

BAB IV

ANALISA DAN PERANCANGAN

4.1 Analisa

Analisa adalah tahapan yang penting dalam penelitian untuk menjabarkan dan menguraikan pokok-pokok permasalahan pada penelitian. Tujuan dilakukan analisa pada penelitian ini adalah mendapatkan pemahaman yang tepat terhadap hal-hal yang berkaitan dengan penelitian. Pada penelitian ini akan dilakukan analisa terhadap kebutuhan data dan proses penelitian.

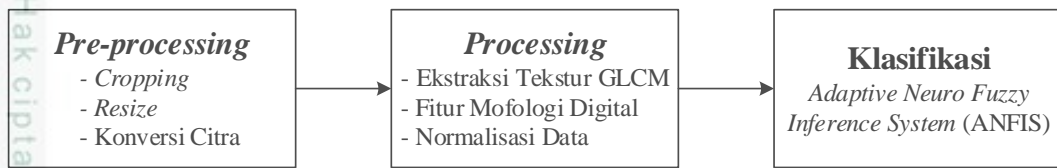
4.1.1 Analisa Kebutuhan Data

Tahapan ini dilakukan untuk menganalisa data yang dibutuhkan pada penelitian. Kebutuhan data pada penelitian ini adalah data citra daun yang memiliki kriteria sebagai berikut:

1. Data citra daun yang digunakan diperoleh secara langsung dari hasil pengambilan gambar dengan menggunakan kamera DSLR Canon EOS 700D dengan resolusi 18 MP.
2. Data citra daun yang digunakan hanya bagian belakang daun karena tekstur pada bagian belakang lebih jelas dan tidak mempengaruhi bentuk daun.
3. Data citra daun diambil pada siang hari dengan menggunakan *background* berwarna putih dengan jarak pengambilan ± 30 cm.
4. Data citra daun yang digunakan adalah data citra dengan format .jpg.

4.1.2 Analisa Proses

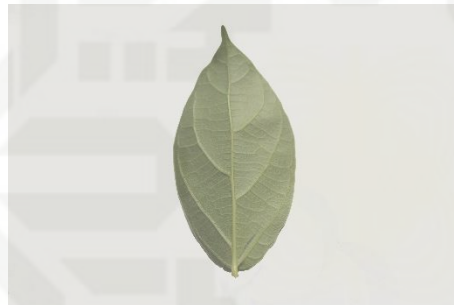
Analisa proses pada penelitian ini terdiri dari tiga tahapan yaitu *pre-processing*, *processing*, dan klasifikasi. Pada tahap *pre-processing* akan dilakukan tahap mempersiapkan data mentah untuk digunakan pada tahap selanjutnya. Tahap selanjutnya adalah *processing* yaitu pada tahap ini akan dilakukan penghitungan ekstraksi ciri daun yang terdiri dari ekstraksi fitur tekstur GLCM, fitur morfologi digital, dan normalisasi data. Tahap selanjutnya adalah klasifikasi daun dengan menggunakan metode ANFIS untuk mendapatkan hasil klasifikasi.



Gambar 4.1 Analisa Proses Klasifikasi Daun Tanaman Herbal

4.4.1.1 Pre-processing

Pada tahap *pre-processing* ini akan dilakukan teknik pengolahan pada data citra awal untuk mendapatkan data citra yang akan digunakan pada penelitian. Data awal citra adalah data citra daun berukuran 5184×3456 piksel dengan format .jpg. Gambar 4.2 berikut ini adalah data citra daun tanaman cincau hijau sebelum dilakukan tahap *pre-processing*.



Gambar 4.2 Data Citra Daun Sebelum Tahap Pre-processing

Data citra daun tersebut selanjutnya akan dilakukan *pre-processing* yaitu *cropping*, *resize*, dan konversi citra.

A. Cropping

Cropping dilakukan untuk memotong *background* agar citra hanya fokus pada objek daun saja. Rasio pemotongan citra adalah sebesar 2:3 sehingga ukuran citra menjadi 2304×3456 piksel.



Gambar 4.3 Data Citra Daun Setelah Cropping

B. *Resize*

Data citra daun setelah *cropping* selanjutnya akan dilakukan *resize*. Rasio yang digunakan adalah sebesar 2:3 sehingga ukuran citra menjadi 200×300 piksel.



Gambar 4.4 Data Citra Daun Setelah *Resize*

C. Konversi Citra

Setelah proses *cropping* dan *resize*, data citra daun akan dilakukan konversi citra. Citra berwarna (RGB) akan dikonversikan menjadi citra berskala keabuan (*grayscale*) dengan menggunakan Persamaan (2.3). Sebelum mendapatkan nilai *grayscale* citra, dibutuhkan nilai komponen RGB dari citra berwarna. Nilai komponen R, G, dan B dari citra yang akan dilakukan proses konversi adalah sebagai berikut.

Tabel 4.1 Nilai Komponen R

i	j														
	1	2	3	...	75	76	77	...	150	151	152	...	198	199	200
1	221	221	221	...	221	221	221	...	221	221	221	...	221	221	221
2	221	221	221	...	221	221	221	...	221	221	221	...	221	221	221
3	221	221	221	...	221	221	221	...	221	221	221	...	221	221	221
...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
75	221	221	221	...	102	119	115	...	221	221	221	...	221	221	221
76	221	221	221	...	96	115	117	...	221	221	221	...	221	221	221
77	221	221	221	...	89	107	114	...	221	221	221	...	221	221	221
...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
150	221	221	221	...	131	118	110	...	116	111	107	...	221	221	221
151	221	221	221	...	133	125	111	...	109	109	110	...	221	221	221
152	221	221	221	...	127	134	128	...	110	108	109	...	221	221	221
...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
225	221	221	221	...	65	75	78	...	214	224	221	...	218	218	218
226	221	221	221	...	71	68	68	...	222	225	218	...	218	218	218
227	221	221	221	...	69	65	70	...	222	214	225	...	218	218	218
...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
298	221	221	221	...	221	221	221	...	219	219	219	...	218	219	219
299	221	221	221	...	221	221	221	...	219	219	219	...	218	219	219
300	221	221	221	...	221	221	221	...	219	219	219	...	218	219	219

$$\begin{aligned}
 I_{(1,1)} &= (0,2989 \times 221) + (0,5870 \times 220) + (0,1141 \times 216) = 219,8425 \\
 \vdots \\
 I_{(75,75)} &= (0,2989 \times 102) + (0,5870 \times 108) + (0,1141 \times 70) = 101,8708 \\
 \vdots \\
 I_{(150,150)} &= (0,2989 \times 116) + (0,5870 \times 123) + (0,1141 \times 79) = 115,8873 \\
 \vdots \\
 I_{(300,200)} &= (0,2989 \times 219) + (0,5870 \times 218) + (0,1141 \times 216) = 218,0707
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka hasil perhitungan konversi citra RGB menjadi citra *grayscale* dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Nilai Matriks *Grayscale*

i	j														
	1	2	3	...	75	76	77	...	150	151	152	...	198	199	200
1	220	220	220	...	220	220	220	...	220	220	220	...	220	220	220
2	220	220	220	...	220	220	220	...	220	220	220	...	220	220	220
3	220	220	220	...	220	220	220	...	220	220	220	...	220	220	220
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
75	220	220	220	...	102	119	115	...	220	220	220	...	220	220	220
76	220	220	220	...	96	115	117	...	220	220	220	...	220	220	220
77	220	220	220	...	89	107	114	...	220	220	220	...	220	220	220
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
150	220	220	220	...	131	118	110	...	116	111	107	...	220	220	220
151	220	220	220	...	133	125	111	...	109	109	110	...	220	220	220
152	220	220	220	...	127	134	128	...	110	108	109	...	220	220	220
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
225	220	220	220	...	65	75	78	...	213	223	220	...	218	218	218
226	220	220	220	...	71	68	68	...	221	224	217	...	218	218	218
227	220	220	220	...	69	65	70	...	221	213	224	...	218	218	218
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
298	220	219	219	...	220	220	220	...	218	218	218	...	217	218	218
299	220	219	219	...	220	220	220	...	218	218	218	...	217	218	218
300	220	219	219	...	220	220	220	...	218	218	218	...	217	218	218

Berikut adalah *pseudocode* pada Matlab untuk konversi citra RGB menjadi citra *grayscale*.

```

image = imread('E:/Matlab Tugas Akhir/Citra
Daun/Cincau_Hijau-1.jpg'); % untuk membaca data citra RGB
R = image(:,:,1); % untuk mendapatkan nilai komponen R
G = image(:,:,2); % untuk mendapatkan nilai komponen G
B = image(:,:,3); % untuk mendapatkan nilai komponen B
Grayscale = (0.2989*R) + (0.5870*G) + (0.1141*B); % untuk
mendapatkan nilai grayscale
    
```

Gambar 4.5 Pseudocode Konversi Citra RGB ke Citra *Grayscale*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Berikut adalah *pseudocode* pada Matlab untuk konversi citra *grayscale* menjadi citra biner.

```
img = Grayscale; % untuk mengambil nilai citra grayscale
[tinggi, lebar] = size(img); % untuk mendapatkan ukuran citra
threshold = 153; % menentukan nilai threshold
biner = zeros(tinggi, lebar); % matriks kosong untuk menampung hasil konversi
% algoritma untuk konversi citra grayscale ke citra biner
for baris=1 : tinggi
    for kolom=1 : lebar
        if img(baris, kolom) >= threshold
            biner(baris, kolom) = 1;
        else
            biner(baris, kolom) = 0;
        end
    end
end
```

Gambar 4.6 Pseudocode Konversi Citra Grayscale ke Citra Biner

Hasil dari konversi citra RGB menjadi citra *grayscale* dan kemudian dikonversikan kembali menjadi citra biner dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut ini.



Gambar 4.7 Citra RGB (kanan), Citra Grayscale (tengah), Citra Biner (kiri)

4.4.1.2 Processing

Tahap *processing* adalah tahap yang dilakukan untuk mendapatkan nilai ekstraksi ciri daun. Pada penelitian ini digunakan ekstraksi fitur tekstur GLCM dan fitur morfologi digital.

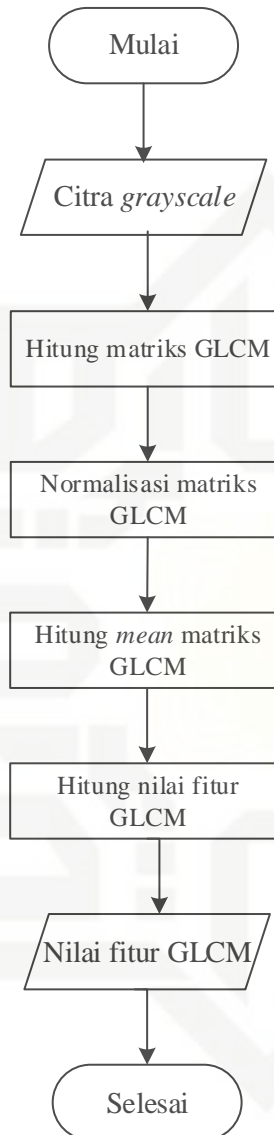
A. Ekstraksi Fitur Tekstur GLCM

Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM) adalah matriks derajat keabuan yang merepresentasikan hubungan suatu derajat keabuan dengan derajat keabuan lain dengan menggunakan perhitungan statistik tekstur orde kedua. *Input* yang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

digunakan pada GLCM adalah citra *grayscale*. Gambar 4.8 berikut adalah *flowchart* proses ekstraksi ciri tekstur GLCM.



Gambar 4.8 Flowchart Ekstraksi Fitur Tekstur GLCM

1) Citra *Grayscale*

Data *input* yang digunakan pada perhitungan ekstraksi fitur tekstur GLCM adalah citra berskala keabuan (*grayscale*). Pada contoh perhitungan ini, data yang digunakan adalah citra *grayscale* hasil dari tahap *pre-processing* seperti terlihat pada Gambar 4.7.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2) Menghitung Matriks GLCM

Matriks GLCM adalah matriks kookurensi berbentuk bujur sangkar berukuran 256×256 piksel. Matriks kookurensi tersebut akan dihitung dengan jarak 1 dan berdasarkan sudut 0° , 45° , 90° , dan 135° . Matriks kookurensi akan dihitung berdasarkan matriks *grayscale* pada Tabel 4.4. Berikut hasil matriks kookurensi dengan jarak 1 dan 4 arah sudut.

Tabel 4.6 Matriks Kookurensi dengan Jarak 1 dan Sudut 0°

i	j														
	1	2	3	...	64	65	66	...	128	129	130	...	254	255	256
1	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
2	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
3	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
...
64	0	0	0	...	4	0	2	...	0	0	0	...	0	0	0
65	0	0	0	...	3	3	7	...	0	0	0	...	0	0	0
66	0	0	0	...	1	5	7	...	0	0	0	...	0	0	0
...
128	0	0	0	...	0	0	0	...	24	14	21	...	0	0	0
129	0	0	0	...	0	1	0	...	13	17	17	...	0	0	0
130	0	0	0	...	0	0	0	...	14	24	25	...	0	0	0
...
254	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
255	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
256	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0

Tabel 4.7 Matriks Kookurensi dengan Jarak 1 dan Sudut 45°

i	j														
	1	2	3	...	64	65	66	...	128	129	130	...	254	255	256
1	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
2	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
3	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
...
64	0	0	0	...	1	2	1	...	0	0	0	...	0	0	0
65	0	0	0	...	1	3	1	...	0	0	0	...	0	0	0
66	0	0	0	...	3	4	8	...	0	0	0	...	0	0	0
...
128	0	0	0	...	0	0	0	...	14	14	9	...	0	0	0
129	0	0	0	...	0	0	0	...	11	15	9	...	0	0	0
130	0	0	0	...	0	0	0	...	9	9	15	...	0	0	0
...
254	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
255	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
256	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 4.8 Matriks Kookurensi dengan Jarak 1 dan Sudut 90°

i	j														
	1	2	3	...	64	65	66	...	128	129	130	...	254	255	256
1	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
2	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
3	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
64	0	0	0	...	0	1	3	...	0	0	0	...	0	0	0
65	0	0	0	...	2	3	8	...	0	0	0	...	0	0	0
66	0	0	0	...	6	5	6	...	0	0	0	...	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
128	0	0	0	...	0	0	0	...	11	18	19	...	0	0	0
129	0	0	0	...	0	0	0	...	15	20	15	...	0	0	0
130	0	0	0	...	0	0	0	...	17	17	18	...	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
254	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
255	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
256	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0

Tabel 4.9 Matriks Kookurensi dengan Jarak 1 dan Sudut 135°

i	j														
	1	2	3	...	64	65	66	...	128	129	130	...	254	255	256
1	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
2	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
3	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
64	0	0	0	...	1	3	4	...	0	0	0	...	0	0	0
65	0	0	0	...	5	4	3	...	0	0	0	...	0	0	0
66	0	0	0	...	5	5	2	...	0	1	0	...	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
128	0	0	0	...	0	0	0	...	13	15	5	...	0	0	0
129	0	0	0	...	0	0	0	...	9	11	10	...	0	0	0
130	0	0	0	...	0	0	0	...	7	11	18	...	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
254	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
255	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0
256	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0

3) Menghitung Normalisasi Matriks GLCM

Setelah mendapatkan matriks kookurensi dengan jarak 1 untuk semua sudut, selanjutnya akan dilakukan normalisasi. Proses normalisasi dilakukan dengan cara setiap nilai piksel pada matriks kookurensi akan dibagi dengan total piksel pada matriks kookurensi. Berikut adalah contoh perhitungan normalisasi matriks kookurensi 0° pada piksel ke (64,64); (64,65); (64,66); (65,64); (65,65); (65,66); (66,64); (66,65); (66,66) dengan total piksel adalah 59004.

$$\begin{bmatrix} \frac{4}{59004} & \frac{0}{59004} & \frac{2}{59004} \\ \frac{3}{59004} & \frac{3}{59004} & \frac{7}{59004} \\ \frac{1}{59004} & \frac{5}{59004} & \frac{7}{59004} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6,7792e - 05 & 0 & 3,3896e - 05 \\ 5,0844e - 05 & 5,0844e - 05 & 1,1864e - 04 \\ 1,6948e - 05 & 8,4740e - 05 & 1,1864e - 04 \end{bmatrix}$$

4) Menghitung *Mean* Matriks GLCM

Setelah mendapatkan hasil normalisasi dari matriks kookurensi, selanjutnya akan dihitung rata-rata dari keempat matriks kookurensi ini sehingga didapatkan matriks GLCM yang akan digunakan untuk menghitung nilai fitur GLCM. Berikut adalah contoh perhitungan rata-rata matriks GLCM pada piksel ke (64,64); (64,65); (64,66); (65,64); (65,65); (65,66); (66,64); (66,65); (66,66).

$$Normalisasi 0^\circ = \begin{bmatrix} 6,7792e - 05 & 0 & 3,3896e - 05 \\ 5,0844e - 05 & 5,0844e - 05 & 1,1864e - 04 \\ 1,6948e - 05 & 8,4740e - 05 & 1,1864e - 04 \end{bmatrix}$$

$$Normalisasi 45^\circ = \begin{bmatrix} 1,698e - 05 & 3,3896e - 05 & 1,698e - 05 \\ 1,698e - 05 & 5,0844e - 05 & 1,698e - 05 \\ 5,0844e - 05 & 6,7792e - 05 & 1,3558e - 04 \end{bmatrix}$$

$$Normalisasi 90^\circ = \begin{bmatrix} 0 & 1,698e - 05 & 5,0844e - 05 \\ 3,3896e - 05 & 5,0844e - 05 & 1,3558e - 04 \\ 1,0169e - 04 & 8,4740e - 05 & 1,0169e - 04 \end{bmatrix}$$

$$Normalisasi 135^\circ = \begin{bmatrix} 1,6948e - 05 & 5,0844e - 05 & 6,7792e - 05 \\ 8,4740e - 05 & 6,7792e - 05 & 5,0844e - 05 \\ 8,4740e - 05 & 8,4740e - 05 & 3,3896e - 05 \end{bmatrix}$$

$$Matriks GLCM = \frac{Normalisasi 0^\circ + Normalisasi 45^\circ + Normalisasi 90^\circ + Normalisasi 135^\circ}{4}$$

$$= \begin{bmatrix} 2,5422e - 05 & 2,5422e - 05 & 4,2370e - 05 \\ 4,6607e - 05 & 5,5081e - 05 & 8,0503e - 05 \\ 6,3555e - 05 & 8,0503e - 05 & 9,7451e - 05 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka hasil perhitungan matriks GLCM dapat dilihat pada Tabel 4.10 sebagai berikut.

Tabel 4.10 Matriks GLCM

i	j						
	1	...	64	...	128	...	256
1	0	...	0	...	0	...	0
⋮	⋮	...	⋮	...	⋮	...	⋮
64	0	...	2,5422e-05	...	0	...	0
⋮	⋮	...	⋮	...	⋮	...	⋮
128	0	...	0	...	2,6269e-04	...	0
⋮	⋮	...	⋮	...	⋮	...	⋮
256	0	...	0	...	0	...	0

5) Menghitung Nilai Fitur GLCM

Matriks GLCM pada Tabel 4.10 akan digunakan untuk menghitung nilai fitur GLCM. Nilai fitur GLCM yang digunakan pada penelitian ini adalah *Angular Second Moment (ASM)*, kontras, *Inverse Different Moment (IDM)*, entropi, dan korelasi.

Nilai fitur *Angular Second Moment (ASM)* dihitung menggunakan Persamaan (2.6).

$$\begin{aligned}
 ASM &= GLCM_{(1,1)}^2 + \dots + GLCM_{(64,64)}^2 + \dots + GLCM_{(128,128)}^2 + \dots + GLCM_{(256,256)}^2 \\
 &= (0)^2 + \dots + (2,5422e - 05)^2 + \dots + (2,6269e - 04)^2 + \dots + (0)^2 \\
 &= 0,2933
 \end{aligned}$$

Nilai fitur kontras dihitung menggunakan Persamaan (2.7).

$$\begin{aligned}
 Kon &= n^2 GLCM_{(1,1)} + \dots + n^2 GLCM_{(64,64)} + \dots + n^2 GLCM_{(128,128)} + \dots + n^2 GLCM_{(256,256)} \\
 &= (1 - 1)^2 \cdot 0 + \dots + (64 - 64)^2 \cdot 2,5422e - 05 + \dots + (128 - 128)^2 \cdot \\
 &\quad 2,6269e - 04 + \dots + (256 - 256)^2 \cdot 0 \\
 &= 79,7219
 \end{aligned}$$

Nilai fitur *Inverse Different Moment (IDM)* dihitung menggunakan Persamaan (2.8).

$$\begin{aligned}
 IDM &= \frac{GLCM_{(1,1)}}{1 + (i - j)^2} + \dots + \frac{GLCM_{(64,64)}}{1 + (i - j)^2} + \dots + \frac{GLCM_{(128,128)}}{1 + (i - j)^2} + \dots + \frac{GLCM_{(256,256)}}{1 + (i - j)^2} \\
 &= \frac{0}{1 + (1 - 1)^2} + \dots + \frac{2,5422e - 05}{1 + (64 - 64)^2} + \dots + \frac{2,6269e - 04}{1 + (128 - 128)^2} + \dots + \\
 &\quad \frac{0}{1 + (256 - 256)^2} \\
 &= 0,6697
 \end{aligned}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Nilai fitur entropi dihitung menggunakan Persamaan (2.9).

$$\begin{aligned} Ent &= GLCM_{(1,1)} \log GLCM_{(1,1)} + \dots + GLCM_{(64,64)} \log GLCM_{(64,64)} + \dots + GLCM_{(128,128)} \\ &\quad \log GLCM_{(128,128)} + \dots + GLCM_{(256,256)} \log GLCM_{(256,256)} \\ &= 0 \log(0) + \dots + 2,5422e - 05 \log(2,5422e - 05) + \dots + 2,6269e - 04 \\ &\quad \log(2,6269e - 04) + \dots + 0 \log(0) \\ &= 4,1191 \end{aligned}$$

Nilai *mean* baris ke-*i* akan dihitung menggunakan Persamaan (2.11), nilai *mean* kolom ke-*j* akan dihitung menggunakan Persamaan (2.12), nilai *varian* kolom ke-*j* akan dihitung menggunakan Persamaan (2.13), dan nilai *varian* baris ke-*i* akan dihitung menggunakan Persamaan (2.14). Kemudian hasil dari nilai *mean* dan *varian* tersebut akan digunakan untuk menghitung nilai fitur korelasi menggunakan Persamaan (2.10).

$$\begin{aligned} \mu_i &= i \cdot GLCM_{(1,1)} + \dots + i \cdot GLCM_{(64,64)} + \dots + i \cdot GLCM_{(128,128)} + \dots + i \cdot GLCM_{(256,256)} \\ &= 1 \cdot 0 + \dots + 64 \cdot 2,5422e - 05 + \dots + 128 \cdot 2,6269e - 04 + \dots + 256 \cdot 0 \\ &= 180,9622 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_j &= j \cdot GLCM_{(1,1)} + \dots + j \cdot GLCM_{(64,64)} + \dots + j \cdot GLCM_{(128,128)} + \dots + j \cdot GLCM_{(256,256)} \\ &= 1 \cdot 0 + \dots + 64 \cdot 2,5422e - 05 + \dots + 128 \cdot 2,6269e - 04 + \dots + 256 \cdot 0 \\ &= 180,9649 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_j^2 &= GLCM_{(1,1)}(j - \mu_j)^2 + \dots + GLCM_{(64,64)}(j - \mu_j)^2 + \dots + GLCM_{(128,128)}(j - \mu_j)^2 + \\ &\quad \dots + GLCM_{(256,256)}(j - \mu_j)^2 \\ &= 0 \cdot (1 - 180,9649)^2 + \dots + 2,5422e - 05 \cdot (64 - 180,9649)^2 + \dots + \\ &\quad 2,6269e - 04 \cdot (128 - 180,9649)^2 + \dots + 0 \cdot (256 - 180,9649)^2 \\ &= 3,0379e + 03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_i^2 &= GLCM_{(1,1)}(i - \mu_i)^2 + \dots + GLCM_{(64,64)}(i - \mu_i)^2 + \dots + GLCM_{(128,128)}(i - \mu_i)^2 + \\ &\quad \dots + GLCM_{(256,256)}(i - \mu_i)^2 \\ &= 0 \cdot (1 - 180,9622)^2 + \dots + 2,5422e - 05 \cdot (64 - 180,9622)^2 + \dots + \\ &\quad 2,6269e - 04 \cdot (128 - 180,9622)^2 + \dots + 0 \cdot (256 - 180,9622)^2 \\ &= 3,0377e + 03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Kor &= (i \cdot j)GLCM_{(1,1)} + \dots + (i \cdot j)GLCM_{(64,64)} + \dots + (i \cdot j)GLCM_{(128,128)} + \dots + (i \cdot j) \\ &\quad GLCM_{(256,256)} - \mu_i \cdot \mu_j / \sigma_i \cdot \sigma_j \\ &= (1 \cdot 1) \cdot 0 + \dots + (64 \cdot 64) \cdot 2,5422e - 05 + \dots + (128 \cdot 128) \cdot 2,6269e - 04 + \\ &\quad \dots + (256 \cdot 256) \cdot 0 - 180,9622 \cdot 180,9649 / \sqrt{3,0379e + 03} \cdot \sqrt{3,0377e + 03} \\ &= 3,2486e - 04 \end{aligned}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

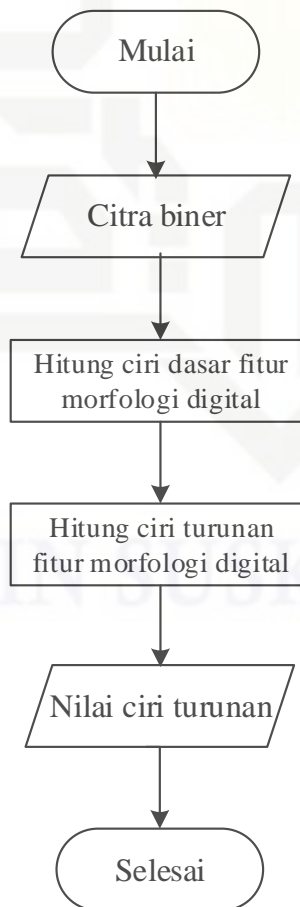
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

6) Nilai Fitur GLCM

Dari perhitungan di atas, didapatkan nilai lima fitur GLCM yaitu [ASM, Kon, IDM, Ent, Kor] dengan masing-masing nilai yaitu [0,2933; 79,7219; 0,6679; 4,1191; 3,2486e – 04]. Nilai fitur ini kemudian akan dinormalisasi sebelum digunakan sebagai *input* pada metode klasifikasi ANFIS.

B. Fitur Morfologi Digital

Fitur morfologi digital merupakan proses untuk menghasilkan informasi morfologi dari nilai-nilai fitur berupa vektor fitur dari citra biner. Informasi morfologi digital ini merupakan informasi morfologi fisik atau bentuk dari citra objek. Ciri tersebut dapat dibedakan menjadi dua yaitu ciri dasar dan ciri turunan. *Input* yang digunakan pada fitur morfologi digital adalah citra biner. Gambar 4.9 berikut adalah *flowchart* proses fitur morfologi digital.



Gambar 4.9 *Flowchart* Fitur Morfologi Digital

1) Citra Biner

Data *input* yang digunakan pada perhitungan fitur morfologi digital adalah citra biner. Pada contoh perhitungan ini, data yang digunakan adalah citra biner hasil dari tahap *pre-processing* seperti terlihat pada Gambar 4.7.

2) Menghitung Ciri Dasar Fitur Morfologi Digital

Nilai ciri dasar fitur morfologi digital terdiri dari diameter, *physiological length*, *physiological width*, area, dan perimeter. Nilai ini kemudian digunakan untuk menghitung nilai ciri turunan dari fitur morfologi digital. Tabel 4.11 berikut menunjukkan nilai ciri dasar yang dihitung berdasarkan matriks citra biner pada Tabel 4.5.

Tabel 4.11 Nilai Ciri Dasar

Ciri Dasar Fitur Morfologi Digital	Nilai
Diameter (D)	159,5211
<i>Physiological Length</i> (L _p)	219,4066
<i>Physiological Width</i> (L _w)	117,0143
Area (A)	19986
Perimeter (P)	609,3696

3) Menghitung Ciri Turunan Fitur Morfologi Digital

Nilai fitur morfologi digital yang digunakan pada penelitian ini adalah ciri turunan yang terdiri dari *aspect ratio*, *form factor*, *rectangularity*, *narrow factor*, *perimeter ratio of diameter*, dan *perimeter ratio of physiological length and physiological width*.

Nilai *aspect ratio* dihitung menggunakan Persamaan (2.15).

$$AR = \frac{L_p}{W_p} = \frac{219,4066}{117,0143} = 1,8750$$

Nilai *form factor* dihitung menggunakan Persamaan (2.16).

$$FF = \frac{4\pi A}{P^2} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 19986}{(609,3696)^2} = 0,6764$$

Nilai *rectangularity* dihitung menggunakan Persamaan (2.17).

$$R = \frac{L_p W_p}{A} = \frac{219,4066 \cdot 117,0143}{19986} = 1,2846$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Nilai *narrow factor* dihitung menggunakan Persamaan (2.18).

$$NF = \frac{D}{L_p} = \frac{159,5211}{219,4066} = 0,7271$$

Nilai *perimeter ratio of diameter* dihitung menggunakan Persamaan (2.19).

$$PD = \frac{P}{D} = \frac{609,3696}{159,5211} = 3,8200$$

Nilai *perimeter ratio of physiological length and physiological width* dihitung menggunakan Persamaan (2.20).

$$PLW = \frac{P}{(L_p + W_p)} = \frac{609,3696}{(219,4066 + 117,0143)} = 1,8113$$

4) Nilai Ciri Turunan

Dari perhitungan di atas, didapatkan nilai ciri turunan fitur morfologi digital yaitu $[AR, FF, R, NF, PD, PLW]$ dengan masing-masing nilai yaitu $[1,8750; 0,6764; 1,2846; 0,7271; 3,8200; 1,8113]$. Nilai fitur ini kemudian akan dinormalisasi sebelum digunakan sebagai *input* pada metode klasifikasi ANFIS.

C. Normalisasi Data

Sebelum digunakan sebagai *input* pada metode klasifikasi ANFIS, nilai fitur GLCM dan nilai ciri turunan fitur morfologi digital akan dilakukan normalisasi data dengan menggunakan Persamaan (2.21). Berikut adalah Tabel 4.12 yang berisi nilai fitur GLCM dan nilai ciri turunan fitur morfologi digital sebelum dilakukan tahap normalisasi.

Tabel 4.12 Data Sebelum Normalisasi

		Data				
		1	2	3	...	100
GLCM	ASM	0,4573	0,4357	0,2962	...	0,1268
	Kon	44,4787	58,8884	70,3501	...	74,3926
	IDM	0,7316	0,7168	0,7267	...	0,5581
	Ent	3,1051	3,3135	3,687	...	4,9421
	Kor	0,0012	0,0006	0,0006	...	0,0003
Fitur Morfologi Digital	AR	1,0989	1,0275	1,082	...	1,5423
	FF	0,246	0,7708	0,6308	...	0,6917
	R	1,5766	1,3113	1,3151	...	1,314
	NF	0,8572	0,972	0,9459	...	0,7926
	PD	6,334	3,5781	3,9552	...	3,7772
	PLW	2,8428	1,7626	1,9443	...	1,8162

Berikut adalah Tabel 4.13 yang berisi nilai minimum dan maksimum setiap nilai fitur.

Tabel 4.13 Nilai Minimum dan Nilai Maksimum

		Nilai Minimum	Nilai Maksimum
GLCM	ASM	0,0685	0,5371
	Kon	31,9645	253,1974
	IDM	0,4947	0,8185
	Ent	2,6541	5,5896
	Kor	0,0001	0,0017
Fitur Morfologi Digital	AR	1,0129	2,6833
	FF	0,246	0,8011
	R	1,2778	1,5766
	NF	0,0104	0,9833
	PD	3,5098	262,2983
	PLW	1,7301	2,8428

Nilai minimum dan nilai maksimum pada Tabel 4.13 tersebut akan digunakan untuk melakukan tahap normalisasi dengan menggunakan Persamaan (2.21). Contoh perhitungan normalisasi data dapat dilihat di bawah ini.

Data 1

$$ASM = \frac{0,4573 - 0,0685}{0,5371 - 0,0685} = 0,8297$$

$$Kon = \frac{44,4787 - 31,9645}{253,1974 - 31,9645} = 0,0565$$

$$IDM = \frac{0,7316 - 0,4947}{0,8185 - 0,4947} = 0,7317$$

$$Ent = \frac{3,1051 - 2,6541}{5,5896 - 2,6541} = 0,1536$$

$$Kor = \frac{0,0012 - 0,0001}{0,0017 - 0,0001} = 0,6613$$

$$AR = \frac{1,0989 - 1,0129}{2,6833 - 1,0129} = 0,0514$$

$$FF = \frac{0,246 - 0,246}{0,8011 - 0,246} = 0$$

$$R = \frac{1,5766 - 1,2778}{1,5766 - 1,2778} = 1$$

$$NF = \frac{0,8572 - 0,0104}{0,9833 - 0,0104} = 0,8704$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$PD = \frac{6,334 - 3,5098}{262,2983 - 3,5098} = 0,0109$$

$$PLW = \frac{2,8428 - 1,7301}{2,8428 - 1,7301} = 1$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan nilai fitur yang sudah ternormalisasi seperti pada Tabel 4.14 di bawah ini.

Tabel 4.14 Data Setelah Normalisasi

		Data				
		1	2	3	...	100
GLCM	ASM	0,8297	0,7836	0,4858	...	0,1242
	Kon	0,0565	0,1216	0,1735	...	0,1917
	IDM	0,7317	0,6861	0,7166	...	0,1958
	Ent	0,1536	0,2246	0,3518	...	0,7794
	Kor	0,6613	0,304	0,2828	...	0,1278
Fitur Morfologi Digital	AR	0,0514	0,0087	0,0413	...	0,3168
	FF	0	0,9454	0,6932	...	0,8029
	R	1	0,1123	0,1249	...	0,1211
	NF	0,8704	0,9883	0,9615	...	0,8039
	PD	0,0109	0,0002	0,0017	...	0,001
	PLW	1	0,0292	0,1925	...	0,0774

4.4.1.3 Klasifikasi

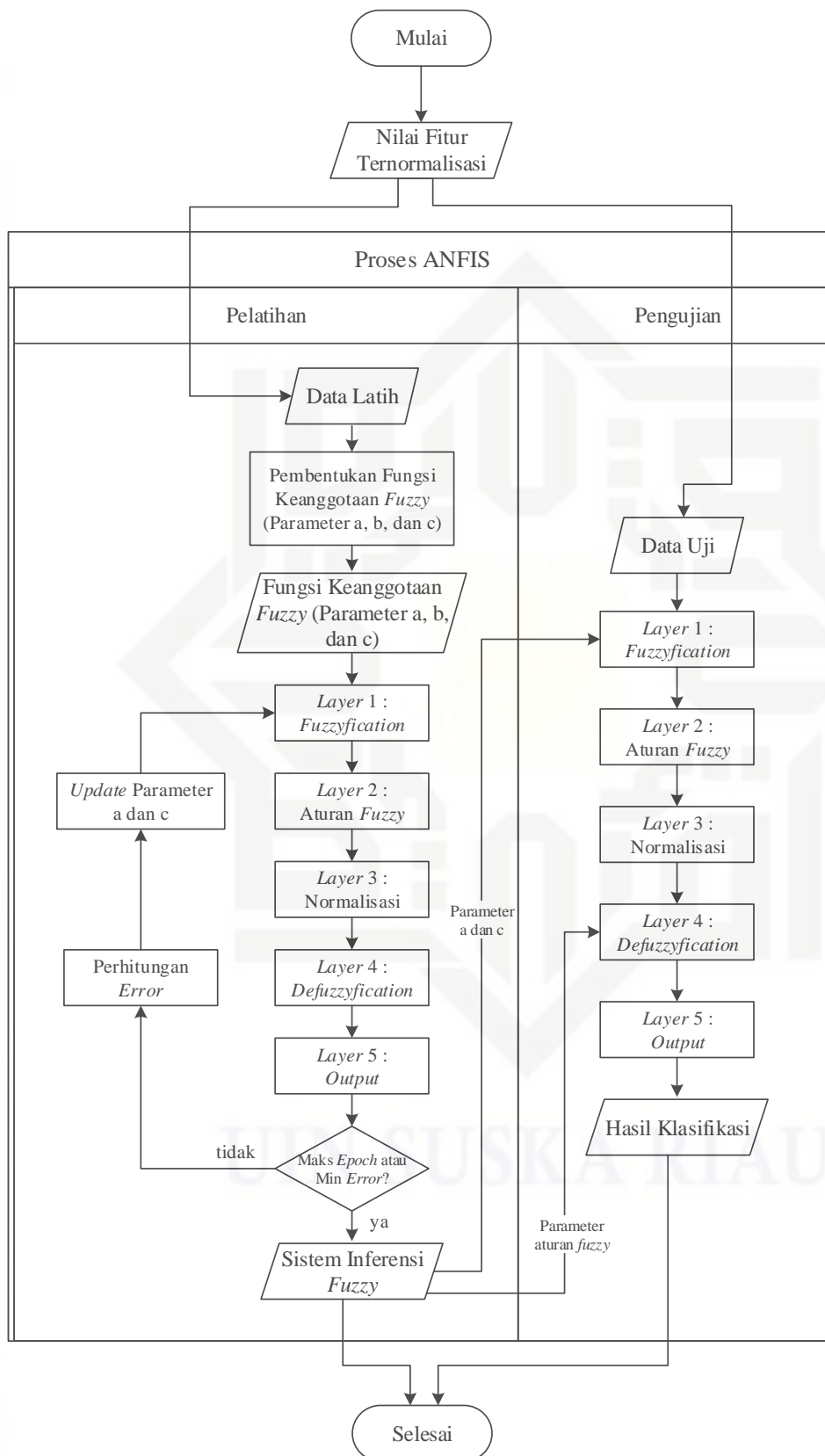
Setelah tahapan *processing*, selanjutnya dilakukan klasifikasi dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). ANFIS adalah gabungan dari sistem logika *fuzzy* dan jaringan syaraf tiruan yang berdasar pada sistem *fuzzy* dan dilatih menggunakan algoritma pembelajaran yang diturunkan dari jaringan syaraf tiruan. Pada penelitian ini, model inferensi Sugeno yang digunakan adalah Sugeno orde nol. *Input* yang digunakan adalah hasil normalisasi data dari 11 nilai fitur yang didapatkan pada proses *processing*. Gambar 4.10 berikut adalah *flowchart* proses klasifikasi dengan menggunakan metode ANFIS.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 4.10 Flowchart Proses Klasifikasi Menggunakan ANFIS

Pelatihan pada ANFIS terdiri dari tahap maju (*forward*) dan tahap mundur (*backward*). Setelah fungsi keanggotaan *fuzzy* terbentuk, data latih akan melewati tahap maju yaitu perhitungan pada *layer 1* sampai dengan *layer 5*. Kemudian sistem akan melakukan pengecekan jumlah *epoch* dan minimal *error*. Jika belum mencapai maksimal *epoch* atau minimal *error*, maka akan dilakukan tahap mundur yaitu perhitungan *error* dengan menggunakan algoritma EBP (*Error Backpropagation*) dan pembaruan parameter *a* dan *c* dengan menggunakan model propagasi *error gradient descent*. Jika sudah mencapai maksimal *epoch* atau minimal *error*, maka akan terbentuk sistem inferensi *fuzzy* yang berisi fungsi keanggotaan *fuzzy* dan parameter konstan aturan *fuzzy*. Sistem inferensi *fuzzy* ini kemudian akan digunakan pada tahap pengujian untuk mendapatkan hasil klasifikasi. Sebagai contoh perhitungan, akan digunakan data latih sebanyak 80 data dan data uji sebanyak 20 data. Tabel 4.15 berikut adalah data latih yang akan digunakan pada proses pelatihan ANFIS.

Tabel 4.15 Data Latih

		Data				
		1	2	3	...	80
GLCM	ASM	0,8297	0,7836	0,4858	...	0,0339
	Kon	0,0565	0,1216	0,1735	...	0,2152
	IDM	0,7317	0,6861	0,7166	...	0,0959
	Ent	0,1536	0,2246	0,3518	...	0,8667
	Kor	0,6613	0,304	0,2828	...	0,121
Fitur Morfologi Digital	AR	0,0514	0,0087	0,0413	...	0,1981
	FF	0	0,9454	0,6932	...	0,8158
	R	1	0,1123	0,1249	...	0,1115
	NF	0,8704	0,9883	0,9615	...	0,863
	PD	0,0109	0,0002	0,0017	...	0,0009
	PLW	1	0,0292	0,1925	...	0,0911
Target		1	1	1	...	5

A. Pembentukan Fungsi Keanggotaan *Fuzzy*

Pada tahap ini, 11 nilai fitur ternormalisasi yang akan menjadi *input* pada ANFIS akan dibentuk fungsi keanggotaan *fuzzy*. Variabel *input* mempunyai dua himpunan *fuzzy* yaitu tinggi dan rendah. Pada penelitian ini, fungsi keanggotaan yang digunakan adalah fungsi keanggotaan generalisasi kurva lonceng (*gbellmf*)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

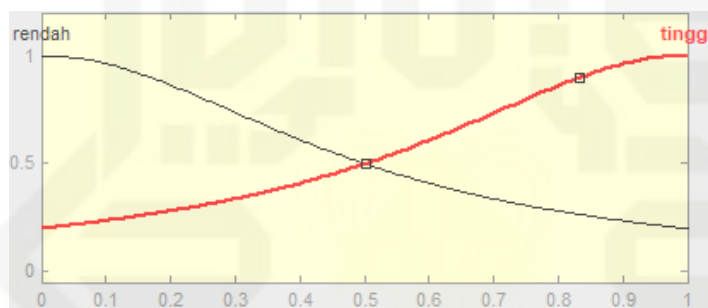
pada Persamaan (2.30). Fungsi keanggotaan dari masing-masing variabel *input* akan dibentuk berdasarkan data latih pada Tabel 4.15 yaitu sebagai berikut:

1. ASM

Fungsi keanggotaan ASM terlihat pada Gambar 4.11. Lebar fungsi keanggotaan adalah 0,5, nilai bias adalah 1, nilai pusat keanggotaan rendah adalah 0, dan nilai pusat keanggotaan tinggi adalah 1. Sehingga *gbellmf* yang didapatkan adalah:

$$G_{bellmf \text{ rendah}} = \{x; 0,5; 1; 0\}$$

$$G_{bellmf \text{ tinggi}} = \{x; 0,5; 1; 1\}$$



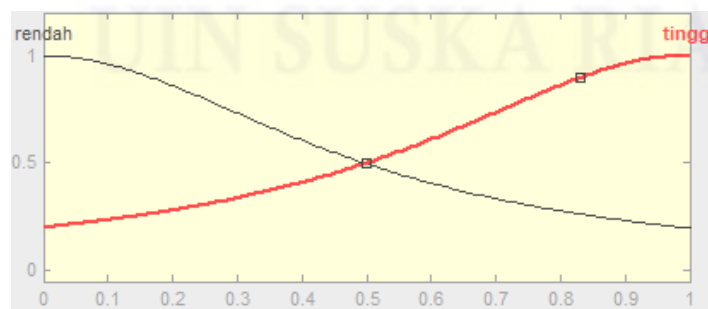
Gambar 4.11 Fungsi Keanggotaan ASM

2. Kon

Fungsi keanggotaan Kon terlihat pada Gambar 4.12. Lebar fungsi keanggotaan adalah 0,5, nilai bias adalah 1, nilai pusat keanggotaan rendah adalah 0, dan nilai pusat keanggotaan tinggi adalah 1. Sehingga *gbellmf* yang didapatkan adalah:

$$G_{bellmf \text{ rendah}} = \{x; 0,5; 1; 0\}$$

$$G_{bellmf \text{ tinggi}} = \{x; 0,5; 1; 1\}$$



Gambar 4.12 Fungsi Keanggotaan Kon

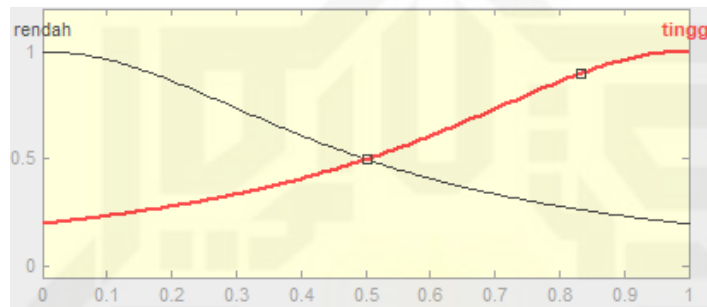
- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. IDM

Fungsi keanggotaan IDM terlihat pada Gambar 4.13. Lebar fungsi keanggotaan adalah 0,5, nilai bias adalah 1, nilai pusat keanggotaan rendah adalah 0, dan nilai pusat keanggotaan tinggi adalah 1. Sehingga *gbellmf* yang didapatkan adalah:

$$Gbellmf \text{ rendah} = \{x; 0,5; 1; 0\}$$

$$Gbellmf \text{ tinggi} = \{x; 0,5; 1; 1\}$$



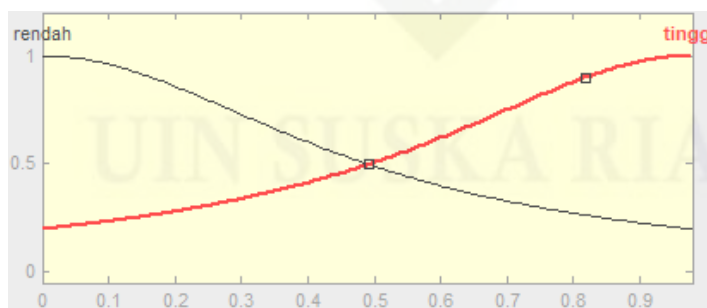
Gambar 4.13 Fungsi Keanggotaan IDM

4. Ent

Fungsi keanggotaan Ent terlihat pada Gambar 4.14. Lebar fungsi keanggotaan adalah 0,4895, nilai bias adalah 1, nilai pusat keanggotaan rendah adalah 0, dan nilai pusat keanggotaan tinggi adalah 0,9791. Sehingga *gbellmf* yang didapatkan adalah:

$$Gbellmf \text{ rendah} = \{x; 0,4895; 1; 0\}$$

$$Gbellmf \text{ tinggi} = \{x; 0,4895; 1; 0,9791\}$$



Gambar 4.14 Fungsi Keanggotaan Ent

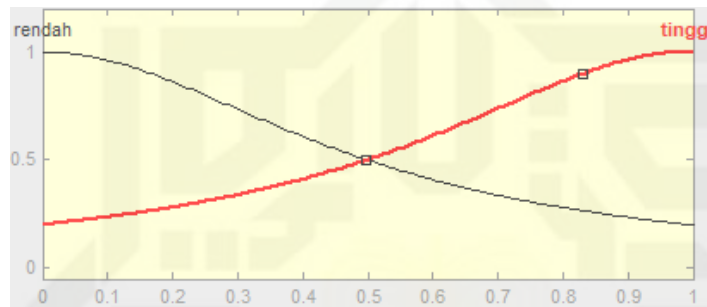
- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5. Kor

Fungsi keanggotaan Kor terlihat pada Gambar 4.15. Lebar fungsi keanggotaan adalah 0,5, nilai bias adalah 1, nilai pusat keanggotaan rendah adalah 0, dan nilai pusat keanggotaan tinggi adalah 1. Sehingga $gbellmf$ yang didapatkan adalah:

$$Gbellmf \text{ rendah} = \{x; 0,5; 1; 0\}$$

$$Gbellmf \text{ tinggi} = \{x; 0,5; 1; 1\}$$



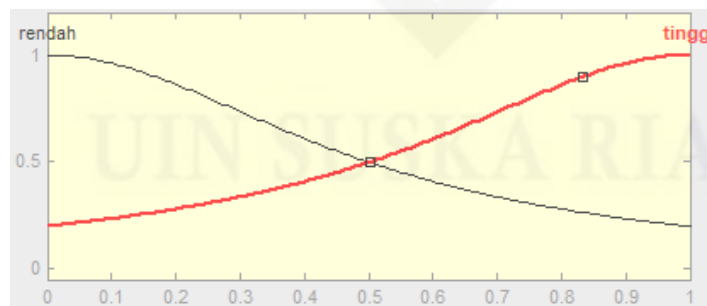
Gambar 4.15 Fungsi Keanggotaan Kor

6. AR

Fungsi keanggotaan AR terlihat pada Gambar 4.16. Lebar fungsi keanggotaan adalah 0,5, nilai bias adalah 1, nilai pusat keanggotaan rendah adalah 0, dan nilai pusat keanggotaan tinggi adalah 1. Sehingga $gbellmf$ yang didapatkan adalah:

$$Gbellmf \text{ rendah} = \{x; 0,5; 1; 0\}$$

$$Gbellmf \text{ tinggi} = \{x; 0,5; 1; 1\}$$



Gambar 4.16 Fungsi Keanggotaan AR

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

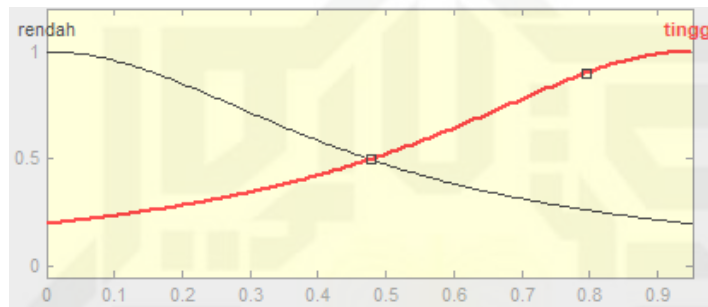
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

7. FF

Fungsi keanggotaan FF terlihat pada Gambar 4.17. Lebar fungsi keanggotaan adalah 0,4755, nilai bias adalah 1, nilai pusat keanggotaan rendah adalah 0, dan nilai pusat keanggotaan tinggi adalah 0,951. Sehingga *gbellmf* yang didapatkan adalah:

$$Gbellmf \text{ rendah} = \{x; 0,4755; 1; 0\}$$

$$Gbellmf \text{ tinggi} = \{x; 0,4755; 1; 0,951\}$$



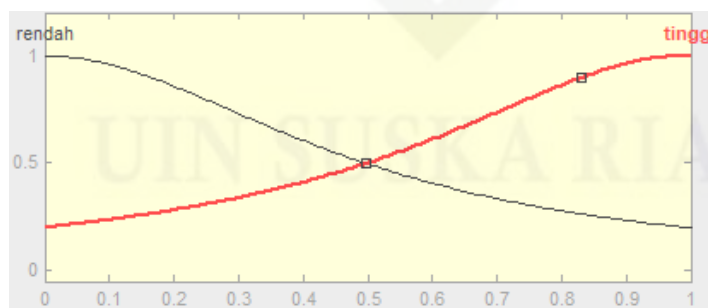
Gambar 4.17 Fungsi Keanggotaan FF

8. R

Fungsi keanggotaan R terlihat pada Gambar 4.18. Lebar fungsi keanggotaan adalah 0,5, nilai bias adalah 1, nilai pusat keanggotaan rendah adalah 0, dan nilai pusat keanggotaan tinggi adalah 1. Sehingga *gbellmf* yang didapatkan adalah:

$$Gbellmf \text{ rendah} = \{x; 0,5; 1; 0\}$$

$$Gbellmf \text{ tinggi} = \{x; 0,5; 1; 1\}$$



Gambar 4.18 Fungsi Keanggotaan R

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

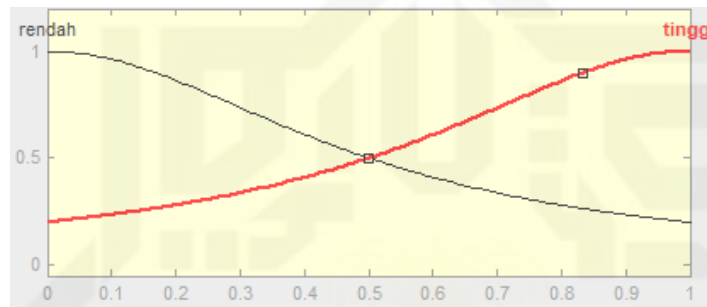
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

9. NF

Fungsi keanggotaan NF terlihat pada Gambar 4.19. Lebar fungsi keanggotaan adalah 0,5, nilai bias adalah 1, nilai pusat keanggotaan rendah adalah 0, dan nilai pusat keanggotaan tinggi adalah 1. Sehingga g_{bellmf} yang didapatkan adalah:

$$G_{bellmf} \text{ rendah} = \{x; 0,5; 1; 0\}$$

$$G_{bellmf} \text{ tinggi} = \{x; 0,5; 1; 1\}$$



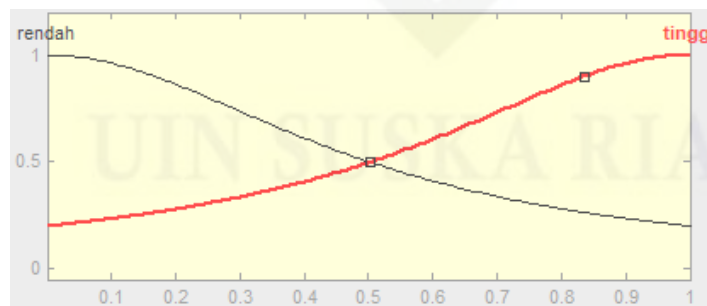
Gambar 4.19 Fungsi Keanggotaan NF

10. PD

Fungsi keanggotaan PD terlihat pada Gambar 4.20. Lebar fungsi keanggotaan adalah 0,4999, nilai bias adalah 1, nilai pusat keanggotaan rendah adalah 0,0002, dan nilai pusat keanggotaan tinggi adalah 1. Sehingga g_{bellmf} yang didapatkan adalah:

$$G_{bellmf} \text{ rendah} = \{x; 0,4999; 1; 0,0002\}$$

$$G_{bellmf} \text{ tinggi} = \{x; 0,4999; 1; 1\}$$



Gambar 4.20 Fungsi Keanggotaan PD

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

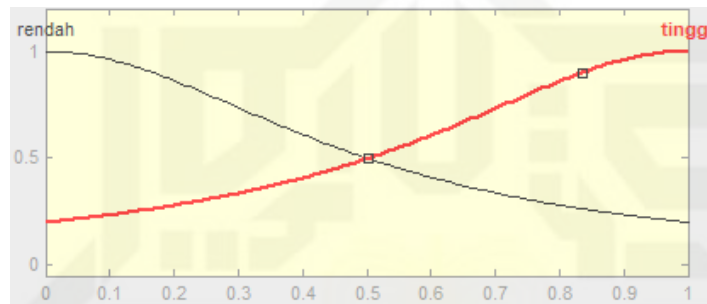
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

11. PLW

Fungsi keanggotaan PLW terlihat pada Gambar 4.21. Lebar fungsi keanggotaan adalah 0,5, nilai bias adalah 1, nilai pusat keanggotaan rendah adalah 0, dan nilai pusat keanggotaan tinggi adalah 1. Sehingga $gbellmf$ yang didapatkan adalah:

$$Gbellmf \text{ rendah} = \{x; 0,5; 1; 0\}$$

$$Gbellmf \text{ tinggi} = \{x; 0,5; 1; 1\}$$



Gambar 4.21 Fungsi Keanggotaan PLW

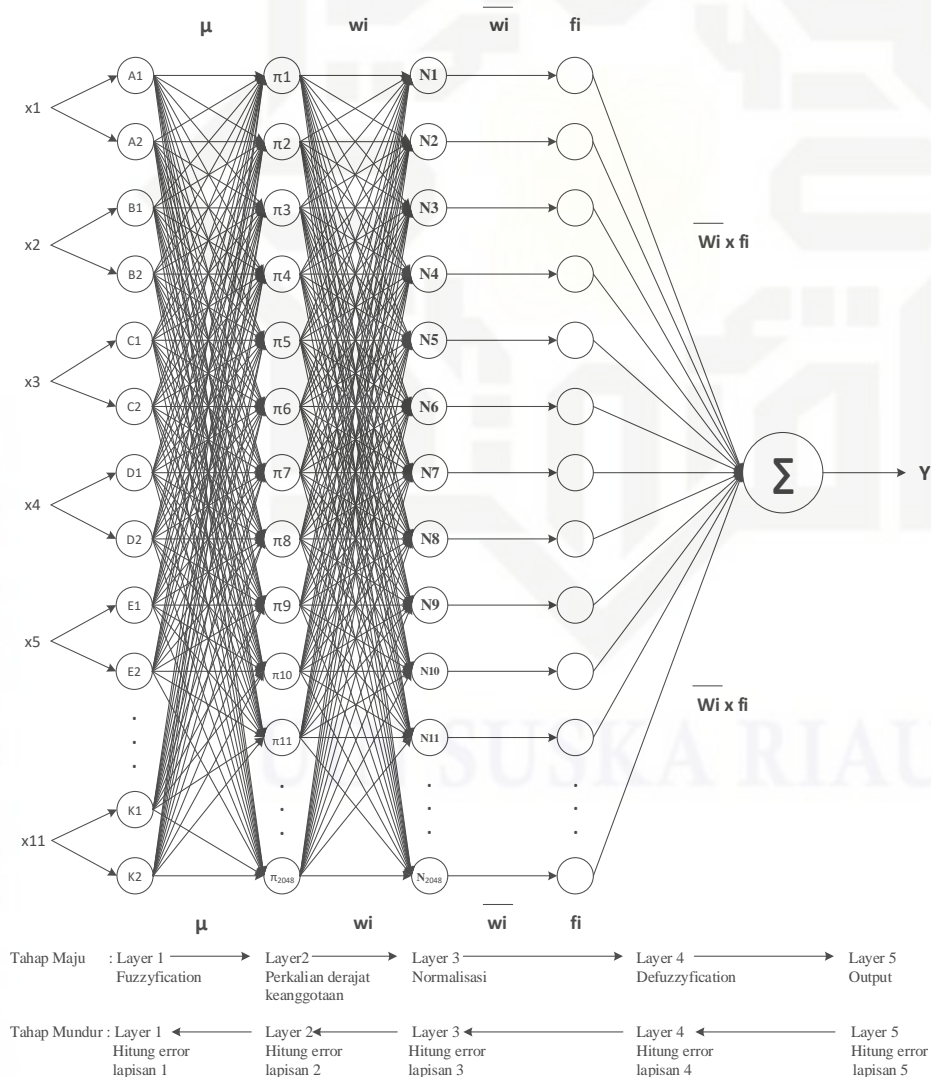
Fungsi keanggotaan nilai fitur menghasilkan nilai awal parameter a , b , dan c yang akan digunakan dalam proses ANFIS. Nilai awal parameter a , b , dan c ini yang akan digunakan dalam perhitungan *fuzzyfication* ANFIS *layer* 1. Tabel 4.16 berikut menunjukkan nilai awal parameter tersebut.

Tabel 4.16 Nilai Awal Parameter a , b , dan c

	a	b	c		a	b	c
1	0,5	1	0	12	0,5	1	1
2	0,5	1	1	13	0,4755	1	0
3	0,5	1	0	14	0,4755	1	0,951
4	0,5	1	1	15	0,5	1	0
5	0,5	1	0	16	0,5	1	1
6	0,5	1	1	17	0,5	1	0
7	0,4895	1	0	18	0,5	1	1
8	0,4895	1	0,9791	19	0,4999	1	0,0002
9	0,5	1	0	20	0,4999	1	1
10	0,5	1	1	21	0,5	1	0
11	0,5	1	0	22	0,5	1	1

B. Pelatihan pada ANFIS

Pada tahap sebelumnya telah terbentuk fungsi keanggotaan untuk setiap variabel *input* dan telah terdapat data latih pada Tabel 4.15 yang akan digunakan dalam proses pelatihan ANFIS. Pada pelatihan ini terdapat 11 variabel *input* yang memiliki masing-masing 2 himpunan *fuzzy* sehingga terbentuk 22 neuron pada *layer* 1, 2048 neuron pada *layer* 2, 2048 neuron pada *layer* 3, 2048 neuron pada *layer* 4, dan 1 neuron *output* pada *layer* 5. Jumlah neuron pada *layer* 2, 3, dan 4 terbentuk dengan formula n^i , di mana nilai n adalah jumlah himpunan *fuzzy* yaitu 2 dan nilai i adalah jumlah *input* yaitu 11, sehingga $n^i = 2^{11} = 2048$ neuron. Jaringan ANFIS yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 4.22 di bawah ini.



Gambar 4.22 Arsitektur Jaringan ANFIS

Tabel 4.17 Keterangan Arsitektur Jaringan ANFIS

Simbol	Keterangan
x_1	Input pertama (nilai fitur ASM)
x_2	Input kedua (nilai fitur Kon)
x_3	Input ketiga (nilai fitur IDM)
x_4	Input keempat (nilai fitur Ent)
x_5	Input kelima (nilai fitur Kor)
x_6	Input keenam (nilai fitur AR)
x_7	Input ketujuh (nilai fitur FF)
x_8	Input kedelapan (nilai fitur R)
x_9	Input kesembilan (nilai fitur NF)
x_{10}	Input kesepuluh (nilai fitur PD)
x_{11}	Input kesebelas (nilai fitur PLW)
A_1	Fungsi keanggotaan rendah untuk x_1
A_2	Fungsi keanggotaan tinggi untuk x_1
B_1	Fungsi keanggotaan rendah untuk x_2
B_2	Fungsi keanggotaan tinggi untuk x_2
C_1	Fungsi keanggotaan rendah untuk x_3
C_2	Fungsi keanggotaan tinggi untuk x_3
D_1	Fungsi keanggotaan rendah untuk x_4
D_2	Fungsi keanggotaan tinggi untuk x_4
E_1	Fungsi keanggotaan rendah untuk x_5
E_2	Fungsi keanggotaan tinggi untuk x_5
F_1	Fungsi keanggotaan rendah untuk x_6
F_2	Fungsi keanggotaan tinggi untuk x_6
G_1	Fungsi keanggotaan rendah untuk x_7
G_2	Fungsi keanggotaan tinggi untuk x_7
H_1	Fungsi keanggotaan rendah untuk x_8
H_2	Fungsi keanggotaan tinggi untuk x_8
I_1	Fungsi keanggotaan rendah untuk x_9
I_2	Fungsi keanggotaan tinggi untuk x_9
J_1	Fungsi keanggotaan rendah untuk x_{10}
J_2	Fungsi keanggotaan tinggi untuk x_{10}
K_1	Fungsi keanggotaan rendah untuk x_{11}
K_2	Fungsi keanggotaan tinggi untuk x_{11}
π	Notasi untuk <i>layer</i> 2
N	Notasi untuk <i>layer</i> 3
μ	Nilai derajat keanggotaan
w_i	Nilai <i>firing strength</i>
\bar{w}_i	Nilai normalisasi <i>firing strength</i>
f_i	Parameter aturan <i>fuzzy</i> bernilai konstan
y	Output jaringan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Perhitungan ANFIS Tahap Maju (*Forward*)

Pada tahap maju akan dilakukan perhitungan setiap lapisan mulai dari *layer* 1 hingga *layer* 5. Perhitungan tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

a. *Layer* 1

Layer 1 berfungsi sebagai proses *fuzzyfication* yaitu memetakan *input* ke dalam himpunan *fuzzy*. Pada proses ini akan dilakukan perhitungan fungsi keanggotaan *fuzzy* dengan menggunakan *gbellmf* pada Persamaan (2.30).

$$\mu A_1 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,8297 - 0}{0,5} \right)^2 \right|^1} = 0,2664$$

$$\mu A_2 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,8297 - 1}{0,5} \right)^2 \right|^1} = 0,8961$$

$$\mu B_1 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,0565 - 0}{0,5} \right)^2 \right|^1} = 0,9874$$

$$\mu B_2 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,0565 - 1}{0,5} \right)^2 \right|^1} = 0,2193$$

$$\mu C_1 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,7317 - 0}{0,5} \right)^2 \right|^1} = 0,3183$$

$$\mu C_2 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,7317 - 1}{0,5} \right)^2 \right|^1} = 0,7765$$

$$\mu D_1 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,1536 - 0}{0,4895} \right)^2 \right|^1} = 0,9103$$

$$\mu D_2 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,1536 - 0,9791}{0,4895} \right)^2 \right|^1} = 0,2602$$

$$\mu E_1 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,6613 - 0}{0,5} \right)^2 \right|^1} = 0,3637$$

$$\mu E_2 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,6613 - 1}{0,5} \right)^2 \right|^1} = 0,6855$$

$$\mu F_1 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,0514 - 0}{0,5} \right)^2 \right|^1} = 0,9895$$

$$\mu F_2 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,0514 - 1}{0,5} \right)^2 \right|^1} = 0,2174$$

$$\mu G_1 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0 - 0}{0,4755} \right)^2 \right|^1} = 1$$

$$\mu G_2 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0 - 0,951}{0,4755} \right)^2 \right|^1} = 0,2$$

$$\mu H_1 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{1 - 0}{0,5} \right)^2 \right|^1} = 0,2$$

$$\mu H_2 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{1 - 1}{0,5} \right)^2 \right|^1} = 1$$

$$\mu I_1 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,8704 - 0}{0,5} \right)^2 \right|^1} = 0,2481$$

$$\mu I_2 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,8704 - 1}{0,5} \right)^2 \right|^1} = 0,937$$

$$\mu J_1 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,0109 - 0,0002}{0,4999} \right)^2 \right|^1} = 0,9995$$

$$\mu J_2 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,0109 - 1}{0,4999} \right)^2 \right|^1} = 0,2035$$

$$\mu K_1 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{1 - 0}{0,5} \right)^2 \right|^1} = 0,2$$

$$\mu K_2 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{1 - 1}{0,5} \right)^2 \right|^1} = 1$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan hasil *fuzzyfication* pada *layer* 1 seperti pada Tabel 4.18 di bawah ini.

Tabel 4.18 Output Layer 1 Pelatihan ANFIS

	Data				
	1	2	3	...	80
μA_1	0,2664	0,2893	0,5143	...	0,9954
μA_2	0,8961	0,8423	0,4861	...	0,2113
μB_1	0,9874	0,9441	0,8925	...	0,8437
μB_2	0,2193	0,2448	0,2679	...	0,2887
μC_1	0,3183	0,3468	0,3274	...	0,9645
μC_2	0,7765	0,7174	0,7570	...	0,2342
μD_1	0,9103	0,826	0,6593	...	0,2418
μD_2	0,2602	0,2962	0,3785	...	0,9499
μE_1	0,3637	0,73	0,7575	...	0,9447
μE_2	0,6855	0,3404	0,3271	...	0,2445
μF_1	0,9895	0,9997	0,9932	...	0,8643
μF_2	0,2174	0,2028	0,2139	...	0,28
μG_1	1	0,2019	0,3199	...	0,2536
μG_2	0,2	0,9999	0,773	...	0,9252
μH_1	0,2	0,9519	0,9412	...	0,9526
μH_2	1	0,2409	0,2461	...	0,2405
μI_1	0,2481	0,2038	0,2128	...	0,2513
μI_2	0,937	0,9995	0,9941	...	0,9302
μJ_1	0,9995	1	1	...	1
μJ_2	0,2035	0,2	0,2005	...	0,2002
μK_1	0,2	0,9966	0,8709	...	0,9679
μK_2	1	0,2097	0,2772	...	0,2323

b. *Layer 2*

Pada *layer 2* dilakukan perkalian derajat keanggotaan yang dihasilkan dari perhitungan *layer 1* seperti yang terlihat pada Tabel 4.18 dengan menggunakan operator *fuzzy AND* seperti pada Persamaan (2.48).

$$w_1 = \mu A_1 \cdot \mu B_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_1 \cdot \mu K_1 = 0,000272$$

$$w_2 = \mu A_1 \cdot \mu B_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_1 \cdot \mu K_2 = 0,00136$$

$$w_3 = \mu A_1 \cdot \mu B_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_2 \cdot \mu K_1 = 0,000005$$

$$w_4 = \mu A_1 \cdot \mu B_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_2 \cdot \mu K_2 = 0,000277$$

$$w_5 = \mu A_1 \cdot \mu B_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_2 \cdot \mu J_1 \cdot \mu K_1 = 0,001028$$

⋮

$$w_{2048} = \mu A_2 \cdot \mu B_2 \cdot \mu C_2 \cdot \mu D_2 \cdot \mu E_2 \cdot \mu F_2 \cdot \mu G_2 \cdot \mu H_2 \cdot \mu I_2 \cdot \mu J_2 \cdot \mu K_2 = 0,000226$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan hasil perhitungan *layer 2* seperti Tabel 4.19 di bawah ini.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 4.19 Output Layer 2 Pelatihan ANFIS

	Data				
	1	2	3	...	80
w_1	0,000272	0,002229	0,004161	...	0,009398
w_2	0,00136	0,000469	0,001324	...	0,002256
w_3	0,000055	0,000446	0,000834	...	0,001882
w_4	0,000277	0,000093	0,000265	...	0,000452
w_5	0,001028	0,010932	0,019434	...	0,034781
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
w_{2048}	0,000226	0,00003	0,000027	...	0,000008

c. *Layer 3*

Tiap neuron pada *layer* ini berupa *node* tetap. *Output* dari *layer* ini disebut sebagai *normalized firing strength*. Perhitungan pada *layer 3* berdasarkan Persamaan (2.49).

$$\bar{w}_1 = \frac{w_1}{w_1+w_2+w_3+w_4+w_5+\dots+w_{2048}} = 0,000048$$

$$\bar{w}_2 = \frac{w_2}{w_1+w_2+w_3+w_4+w_5+\dots+w_{2048}} = 0,000243$$

$$\bar{w}_3 = \frac{w_3}{w_1+w_2+w_3+w_4+w_5+\dots+w_{2048}} = 0,000009$$

$$\bar{w}_4 = \frac{w_4}{w_1+w_2+w_3+w_4+w_5+\dots+w_{2048}} = 0,000049$$

$$\bar{w}_5 = \frac{w_5}{w_1+w_2+w_3+w_4+w_5+\dots+w_{2048}} = 0,000183$$

⋮

$$\bar{w}_{2048} = \frac{w_{2048}}{w_1+w_2+w_3+w_4+w_5+\dots+w_{2048}} = 0,00004$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan hasil normalisasi pada *layer 3* seperti Tabel 4.20 di bawah ini.

Tabel 4.20 Output Layer 3 Pelatihan ANFIS

	Data				
	1	2	3	...	80
\bar{w}_1	0,000048	0,000397	0,000742	...	0,001676
\bar{w}_2	0,000243	0,000083	0,000236	...	0,000402
\bar{w}_3	0,000009	0,000079	0,000149	...	0,000336
\bar{w}_4	0,000049	0,000016	0,000047	...	0,00008
\bar{w}_5	0,000183	0,001949	0,003465	...	0,006202
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
\bar{w}_{2048}	0,00004	0,000005	0,000004	...	0,000001

d. *Layer 4*

Pada *layer 4* dilakukan proses *defuzzyfication* untuk mengubah hasil *fuzzy* ke bentuk keluaran yang *crisp*. Perhitungan pada *layer 4* berdasarkan Persamaan (2.50).

$$\begin{aligned} \overline{w_1}f_1 &= 0,000048 \cdot 26,1642 = 0,001269 \\ \overline{w_2}f_2 &= 0,000243 \cdot 4,4483 = 0,001079 \\ \overline{w_3}f_3 &= 0,000009 \cdot 5,3236 = 0,000053 \\ \overline{w_4}f_4 &= 0,000049 \cdot 0,928 = 0,000046 \\ \overline{w_5}f_5 &= 0,000183 \cdot (-49,3601) = -0,009045 \\ &\vdots \\ \overline{w_{2048}}f_{2048} &= 0,00004 \cdot 0,5758 = 0,000023 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan hasil *defuzzyfication* pada *layer 4* seperti Tabel 4.21 di bawah ini.

Tabel 4.21 Output Layer 4 Pelatihan ANFIS

	Data				
	1	2	3	...	80
$\overline{w_1}f_1$	0,001269	0,010398	0,019413	...	0,043845
$\overline{w_2}f_2$	0,001079	0,000372	0,00105	...	0,001789
$\overline{w_3}f_3$	0,000053	0,000423	0,000792	...	0,001786
$\overline{w_4}f_4$	0,000046	0,000015	0,000043	...	0,000074
$\overline{w_5}f_5$	-0,009045	-0,09622	-0,17105	...	-0,30613
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	...	\vdots
$\overline{w_{2048}}f_{2048}$	0,000023	0,000003	0,000002	...	0,0000009

e. *Layer 5*

Pada *layer 5* dilakukan proses penjumlahan dari *output* pada *layer 4*. *Output* dari *layer* ini juga merupakan *output* dari tahap maju pada ANFIS. Perhitungan pada *layer 5* berdasarkan Persamaan (2.51).

$$\begin{aligned} \Sigma \overline{w_i}f_i &= \overline{w_1}f_1 + \overline{w_2}f_2 + \overline{w_3}f_3 + \overline{w_4}f_4 + \overline{w_5}f_5 + \dots + \overline{w_{2048}}f_{2048} \\ &= 0,001269 + 0,001079 + 0,000053 + 0,000046 + \\ &\quad (-0,009045) + \dots + 0,000023 \\ &= 0,999641 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan hasil perhitungan *layer 5* seperti Tabel 4.22 di bawah ini.

Tabel 4.22 Output Layer 5 Pelatihan ANFIS

Data	Output Layer 5
1	0,999641
2	1,138244
3	1,023290
⋮	⋮
80	5,058605

2. Perhitungan ANFIS Tahap Mundur (Backward)

Setelah tahap maju selesai, selanjutnya akan dilakukan tahap mundur untuk menghitung *error* pada tiap lapisan dan memperbarui parameter *a* dan *c* pada fungsi keanggotaan. Perhitungan *error* tiap lapisan menggunakan algoritma EBP (*Error Backpropagation*) dan pembaruan parameter *a* dan *c* menggunakan model propagasi *error gradient descent*.

a. *Error Layer 5*

Jaringan ANFIS pada penelitian ini memiliki 1 neuron *output*. Propagasi *error* pada *layer 5* menggunakan Persamaan (2.53).

$$\epsilon_5 = -2(1 - 0,999641) = -0,000717$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan hasil perhitungan *error layer 5* seperti Tabel 4.23 di bawah ini.

Tabel 4.23 Error Layer 5

Data	Output Layer 5
1	-0,000717
2	0,276489
3	0,046580
⋮	⋮
80	0,117210

b. *Error Layer 4*

Propagasi *error* pada *layer 5* dirumuskan pada Persamaan (2.54). Nilai *error* pada *layer 4* sama dengan nilai *error* pada *layer 5* karena pada tahap mundur jaringan adaptif bersifat tetap.

$$\epsilon_{4.1} = \epsilon_{4.2} = \epsilon_{4.3} = \epsilon_{4.4} = \epsilon_{4.5} = \dots = \epsilon_{4.2048} = \epsilon_5 = -0,000717$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan hasil perhitungan *error layer 4* seperti Tabel 4.24 di bawah ini.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 4.24 Error Layer 4

	Data				
	1	2	3	...	80
$\varepsilon_{4.1}$	-0,000717	0,276489	0,046580	...	0,117210
$\varepsilon_{4.2}$	-0,000717	0,276489	0,046580	...	0,117210
$\varepsilon_{4.3}$	-0,000717	0,276489	0,046580	...	0,117210
$\varepsilon_{4.4}$	-0,000717	0,276489	0,046580	...	0,117210
$\varepsilon_{4.5}$	-0,000717	0,276489	0,046580	...	0,117210
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
$\varepsilon_{4.2048}$	-0,000717	0,276489	0,046580	...	0,117210

c. *Error Layer 3*

Propagasi *error* pada *layer 3* dirumuskan pada Persamaan (2.56). Nilai f pada Persamaan (2.56) sama dengan nilai f pada perhitungan *layer 4* tahap maju.

$$\varepsilon_{3.1} = \varepsilon_{4.1} \cdot f_1 = (-0,000717) \cdot 26,1642 = -0,018761$$

$$\varepsilon_{3.2} = \varepsilon_{4.2} \cdot f_2 = (-0,000717) \cdot 4,4483 = -0,003189$$

$$\varepsilon_{3.3} = \varepsilon_{4.3} \cdot f_3 = (-0,000717) \cdot 5,3236 = -0,003817$$

$$\varepsilon_{3.4} = \varepsilon_{4.4} \cdot f_4 = (-0,000717) \cdot 0,928 = 0,000665$$

$$\varepsilon_{3.5} = \varepsilon_{4.5} \cdot f_5 = (-0,000717) \cdot (-49,3601) = 0,035394$$

⋮

$$\varepsilon_{3.2048} = \varepsilon_{4.2048} \cdot f_{2048} = (-0,000717) \cdot 0,5758 = -0,000412$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan hasil perhitungan *error layer 3* seperti Tabel 4.25 di bawah ini.

Tabel 4.25 Error Layer 3

	Data				
	1	2	3	...	80
$\varepsilon_{3.1}$	-0,018761	7,234138	1,218753	...	3,066727
$\varepsilon_{3.2}$	-0,003189	1,22991	0,207206	...	0,521389
$\varepsilon_{3.3}$	-0,003817	1,471922	0,247978	...	0,623983
$\varepsilon_{3.4}$	-0,000665	0,256583	0,043227	...	0,108772
$\varepsilon_{3.5}$	0,035394	-13,6475	-2,2992	...	-5,7855
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
$\varepsilon_{3.2048}$	-0,000412	0,159203	0,026821	...	0,067489

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

d. *Error Layer 2*

Propagasi *error* pada *layer 2* dirumuskan pada Persamaan (2.58).

Perhitungan pada *layer 2* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{2.1} &= \left(\frac{W_{total} - W_1}{W_{total}^2} \right) \cdot (\varepsilon_{3.1} - \varepsilon_{3.2} - \varepsilon_{3.3} - \dots - \varepsilon_{3.2048}) \\ &= \left(\frac{5,6079 - 0,000272}{(5,6079)^2} \right) \cdot (-0,0187 - (-0,0031) - \dots - (-0,0004)) \\ &= 0,7087\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_{2.2} &= \left(\frac{W_{total} - W_2}{W_{total}^2} \right) \cdot (\varepsilon_{3.1} - \varepsilon_{3.2} - \varepsilon_{3.3} - \dots - \varepsilon_{3.2048}) \\ &= \left(\frac{5,6079 - 0,00136}{(5,6079)^2} \right) \cdot (-0,0187 - (-0,0031) - \dots - (-0,0004)) \\ &= 0,7086\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_{2.3} &= \left(\frac{W_{total} - W_3}{W_{total}^2} \right) \cdot (\varepsilon_{3.1} - \varepsilon_{3.2} - \varepsilon_{3.3} - \dots - \varepsilon_{3.2048}) \\ &= \left(\frac{5,6079 - 0,000055}{(5,6079)^2} \right) \cdot (-0,0187 - (-0,0031) - \dots - (-0,0004)) \\ &= 0,7088\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_{2.4} &= \left(\frac{W_{total} - W_4}{W_{total}^2} \right) \cdot (\varepsilon_{3.1} - \varepsilon_{3.2} - \varepsilon_{3.3} - \dots - \varepsilon_{3.2048}) \\ &= \left(\frac{5,6079 - 0,000277}{(5,6079)^2} \right) \cdot (-0,0187 - (-0,0031) - \dots - (-0,0004)) \\ &= 0,7087\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_{2.5} &= \left(\frac{W_{total} - W_5}{W_{total}^2} \right) \cdot (\varepsilon_{3.1} - \varepsilon_{3.2} - \varepsilon_{3.3} - \dots - \varepsilon_{3.2048}) \\ &= \left(\frac{5,6079 - 0,001028}{(5,6079)^2} \right) \cdot (-0,0187 - (-0,0031) - \dots - (-0,0004)) \\ &= 0,7087\end{aligned}$$

⋮

$$\begin{aligned}\varepsilon_{2.2048} &= \left(\frac{W_{total} - W_{2048}}{W_{total}^2} \right) \cdot (\varepsilon_{3.1} - \varepsilon_{3.2} - \varepsilon_{3.3} - \dots - \varepsilon_{3.2048}) \\ &= \left(\frac{5,6079 - 0,000226}{(5,6079)^2} \right) \cdot (-0,0187 - (-0,0031) - \dots - (-0,0004)) \\ &= 0,7088\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan hasil perhitungan *error layer 2* seperti Tabel 4.26 di bawah ini.

Tabel 4.26 Error Layer 2

	Data				
	1	2	3	...	80
$\varepsilon_{2.1}$	0,7087	-296,682	-69,857	...	-102,034
$\varepsilon_{2.2}$	0,7086	-296,783	-69,9107	...	-102,149
$\varepsilon_{2.3}$	0,7088	-296,785	-69,92	...	-102,155
$\varepsilon_{2.4}$	0,7087	-296,805	-69,9308	...	-102,178
$\varepsilon_{2.5}$	0,7087	-296,182	-69,5677	...	-101,626
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
$\varepsilon_{2.2048}$	0,7088	-296,809	-69,9353	...	-102,185

e. *Error Layer 1*

Propagasi *error* pada *layer 1* dirumuskan pada Persamaan (2.60).

Perhitungan pada *layer 1* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{1.1} &= \varepsilon_{2.1}(\mu B_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_1 \cdot \mu K_1) + \\ &\quad \varepsilon_{2.2}(\mu B_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_1 \cdot \mu K_2) + \dots + \\ &\quad \varepsilon_{2.1024}(\mu B_2 \cdot \mu C_2 \cdot \mu D_2 \cdot \mu E_2 \cdot \mu F_2 \cdot \mu G_2 \cdot \mu H_2 \cdot \mu I_2 \cdot \mu J_2 \cdot \mu K_2) \\ &= 0,0007239 + 0,0036 + \dots + 0,0001784 \\ &= 3,4045 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{1.2} &= \varepsilon_{2.1025}(\mu B_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_1 \cdot \mu K_1) + \\ &\quad \varepsilon_{2.1026}(\mu B_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_1 \cdot \mu K_2) + \dots + \\ &\quad \varepsilon_{2.2048}(\mu B_2 \cdot \mu C_2 \cdot \mu D_2 \cdot \mu E_2 \cdot \mu F_2 \cdot \mu G_2 \cdot \mu H_2 \cdot \mu I_2 \cdot \mu J_2 \cdot \mu K_2) \\ &= 0,0007238 + 0,0036 + \dots + 0,0001784 \\ &= 3,3695 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{1.3} &= \varepsilon_{2.1}(\mu A_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_1 \cdot \mu K_1) + \\ &\quad \varepsilon_{2.2}(\mu A_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_1 \cdot \mu K_2) + \dots + \\ &\quad \varepsilon_{2.1536}(\mu A_2 \cdot \mu C_2 \cdot \mu D_2 \cdot \mu E_2 \cdot \mu F_2 \cdot \mu G_2 \cdot \mu H_2 \cdot \mu I_2 \cdot \mu J_2 \cdot \mu K_2) \\ &= 0,0001953 + 0,0009763 + \dots + 0,0007291 \\ &= 3,2473 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{1.4} &= \varepsilon_{2.513}(\mu A_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_1 \cdot \mu K_1) + \\ &\quad \varepsilon_{2.514}(\mu A_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_1 \cdot \mu K_2) + \dots + \\ &\quad \varepsilon_{2.2048}(\mu A_2 \cdot \mu C_2 \cdot \mu D_2 \cdot \mu E_2 \cdot \mu F_2 \cdot \mu G_2 \cdot \mu H_2 \cdot \mu I_2 \cdot \mu J_2 \cdot \mu K_2) \\ &= 0,0001953 + 0,0009765 + \dots + 0,0007292 \\ &= 3,2837 \end{aligned}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\begin{aligned} \varepsilon_{1.5} &= \varepsilon_{2.1}(\mu A_1 \cdot \mu B_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_1 \cdot \mu K_1) + \\ &\quad \varepsilon_{2.2}(\mu A_1 \cdot \mu B_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_1 \cdot \mu K_2) + \dots + \\ &\quad \varepsilon_{2.1280}(\mu A_2 \cdot \mu B_1 \cdot \mu D_2 \cdot \mu E_2 \cdot \mu F_2 \cdot \mu G_2 \cdot \mu H_2 \cdot \mu I_2 \cdot \mu J_2 \cdot \mu K_2) \\ &= 0,0006058 + 0,0030 + \dots + 0,00020595 \\ &= 3,6088 \end{aligned}$$

∴

$$\begin{aligned} \varepsilon_{1.22} &= \varepsilon_{2.2}(\mu A_1 \cdot \mu B_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_1) + \\ &\quad \varepsilon_{2.4}(\mu A_1 \cdot \mu B_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_2) + \dots + \\ &\quad \varepsilon_{2.2048}(\mu A_2 \cdot \mu B_2 \cdot \mu C_2 \cdot \mu D_2 \cdot \mu E_2 \cdot \mu F_2 \cdot \mu G_2 \cdot \mu H_2 \cdot \mu I_2 \cdot \mu J_2) \\ &= 0,000964 + 0,0001962 + \dots + 0,0001599 \\ &= 3,2657 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan hasil perhitungan *error layer 1* seperti Tabel 4.27 di bawah ini.

Tabel 4.27 Error Layer 1

	Data				
	1	2	3	...	80
$\varepsilon_{1.1}$	3,4045	-1348,52	-256,712	...	-530,386
$\varepsilon_{1.2}$	3,3695	-1337,28	-256,788	...	-536,721
$\varepsilon_{1.3}$	3,2473	-1273,19	-221,113	...	-564,853
$\varepsilon_{1.4}$	3,2837	-1285,04	-222,086	...	-570,692
$\varepsilon_{1.5}$	3,6088	-1431,36	-237,468	...	-533,818
$\varepsilon_{1.6}$	3,5772	-1421,96	-236,614	...	-533,819
$\varepsilon_{1.7}$	3,3466	-1348,35	-247,251	...	-543,071
$\varepsilon_{1.8}$	3,3817	-1359,43	-247,908	...	-536,906
$\varepsilon_{1.9}$	3,759	-1413,59	-236,548	...	-538,073
$\varepsilon_{1.10}$	3,7331	-1423,27	-237,404	...	-544,225
$\varepsilon_{1.11}$	3,2464	-1259,03	-212,609	...	-559,057
$\varepsilon_{1.12}$	3,2829	-1271,37	-213,632	...	-564,98
$\varepsilon_{1.13}$	3,2657	-1272,21	-235,645	...	-548,861
$\varepsilon_{1.14}$	3,303	-1259,85	-234,769	...	-542,756
$\varepsilon_{1.15}$	3,303	-1268,98	-216,117	...	-536,295
$\varepsilon_{1.16}$	3,2657	-1280,86	-217,111	...	-542,467
$\varepsilon_{1.17}$	3,341	-1270,61	-213,651	...	-547,656
$\varepsilon_{1.18}$	3,3054	-1258,29	-212,627	...	-541,538
$\varepsilon_{1.19}$	3,2574	-1261,67	-213,784	...	-533,279
$\varepsilon_{1.20}$	3,2945	-1274,07	-214,824	...	-539,712
$\varepsilon_{1.21}$	3,303	-1255,07	-223,497	...	-533,172
$\varepsilon_{1.22}$	3,2657	-1267,3	-224,459	...	-539,384

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

f. *Error* Parameter a dan c

Perhitungan *error* parameter a berdasarkan Persamaan (2.64).

Perhitungan *error* parameter a adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_{a1} &= (\mathcal{E}_{1,1}) \frac{2(x_1-c_1)^2}{a_1^3 \left(1 + \left(\frac{x_1-c_1}{a_1}\right)^2\right)^2} \\ &= (3,4045) \frac{2(0,8297-0)^2}{0,5^3 \left(1 + \left(\frac{0,8297-0}{0,5}\right)^2\right)^2} \\ &= 2,6613\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_{a2} &= (\mathcal{E}_{1,2}) \frac{2(x_1-c_2)^2}{a_2^3 \left(1 + \left(\frac{x_1-c_2}{a_2}\right)^2\right)^2} \\ &= (3,3695) \frac{2(0,8297-1)^2}{0,5^3 \left(1 + \left(\frac{0,8297-1}{0,5}\right)^2\right)^2} \\ &= 1,2551\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_{a3} &= (\mathcal{E}_{1,3}) \frac{2(x_2-c_3)^2}{a_3^3 \left(1 + \left(\frac{x_2-c_3}{a_3}\right)^2\right)^2} \\ &= (3,2473) \frac{2(0,0565-0)^2}{0,5^3 \left(1 + \left(\frac{0,0565-0}{0,5}\right)^2\right)^2} \\ &= 0,1621\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_{a4} &= (\mathcal{E}_{1,4}) \frac{2(x_2-c_4)^2}{a_4^3 \left(1 + \left(\frac{x_2-c_4}{a_4}\right)^2\right)^2} \\ &= (3,2837) \frac{2(0,0565-1)^2}{0,5^3 \left(1 + \left(\frac{0,0565-1}{0,5}\right)^2\right)^2} \\ &= 2,2487\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_{a5} &= (\mathcal{E}_{1,5}) \frac{2(x_3-c_5)^2}{a_5^3 \left(1 + \left(\frac{x_3-c_5}{a_5}\right)^2\right)^2} \\ &= (3,6088) \frac{2(0,7317-0)^2}{0,5^3 \left(1 + \left(\frac{0,7317-0}{0,5}\right)^2\right)^2} \\ &= 3,1323\end{aligned}$$

⋮

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_{a22} &= (\mathcal{E}_{1,22}) \frac{2(x_{11}-c_{22})^2}{a_{22}^3 \left(1 + \left(\frac{x_{11}-c_{22}}{a_{22}}\right)^2\right)^2} \\ &= (3,2657) \frac{2(1-1)^2}{0,5^3 \left(1 + \left(\frac{1-1}{0,5}\right)^2\right)^2} \\ &= 0\end{aligned}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Perhitungan *error* parameter c berdasarkan Persamaan (2.68).

Perhitungan *error* parameter c adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{c1} &= (\mathcal{E}_{1,1}) \frac{2(x_1-c_1)}{a_1^2 \left(1 + \left(\frac{x_1-c_1}{a_1}\right)^2\right)^2} \\ &= (3,4045) \frac{2(0,8297-0)}{0,5^2 \left(1 + \left(\frac{0,8297-0}{0,5}\right)^2\right)^2} \\ &= 1,6037 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{c2} &= (\mathcal{E}_{1,2}) \frac{2(x_1-c_2)}{a_2^2 \left(1 + \left(\frac{x_1-c_2}{a_2}\right)^2\right)^2} \\ &= (3,3695) \frac{2(0,8297-1)}{0,5^2 \left(1 + \left(\frac{0,8297-1}{0,5}\right)^2\right)^2} \\ &= -3,6855 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{c3} &= (\mathcal{E}_{1,1}) \frac{2(x_2-c_3)}{a_3^2 \left(1 + \left(\frac{x_2-c_3}{a_3}\right)^2\right)^2} \\ &= (3,2473) \frac{2(0,0565-0)}{0,5^2 \left(1 + \left(\frac{0,0565-0}{0,5}\right)^2\right)^2} \\ &= 1,4326 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{c4} &= (\mathcal{E}_{1,4}) \frac{2(x_2-c_4)}{a_4^2 \left(1 + \left(\frac{x_2-c_4}{a_4}\right)^2\right)^2} \\ &= (3,2837) \frac{2(0,0565-1)}{0,5^2 \left(1 + \left(\frac{0,0565-1}{0,5}\right)^2\right)^2} \\ &= -1,1917 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{c5} &= (\mathcal{E}_{1,5}) \frac{2(x_3-c_5)}{a_5^2 \left(1 + \left(\frac{x_3-c_5}{a_5}\right)^2\right)^2} \\ &= (3,6088) \frac{2(0,7317-0)}{0,5^2 \left(1 + \left(\frac{0,7317-0}{0,5}\right)^2\right)^2} \\ &= 2,1404 \end{aligned}$$

:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{c22} &= (\mathcal{E}_{1,22}) \frac{2(x_{11}-c_{22})}{a_{22}^2 \left(1 + \left(\frac{x_{11}-c_{22}}{a_{22}}\right)^2\right)^2} \\ &= (3,2657) \frac{2(1-1)}{0,5^2 \left(1 + \left(\frac{1-1}{0,5}\right)^2\right)^2} \\ &= 0 \end{aligned}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Setelah mendapatkan nilai *error* parameter a dan c , kemudian akan ditentukan perubahan nilai parameter a dan c menggunakan *gradient descent*. Perubahan nilai parameter a dihitung berdasarkan Persamaan (2.72).

$$\Delta a_1 = \eta \varepsilon_{a1} x_1 = 0,001 \cdot 2,6613 \cdot 0,8297 = 0,002208$$

$$\Delta a_2 = \eta \varepsilon_{a2} x_1 = 0,001 \cdot 1,2551 \cdot 0,8297 = 0,001041$$

$$\Delta a_3 = \eta \varepsilon_{a3} x_2 = 0,001 \cdot 0,1621 \cdot 0,0565 = 0,000009$$

$$\Delta a_4 = \eta \varepsilon_{a4} x_2 = 0,001 \cdot 2,2487 \cdot 0,0565 = 0,000127$$

$$\Delta a_5 = \eta \varepsilon_{a5} x_3 = 0,001 \cdot 3,1323 \cdot 0,7317 = 0,002292$$

:

$$\Delta a_{22} = \eta \varepsilon_{a22} x_{11} = 0,001 \cdot 0 \cdot 1 = 0$$

Perubahan nilai parameter c dihitung berdasarkan Persamaan (2.73).

$$\Delta c_1 = \eta \varepsilon_{c1} x_1 = 0,001 \cdot 1,6037 \cdot 0,8297 = 0,00133$$

$$\Delta c_2 = \eta \varepsilon_{c2} x_1 = 0,001 \cdot (-3,6855) \cdot 0,8297 = -0,003057$$

$$\Delta c_3 = \eta \varepsilon_{c3} x_2 = 0,001 \cdot 1,4326 \cdot 0,0565 = 0,000081$$

$$\Delta c_4 = \eta \varepsilon_{c4} x_2 = 0,001 \cdot (-1,1917) \cdot 0,0565 = -0,000067$$

$$\Delta c_5 = \eta \varepsilon_{c5} x_3 = 0,001 \cdot 2,1404 \cdot 0,7317 = 0,001566$$

:

$$\Delta c_{22} = \eta \varepsilon_{c22} x_{11} = 0,001 \cdot 0 \cdot 1 = 0$$

Setelah itu akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai parameter a dan c yang sudah diperbarui. Nilai parameter a baru dihitung berdasarkan Persamaan (2.74).

$$a_1 = a_1(\text{lama}) + \Delta a_1 = 0,5 + 0,002208 = 0,502208$$

$$a_2 = a_2(\text{lama}) + \Delta a_2 = 0,5 + 0,001041 = 0,501041$$

$$a_3 = a_3(\text{lama}) + \Delta a_3 = 0,5 + 0,000009 = 0,500009$$

$$a_4 = a_4(\text{lama}) + \Delta a_4 = 0,5 + 0,000127 = 0,500127$$

$$a_5 = a_5(\text{lama}) + \Delta a_5 = 0,5 + 0,002292 = 0,502292$$

:

$$a_{22} = a_{22}(\text{lama}) + \Delta a_{22} = 0,5 + 0 = 0,5$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Nilai parameter c baru dihitung berdasarkan Persamaan (2.75).

$$c_1 = c_1(lama) + \Delta c_1 = 0 + 0,00133 = 0,00133$$

$$c_2 = c_2(lama) + \Delta c_2 = 1 + (-0,003057) = 0,996942$$

$$c_3 = c_3(lama) + \Delta c_3 = 0 + 0,000081 = 0,000081$$

$$c_4 = c_4(lama) + \Delta c_4 = 1 + (-0,000067) = 0,999932$$

$$c_5 = c_5(lama) + \Delta c_5 = 0 + 0,001566 = 0,001566$$

:

$$c_{22} = c_{22}(lama) + \Delta c_{22} = 1 + 0 = 1$$

Nilai parameter a dan c di atas merupakan nilai parameter a dan c pada data pertama. Nilai parameter a dan c baru yang merupakan hasil perhitungan pada *epoch* 1 dapat dilihat pada Tabel 4.28 di bawah ini.

Tabel 4.28 Nilai Baru Parameter a dan c

	a	c		a	c
1	0,497428	0,001563	12	0,498201	1,000477
2	0,498487	1,00027	13	0,474477	0,000072
3	0,497061	-0,00186	14	0,474173	0,952104
4	0,499457	0,998616	15	0,498689	-0,00427
5	0,498352	0,000706	16	0,500287	0,998837
6	0,498478	1,000394	17	0,499676	0,000392
7	0,488179	0,000831	18	0,499111	0,998799
8	0,48762	0,980745	19	0,499902	0,000243
9	0,49915	-0,00121	20	0,497757	1,001073
10	0,498921	0,997134	21	0,499861	-0,00011
11	0,498267	-0,00022	22	0,498078	1,000928

C. Pengujian pada ANFIS

Setelah tahap pelatihan selesai, maka akan terbentuk suatu sistem inferensi *fuzzy* yang berisi parameter a dan c fungsi keanggotaan *fuzzy* dan parameter konstan aturan *fuzzy*. Parameter tersebut akan digunakan pada pengujian ANFIS untuk mendapatkan hasil klasifikasi. Pada pengujian, jaringan ANFIS hanya akan melalui tahap maju (*forward*) saja. Sebagai contoh perhitungan, akan digunakan 20 data latih. Tabel 4.29 berikut adalah data uji yang akan digunakan pada proses pengujian ANFIS.

Tabel 4.29 Data Uji

		Data				
		1	2	3	...	20
GLCM	ASM	0,989	0,6494	0,7792	...	0,1243
	Kon	0,094	0,1816	0,1324	...	0,1918
	IDM	0,8615	0,5533	0,6931	...	0,1959
	Ent	0,0321	0,3636	0,248	...	0,7794
	Kor	0,4062	0,2678	0,3076	...	0,1279
Fitur Morfologi Digital	AR	0,0928	0,0365	0,013	...	0,3169
	FF	0,785	1	0,951	...	0,8029
	R	0,1768	0,0452	0,1265	...	0,1212
	NF	0,9196	0,9741	0,9833	...	0,804
	PD	0,0011	0	0,0002	...	0,001
	PLW	0,1125	0,0102	0,0235	...	0,0774
Target		1	1	1	...	5

a. Layer 1

Pada proses ini akan dilakukan perhitungan fungsi keanggotaan fuzzy dengan menggunakan *gbellmf* pada Persamaan (2.30). Parameter *a* dan *c* yang digunakan adalah parameter *a* dan *c* pada Tabel 4.28 yang merupakan hasil dari pelatihan.

$$\begin{aligned} \mu A_1 &= \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,989 - 0,0015}{0,4974} \right)^2 \right|^1} = 0,2024 & \mu A_2 &= \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,989 - 1,0002}{0,4984} \right)^2 \right|^1} = 0,9995 \\ \mu B_1 &= \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,094 - (-0,0018)}{0,497} \right)^2 \right|^1} = 0,9641 & \mu B_2 &= \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,094 - 0,9986}{0,4995} \right)^2 \right|^1} = 0,2336 \\ \mu C_1 &= \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,8615 - 0,0007}{0,4983} \right)^2 \right|^1} = 0,2511 & \mu C_2 &= \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,8615 - 1,0003}{0,4984} \right)^2 \right|^1} = 0,9279 \\ \mu D_1 &= \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,0321 - 0,0008}{0,4881} \right)^2 \right|^1} = 0,9959 & \mu D_2 &= \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,0321 - 0,9807}{0,4876} \right)^2 \right|^1} = 0,209 \\ \mu E_1 &= \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,4062 - (-0,0012)}{0,4991} \right)^2 \right|^1} = 0,6002 & \mu E_2 &= \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,4062 - 0,9971}{0,4989} \right)^2 \right|^1} = 0,4162 \\ \mu F_1 &= \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,0928 - (-0,0002)}{0,4982} \right)^2 \right|^1} = 0,9663 & \mu F_2 &= \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,0928 - 1,0004}{0,4982} \right)^2 \right|^1} = 0,2315 \\ \mu G_1 &= \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,785 - 0,0007}{0,4744} \right)^2 \right|^1} = 0,2676 & \mu G_2 &= \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,785 - 0,9521}{0,4741} \right)^2 \right|^1} = 0,8895 \\ \mu H_1 &= \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,1768 - (-0,0042)}{0,4986} \right)^2 \right|^1} = 0,8835 & \mu H_2 &= \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,1768 - 0,9988}{0,5002} \right)^2 \right|^1} = 0,2703 \end{aligned}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\mu I_1 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,9196 - 0,0003}{0,4996} \right)^2 \right|^1} = 0,2281 \quad \mu I_2 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,9196 - 0,9987}{0,4991} \right)^2 \right|^1} = 0,9754$$

$$\mu J_1 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,0011 - 0,0002}{0,4999} \right)^2 \right|^1} = 1 \quad \mu J_2 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,0011 - 1,001}{0,4977} \right)^2 \right|^1} = 0,1986$$

$$\mu K_1 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,1125 - (-0,0001)}{0,4998} \right)^2 \right|^1} = 0,9517 \quad \mu K_2 = \frac{1}{1 + \left| \left(\frac{0,1125 - 1,0009}{0,498} \right)^2 \right|^1} = 0,2391$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan hasil perhitungan *layer 1* seperti Tabel 4.30 di bawah ini.

Tabel 4.30 Output Layer 1 Pengujian ANFIS

	Data				
	1	2	3	...	20
μA_1	0,2024	0,3709	0,2904	...	0,9426
μA_2	0,9995	0,6687	0,8356	...	0,2446
μB_1	0,9641	0,8802	0,932	...	0,8682
μB_2	0,2336	0,272	0,2495	...	0,277
μC_1	0,2511	0,4485	0,3413	...	0,867
μC_2	0,9279	0,5542	0,7246	...	0,2774
μD_1	0,9959	0,6443	0,7959	...	0,2822
μD_2	0,209	0,3843	0,307	...	0,8544
μE_1	0,6002	0,7749	0,7232	...	0,9373
μE_2	0,4162	0,3188	0,3436	...	0,2478
μF_1	0,9663	0,9946	0,9993	...	0,7117
μF_2	0,2315	0,2108	0,2029	...	0,3469
μG_1	0,2676	0,1838	0,1993	...	0,2589
μG_2	0,8895	0,9899	1	...	0,9099
μH_1	0,8835	0,9903	0,9357	...	0,9405
μH_2	0,2703	0,2158	0,2475	...	0,2452
μI_1	0,2281	0,2084	0,2053	...	0,2788
μI_2	0,9754	0,9976	0,999	...	0,8678
μJ_1	1	1	1	...	1
μJ_2	0,1986	0,1982	0,1983	...	0,1986
μK_1	0,9517	0,9996	0,9978	...	0,9765
μK_2	0,2391	0,2018	0,2061	...	0,2253

b. *Layer 2*

Pada *layer 2* dilakukan perkalian derajat keanggotaan yang dihasilkan dari perhitungan *layer 1* seperti yang terlihat pada Tabel 4.30 dengan menggunakan operator *fuzzy AND* seperti pada Persamaan (2.48).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\begin{aligned}
 w_1 &= \mu A_1 \cdot \mu B_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_1 \cdot \mu K_1 = 0,001452 \\
 w_2 &= \mu A_1 \cdot \mu B_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_1 \cdot \mu K_2 = 0,000365 \\
 w_3 &= \mu A_1 \cdot \mu B_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_2 \cdot \mu K_1 = 0,000288 \\
 w_4 &= \mu A_1 \cdot \mu B_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_1 \cdot \mu J_2 \cdot \mu K_2 = 0,000072 \\
 w_5 &= \mu A_1 \cdot \mu B_1 \cdot \mu C_1 \cdot \mu D_1 \cdot \mu E_1 \cdot \mu F_1 \cdot \mu G_1 \cdot \mu H_1 \cdot \mu I_2 \cdot \mu J_1 \cdot \mu K_1 = 0,006211 \\
 &\vdots \\
 w_{2048} &= \mu A_2 \cdot \mu B_2 \cdot \mu C_2 \cdot \mu D_2 \cdot \mu E_2 \cdot \mu F_2 \cdot \mu G_2 \cdot \mu H_2 \cdot \mu I_2 \cdot \mu J_2 \cdot \mu K_2 = 0,000048
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan hasil perhitungan *layer 2* seperti Tabel 4.31 di bawah ini.

Tabel 4.31 Output Layer 2 Pengujian ANFIS

	Data				
	1	2	3	...	20
w_1	0,001452	0,002756	0,00203	...	0,008855
w_2	0,000365	0,000556	0,000419	...	0,002043
w_3	0,000288	0,000546	0,000403	...	0,001758
w_4	0,000072	0,00011	0,000083	...	0,000406
w_5	0,006211	0,013192	0,009876	...	0,027558
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	...	\vdots
w_{2048}	0,000048	0,000022	0,000052	...	0,000012

c. *Layer 3*

Tiap neuron pada *layer* ini berupa *node* tetap. *Output* dari *layer* ini disebut sebagai *normalized firing strength*. Perhitungan pada *layer 3* berdasarkan Persamaan (2.49).

$$\bar{w}_1 = \frac{w_1}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + \dots + w_{2048}} = 0,000254$$

$$\bar{w}_2 = \frac{w_2}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + \dots + w_{2048}} = 0,000063$$

$$\bar{w}_3 = \frac{w_3}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + \dots + w_{2048}} = 0,00005$$

$$\bar{w}_4 = \frac{w_4}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + \dots + w_{2048}} = 0,000012$$

$$\bar{w}_5 = \frac{w_5}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + \dots + w_{2048}} = 0,001088$$

\vdots

$$\bar{w}_{2048} = \frac{w_{2048}}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + \dots + w_{2048}} = 0,00008$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan hasil normalisasi pada *layer 3* seperti Tabel 4.32 di bawah ini.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 4.32 Output Layer 3 Pengujian ANFIS

	Data				
	1	2	3	...	20
\bar{w}_1	0,000254	0,000483	0,000356	...	0,001551
\bar{w}_2	0,000063	0,000097	0,000073	...	0,000385
\bar{w}_3	0,00005	0,000095	0,00007	...	0,000308
\bar{w}_4	0,000012	0,000019	0,000014	...	0,000071
\bar{w}_5	0,001088	0,00231	0,00173	...	0,004826
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
\bar{w}_{2048}	0,000008	0,000003	0,000005	...	0,000002

d. *Layer 4*

Pada *layer 4* dilakukan proses *defuzzyfication* untuk mengubah hasil *fuzzy* ke bentuk keluaran yang *crisp*. Perhitungan pada *layer 4* berdasarkan Persamaan (2.50).

$$\bar{w}_1 f_1 = 0,000254 \cdot 26,1642 = 0,006655$$

$$\bar{w}_2 f_2 = 0,000063 \cdot 4,4483 = 0,000284$$

$$\bar{w}_3 f_3 = 0,00005 \cdot 5,3236 = 0,000269$$

$$\bar{w}_4 f_4 = 0,000012 \cdot 0,928 = 0,000011$$

$$\bar{w}_5 f_5 = 0,001088 \cdot (-49,3601) = -0,05369$$

⋮

$$\bar{w}_{2048} f_{2048} = 0,000008 \cdot 0,5758 = 0,000004$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan hasil *defuzzyfication* pada *layer 4* seperti Tabel 4.33 di bawah ini.

Tabel 4.33 Output Layer 4 Pengujian ANFIS

	Data				
	1	2	3	...	20
$\bar{w}_1 f_1$	0,006655	0,012631	0,009302	...	0,040575
$\bar{w}_2 f_2$	0,000284	0,000433	0,000327	...	0,001592
$\bar{w}_3 f_3$	0,000269	0,000509	0,000375	...	0,001639
$\bar{w}_4 f_4$	0,000011	0,000017	0,000013	...	0,000065
$\bar{w}_5 f_5$	-0,05369	-0,11404	-0,08537	...	-0,23822
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
$\bar{w}_{2048} f_{2048}$	0,000004	0,000002	0,000003	...	0,000001

e. *Layer 5*

Pada *layer 5* dilakukan proses penjumlahan dari *output* pada *layer 4*. *Output* dari *layer* ini juga merupakan *output* dari tahap maju pada ANFIS.

Perhitungan pada *layer 5* berdasarkan Persamaan (2.51).

$$\begin{aligned} \Sigma \overline{w}_i f_i &= \overline{w}_1 f_1 + \overline{w}_2 f_2 + \overline{w}_3 f_3 + \overline{w}_4 f_4 + \overline{w}_5 f_5 + \dots + \overline{w}_{2048} f_{2048} \\ &= 0,006655 + 0,000284 + 0,000269 + 0,000011 + \\ &\quad (-0,05369) + \dots + 0,000004 \\ &= 1,013095 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan hasil perhitungan *layer 5* seperti Tabel 4.34 di bawah ini.

Tabel 4.34 Output Layer 5 Pengujian ANFIS

Data	Target	Output Layer 5	Hasil Klasifikasi
1	1	1,013095	1
2	1	1,892832	2
3	1	0,832822	1
4	1	1,037491	1
5	2	1,616958	2
6	2	2,131061	2
7	2	1,915880	2
8	2	1,816401	2
9	3	2,380923	2
10	3	2,930829	3
11	3	3,702569	4
12	3	3,004324	3
13	4	4,083805	4
14	4	4,276369	4
15	4	3,798032	4
16	4	3,999915	4
17	5	5,009034	5
18	5	4,982957	5
19	5	5,047066	5
20	5	4,914924	5

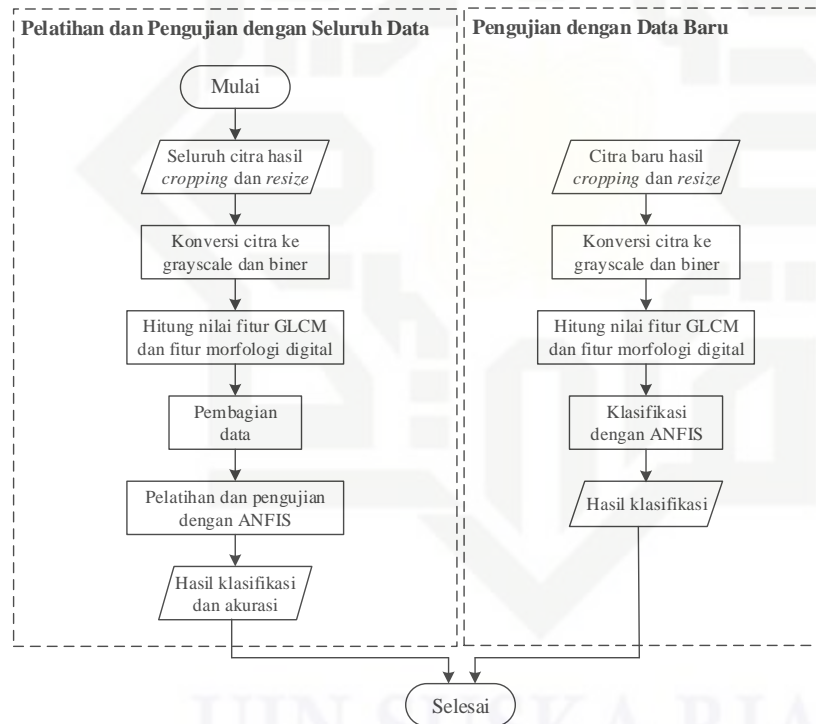
Output dari *layer 5* menggunakan fungsi aktivasi linear yaitu *output* jaringan ANFIS tidak diubah ke dalam rentang nilai tertentu (tetap). Hasil klasifikasi 1 menunjukkan tanaman binahong (*anredera cordifolia*), hasil klasifikasi 2 menunjukkan tanaman cincau hijau (*cyclea barbata miers*), hasil klasifikasi 3 menunjukkan tanaman keji beling (*strobilanthes crispus*), hasil klasifikasi 4 menunjukkan tanaman sambung nyawa (*gynura procumbens*), dan hasil klasifikasi 5 menunjukkan tanaman sirih (*piper betle*).

4.2 Perancangan

Tahap perancangan dilakukan setelah tahap analisa selesai dilakukan. Perancangan ini berfungsi sebagai pedoman dalam membangun aplikasi yang akan dibuat. Pada penelitian ini akan dibuat perancangan *flowchart* aplikasi dan perancangan antar muka (*interface*) aplikasi.

4.2.1 Perancangan *Flowchart* Aplikasi

Perancangan *flowchart* aplikasi menguraikan alur proses pada aplikasi yang akan dibuat. Pada penelitian ini, alur proses pada aplikasi terdiri dari dua alur yaitu pelatihan dan pengujian menggunakan seluruh data dan pengujian dengan data baru. Perancangan *flowchart* aplikasi dapat dilihat pada Gambar 4.23 di bawah ini.



Gambar 4.23 Perancangan *Flowchart* Aplikasi

Pada alur pelatihan dan pengujian dengan seluruh data, data *input* adalah 100 data citra hasil *resize*. Setelah data di-*input*-kan maka dilakukan konversi citra ke *grayscale* dan biner untuk menghitung nilai fitur GLCM dan fitur morfologi digital. Kemudian dilakukan pembagian data dan dilanjutkan dengan pelatihan dan pengujian menggunakan ANFIS. Setelah selesai maka akan dihasilkan hasil klasifikasi dan tingkat akurasi pelatihan dan pengujian. Pada alur pengujian dengan

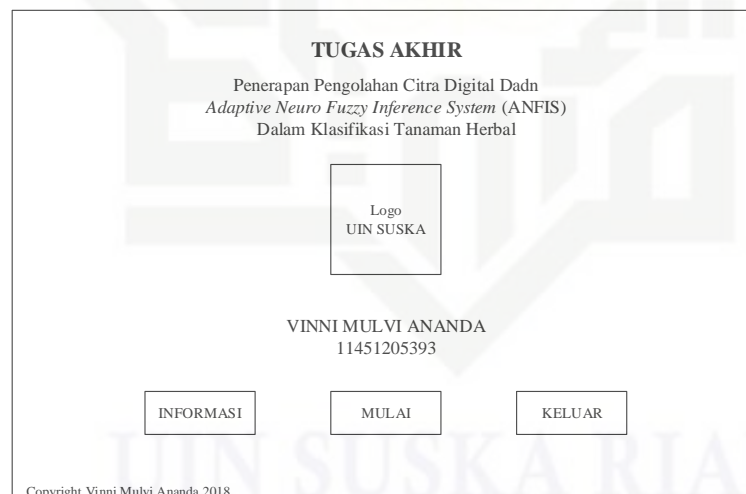
data baru, data *input* adalah satu citra baru yang telah dilakukan *cropping* dan *resize*. Selanjutnya dilakukan konversi citra menjadi *grayscale* dan biner untuk menghitung nilai fitur GLCM dan fitur morfologi digital. Setelah mendapatkan nilai fitur tersebut, akan dilakukan klasifikasi dengan ANFIS sehingga didapatkan *output* berupa hasil klasifikasi tanaman herbal.

4.2.2 Perancangan Antar Muka (*Interface*)

Perancangan antar muka (*interface*) penting dilakukan karena *interface* merupakan sarana komunikasi antara aplikasi dengan pengguna (*user*). Pada aplikasi yang akan dibangun terdapat beberapa antar muka (*interface*) yaitu sebagai berikut:

1. Halaman Utama

Halaman utama adalah halaman yang pertama kali muncul ketika membuka aplikasi. Pada halaman utama terdapat judul penelitian serta beberapa tombol seperti tombol informasi, tombol mulai, dan tombol keluar. Gambar 4.24 di bawah ini adalah perancangan halaman utama aplikasi.



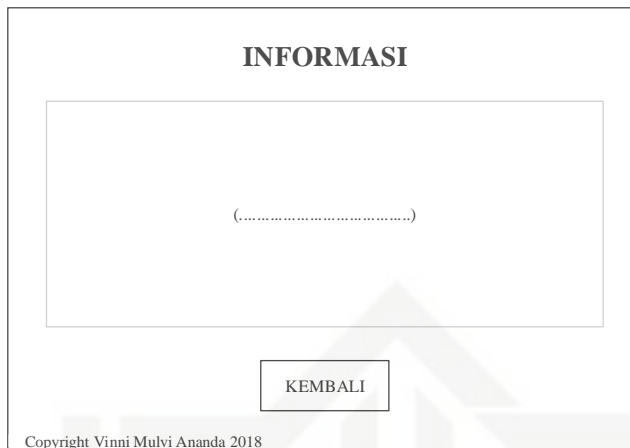
Gambar 4.24 Perancangan Halaman Utama

2. Halaman Informasi

Halaman informasi adalah halaman yang digunakan untuk menampilkan informasi dari aplikasi. Gambar 4.25 di bawah ini adalah perancangan halaman informasi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

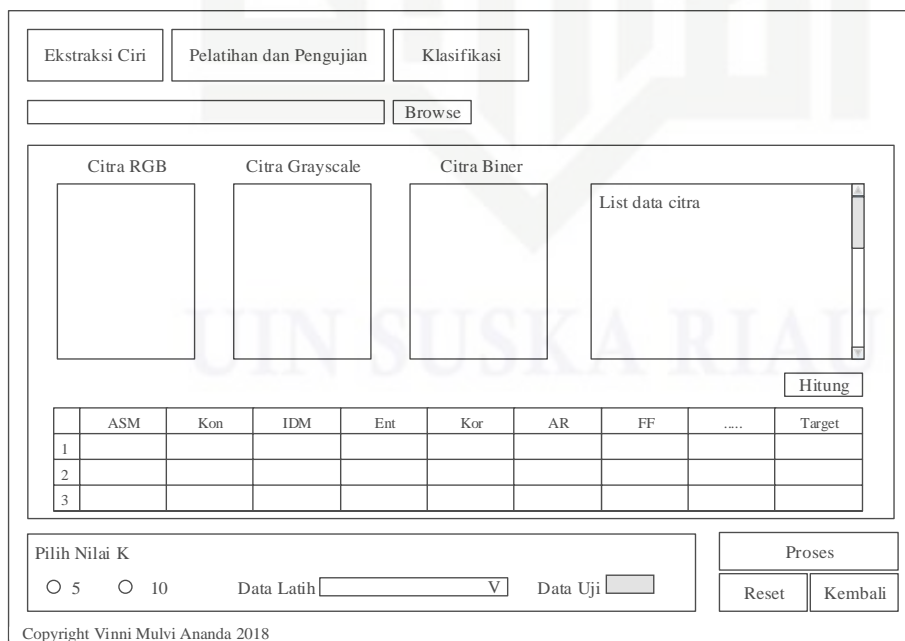
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 4.25 Perancangan Halaman Informasi

3. Halaman Ekstraksi Ciri

Halaman ekstraksi ciri adalah halaman yang muncul ketika pengguna (*user*) memilih tombol mulai pada halaman utama. Halaman ini berfungsi untuk menghitung nilai fitur GLCM dan fitur morfologi digital dari seluruh data. Pada halaman ini, pengguna (*user*) juga dapat memilih pembagian data serta data latih dan data uji untuk dilakukan pelatihan dan pengujian setelah tombol proses dipilih. Gambar 4.26 di bawah ini adalah perancangan halaman ekstraksi ciri.



Gambar 4.26 Perancangan Halaman Ekstraksi Ciri

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4. Halaman Pelatihan dan Pengujian

Halaman pelatihan dan pengujian adalah halaman yang muncul ketika pengguna (*user*) memilih tombol proses pada halaman ekstraksi ciri. Halaman ini berfungsi untuk menampilkan hasil dan akurasi pelatihan dan pengujian dari data latih dan data uji yang telah dipilih sebelumnya. Gambar 4.27 di bawah ini adalah perancangan halaman pelatihan dan pengujian.

Ekstraksi Ciri	Pelatihan dan Pengujian	Klasifikasi								
Data Latih <input type="text"/>		Data Uji <input type="text"/>								
Pelatihan										
Mulai										
	ASM	Kon	IDM	Ent	Kor	AR	FF	Target	Klasifikasi
1										
2										
3										
Akurasi Pelatihan										<input type="text"/> %
Pengujian										
Mulai										
	ASM	Kon	IDM	Ent	Kor	AR	FF	Target	Klasifikasi
1										
2										
3										
Akurasi Pengujian										<input type="text"/> %
Copyright Vinni Mulvi Ananda 2018										<input type="button" value="Cek Rule"/> <input type="button" value="Selesai"/>

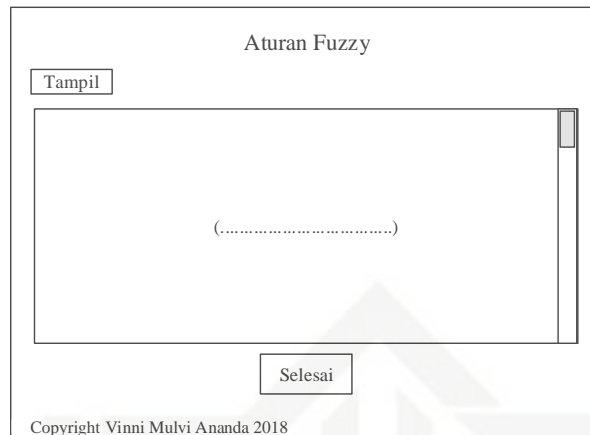
Gambar 4.27 Perancangan Halaman Pelatihan dan Pengujian

5. Halaman Aturan Fuzzy

Halaman aturan *fuzzy* adalah halaman yang muncul ketika pengguna (*user*) memilih tombol cek *rule* pada halaman pelatihan dan pengujian. Halaman ini akan menampilkan aturan *fuzzy* yang terbentuk pada proses ANFIS. Gambar 4.28 di bawah ini adalah perancangan halaman aturan *fuzzy*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

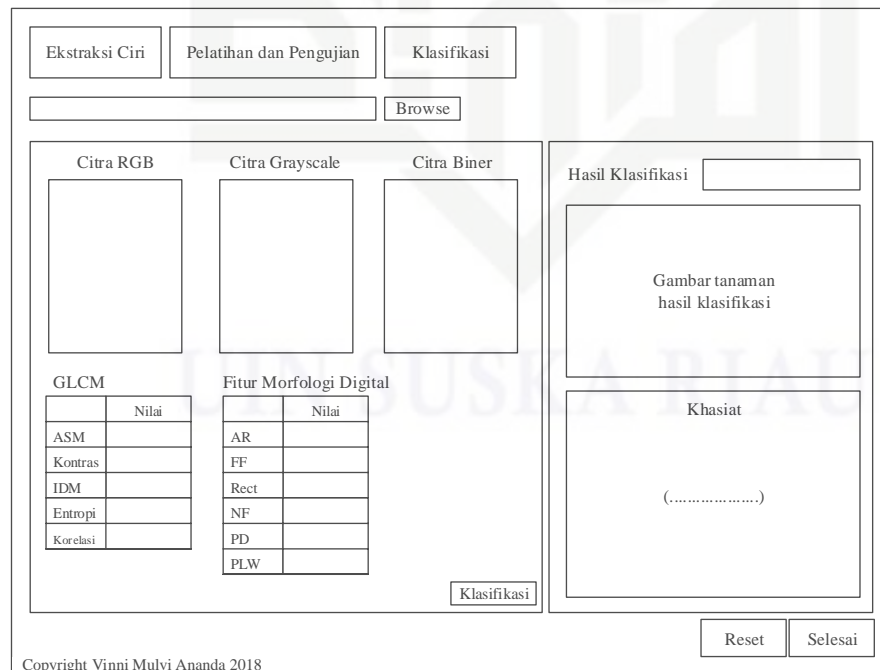
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 4.28 Perancangan Halaman Aturan Fuzzy

6. Halaman Klasifikasi

Halaman klasifikasi adalah halaman yang digunakan untuk melakukan klasifikasi jenis tanaman herbal. Setelah pengguna (*user*) meng-*input*-kan data citra baru, akan muncul citra hasil konversi serta hasil perhitungan GLCM dan fitur morfologi digital. Hasil klasifikasi beserta khasiat tanaman akan muncul setelah pengguna (*user*) memilih tombol klasifikasi. Gambar 4.29 di bawah ini adalah perancangan halaman klasifikasi.



Gambar 4.29 Perancangan Halaman Klasifikasi