2.1.6 Proses Seleksi

Proses terakhir pada perhitungan algoritme genetika adalah proses seleksi. Dimana seleksi dibutuhkan untuk memilih individu yang akan dipertahankan hidup pada generasi selanjutnya dari himpunan populasi dan *offspring* sesuai dengan jumlah *popsiz*e yang dibutuhkan (Mahmudy, 2015). Pada seleksi kali ini akan digunakan metode seleksi *elitism* dimana nilai *fitness* akan diurutkan mulai dari yang terbesar hingga yang terkecil. Selanjutnya akan dipilih individu terbaik berdasarkan nilai *fitness* terbesar sebanyak *popsiz*e yang telah ditentukan diawal. Pada Gambar 4.9 telah ditunjukkan alur proses seleksi yang akan dilakukan sebelum diimplementasikan kedalam kode program. Berdasarkan Gambar 4.9 maka proses seleksi *elitism* dapat dilakukan dengan tahapan:

1. Menggabungkan induk dengan *offspring* seperti pada Tabel 4.12.

**Tabel 0.12 Individu Gabungan**

Individu	Individu Gabungan											
	Kelembapan				Volume				Lama Waktu Siram			
P1	30	907	555	636	91	140	326	681	584	729	115	871
P2	786	42	310	832	75	313	359	932	774	936	391	735
P3	100	30	120	568	208	415	182	645	206	16	865	179
C1	733,206	133,144	460,656	654,670	81,417	185,147	345,236	768,715	739,378	901,271	131,014	853,984
C2	82,794	815,856	404,344	813,330	84,583	267,853	339,764	844,285	618,622	763,729	374,986	752,016
C3	100	30	120	568,395	208	415	182	645	206	16	865	179

2. Mengkonversi kedalam batasan *fuzzy* serta mengurutkannya, lalu digabungkan dengan nilai *fitness* masing-masing individu. Seperti ditunjukkan pada Tabel 4.13.

**Tabel 0.13 Individu Gabungan Dikonversi, Pengurutan, dan Fitness**

Individu	Konversi dan Pengurutan Individu Gabungan												Fitness
	Kelembapan				Volume				Lama Waktu Siram				
P1	0,150	2,775	3,180	4,535	0,273	0,420	0,978	2,043	2,875	14,600	18,225	21,775	0,152
P2	0,210	1,550	3,930	4,160	0,225	0,939	1,077	2,796	9,775	18,375	19,350	23,400	0,223
P3	0,150	0,500	0,600	2,840	0,546	0,624	1,245	1,935	0,400	4,475	5,150	21,625	0,338
C1	0,666	2,303	3,273	3,666	0,244	0,555	1,036	2,306	3,275	18,484	21,350	22,532	0,132
C2	0,414	2,022	4,067	4,079	0,254	0,804	1,019	2,533	9,375	15,466	18,800	19,093	0,150
C3	0,150	0,500	0,600	2,842	0,546	0,624	1,245	1,935	0,400	4,475	5,150	21,625	0,338

3. Mengurutkan nilai *fitness* terbesar ke terkecil. Seperti pada Tabel 4.14.

**Tabel 0.14 Hasil Pengurutan Nilai Fitness**

Individu	Pengurutan Individu Gabungan												Fitness
	Kelembapan				Volume				Lama Waktu Siram				
	a1	a2	a3	a4	b1	b2	b3	b4	c1	c2	c3	c4	
P3	0.150	0.500	0.600	2.840	0.546	0.624	1.245	1.935	0.400	4.475	5.150	21.625	0,338
C3	0.150	0.500	0.600	2.842	0.546	0.624	1.245	1.935	0.400	4.475	5.150	21.625	0,338
P2	0.210	1.550	3.930	4.160	0.225	0.939	1.077	2.796	9.775	18.375	19.350	23.400	0,223
P1	0.150	2.775	3.180	4.535	0.273	0.420	0.978	2.043	2.875	14.600	18.225	21.775	0,152
C2	0,414	2,022	4,067	4,079	0,254	0,804	1,019	2,533	9,375	15,466	18,800	19,093	0,150
C1	0,666	2,303	3,273	3,666	0,244	0,555	1,036	2,306	3,275	18,484	21,350	22,532	0,132

4. Seleksi menggunakan metode *elitism* dimana metode ini akan memilih individu sebanyak *popsiz*e. Hasil seleksi *elitism* akan ditunjukkan pada Tabel 4.15.

**Tabel 0.15 Hasil Seleksi Elitism**

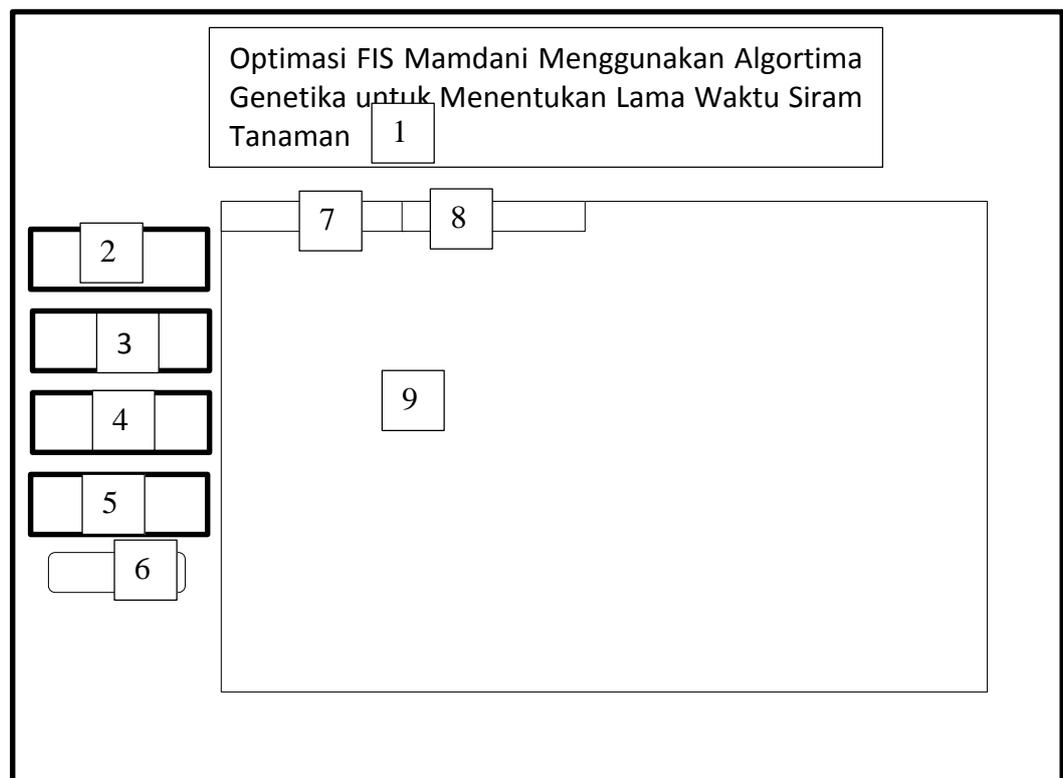
Individu	Pengurutan Individu Gabungan												Fitness
	Kelembapan				Volume				Lama Waktu Siram				
	a1	a2	a3	a4	b1	b2	b3	b4	c1	c2	c3	c4	
P3	0.150	0.500	0.600	2.840	0.546	0.624	1.245	1.935	0.400	4.475	5.150	21.625	0,338
C3	0.150	0.500	0.600	2.842	0.546	0.624	1.245	1.935	0.400	4.475	5.150	21.625	0,338
P2	0.210	1.550	3.930	4.160	0.225	0.939	1.077	2.796	9.775	18.375	19.350	23.400	0,223

### 4.3 Rancangan Antar Muka

Pada rancangan antar muka ini akan dijelaskan 2 halaman utama yang nantinya akan diimplementasikan sebagai tampilan dari sistem. Halaman pertama yaitu halaman utama, dan halaman kedua yaitu halaman kesimpulan.

#### 4.3.1 Halaman Utama

Pada halaman utama nantinya akan menampilkan proses optimasi fungsi keanggotaan *fuzzy* Mamdani menggunakan algoritme genetika. Gambar 4.21 akan menampilkan rancangan halaman utama.



**Gambar 0.21 Rancangan Halaman Utama**

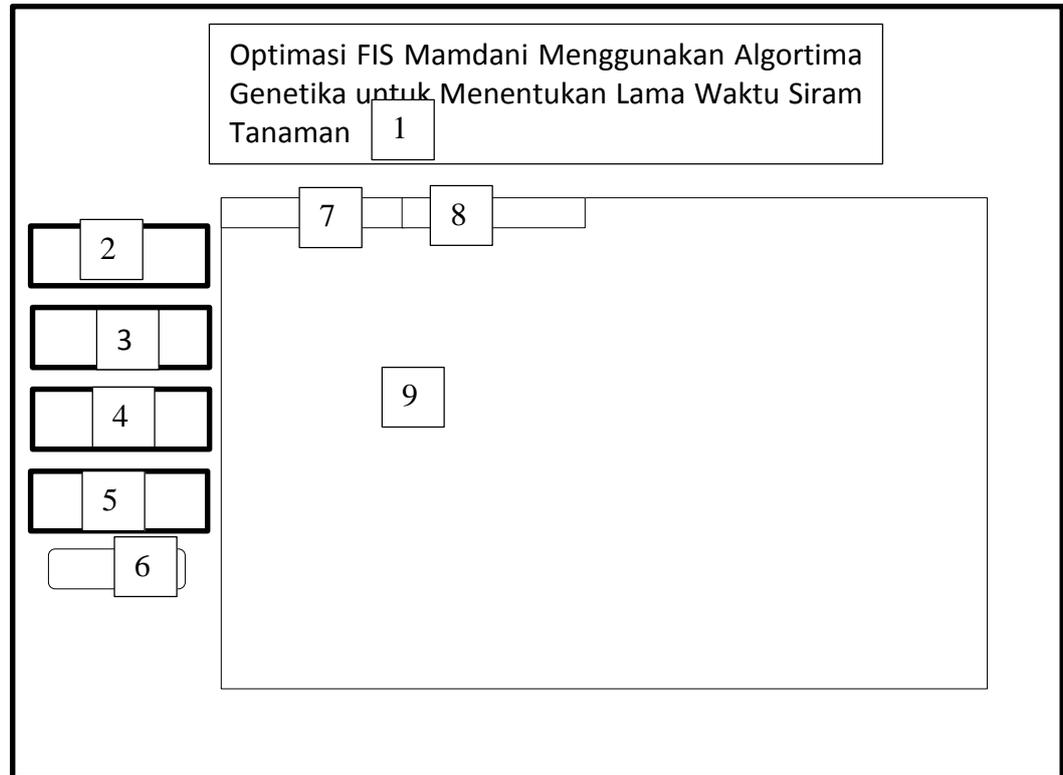
Akan dijelaskan perancangan halaman utama dari Gambar 4.21:

1. Judul sistem.
2. Kolom untuk input parameter generasi.
3. Kolom untuk input parameter populasi.
4. Kolom untuk input *crossover rate*.
5. Kolom untuk input *mutation rate*.
6. Tombol proses sistem.
7. Tombol halaman utama.
8. Tombol halaman kesimpulan.

9. Kolom hasil perhitungan.

#### 4.3.2 Halaman Kesimpulan

Pada halaman kesimpulan nantinya akan menampilkan hasil klasifikasi dari perhitungan *fuzzy* Mamdani yang telah dioptimasi menggunakan algoritma genetika. Gambar 4.22 akan menampilkan rancangan halaman kesimpulan.



**Gambar 0.22 Rancangan Halaman Kesimpulan**

Akan dijelaskan perancangan halaman kesimpulan dari Gambar 4.22:

1. Judul sistem.
2. Kolom untuk input parameter generasi.
3. Kolom untuk input parameter populasi.
4. Kolom untuk input *crossover rate*.
5. Kolom untuk input *mutation rate*.
6. Tombol proses sistem.
7. Tombol halaman utama.
8. Tombol halaman kesimpulan.
9. Kolom kesimpulan hasil lama waktu siram.

## 4.4 Rancangan Pengujian

Pada algoritme genetika untuk menentukan parameter yang optimal perlu dilakukan percobaan pada semua kombinasi parameter algoritme genetika, hal ini disebabkan tidak adanya metode yang pasti dalam menentukan parameter genetika yang tepat. Rancangan pengujian parameter algoritme genetika akan dibagi menjadi 3 rancangan yaitu rancangan ukuran populasi, rancangan kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* dan rancangan jumlah generasi.

### 4.4.1 Rancangan Pengujian Ukuran Populasi

Pengujian populasi bertujuan untuk mendapatkan ukuran populasi dengan nilai *fitness* terbaiknya. Pengujian populasi akan dilakukan sebanyak lima kali percobaan dengan ukuran populasi 20 sampai dengan 220 dengan kelipatan 20. Selain itu ada beberapa parameter lain sebagai masukkan untuk mengukur populasi yaitu generasi, *crossover rate*, dan *mutation rate*. Sehingga rancangan pengujian ditunjukkan oleh Tabel 4.16.

**Tabel 0.16 Rancangan Pengujian Ukuran Populasi**

Banyak Populasi	Nilai Fitness Percobaan Ke-					Rata-rata Nilai Fitness
	1	2	3	4	5	
20						
40						
60						
80						
100						
120						
140						
160						
180						
200						
220						

### 4.4.2 Rancangan Pengujian Kombinasi Crossover Rate (cr) dan Mutation Rate (Mr)

Pengujian kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* bertujuan untuk mendapatkan kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* yang optimal dengan nilai *fitness* terbaik. Pengujian kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* akan dilakukan sebanyak lima kali percobaan. Pengujian kombinasi *crossover rate input* nilai akan dimulai 1 hingga 0 dan *mutation rate* mulai 0 hingga 1 dengan masing-masing kelipatan 0,1. Selain itu ada beberapa parameter lain sebagai masukkan untuk mengukur kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* yaitu populasi

terbaik hasil pengujian pada Tabel 4.16, dan generasi yang sama ketika menguji ukuran populasi. Sehingga rancangan pengujian ditunjukkan oleh Tabel 4.17.

**Tabel 0.17 Rancangan Pengujian Kombinasi Cr dan Mr**

Kombinasi		Nilai Fitness Percobaan Ke-					Rata-rata Nilai Fitness
Cr	Mr	1	2	3	4	5	
1	0						
0.9	0.1						
0.8	0.2						
0.7	0.3						
0.6	0.4						
0.5	0.5						
0.4	0.6						
0.3	0.7						
0.2	0.8						
0.1	0.9						
0	1						

#### 4.4.3 Rancangan Pengujian Jumlah Generasi

Pengujian generasi bertujuan untuk mendapatkan jumlah generasi dengan nilai *fitness* terbaiknya. Pengujian generasi akan dilakukan sebanyak lima kali percobaan dengan generasi 100 hingga 500 dengan kelipatan 100. Selain itu ada beberapa parameter lain sebagai masukkan untuk mengukur generasi yaitu populasi terbaik hasil pengujian sebelumnya, *crossover rate*, dan *mutation rate*. Sehingga rancangan pengujian ditunjukkan oleh Tabel 4.18.

**Tabel 0.18 Rancangan Pengujian Jumlah Generasi**

Banyak Generasi	Nilai Fitness Percobaan Ke-					Rata-rata Nilai Fitness
	1	2	3	4	5	
100						
200						
300						
400						
500						